

**Stratenwerth, Thomas**

---

**Von:** Leischner, Katrin <katrin.leischner@uba.de>  
**Gesendet:** Montag, 31. August 2015 10:18  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** AW: Projektnr. [REDACTED] - Aufbau eines Netzwerkes Vulnerabilität zur Erstellung eines Gesamtbildes der Vulnerabilität  
**Anlagen:** 95.pdf

Sehr geehrter Herr Stratenwerth,

mit beigefügtem Erlass WR I 1 - 422501/0 vom 08.08.2014 wurde aus Kapitel 1602 Titel 68505 eine Verpflichtungsermächtigung fällig im Haushaltsjahr 2015 in Höhe von [REDACTED] auf das Umweltbundesamt verteilt.

Um unsere vertraglichen Verpflichtungen erfüllen zu können, bitten wir um Verteilung der entsprechenden Ausgaben.

Ich bedanke mich und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen

Katrin Leischner

---

**Katrin Leischner**  
Z 6 - Administrative Projektbetreuung

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau

Telefon: +49 (0)340 2103 2866  
Fax: +49 (0) 340 2104 2866  
katrin.leischner@uba.de

NEU /// Website im frischen  
Look: www.umweltbundesamt.de ///



## Stratenwerth, Thomas

---

**Von:** Etscheid, Mario  
**Gesendet:** Dienstag, 1. September 2015 17:59  
**An:** Stratenwerth, Thomas; Bläser, Kurt  
**Cc:** Hempten, Susanne; Nagel, Almut; Püschel, Klaus; Bernhard, Martin  
**Betreff:** WG: Projektnr. [REDACTED] - Aufbau eines Netzwerkes Vulnerabilität zur Erstellung eines Gesamtbildes der Vulnerabilität  
**Anlagen:** 95.pdf; hh 2015 Mittelverteilung UBA Netzwerk Vulnerabilität Entwurf.docx

Z I 3:

1. Mitgezeichnet i.d.F. der Anlage.
2. Herrn Bläser m.d.B. um Buchung im HKR-Verfahren.

I.V.  
Etscheid, 01.09.15

---

**Von:** Stratenwerth, Thomas  
**Gesendet:** Dienstag, 1. September 2015 14:35  
**An:** Bernhard, Martin  
**Cc:** Hempten, Susanne; Nagel, Almut; Z I 3  
**Betreff:** WG: Projektnr. [REDACTED] - Aufbau eines Netzwerkes Vulnerabilität zur Erstellung eines Gesamtbildes der Vulnerabilität

Lieber Herr Bernhard,

beigefügten Entwurf eines Mittelverteilungserlasses an das UBA nebst Anforderungsmail des UBA vom 31.08.2015 (siehe unten) sowie Bezugsschreiben WR I 1 - 422501/0 vom 08.08.2014 leite ich Ihnen mit der Bitte um Mitzeichnung und Veranlassung der Mittelverteilung im HKR-Verfahren zu.

Schönen Gruß  
Thomas Stratenwerth

---

**Von:** Leischner, Katrin [<mailto:katrin.leischner@uba.de>]  
**Gesendet:** Montag, 31. August 2015 10:18  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** AW: Projektnr. [REDACTED] - Aufbau eines Netzwerkes Vulnerabilität zur Erstellung eines Gesamtbildes der Vulnerabilität

Sehr geehrter Herr Stratenwerth,

mit beigefügtem Erlass WR I 1 - 422501/0 vom 08.08.2014 wurde aus Kapitel 1602 Titel 68505 eine Verpflichtungsermächtigung fällig im Haushaltsjahr 2015 in Höhe von [REDACTED] auf das Umweltbundesamt verteilt.

Um unsere vertraglichen Verpflichtungen erfüllen zu können, bitten wir um Verteilung der entsprechenden Ausgaben.

Ich bedanke mich und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen

Katrin Leischner

---





Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, WR I 1, Postfach 12 06 29, 53048 Bonn

Umweltbundesamt  
Postfach 1406  
06813 Dessau

TEL +49 22899 305-2790

FAX +49 22899 305-3225

Thomas.Stratenwerth@bmub.bund.de

www.bmub.bund.de

### Netzwerk Vulnerabilität

Verteilung von Ausgaben aus Kapitel 1602 Titel 685 05 für den Aufbau eines Netzwerkes Vulnerabilität zur Erstellung eines Gesamtbildes der Vulnerabilität Deutschlands

Erlasse WR I 1 – 42250-1/0 vom 29.06.2011, 10.10.2012 und vom 08.08.2014

Bericht UBA – I 1.6 – 50 205 5/10 vom 07.07.2014

Ihr Schreiben per E-Mail vom 27.10.2014

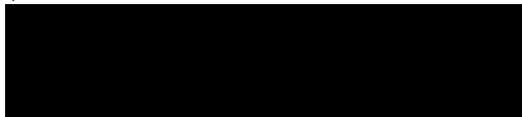
~~Mein Schreiben~~ Erlass vom 08.08.2014

Ihr Schreiben per E-Mail vom 31.08.2015

Aktenzeichen: WR I 1 - 42250-1/0

Bonn, XX.09.2014

Hiermit verteile ich ~~in Ergänzung meines Schreibens~~ auf Sie unter Bezugnahme auf meinen Erlass vom 08.08.2014 ~~auf Sie~~ nach VV Nr. 1.2 zu § 34 BHO aus Kap. 1602 Titel 685 05 die ~~noch ausstehenden Ausgaben,~~ fällig im Haushaltsjahr 2015, in Höhe von



Die Ausgaben sind entsprechend Ihrer o. a. Anforderung bestimmt zur Finanzierung des Vorhabens „Aufbau eines Netzwerkes Vulnerabilität zur Erstellung eines Gesamtbildes der Vulnerabilität Deutschlands“ im Haushaltsjahr 2015.

Feldfunktion geändert





WR I 1 42 950-1001

Seite 2

Die Ist-Ausgabe 2015 bitte ich mir (Referat WR I 1, Frau Hempen) bis zum 05.12.2015 mitzuteilen. Nicht benötigte Mittel sind zeitgleich an den ~~BMUB-Haushalt zu erstatten und im HKR-Verfahren zum Rückruf bereitzustellen.~~

Sollte Ihrerseits bis zum 05.12.2015 keine Ist-Ausgabe angezeigt werden, werden die verteilten Mittel am 06.12.2015 zurückgerufen. Ein gesonderter Erlass zum Mittelabruf erfolgt nicht.

§ 9 BHO ist beachtet.

Im Auftrag

Thomas Stratenwerth

15/9/15

Abgesandt  
am: 02. Sep. 2015  
mit Anlagen wie beigelegt:

2, AS Sendung

3, WWR I 1 4.12. (Ist-Mitteilung?)

4, z-d A



**Katrin Leischner**  
Z 6 - Administrative Projektbetreuung

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau

Telefon: +49 (0)340 2103 2866  
Fax: +49 (0) 340 2104 2866  
katrin.leischner@uba.de

NEU /// Website im frischen  
Look: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) ///



## Informationen zur Fachkonferenz

Das Netzwerk Vulnerabilität, bestehend aus 16 Bundesbehörden und -institutionen sowie einem wissenschaftlichen Konsortium, hat im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) eine sektorenübergreifende Vulnerabilitätsabschätzung für Deutschland erarbeitet. So wurden deutschlandweit die Regionen, Sektoren und Themen identifiziert, die besonders durch den Klimawandel gefährdet, das heißt vulnerabel, sind. Hierzu wurde eine einheitliche Analysemethode entwickelt und erstmals das Wissen der beteiligten Fachbehörden zu den Folgen des Klimawandels zusammengeführt.

Zu den wichtigsten sektorenübergreifenden Folgen des Klimawandels zählen Schäden durch zunehmende Hitze, Hochwasser und andere Extreme. Die Hitzebelastung ist in Ballungsgebieten besonders kritisch und wirkt sich negativ auf die menschliche Gesundheit und auf Infrastrukturen aus. Parallel werden die Biodiversität, Fischerei, Land- und Forstwirtschaft stark von ansteigender Erwärmung und bis Ende des Jahrhunderts auch von Trockenheit beeinflusst. In Zukunft werden voraussichtlich vermehrt Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen aufgrund von Starkregen, Sturmfluten und Flusshochwasser auftreten. Während die Folgen von Starkregen insbesondere im nordwestdeutschen Tiefland, in den Mittelgebirgen und im Voralpenraum zu spüren sein werden, können sich großflächige Flusshochwasser vor allem im Norddeutschen Tiefland aber auch im Einzugsgebiet der Donau und des Rheins ereignen.

Die Konferenz bietet Ihnen die Möglichkeit, die sektoralen, sektorenübergreifenden und räumlichen Ergebnisse sowie die Methodik der Vulnerabilitätsanalyse kennen zu lernen und zu diskutieren.

Die Fachkonferenz richtet sich an Wissenschaftler/innen, Vertreter/innen aus Behörden und Verbänden sowie der Presse.

## Ansprechpartner

Wissenschaftliche Unterstützung des Netzwerks



EURAC  
research



Informationen zum Netzwerk Vulnerabilität  
[www.netzwerk-vulnerabilitaet.de](http://www.netzwerk-vulnerabilitaet.de)

## Moderation und Organisation



## Taunungskoordination



## Thematische Rückfragen



## Veranstalter



Deutscher Wetterdienst  
Wetter und Klima aus einer Hand

## Organisatorisches zur Fachkonferenz

Die Veranstaltung findet in deutscher Sprache statt.

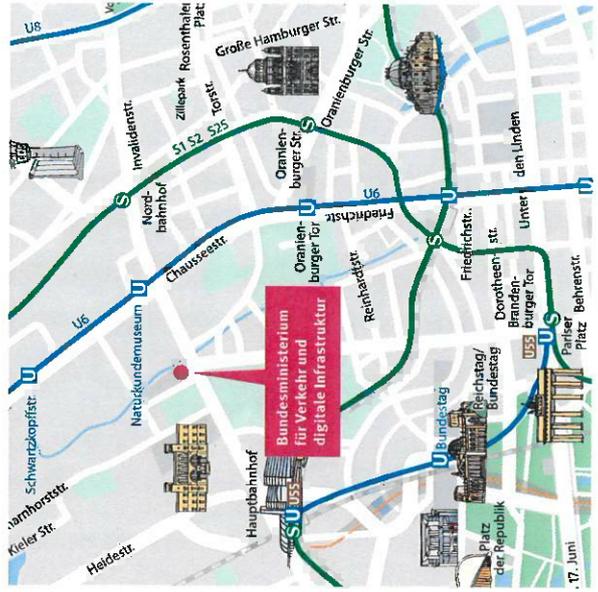
Die Teilnahme ist kostenlos.

Bitte beachten Sie, dass die Teilnahmezahl beschränkt ist. Wir bitten daher bis spätestens zum 30.04.2015 um eine verbindliche Anmeldung unter:

[www.toew.de/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem-klimawandel](http://www.toew.de/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem-klimawandel)

## Veranstaltungsort

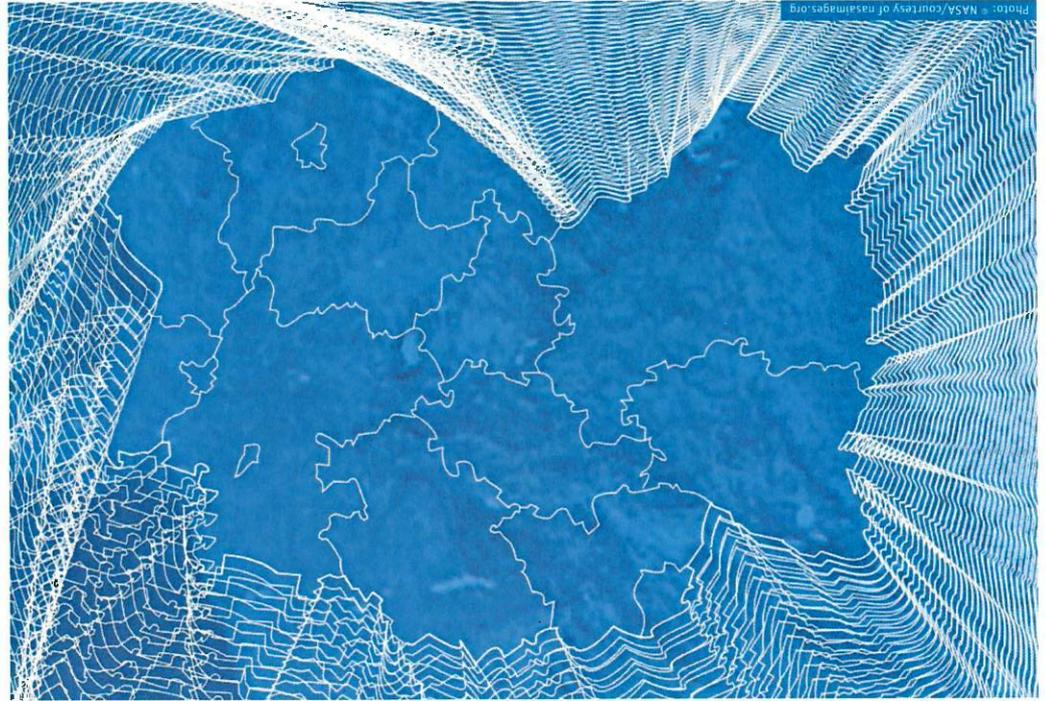
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin



42250 - 1114  
2. VS  
JES  
SIT  
25.11.1

# Fachkonferenz Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität

Montag, 1. Juni 2015  
Berlin



## Programm

09:30 Einlass

10:00 Begrüßung

Thomas Stratenwerth, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit  
Dr. Harry Lehmann, Umweltbundesamt  
Dr. Paul Becker, Deutscher Wetterdienst

10:30 Wie vulnerabel ist Deutschland gegenüber dem Klimawandel?

Ergebnisse des Netzwerks Vulnerabilität

1. Einführung zum Netzwerk: Organisation und Prozess
2. Methode der Vulnerabilitätsanalyse: Klimasignal, Sensitivität, Anpassungskapazität
3. Bedeutende Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Sektoren: Hitze, Hochwasser und andere Folgen
4. Sektorenübergreifende Auswertung: Räumliche und thematische Schwerpunkte des Klimawandels

11:45 Bilanz des Netzwerks Vulnerabilität

Erkenntnisse und Empfehlungen aus der behördenübergreifenden Forschungsk Kooperation

12:30 Kommentar: Klimawandel als Herausforderung für die Gesellschaft

Dr. Inge Paulini, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

12:50 Einführung in die Diskussionsforen am Nachmittag

13:00 Mittagspause

14:15 Diskussionsforen

1. Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse zu einzelnen Sektoren  
A: Boden, Biologische Vielfalt, Forst  
B: Gesundheit, Bauwesen, Raumordnung  
C: Wasser, Energie, Industrie

ODER

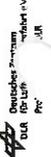
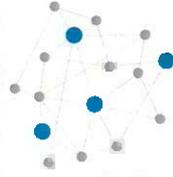
2. Methodik und Empfehlungen für zukünftige Analysen

16:30 Gesamtbild der Vulnerabilität Deutschlands

17:30 Fazit und Fortsetzungsbedarf für weitere behördenübergreifende Forschungsk Kooperationen

17:45 Ende der Veranstaltung

## Netzwerk Vulnerabilität



14:15 Uhr **Diskussionsforen**

### Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse zu einzelnen Sektoren

Die Diskussionsforen finden zeitlich parallel statt wie dargestellt. Ein Wechsel zu anderen Foren ist jeweils nach einem Beitrag möglich.

Ein Wechsel in den Workshop „Methodik und Empfehlungen für zukünftige Analysen“ ist nicht möglich.

#### Raum A.E031 A: Boden, Biologische Vielfalt, Forst

14:15 Uhr Methodik  
14:45 Uhr Boden  
15:15 Uhr Biologische Vielfalt  
15:45 Uhr Forst

#### Raum EKS B: Gesundheit, Bauwesen, Raumordnung

14:15 Uhr Methodik  
14:45 Uhr Gesundheit  
15:15 Uhr Bauwesen  
15:45 Uhr Raumordnung

#### Raum A.E028 C: Wasser, Energie, Industrie

14.15 Uhr Methodik  
14:45 Uhr Wasser  
15:15 Uhr Energie  
15:45 Uhr Industrie

### ODER

### Methodik und Empfehlungen für zukünftige Analysen Raum K2, Bauteil C

Die Teilnahme am Workshop „Methodik und Empfehlungen für zukünftige Analysen“ ist nur nach vorheriger Anmeldung möglich.

Ein Wechsel in andere Diskussionsforen „Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse zu einzelnen Sektoren“ ist nicht möglich.

16:15 Uhr Kaffeepause

#### 16.35 Uhr **Gesamtbild der Vulnerabilität Deutschlands**

##### Podiumsdiskussion

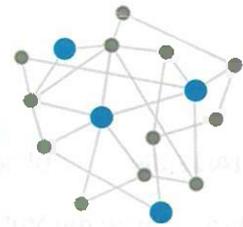
██████████ adelphi  
Dr. Florian Imbery, Deutscher Wetterdienst  
Dr. Inke Schauer, Umweltbundesamt  
██████████ Europäische Akademie Bozen

#### 17:35 Uhr **Fazit und Fortsetzungsbedarf für weitere behördenübergreifende Forschungskooperationen**

Petra Mahrenholz, Umweltbundesamt  
Dr. Kora Kristof, Umweltbundesamt

17:50 Uhr Ende der Veranstaltung

# Netzwerk Vulnerabilität

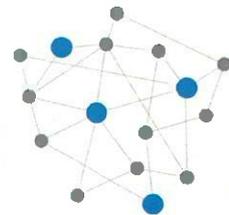


Fachkonferenz „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“, 1. Juni 2015,  
BMVI

## Programm

- 9:30 Uhr**      **Einlass**
- Moderation der Konferenz**  
[redacted] Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
- 10:00 Uhr**      **Begrüßung**
- Thomas Stratenwerth, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit  
Dr. Thomas Holzmann, Umweltbundesamt  
Dr. Paul Becker, Deutscher Wetterdienst
- 10:30 Uhr**      **Einführung / Ergebnisse**
- Einführung zum Netzwerk: Organisation und Prozess**  
[redacted] adelphi
- Methode der Vulnerabilitätsanalyse: Klimasignal, Sensitivität, Anpassungskapazität**  
[redacted] plan & risk consult
- Bedeutende Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Sektoren: Hitze, Hochwasser und andere Folgen**  
[redacted] Europäische Akademie Bozen
- Sektorenübergreifende Auswertung: Räumliche und thematische Schwerpunkte des Klimawandels**  
[redacted] adelphi
- 11:45 Uhr**      **Bilanz des Netzwerks Vulnerabilität**  
**Erkenntnisse und Empfehlungen aus der behördenübergreifenden Forschungsk Kooperation (Interviews)**
- Dr. Rainer Baritz, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Dr. Sebastian Kofalk, Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Dr. Inke Schauer, Umweltbundesamt
- 12:30 Uhr**      **Kommentar: Klimawandel als Herausforderung für die Gesellschaft**
- Dr. Inge Paulini, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
- 12:50 Uhr**      **Einführung in die Diskussionsforen am Nachmittag**
- 13:00 Uhr**      **Mittagspause**

# Netzwerk Vulnerabilität



## Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel

### Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität

Fachkonferenz am 1. Juni 2015 in Berlin

Autor/innen: [redacted] adelphi  
[redacted] | plan + risk consult  
[redacted] | Europäische Akademie Bozen  
Dr. Inke Schauser | Umweltbundesamt

#### Inhaltsverzeichnis

1	Politischer Hintergrund.....	1
2	Methodik.....	2
3	Ergebnisse.....	4
3.1	Handlungsfeld Boden.....	4
3.2	Handlungsfeld Biologische Vielfalt.....	5
3.3	Handlungsfeld Landwirtschaft.....	6
3.4	Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft.....	6
3.5	Handlungsfeld Fischerei.....	7
3.6	Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz.....	8
3.7	Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft.....	9
3.8	Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur.....	10
3.9	Handlungsfeld Bauwesen.....	10
3.10	Handlungsfeld Industrie und Gewerbe.....	11
3.11	Handlungsfeld Energiewirtschaft.....	12
3.12	Handlungsfeld Tourismuswirtschaft.....	12
3.13	Handlungsfeld Finanzwirtschaft.....	13
3.14	Handlungsfeld Menschliche Gesundheit.....	14
3.15	Querschnittsthemen „Bevölkerungsschutz“ und „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“.....	14
3.16	Generische Anpassungskapazität.....	15
3.17	Vom Klimawandel ähnlich betroffene Räume Deutschlands.....	16
3.18	Sektorenübergreifende Auswertung.....	17
3.19	Handlungsfeldübergreifende und räumliche Schwerpunkte.....	18
4	Forschungsbedarf.....	21
5	Methodische Empfehlungen für zukünftige Analysen.....	22
5.1	Empfehlungen für Konzeption und Methodik einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie.....	22
5.2	Umsetzung einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie.....	30
5.3	Darstellung der Analyseergebnisse, Zusammenführung mit dem aktuellem Stand der Forschung und Review.....	32



# 1 Politischer Hintergrund

Im Zuge des fortschreitenden Klimawandels und der damit auch für Deutschland immer deutlicheren Folgen, hat die Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Vulnerabilitätsbewertungen sind ein wichtiger Schritt der Anpassungsplanung, um Anpassungsbedarfe zu identifizieren, eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel oder einen Aktionsplan mit konkreten Maßnahmen zu entwickeln. Sie beantworten die Frage, wo ein Land oder eine Region besonders verwundbar gegenüber dem Klimawandel ist – sowohl räumlich als auch thematisch.

Das Bundeskabinett hat bereits 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) verabschiedet, um die Vulnerabilität Deutschlands gegenüber den Folgen des Klimawandels zu mindern. Daher sollen die Fähigkeiten von natürlichen, ökonomischen und gesellschaftlichen Systemen, sich an Klimaveränderungen und deren Folgen anzupassen, erhalten oder gesteigert werden. Im Aktionsplan Anpassung 2011 (APA) wurde festgestellt, dass „eine aktuelle, sektorenübergreifende und nach einheitlichen Maßstäben erstellte Vulnerabilitätsbewertung für Deutschland erforderlich ist. Für den Fortschrittsbericht zur DAS und die Weiterentwicklung der deutschen Anpassungspolitik wurde daher von 2011 bis 2015 eine solche sektorenübergreifende und konsistente Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland erarbeitet.

Eine Analyse der Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel ist eine wissenschaftliche Querschnittsaufgabe und verlangt die Kooperation verschiedener Fachdisziplinen und Behörden sowie die Integration regionaler und handlungsfeldspezifischer Expertise. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und das Umweltbundesamt haben daher 2011 die Aufgabe übernommen, das „Netzwerk Vulnerabilität“ aufzubauen.

Das Netzwerk Vulnerabilität besteht aus 16 Bundesoberbehörden und -institutionen aus neun Ressorts und wird durch ein vom BMUB finanziertes und durch das UBA geleitetes wissenschaftliches Vorhaben unterstützt. Das daran beteiligte wissenschaftliche Konsortium umfasst adelphi consult, plan + risk consult, EURAC und IKU. Grundlegend für die erfolgreiche Arbeit des Netzwerks sind die Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit und die sektorale Expertise der teilnehmenden Behörden. Netzwerkpartner sind das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, das Bundesamt für Naturschutz, das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, die Bundesanstalt für Gewässerkunde, die Bundesanstalt für Straßenwesen, die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, der Deutsche Wetterdienst, das Johann Heinrich von Thünen-Institut, die KfW, der Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das Robert Koch-Institut und das Umweltbundesamt. Das Netzwerk steht grundsätzlich allen Bundesoberbehörden und -institutionen offen.

Ziel des Netzwerks war es, den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu Vulnerabilitätsanalysen sowie das Wissen der Fachbehörden zu den Folgen des Klimawandels in Deutschland zusammenzuführen und darauf aufbauend, die Vulnerabilität Deutschlands handlungsfeldübergreifend zu analysieren. Mittels der Vulnerabilitätsanalyse wurden in einem Screeningverfahren deutschlandweit und handlungsfeldübergreifend die Regionen und Systeme identifiziert, die besonders durch den Klimawandel gefährdet, das heißt vulnerabel, sind.

Neben seinen inhaltlichen Ergebnissen liegt der Mehrwert des Netzwerks Vulnerabilität vor allem in der Vernetzung der beteiligten Bundesoberbehörden und -institutionen. Es befördert die transdisziplinäre, inhaltliche Arbeit mit Blick auf die Vulnerabilitätsanalyse und bietet den Behörden über das Netzwerk hinaus Anknüpfungspunkte für behördenübergreifende Kooperationen, zum Beispiel hinsichtlich der Integration von Daten und Modellen. Bereits heute haben die Arbeiten

des Netzwerks neue Vorhaben einzelner Netzwerkpartner sowie Weiterentwicklungen initiiert. Damit ist das Netzwerk Vulnerabilität ein zentraler Bestandteil des Prozesses zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland.

Im Folgenden wird die Vulnerabilitätsanalyse kurz skizziert. Empfehlungen und weiterführende Diskussionsfragen, die sich aus der methodischen Arbeit des Netzwerks ergeben haben, finden sich in Kapitel 5. Der Schlussbericht wird in Kürze unter dem Link „<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem>“ veröffentlicht.

## 2 Methodik

Mittels einer gemeinsam entwickelten, konsistenten und transparenten Methode basierend auf dem Vulnerabilitätskonzept des IPCC 2007 (Parry et al. 2007) wurde bestehendes, regionales und sektorales Wissen zusammengeführt. Danach ist Vulnerabilität das Maß der Anfälligkeit eines Systems gegenüber dem Klimawandel, sowie die Unfähigkeit damit umzugehen. Die Vulnerabilität wird beeinflusst durch das Klima (Klimasignale), durch die Empfindlichkeit der betroffenen Systeme (Sensitivität) sowie durch deren Möglichkeiten, sich an den Wandel anzupassen (Anpassungskapazität). Dieses Konzept wurde für die vorliegende Vulnerabilitätsanalyse so umgesetzt, dass die Sensitivität eines Systems zu einer definierten Zeit bestimmt, welche Auswirkung das dann wirksame Klimasignal hat. Der Begriff „Klimawirkung“ beschreibt daher in dieser Analyse für die Gegenwart die Wirkung des heutigen Klimas auf das heutige System und für die Zukunft die Wirkung des zukünftigen Klimas auf ein zukünftiges System. Die Anpassungskapazität kann nur dann die Auswirkungen des Klimawandels zukünftig verringern, wenn sie zu konkreten Anpassungsmaßnahmen genutzt wurde.

Für die konsistente Vulnerabilitätsanalyse des Netzwerks wurde auf eine klare zeitliche Zuordnung der klimatischen und sozioökonomischen Daten für die drei betrachteten Zeiträume Gegenwart, nahe und ferne Zukunft geachtet. Der Unsicherheit in den Projektionsergebnissen für die nahe Zukunft (2021-2050) wurde Rechnung getragen, indem das 15. und das 85. Perzentil eines Ensembles von Klimaprojektionsdaten<sup>1</sup> und zwei sozioökonomischen Szenarien<sup>2</sup> zu einem Szenario „starker Wandel“ und einem Szenario „schwacher Wandel“ kombiniert wurden. Da für den Zeitraum „ferne Zukunft“ (2071-2100) keine belastbaren sozioökonomischen Szenarien vorliegen, werden hierfür nur Klimaprojektionsdaten in Karten dargestellt und die Klimawirkungen selbst narrativ beschrieben.

Als räumliche Bezugsebene wurden Landkreise ausgewählt. Die befragten Expert/innen bezogen sich auf unterschiedliche räumliche Einheiten, sodass diese Ergebnisse nicht in Kartenform dargestellt werden. Dies erschwert die Zusammenführung der quantitativen und qualitativen Ergebnisse. Endergebnisse des Netzwerks sind daher sowohl räumlich explizite Karten für einzelne Klimawirkungen – getrieben durch Klima- und sozio-ökonomische Veränderungen – als auch grafisch unterstützte narrative Aussagen. Darauf aufbauend wurden die Ergebnisse sowohl sektoral getrennt als auch sektorenübergreifend ausgewertet, um räumliche und thematische Schwerpunkte der Vulnerabilität Deutschlands zu identifizieren.

Die Operationalisierung (z.B. Berechnung) der ausgewählten 72 Klimawirkungen basiert soweit möglich auf quantitativen, modell- oder indikatorgestützten, Daten. Wenn keine quantitativen Daten zur Verfügung standen, wurde auf Expert/innenschätzungen zurückgegriffen. Es zeigte sich, dass zu mehr als der Hälfte der Klimawirkungen Expert/innengespräche geführt werden mussten. Die Anpassungskapazität wurde pro Sektor mit Hilfe von Expert/innengesprächen und zusätzlich

<sup>1</sup> bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst

<sup>2</sup> bereitgestellt vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

allgemein mittels Indikatoren geschätzt. In die allgemeine Anpassungskapazität flossen Auswertungen zu dem Querschnittsthema „Räumliche Planung“ ein. Aussagen zum Querschnittsthema „Bevölkerungsschutz“ wurden aufgrund fehlender Daten nicht aufgenommen. Aussagen zur Vulnerabilität der anderen 14 Handlungsfelder der DAS wurden durch eine textliche Auswertung von Klimawirkungen und Anpassungskapazität erzeugt. Zusätzlich wurde pro Klimawirkung der Grad der Gewissheit eingeschätzt. Quellen von Unsicherheit können bei berechneten Klimawirkungen auf Ebene des Systemverständnisses, des gewählten Indikators oder Modells und der verwendeten Daten liegen. Bei den erfragten Klimawirkungen wurde die Gewissheit über die Einigkeit der Expert/innen und ihre Einschätzung, wie sicher sie sich in ihren Aussagen sind, abgebildet.

Die in der Struktur und Arbeitsweise des Netzwerks angelegte „Koproduktion von Wissen“ durch Wissenschaftler/innen und Praktiker/innen, in diesem Fall Behördenvertreter/innen, ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für integrierte Vulnerabilitätsanalysen, da es bisher keine allgemein anerkannten Methoden gibt. Die Erarbeitung eines Konsensus ist unter Expert/innen ein wichtiges methodisches Konzept zum Umgang mit Unsicherheit. Die sektorenspezifische Expertise der Netzwerkpartner sowie die Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit stellen daher wichtige Ressourcen des Netzwerks dar. Zudem werden Forschungsergebnisse, die in Kooperation von Wissenschaftler/innen und verantwortlichen Behörden entwickelt werden, besser verstanden, akzeptiert und umgesetzt als reine Forschungsergebnisse.

Für dieses gemeinsame Vorgehen wurden Analyseschritte vom Konsortium vorbereitet und im Rahmen von regelmäßigen Netzwerktreffen mit den Netzwerkpartnern abgestimmt. Die beteiligten Behörden lieferten Daten, Modellergebnisse und Expert/innenwissen für die Entwicklung der Methodik und Analyse und fällten die normativen Entscheidungen, z.B. die Auswahl der einbezogenen Expert/innen und der verwendeten Indikatoren, Modelle, und Daten. Darauf aufbauend erarbeitete das Konsortium die Ergebnisse. Gemeinsame normative Entscheidungen aller Netzwerkpartner wurden an drei Stellen im Prozess durchgeführt:

1. Auswahl der für die Bearbeitung im Netzwerk als relevant erachteten Klimawirkungen
2. Einschätzung des Grads der Gewissheit bei den quantitativen operationalisierten Klimawirkungen (gering, mittel, hoch)
3. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich der Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland (gering, mittel, hoch)

In Abwesenheit von Schwellenwerten für die einzelnen Klimawirkungen und eines einheitlichen Bewertungsmaßstabs haben die Behördenvertreter bei der Auswahl und Bewertung der Klimawirkungen, die soziale, wirtschaftliche, ökologische und kulturelle oder flächenhafte Bedeutung der jeweiligen Klimawirkung für Deutschland berücksichtigt.

Die im Netzwerk entwickelte und geprüfte Methode kann als Gute-Praxis-Beispiel für Vulnerabilitätsanalysen dienen. Sie ist leicht anpassbar und kann als Grundlage für sektorale Analysen der Netzwerkpartner oder auch für Vulnerabilitätsanalysen der Bundesländer und anderer Staaten genutzt werden.

### **Klimaprojektionen und sozioökonomische Szenarien**

Der Fokus der Untersuchung lag auf der Gegenwart und der nahen Zukunft, da der Handlungsbedarf der nächsten Jahre im Vordergrund stand. **Um die Bandbreite der zukünftigen klimatischen und sozioökonomischen Entwicklungen abzubilden, wurden zwei Szenariokombinationen für die nahe Zukunft untersucht:**

- ▶ **Starker Wandel:** Für die Klimaprojektionen wurde grundsätzlich das 85. Perzentil der Ergebnisse des Klimamodellensembles des DWD verwendet. Weiterer Ausgangspunkt ist eine relativ starke sozioökonomische Entwicklung, unter anderem mit einem durchschnittlichen jährli-

chen Wirtschaftswachstum von 1,1 Prozent, einer mittleren täglichen Flächenneuanspruchnahme von 59 Hektar und einem Bevölkerungsrückgang auf 78,68 Millionen Einwohner im Jahr 2030.

- ▶ **Schwacher Wandel:** Für die Klimaprojektionen wurde grundsätzlich das 15. Perzentil der Ergebnisse des DWD-Klimamodellensembles verwendet. Das verwendete sozioökonomische Szenario beruht – im Vergleich zum Szenario starker Wandel – auf einem geringeren jährlichen Wirtschaftswachstum (durchschnittlich 0,58 Prozent), einer geringeren täglichen Flächenneuanspruchnahme (49,3 Hektar) sowie einer stärker abnehmenden Bevölkerung auf 75,67 Millionen Einwohner im Jahr 2030.

Das Klimamodellensemble des DWD umfasst 19 regionale Klimaprojektionen bis Ende des Jahrhunderts auf der Grundlage des Emissionsszenarios A1B (weitere Erläuterungen siehe [www.dwd.de/klimaatlas](http://www.dwd.de/klimaatlas)). Die Quantile können grundsätzlich wie folgt interpretiert werden (Bundesregierung 2011):

- ▶ 15-Prozent-Quantil: Mit einer 85-prozentigen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble überschritten; das heißt 85 Prozent der Projektionen prognostizieren höhere und 15 Prozent die dargestellten oder niedrigeren Änderungsraten.
- ▶ 85-Prozent-Quantil: Mit einer 85-prozentigen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble nicht überschritten, das heißt 85 Prozent des Ensembles prognostizieren die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten und 15 Prozent prognostizieren höhere Änderungsraten.

Der Bereich zwischen den gewählten unteren und oberen Schranken umfasst somit eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 70 Prozent bezüglich des betrachteten Ensembles. Die hier benutzten Begriffe Wahrscheinlichkeit und Quantil basieren lediglich auf dem verwendeten Klimaprojektionsensemble. Dieses Ensemble repräsentiert nur einen Ausschnitt möglicher zukünftiger Klimaentwicklungen, sodass es sich bei den hier präsentierten Ergebnissen nicht um statistische Eintrittswahrscheinlichkeiten im engeren Sinn handelt.

Stellenweise wurden Klimadaten des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) verwendet. Hier wurde für den starken Wandel das 95. Perzentil und für den schwachen Wandel das 5. Perzentil verwendet. Wo bestehende Modellergebnisse verwendet wurden, sind ebenfalls abweichende Klimaprojektionen eingeflossen. Hier wurde darauf geachtet, dass die Annahmen der Modellberechnungen denen des Vorhabens ähnlich sind. Für niederschlagsgetriebene Modelle wurden in der Regel ein feuchtes und ein trockenes Szenario berechnet.

Die zwei verwendeten sozioökonomischen Landnutzungsszenarien (Wachstum und Stagnation) wurden mit dem Modellverbund PANTA RHEI REGIO der Gesellschaft für Wirtschaftliche Struktur- und Raumforschung mbH (GWS) und dem Land Use Scanner des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) für 2030 auf Landkreisebene berechnet. Eingeflossen sind als Indikatoren die relative Veränderung der Einwohnerzahl, der Bevölkerung über 60 Jahren, der Arbeitnehmerzahl, des Bruttoinlandsprodukts, des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte, der Erwerbstätigenzahl sowie der Anzahl der Haushalte.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Handlungsfeld Boden

Das Klima beeinflusst viele Prozesse im Boden und damit dessen Bildung, Entwicklung, Eigenschaften und Funktionen. Art und Bedeckung des Bodens beeinflussen, wie stark der Klimawandel auf den Bodenwasser- und Temperaturhaushalt wirkt und Erosionen fördert. Zentral für die biologische Aktivität sind zudem die Art und Intensität der Nutzung.

Für das Handlungsfeld Boden wurden die Indikatoren „Effektive Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode“, „jährliche Sickerwasserrate“, „Bodenabtrag durch Wind“ und „Wasser“ mit Hilfe von Wirkungsmodellen bewertet. Die Einschätzung der Indikatoren „Hangrutschung“, „Boden-Biodiversität, mikrobielle Aktivität“, „organische Bodensubstanz“, „N(P)-Haushalt“, „Stoffausträge“ sowie „Produktionsfunktionen (Standortstabilität / Bodenfruchtbarkeit)“ erfolgte auf der Basis von Expert/inneninterviews.

Deutschlandweit wurden im Handlungsfeld Boden alle klimatischen Auswirkungen für einen starken Wandel in naher Zukunft (2021-2050) als bedeutsam bewertet. Auswirkungen auf den „Bodenwasserhaushalt“ sind bereits heute in einigen Regionen Deutschlands deutlich feststellbar. Beim Szenario „starker Wandel“ kann es in naher Zukunft zu signifikanten Trockenheitseffekten kommen. Für die „Boden-Biodiversität, mikrobielle Aktivität“ sowie die „Organische Bodensubstanz, N(P) Haushalt“, „Stoffausträge“ werden deutliche Beeinflussungen durch den Klimawandel bereits in der Gegenwart und in der nahen Zukunft auch bei einem schwachen Wandel gesehen. Durch einen weiteren Temperaturanstieg und damit verbundene vermehrte Trockenheit bis zum Ende des Jahrhunderts können alle Bodenprozesse verstärkt verändert werden.

Im Allgemeinen stehen im und für den Sektor „Boden“ eine große Anzahl von Anpassungsoptionen wie Bewässerung, Düngung oder Fruchtartenwahl zur Verfügung. Das Potenzial zur Anpassung wird daher als hoch bis sehr hoch eingeschätzt. Die Zahl der Anpassungsmaßnahmen, die unter der Bedingung durchgeführt werden können, dass kein weiterer Ressourcenverbrauch entsteht und die bisherigen Erträge beibehalten werden, ist jedoch deutlich geringer. Insgesamt wird die sektorale Anpassungskapazität daher trotz einiger Differenzen im Detail als mittel eingestuft. Dabei ist zu beachten, dass es kleinräumig größere Unterschiede gibt. Unter Berücksichtigung der mittleren bis teilweise hohen Betroffenheit ergibt sich für das Handlungsfeld Boden somit eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

### 3.2 Handlungsfeld Biologische Vielfalt

Änderungen bei Temperatur und Niederschlag sowie die Veränderung der Wachstumsperiode wirken direkt auf die abiotischen Lebensbedingungen von Flora und Fauna. Sie beeinflussen grundlegende Prozesse, wie etwa Phänologie (Flora), Verhalten (Fauna), Habitatansprüche, Fortpflanzung, Konkurrenzfähigkeit sowie Nahrungsbeziehungen. Bereits heute ist die Biologische Vielfalt in Deutschland bedroht. Hauptursachen sind bisher vor allem die verschiedenen Landnutzungen (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Flächenverbrauch durch Siedlung und Verkehr) sowie deren Intensivierung. Entsprechend ist seit Jahrzehnten ein Rückgang der Artenvielfalt insbesondere heimischer Arten im Agrarland, in Siedlungen, an den Küsten und im Bereich der Meere sowie den Alpen festzustellen.

Im Vorhaben wurden insgesamt vier ausgewählte Klimawirkungen untersucht: die Wirkung auf die „Verbreitung invasiver Arten“, auf die „Areale von Arten“, auf „Biotope und Habitate“ sowie auf die „Ökosystemleistungen“. Die Operationalisierung erfolgte durch Modelldaten und Expert/inneninterviews.

Insgesamt wurde der Verbreitung invasiver Arten die höchste Bedeutung zugemessen. In naher Zukunft ist bei einem starken Wandel mit einer verstärkten Ausbreitung invasiver Arten ausgehend von den Metropolenregionen (Rhein-Ruhr, Frankfurt, München), des oberen Rheintals sowie den mitteldeutschen Trockengebiete und dem Erzgebirgsvorland zu rechnen. Lokal kann es durch den Klimawandel zu einer Verschiebung des Artenspektrums kommen. In Süddeutschland könnten dabei die möglichen Artenverluste durch mögliche neu auftretende Arten zahlenmäßig kompensiert werden, während es in Ostdeutschland in der Bilanz eher zu einem Rückgang der Artenzahl kommen könnte. Bei den Biotopen und Habitaten erweisen sich wassergebundene Biotope mit geringer Pufferkapazität (Moore, Quellen, kleinere Fließgewässer, Tümpel) und die an kühle Temperaturen angepassten Biotope und Habitate der Gebirge als besonders sensibel. Die meisten

Ökosystemleistungen sind im Falle eines schwachen Wandels nur gering betroffen, da die Ökosystemleistungen direkte Änderungen in den Ökosystemen zu einem gewissen Grad puffern können. Bei einem starken Wandel bis zur Mitte des Jahrhunderts sowie in ferner Zukunft kann die Veränderung von Ökosystemleistungen insgesamt an Bedeutung zunehmen.

Die Anpassungskapazität gegenüber den direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt ist eher gering. Zwar gibt es eine Reihe von Maßnahmen, die Arten unter Berücksichtigung des Klimawandels Rückzugsmöglichkeiten bieten sowie die notwendigen Wanderungen ermöglichen, aufhalten können diese Maßnahmen den Artenwandel aber nicht. Insgesamt scheint mittelfristig vor allem eine Vulnerabilität gegenüber der durch den Klimawandel begünstigten Verbreitung invasiver Arten zu bestehen. Hier ist die Vulnerabilität hoch, da die Bedeutung der Klimawirkung als hoch eingeschätzt wird und die Anpassungsmöglichkeiten gering sind. Für die anderen Klimawirkungen ist die Vulnerabilität in naher Zukunft noch moderat, könnte sich aber in ferner Zukunft erhöhen.

### **3.3 Handlungsfeld Landwirtschaft**

Temperatur und Niederschlag sind klimatische Faktoren mit zentraler Bedeutung für die Landwirtschaft. Schon graduelle Veränderungen, aber auch extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen oder Starkregen, können zu Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktion führen und die Menge und Qualität landwirtschaftlicher Erträge beeinflussen.

Im Vorhaben wurden fünf als prioritär ausgewählte Klimawirkungen untersucht: Die Klimawirkung auf die agrarphänologischen Phasen und die Wachstumsperiode, auf den Ertrag, auf Trocken- und Frostschäden, auf Schädlinge und Pflanzengesundheit sowie auf Schäden durch Extreme. Die Operationalisierung erfolgte durch Proxyindikatoren und Expert/inneninterviews.

Die größte Bedeutung wurde der Verschiebung der agrarphänologischen Phasen beigemessen. Hier überwiegen die positiven Effekte einer längeren Wachstumsperiode die möglichen negativen Effekte wie die Gefahr von Spätfrösten. Die Erträge könnten in Regionen mit geringen Niederschlägen und armen Böden leicht zurückgehen, in heute noch kühlen Regionen und bei geeigneter Wasserversorgung aber auch leicht zunehmen. In Zukunft steigt allerdings die Gefahr von Trocken- und Hitzeschäden vor allem in Süddeutschland und Ostdeutschland an. Auch könnten sich, durch milde Winter begünstigt, Schadorganismen stärker ausbreiten und eine Verstärkung des Pflanzenschutzes erforderlich machen. Eine weitere Bedrohung geht von Hagel, Starkregen und Hochwasser aus, wobei hier keine belastbaren Projektionen vorliegen. Der Agrarsektor in Deutschland ist insgesamt in der Lage, die künftigen klimabedingten Herausforderungen zu bewältigen.

Für einige Regionen Deutschlands ergeben sich aus den mittelfristig moderaten Veränderungen des Klimas auch Chancen für positive Effekte auf die Pflanzenproduktion. In Kombination mit einer insgesamt guten Fähigkeit zur Anpassung an klimatische Veränderungen und deren Folgen ist die Vulnerabilität der Landwirtschaft daher als eher gering anzusehen.

### **3.4 Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft**

Die Wald- und Forstwirtschaft ist eng mit dem Wasser- und Nährstoffangebot der Böden verbunden. Die klimatischen und standörtlichen Bedingungen bestimmen das Spektrum möglicher Baumarten und deren Ertragspotenzial. Extremwetterereignisse wie Sturm können Wälder dauerhaft schädigen. Hitzewellen und Trockenheit können das Auftreten von Hitze- und Trockenstress sowie von Waldbränden beeinflussen.

Für das Vorhaben wurden sieben Klimawirkungen als prioritär ausgewählt: die Wirkung auf das „Waldbrandrisiko“, auf „Schäden durch Windwurf“, auf „Schäden durch Schadorganismen“, auf Schäden durch „Hitze und Trockenstress“, auf die Veränderung von „Nutzfunktion“ und der

„Schutzfunktion“ sowie auf die Veränderung der „Baumartenzusammensetzung“. Die Operationalisierung erfolgte durch Modelldaten und Experten/inneninterviews.

Als besonders bedeutend bereits in naher Zukunft wurde die Klimawirkung auf die Nutzfunktion, sowie auf die Schäden durch Schadorganismen bewertet. Die Nutzfunktion ist vor allem durch einen Rückgang der Wasserverfügbarkeit in Folge eines potentiellen Rückgangs der Sommerniederschläge und einer Zunahme der Verluste durch Evapotranspiration beeinträchtigt. Hiervon besonders betroffen sind heute Fichtenstandorte außerhalb der Mittelgebirge und der Alpen sowie heute schon eher trockene Buchenstandorte.

Bei den Schadorganismen ist mit einer Verfrühung und Intensivierung des Borkenkäferbefalls von Fichten zu rechnen. Aber auch Schäden durch andere Schadorganismen (Wurzel- und Stammerkankungen) könnten als Folge des Klimawandels zunehmen. Auch die weiteren Klimawirkungen sind überwiegend an einen Rückgang der Wasserversorgung gekoppelt. Regional sind vor allem die kontinentalen Bereiche Ostdeutschlands betroffen, aber auch ein Gürtel, der sich von Südwestdeutschland (Oberrheingraben) über Rheinland-Pfalz bis in den Osten Deutschlands zieht.

Es bestehen im Bereich Wald- und Forstwirtschaft vielfältige Anpassungsoptionen. Hier spricht man von passiver oder aktiver Anpassung, wobei Anpassungsoptionen entweder durch die Selbstregulation des Waldes oder durch menschliche Aktivitäten eröffnet werden. Abschließend betrachtet ergibt sich für die Wald- und Forstwirtschaft aufgrund der mittleren bis hohen Betroffenheit grundsätzlich eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft, die aufgrund der langen Anpassungszeiten in ferner Zukunft noch ansteigen kann.

### 3.5 Handlungsfeld Fischerei

Die Fischerei wird unterteilt in die Hochsee- und Küstenfischerei sowie die Binnenfischerei. Durch die Veränderung der Temperatur und des Kühlbedarfs wird sich in Zukunft das Artenspektrum verändern, auch wenn die Fischerei wesentlich von sozioökonomischen Rahmenbedingungen mitbestimmt wird. Des Weiteren haben die Klimasignale „Meeresspiegeländerung“, „extreme Wetterereignisse“, „Veränderung der Niederschläge“ sowie die „CO<sub>2</sub>-Veränderung“ Einfluss auf die Fischerei beziehungsweise die Wechselwirkungen dieser. Gewässerzustand und -güte werden sich in Zukunft verändern.

Von insgesamt sechs Klimawirkungen wurden vier näher betrachtet: „Gebietsfremde Arten, verändertes Artenspektrum“, „Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen“, „Aquakulturen“ (Schäden inklusive) sowie „Fangbedingungen“. Die Operationalisierung erfolgte durch Expert/inneninterviews.

In naher Zukunft kann es bei einem stärkeren Wandel zu einer Verschiebung des Artenspektrums kommen, also einer Abwanderung heimischer und zu einer Zuwanderung südlicher Arten. Aquakulturen im Binnenland hingegen sind unabhängig von äußeren Einflüssen. Einer zunehmenden Eutrophierung der Gewässer von Teichwirtschaften und Aquakulturen kann mit technischen Maßnahmen begegnet werden, da sie zumeist geschlossene Systeme darstellen. Das verbesserte Fischereimanagement hat bis heute zu einer positiven Entwicklung der Seefischerei geführt. Abhängig von dessen Entwicklung können auch in naher Zukunft die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei aufgefangen werden. Veränderungen in der Seefischerei werden daher als gering eingeschätzt, auch wenn unklar ist, wie genau sich die globale Erwärmung und Versauerung der Meere kleinräumig auswirken wird. Klimatische Faktoren spielen bei den Fangbedingungen eine noch eher untergeordnete Rolle, deren Bedeutung wird aber in naher Zukunft zunehmen.

Die Anpassungskapazität der Fischerei gegenüber dem Klimawandel hängt vor allem vom zukünftigen Fischereimanagement ab. Sie ist auch abhängig von Betriebsgröße und regionalem Bezug. So sind Fischereibetriebe an der Ostsee stärker von klimarelevanten Faktoren abhängig als Be-

triebe an der Nordsee, da bestimmte Fischbestände hier nicht durch andere ersetzt werden können. Generell ist die Anpassungskapazität der Küstenfischerei deutlich geringer als die der Aquakulturen im Binnenland, da sie in besonderer Weise den klimatischen Veränderungen der Meere ausgesetzt sind, ein Beispiel ist die Temperatursensibilität bei der Laichablage. Eine höhere Anpassungskapazität besteht bei den dem Fischfang nachgelagerten Verarbeitungsprozessen. Da der wesentliche Anteil der Fische jedoch nach Deutschland importiert wird, ist die Fischereiwirtschaft strukturell von globalen klimabedingten Veränderungen betroffen und abhängig. Damit lässt sich eine mittlere bis hohe Vulnerabilität der Fischerei gegenüber dem Klimawandel bei einer geringen bis mittleren Anpassungskapazität feststellen.

### 3.6 Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz

Küsten- und Meeresregionen sind in zunehmendem Maße von den Folgen des Klimawandels betroffen. Die Artenzusammensetzung von Flora und Fauna in Nord- und Ostsee ist abhängig vom Nahrungsangebot im Meer. Wind, Temperatur und Salzgehalt sind die wesentlichen Faktoren für eine Durchmischung der Wasserschichten und die damit verbundene Nähr- und Sauerstoffsituation. Der Meeresspiegelanstieg und die erwartete Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Sturmfluten führen für die Küstenregionen zu einem erhöhten Risiko durch Überflutungen. Die Entwicklung der Küstenregionen in Deutschland unterliegt sehr vielen, Teil sehr hohen Nutzungsansprüchen, denn sie sind Lebens-, Wirtschafts-, Energie-, Naturschutz- und Tourismusräume.

Von insgesamt neun Klimawirkungen wurden drei näher betrachtet, von denen „Hochwasser durch Sturmfluten“ über einen Proxyindikator abgeschätzt wurde und die Klimawirkungen „Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen“ sowie „Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen)“ über Expert/inneninterviews.

In der nahen Zukunft betreffen potenzielle Überflutungen durch Sturmfluten bei einem schwachen Wandel vorrangig die Ostseeküste sowie die nicht deichgeschützten Vorländer und die nordfriesischen Halligen an der Nordseeküste. Unter der Annahme eines starken Klimawandels käme es zu einer gravierenden Vergrößerung der potenziellen Überflutungsgebiete. Die Marschflächen an der Nordseeküste in Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie die Städte Bremen und Hamburg müssten beim starken Wandel als sturmflutgefährdet gelten, wenn es zu Überströmungen und Deichbrüchen kommt. Aufgrund von Küstenschutzmaßnahmen kann davon ausgegangen werden, dass alle Bauwerke in naher Zukunft ausreichend geschützt wären. Durch die zunehmenden Schwierigkeiten der Entwässerung der Marschgebiete durch einen erhöhten Meeresspiegel hätte dies beim starken Wandel eine Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen zur Folge. An der Nordseeküste wären für die naturräumlichen Veränderungen beim schwachen Wandel eher geringe Auswirkungen zu erwarten. Bei einem starken Wandel wäre das Festland durch die Inseln und das Watt im Falle von Sturmflut, Dünung und Meeresspiegelanstieg geschützter als die Inseln, die mit erheblicher Dünenerosion umzugehen hätten. Verstärkte Niederschläge und Starkregenereignisse würden zusätzlich die Küstenerosion, insbesondere an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns erhöhen.

Die Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, werden als hoch eingestuft. Der Küstenschutz gilt in Deutschland als gut ausgebaut. Es wird somit angenommen, dass er auch künftige, erhöhte Belastungen auffangen kann. Zudem trägt ein kontinuierliches Monitoring dazu bei, klimabedingte Veränderungen frühzeitig zu erkennen. Somit ergibt sich aufgrund des bis zur Mitte des Jahrhunderts erwarteten moderaten Meeresspiegelanstiegs und der ausreichend dimensionierten Küstenschutzbauwerke bis mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

### 3.7 Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft werden umfassend durch den Klimawandel verändert, natürliche Wasserkreisläufe genauso wie vom Menschen geschaffene Kreisläufe und Eingriffe wie die Wasserver- und -entsorgung oder Talsperrenbewirtschaftung. So haben beispielsweise in Deutschland die Winterniederschläge in den vergangenen Jahrzehnten stetig zugenommen, im Osten kam es zu einer Verringerung der Niederschläge im Sommer. Solche Veränderungen haben Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung und Abflussbildung und können beispielsweise zu Wasserknappheit führen, was wiederum negative Auswirkungen auf die Flora und Fauna, aber auch auf die Trinkwasserversorgung haben kann. Die Hochwassergefahr wird sich vor allem im Winter erhöhen, da durch steigende Temperaturen Niederschläge in Form von Schnee seltener vorkommen und damit schneller und ungleichmäßiger abfließen. Starkregenereignisse werden mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen, was unter anderem in urbanen Gebieten zu Sturzfluten mit hohen Schäden führen und Abwassersysteme stark belasten kann.

Insgesamt wurden acht Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft genauer analysiert: „Jährlicher Durchfluss“, „Hochwasser (alle Typen)“, „Wasserverfügbarkeit aus Grundwasser“, „Wasserverfügbarkeit aus Oberflächengewässern“, „Trinkwasserverfügbarkeit“, „Auswirkungen auf Kanalnetz, Kläranlagen und Vorfluter“, „Talsperrenbewirtschaftung“ sowie „Gewässerzustand“. Die Operationalisierung erfolgte durch Modelldaten, Proxyindikatoren und Expert/inneninterviews.

In naher Zukunft sind erhebliche Veränderungen des Durchflusses (Zunahmen sowie Abnahmen) möglich. Flusshochwasser stellen bereits heute vielerorts eine Gefahr dar, die je nach optimistischem oder pessimistischem Klimaszenario noch ansteigen oder sinken kann. Generell sind die Auswirkungen räumlich sehr unterschiedlich. Die jährliche Grundwasserneubildung wird lediglich bei der Annahme eines „trockenen Szenarios“ regional abnehmen. Gleiches gilt für die generelle Verfügbarkeit von Oberflächengewässern für die Wasserentnahme, wobei es auch hier im Sommer bei länger anhaltenden Trockenperioden zu Nutzungskonflikten oder Wasserknappheit kommen kann. Die Bewirtschaftung der Talsperren hat sich durch die klimabedingt veränderten Wassermengen geändert und wird dies auch in Zukunft tun. Kleinere Talsperren, die sowohl dem Hochwasserschutz als auch der Trinkwasserversorgung dienen, sind dabei prinzipiell anfälliger als größere und spezialisierte Talsperren, die Schwankungen besser ausgleichen können. Die Gewässergüte wird sich durch den Klimawandel nur gering verändern, deutlich größeren Einfluss darauf haben anthropogene Einflüsse wie eine intensive Landnutzung.

In ferner Zukunft kann bei einem „feuchten Klimaszenario“ der Durchfluss leicht steigen, beim „trockenen Klimaszenario“ würde es zu geringen Rückgängen kommen. In Deutschland sind deutliche regionale Unterschiede anzunehmen: In den Einzugsgebieten im Westen Deutschlands kann der Durchfluss deutlich geringer ausfallen. Insbesondere beim trockenen Szenario kann in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Verminderung des jährlichen Wasserdurchflusses in Ostdeutschland und – je nach ausgewählter Klimaprojektion – auch der Donau eintreten. Sturzfluten werden sich bei Annahme des feuchten Szenarios weiter verstärken, während sie bei der Annahme eines trockenen Szenarios etwa gleich bleiben. Talsperren haben in ferner Zukunft mit Leistungsverlusten zu rechnen, da Hochwasserschutz und Trinkwasserversorgung nicht gleichermaßen gewährleistet werden können.

Die Anpassungskapazität ist als mittel bis hoch einzustufen. Grund dafür sind unter anderem hohe technische und administrative Kompetenzen und ein hohes Wasserdargebot. Maßnahmen und Instrumente, wie beispielsweise Wasserbewirtschaftungspläne, stehen für zahlreiche klimawandelbedingte Auswirkungen zur Verfügung. Abschließend lässt sich für das Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ damit eine mittlere Vulnerabilität konstatieren.

### 3.8 Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

Verkehr und Klimawandel ist ambivalent. Der ordnungsgemäße Ablauf des Verkehrs ist für den Wirtschaftsstandort Deutschland enorm wichtig und kann durch die Folgen des Klimawandels erheblich gestört werden. Doch es ist auch der Verkehr selbst, der den Klimawandel durch CO<sub>2</sub>-Emissionen in besonderer Weise vorantreibt. Hitze, Frost, Orkane oder die sich ändernden Wasserstände der Flüsse wirken auf unterschiedliche Weise auf die verschiedenen Verkehrsträger ein. Wesentliche Einflussgröße ist dabei die Temperatur. Von insgesamt 18 Klimawirkungen wurden fünf genauer analysiert. Diese sind „Hitze und Frostschäden an Straßen, Schienen, Startbahnen“, „Überschwemmungen und Unterspülungen von Straßen und Schienen“, „Vereisung von Binnenschiffahrtsstraßen und Flugzeugen“, „Beeinträchtigung Landverkehr durch Extremereignisse“ sowie „Transportkapazität der Binnenschiffahrt“. Zur Operationalisierung wurden Proxyindikatoren, Modelldaten und Expert/inneninterviews herangezogen.

Frostschäden werden den Verkehr bereits in naher Zukunft weniger beeinträchtigen, während hitzebedingte Schäden, wenn auch regional unterschiedlich, zunehmen werden. Vom Hochwasser sind Verkehr und Verkehrsinfrastruktur heute vor allem in Hamburg, Bremen, in der Region Rhein/Main, Leipzig sowie in Landkreisen entlang der Elbe, Weser, Ems und des Niederrheins betroffen. Von Sturzfluten sind insbesondere München, Rosenheim, Stuttgart, sowie Randbereiche von Mittelgebirgen wie Hagen oder das bergische Städtedreieck betroffen. In naher Zukunft werden sich sowohl bei den Flusshochwassern als auch bei den Sturzfluten die Schwerpunkte beim Szenario „starker Wandel“ weiter ausdehnen. Der Flugverkehr wird heute in Süddeutschland stärker durch Vereisungen von Flugzeugen gestört als der im Norden Deutschlands. In naher Zukunft werden sich die Auswirkungen der Frost- bzw. Frostwechseltage jedoch verringern. Die Transportkapazität der Binnenschiffahrt wird gegenüber Niedrig- und Hochwasser nur bedingt eingeschränkt sein. Vor allem staugeregelte Flussabschnitte werden kaum betroffen sein.

Die Anpassungskapazität im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ ist als mittel bis hoch einzustufen. Vor allem technische und infrastrukturelle Maßnahmen können hier zu einer verminderten Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel beitragen. Im Straßenwesen ist dies beispielsweise die Entwicklung neuer Asphaltmischungen, die gegenüber Hitze und Kälte robuster sind, in der Schifffahrt beispielsweise die Vertiefung und Verbreiterung von Fahrrinnen zur besseren Beherrschung von Niedrigwassersituationen. Abschließend ergibt sich im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ damit eine mittlere Vulnerabilität gegenüber klimatischen Veränderungen.

### 3.9 Handlungsfeld Bauwesen

Der Klimawandel wirkt sich auch auf die gebaute Umwelt aus. In Deutschland bestehen verhältnismäßig hohe Baustandards, aber Extremwetterereignisse wie Orkane führen immer wieder vor Augen, wie anfällig das Handlungsfeld „Bauwesen“ in all seinen Erscheinungsformen sein kann. Auch sich verändernde Niederschläge und Temperaturen sowie die Veränderung des Meeresspiegels haben wesentlichen Einfluss. So können Gebäude und Infrastrukturen erheblichen Schaden nehmen und sich Veränderungen des Innenraum- und Stadtklimas einstellen.

Von insgesamt zwölf Auswirkungen in den abgebildeten Wirkungsketten wurden vier näher untersucht. Dies sind „Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten, Flusshochwasser und Sturzfluten“, „Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind“, „Stadtklima und Luftqualität“ sowie „Innenraumklima und Aufwand für Kühlung“. Die Operationalisierung erfolgte bei allen näher untersuchten Klimawirkungen durch Proxyindikatoren.

Die Auswirkungen von Sturmfluten auf Gebäude und Infrastruktur in der Gegenwart betreffen vorrangig die Ostseeküste sowie die nicht deichgeschützten Vorländer und nordfriesischen Halligen

an der Nordseeküste. Potenziell hohe Auswirkungen im Bereich Flusshochwasser gibt es – insbesondere aufgrund des hohen Grades der Sensitivität – heute bereits in Städten wie Hamburg und München sowie in Landkreisen an Elbe, Weser, Ems, Donau und dem Niederrhein. Auswirkungen im Bereich Sturzfluten bestehen beispielsweise am Alpenrand oder im bergischen Städtedreieck. Bei einem starken Wandel könnten in naher Zukunft am Niederrhein stärkere Hochwasser auftreten, während sie in Ostdeutschland eher abnehmen. Außerdem könnte es zu Schäden durch sturmflutbedingte Überflutungen auch hinter den Deichen kommen. Das Potenzial von Sturzfluten kann sich gravierend erhöhen und neue räumliche Schwerpunkte hervorbringen.

Von Starkwind sind heute insbesondere Agglomerations- und Küstenräume betroffen. Bei einem „schwachen Wandel“ kann es an Küstenräumen und in einigen ländlichen Räumen zu einer Entspannung kommen, bei einem „starken Wandel“ hingegen würde sich die Gefährdung regional weiter ausdehnen und verstärken. Von Auswirkungen auf das Stadtklima sind heute vor allem Agglomerationsräume entlang der Rheinschiene betroffen. Bei einem „starken Wandel“ könnten sich die Auswirkungen deutlich verschärfen und neue stark betroffene Räume, insbesondere im südlichen Ostdeutschland hinzukommen. Der Aufwand für Kühlung würde dann deutlich zunehmen.

Im Handlungsfeld „Bauwesen“ bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Anpassung, beispielsweise über die Regional- und Bauleitplanung. Darüber hinaus sind insbesondere Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen im Bestand oder der Neubau klimagerechter Gebäude von Bedeutung. Die Umsetzung hängt häufig jedoch von Eigentümerinteressen, der Verfügbarkeit von Fördermitteln oder von Denkmalschutzbelangen ab, sodass wesentliche Veränderungen im Bestand nur behutsam durchgeführt werden können. Folglich ergibt sich für das Handlungsfeld „Bauwesen“ eine mittlere bis hohe Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel bei einer mittel- bis langfristigen Reaktionszeit gegenüber den Auswirkungen.

### **3.10 Handlungsfeld Industrie und Gewerbe**

Die Auswirkungen von Klimasignalen wie Extremwetterereignissen und dem graduellen Temperaturanstieg auf das Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ sind abhängig von Faktoren wie dem Rohstoffeinsatz, der (globalen) Vernetzung der Wertschöpfungsketten sowie der Abhängigkeit der Unternehmen von sehr präzisen Logistikprozessen. Zu den zentralen Sensitivitäten des Handlungsfelds zählen außerdem die räumliche Lage und der Zustand von Betriebsanlagen und Infrastrukturen sowie der Wasser- und Energiebedarf von Unternehmen.

Die Wirkungsketten des Handlungsfelds identifiziert dreizehn Klimawirkungen im Rahmen der Indikationsfelder Betriebsanlagen, Produktivität und Logistik, Wasser- und Energieversorgung, Arbeitskräfte und Beschäftigte sowie Wettbewerbsfähigkeit. Eine weiterführende Analyse erfolgte für neun der dreizehn Klimawirkungen. Operationalisiert wurden sie über Proxyindikatoren oder Expert/inneninterviews.

Bereits in der Gegenwart ergibt sich eine mittlere Bedeutung der Klimawirkungen „Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen“ und „Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs“. Die Bedeutung der weiteren Klimawirkungen ist gegenwärtig gering und wird sich mit Ausnahme der Klimawirkung „Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur durch Extremereignisse“ bei einem schwachen Wandel voraussichtlich auch in naher Zukunft nicht ändern. Für den Fall eines starken Wandels spricht das Netzwerk Vulnerabilität der Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs allerdings eine hohe Bedeutung zu. Außerdem würden neben Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur auch der Energieverbrauch für Kühlung, der zusätzliche Aufwand für Planungsprozesse sowie die Beeinträchtigung von Produktionsprozessen und Logistik an Bedeutung gewinnen.

Den befragten Expert/innen zufolge existieren ausreichend Möglichkeiten zur Anpassung. Genannt werden insbesondere Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Risikomanagements sowie

technische Anpassungsmaßnahmen. Einzelne Branchen und Unternehmenstypen sind hierbei unterschiedlich zu bewerten. Insgesamt wird die sektorale Anpassungskapazität von „Industrie und Gewerbe“ als hoch und die Vulnerabilität des Handlungsfelds als gering eingeschätzt.

### 3.11 Handlungsfeld Energiewirtschaft

Graduelle und extreme Temperaturänderungen und andere Extremwetterereignisse beeinflussen die Energiewirtschaft. Die konkreten Auswirkungen des Klimawandels sind aber maßgeblich von der heutigen und zukünftigen Zusammensetzung der Energieinfrastruktur abhängig. Denn für die Sensitivität der Energiewirtschaft sind insbesondere Lage, Beschaffenheit und Leistung von empfindlichen Infrastrukturen wie Kraftwerken aber auch die Lage von Ballungszentren von Bedeutung. Diversifizierung und Dezentralisierung können dabei eine wichtige Rolle spielen.

Die für das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ entwickelten Wirkungsketten identifizieren Klimawirkungen in den folgenden Indikationsfeldern: „Energiebedarf“, „Energieumwandlung“, „Energieinfrastruktur“, „Verfügbarkeit von Primärenergieträgern“ sowie „Energieversorgung“. Sie wurden mithilfe von Modelldaten, Proxyindikatoren und Expert/inneninterviews operationalisiert.

Die Bedeutung aller betrachteten Klimawirkungen wird für die Gegenwart mit einer Ausnahme noch als gering eingestuft: Der Klimawirkung „Kühlwasser für thermische Kraftwerke“ wird bereits jetzt eine mittlere Bedeutung zugeschrieben. Dank erfolgter Anpassung der Kühltechnologie sowie der Umstrukturierung des Sektors könnte die Bedeutung dieser Klimawirkung im Falle eines schwachen Wandels in Zukunft sinken. Im Falle eines starken Wandels gewinnen die Klimawirkungen „Bedarf an Heiz- und Kühlenergie“, „Kühlwasser für thermische Kraftwerke“ sowie „Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen“ an Bedeutung.

Insbesondere Ballungszentren sind aufgrund ihres Energiebedarfs vom Klimawandel betroffen. In Süddeutschland kann die Zuverlässigkeit der Energieversorgung abnehmen, sofern kein Aus- und Umbau von Kraftwerken und Stromnetzen erfolgt. Darüber hinaus lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels jahreszeitlich differenzieren: Extremwetterbedingte Schäden an Kraftwerken und Leitungsnetzen sind vorrangig in den Wintermonaten zu erwarten, während im Sommer Versorgungsengpässe infolge einer Zunahme des Kühlenergiebedarfs bei gleichzeitiger Beeinträchtigung der Stromproduktion an Wasser- und thermischen Kraftwerken auftreten können.

Die entscheidende Auswirkung des Klimawandels auf die Energiewirtschaft findet sich jedoch im regulatorischen Bereich. Viele Expert/innen schätzen die notwendige Umstrukturierung des Energiesektors im Rahmen des Klimaschutzes als aktuell größte Herausforderung ein. Sie sehen für die Energiewirtschaft insgesamt eine hohe Anpassungskapazität, sodass die Vulnerabilität des Handlungsfelds als gering eingestuft wird.

### 3.12 Handlungsfeld Tourismuswirtschaft

Da Wetter und Klima entscheidenden Einfluss auf die Reisesaison und die Wahl von Urlaubszielen haben, ist die Tourismuswirtschaft sehr von ihnen abhängig. Vor allem extreme Wetterereignisse können touristische Angebote beeinflussen. Für die Sensitivität spielen insbesondere die Lage von touristischen Anbietern sowie bestehende Vorsorge- und Diversifizierungsmaßnahmen eine Rolle.

Basierend auf den für das Handlungsfeld Tourismus entwickelten Wirkungsketten wurden die folgenden drei Klimawirkungen analysiert: „Betriebsunterbrechungen“, „Saisonale und regionale Nachfrageverschiebung“ und „Veränderte Anforderungen an touristische Infrastrukturen“. Die Operationalisierung erfolgte über Proxyindikatoren, Modelldaten und Expert/inneninterviews.

In der Gegenwart und für den Fall eines schwachen Wandels sind alle Klimawirkungen im Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“ von nur geringer Bedeutung. Im Falle eines starken Wandels wä-

ren in naher Zukunft veränderte Anforderungen an touristische Infrastrukturen sowie die saisonale und regionale Nachfrageverschiebung von mittlerer Bedeutung. So wären bei einem starken Wandel weite Teile der deutschen Küste von Sturmfluten betroffen. Außerdem wären Kurorte in Gebirgen sowie im Küstenraum von einem Anstieg heißer Tage betroffen und die Wintersportsaison würde sich flächendeckend deutlich verkürzen und in höhere Lagen verschieben. Andererseits würde Deutschland in der Zukunft bei einem starken Wandel von einer flächendeckenden Zunahme der Anzahl der Badetage profitieren.

Die befragten Expert/innen stufen die Anpassungskapazität der Tourismuswirtschaft als mittel bis hoch ein. Allerdings betonen sie auch, dass die einzelnen Tourismussegmente und -anbieter sehr unterschiedlich vom Klimawandel betroffen sind und daher unterschiedliche Anpassungsbedarfe und -optionen haben. Vor allem für den Wintersporttourismus werden die Anpassungsmöglichkeiten als technisch und zeitlich begrenzt eingeschätzt. Abschließend betrachtet ergibt sich unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Tourismuswirtschaft und der Ergebnisse zur sektoralen Anpassungskapazität eine geringe bis teilweise mittlere Vulnerabilität für das Handlungsfeld.

### 3.13 Handlungsfeld Finanzwirtschaft

Die Finanzwirtschaft, insbesondere die Versicherungswirtschaft aber auch die Bankenwirtschaft wird auf vielfältige Weise vom Klimawandel beeinflusst. Extremwetterereignisse wie beispielsweise Hagel, Hochwasser oder Starkwind, aber auch graduelle Änderungen von Temperatur, Niederschlag oder Meeresspiegel wirken sich zum einen direkt auf das bestehende Filialnetz der Versicherungs- und Bankeninstitute aus. Zum anderen wirken sie sich auch beispielsweise auf Versicherungsschäden, veränderte Anforderungen an die Risikokalkulation und Versicherungsprämien, Veränderung von Investitionsschwerpunkten sowie von Zinsen und Renditen aus. Dazu zählt ebenso die Änderung hinsichtlich der Rolle des Staates beziehungsweise dessen Nachfrage als ‚Versicherer letzter Instanz‘.

Für das Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ wurden diese Klimawirkungen zusammengefasst betrachtet als i) Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungswirtschaft und ii) Auswirkungen des Klimawandels auf die Bankenwirtschaft. Diese wurden durch Expert/inneninterviews operationalisiert. Deutschlandweit haben klimatisch bedingte Extremereignisse bereits gegenwärtig eine eher hohe Auswirkung auf den Versicherungssektor, während sie für die Bankenwirtschaft eine eher untergeordnete Rolle spielen und damit von einer geringen Auswirkung des Klimawandels ausgegangen wird. Für die Versicherungswirtschaft sind besonders Starkwind-, inklusive Hagel-, aber auch zunehmend Hochwasserereignisse von Bedeutung. Diese stehen gleichzeitig einer geringen Sensitivität gegenüber, da einerseits die öffentliche als auch private Vorsorge bei Elementarschäden und Risikomanagement zunahm und andererseits die Versicherungswirtschaft auf einen gut funktionierenden Rückversicherungsmarkt zugreifen kann. Damit ergibt sich gegenwärtig eine geringe Bedeutung der Klimawirkungen für Deutschland. Für die nahe Zukunft wird von einer hohen Auswirkung des Klimawandels auf den Sektor, so beispielsweise von einer erhöhten Nachfrage nach Elementarschadensversicherungen, ausgegangen. Gleichzeitig setzt sich der Trend der Vorsorge und des Risikomanagements fort. Die Bewertung der Entwicklung der Bankenwirtschaft wird als nicht einschätzbar bewertet.

Sowohl die Anpassungskapazität der Versicherungswirtschaft als auch der Bankenwirtschaft wird grundsätzlich als hoch angesehen. Die Versicherungswirtschaft und die Bankenwirtschaft verfügen über gute Risikomanagementsysteme. Darüber hinaus kann die Bankenwirtschaft bei Investitionen mögliche Risiken über Versicherungsleistungen abdecken. Wenngleich die Vulnerabilität der Finanzwirtschaft gering ist, kann das Handlungsfeld eine wichtige Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel in anderen Handlungsfeldern spielen, indem sie deren Anpassungskapazität erhöht.

### 3.14 Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Die menschliche Gesundheit wird wesentlich vom Klima mitbestimmt. Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Bevölkerung können dabei positiv und negativ sein. Aber auch der demographische Wandel kann zu einer veränderten Sensitivität der Menschen gegenüber dem Klima beitragen.

Insgesamt wurden vier von 14 Auswirkungen beziehungsweise Wirkungsketten auf die menschliche Gesundheit genauer untersucht. Dazu zählen „Hitzebelastung“, „Atembeschwerden durch bodennahes Ozon“, „Überträger von Krankheitserregern“ sowie „Belastung der Rettungsdienste, Krankenhäuser und Ärzte“. Neben der Bildung von Proxyindikatoren wurden für deren Operationalisierung auch Expert/inneninterviews geführt.

In Bezug auf die Hitzebelastung nehmen vor allem Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu. Besonders betroffen sind Säuglinge, Kleinkinder sowie alte und kranke Menschen. Durch den Hitzestress ist mit zahlreichen zusätzlichen Todesfällen, insbesondere in verdichteten Gebieten, zu rechnen. Hohe Ozonkonzentrationen finden sich vor allem im Umland von Ballungsräumen. Die Zu- und Abnahme von Krankheitserregern hingegen ist komplex und nur schwer vorhersagbar.

Schon heute sind Regionen durch Temperaturanstieg (insbesondere Süddeutschland) und eine alternde Gesellschaft (insbesondere Ostdeutschland) stark betroffen. In naher Zukunft verstärken sich diese Prozesse und verdichtete Regionen in West- und Norddeutschland sind noch stärker betroffen. Beim bodennahen Ozon zeigt sich ein ähnliches Bild, wobei hier durch den Rückgang der Ozonvorläuferstoffe in naher Zukunft hauptsächlich Regionen wie das Rhein-Main-Gebiet oder der Oberrhein stärker betroffen sein werden. Durch das Auftreten von Überträgern von Krankheitserregern wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bestimmter Infektionskrankheiten erhöht. Es besteht die Gefahr, dass sich durch den Klimawandel die Krankheitserreger leichter ausbreiten oder/und etablieren können. Bis Ende des Jahrhunderts können die Gefährdungen für die menschliche Gesundheit durch steigende Temperaturen noch weiter zunehmen. Die Gesundheitsinfrastruktur ist im Moment und auch in naher Zukunft grundsätzlich gut für die Folgen des Klimawandels ausgestattet.

Im Bereich der Gesundheitsversorgung herrscht derzeit eine mittlere bis hohe Anpassungskapazität: Kapazitätsgrenzen werden noch nicht erreicht und es besteht eine gute Grundversorgung. Die zukünftige Entwicklung wird allerdings von der demographischen Entwicklung und der Ausgestaltung der Basisversorgung insbesondere im ländlichen Raum beeinflusst werden. Bezüglich der Bekämpfung von Krankheitsüberträgern besteht eine mittlere Anpassungskapazität, insbesondere aufgrund von Zuständigkeitsproblemen und eines hohen Forschungsbedarfs. Abschließend lässt sich eine mittlere bis teilweise hohe Vulnerabilität der menschlichen Gesundheit in naher Zukunft gegenüber den klimatischen Veränderungen konstatieren.

### 3.15 Querschnittsthemen „Bevölkerungsschutz“ und „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“

Für das Querschnitt-Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“ konnten keine Indikatoren identifiziert werden, mit denen es möglich wäre, bundesweit flächendeckende Aussagen zum Beitrag des Bevölkerungsschutzes zur Anpassungskapazität an den Klimawandel zu treffen. Voraussetzung dafür wäre eine bundesweit und organisationsübergreifend einheitliche Datenerhebung. Da der Bevölkerungsschutz insgesamt ein hohes Niveau aufweist, ist damit zu rechnen, dass er für die Herausforderungen der Klimawandelanpassung gewappnet ist.

Das Querschnitt-Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ wurde hinsichtlich seiner Möglichkeiten, die Anpassungskapazität anderer Handlungsfelder zu unterstützen, untersucht, da die Raumordnung durch die Setzung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten in den Re-

gionalplänen großen Einfluss auf die Anpassungskapazität der Gemeinden in allen Handlungsfeldern der Deutschen Anpassungsstrategie hat. Die Analyse der Regionalpläne ermöglicht eine quantitative Bewertung der formalen Anpassungskapazität der Raumordnung: Danach berücksichtigt die Regionalplanung für die Handlungsfelder „Biologische Vielfalt“ und „Menschliche Gesundheit“ (hier vor allem im Bereich des Hitzeschutzes) in vielen Regionen weitgehend die von der Ministerkonferenz für Raumordnung im Jahr 2013 vorgegebenen Anpassungserfordernisse. Mit Blick auf die Handlungsfelder „Küsten- und Meeresschutz“, „Tourismuswirtschaft“, „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft“ sowie alle Handlungsfelder, die von Flusshochwasser betroffen sind, können die Anpassungsmöglichkeiten der Regionalplanung besser genutzt werden. Besonders beim Thema „Schutz der Berggebiete“ besteht Nachholbedarf. Tatsächliche Anpassungsaktivitäten auf der lokalen Ebene sind insgesamt noch eher gering und konzentrieren sich auf wenige Ballungszentren. Aus diesem Grund besteht nach Einschätzung des Netzwerks Vulnerabilität insbesondere in kleineren und mittleren Kommunen weiterhin erhöhter fachlicher und finanzieller Unterstützungsbedarf.

Die Ergebnisse des KlimaMORO und zahlreicher weiterer Vorhaben zeigen, dass die räumliche Planung auf regionaler Ebene mit ihren formellen und informellen Instrumenten einen wichtigen Beitrag zur Klimawandelanpassung und zum Klimaschutz leisten kann. Gute und innovative Beispiele wie die Erarbeitung von regionalen Anpassungsstrategien oder adäquate Anpassungsmaßnahmen, etwa bei der Ausweisung regionaler Grünzüge als stadtklimatisch relevante Freiräume, bei der Freihaltung hochwassergefährdeter Bereiche und beim Schutz des Wasserhaushaltes vor Trockenheit, haben eine wichtige Vorbildfunktion.

### **3.16 Generische Anpassungskapazität**

Die Anpassungskapazität floss als Status Quo in die Vulnerabilitätsanalyse ein. Sie repräsentiert damit aus heutiger Sicht den Raum der Möglichkeiten, sich mit Hilfe zusätzlicher Maßnahmen an den zu erwartenden Klimawandel anzupassen. Das Netzwerk Vulnerabilität berücksichtigte drei Formen von Anpassungskapazität:

1. die sektorale oder handlungsfeldbezogene Anpassungskapazität, die für jedes Handlungsfeld ermittelt wurde und beschreibt, wie anpassungsfähig das Handlungsfeld ist;
2. die generische Anpassungskapazität, welche allgemein und handlungsfeldunabhängig zentrale Bedingungen für eine anpassungsfähige Gesellschaft beschreibt;
3. die Anpassungskapazität der Querschnittsthemen „Raumplanung“ und „Bevölkerungsschutz“, die den Beitrag dieser sektorübergreifenden Handlungsfelder zur Anpassung an den Klimawandel beschreibt.

Diese flossen zusammen mit der integrierten Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels in die zusammenfassende Bewertung der Vulnerabilität der Handlungsfelder ein.

Für die Einschätzung der generischen Anpassungskapazität im Rahmen des Netzwerks Vulnerabilität wurden die öffentliche Verwaltung, die Privatwirtschaft sowie die Zivilgesellschaft als die wichtigsten Governance-Kategorien ausgewählt. Diese Governance-Kategorien wurden in Dimensionen unterteilt, denen geeignete Indikatoren zugeordnet und mit den Behörden und Institutionen des Netzwerks Vulnerabilität abgestimmt wurden. Das Ergebnis umfasst Karten zur generischen Anpassungskapazität, deren Informationen in fünf Klassen von „sehr geringer Anpassungskapazität“ bis zu einer „sehr hohen Anpassungskapazität“ untergliedert sind. Um abschließend den quantifizierbaren Ausschnitt der generischen Anpassungskapazität in einer Gesamtschau abbilden zu können, wurden die Ergebnisse der untersuchten Indikatoren normalisiert und in einer Karte zusammengeführt. Die Ergebnisse zeigen eine hohe generische Anpassungskapazität in den Großstädten und dicht besiedelten Gebieten. Die geringste Anpassungskapazität weisen neben dem Saarland insbesondere große Teile Ostdeutschlands auf. Insgesamt ist die Aussagekraft der generischen Anpassungskapazität jedoch begrenzt, da durch solche Datenauswertungen nur die

potenzielle Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel abgebildet werden kann, nicht aber der Anpassungswille. Es wurde daher versucht, sich diesem Thema über den Beitrag der Raumplanung zur Anpassungskapazität zu nähern, der zeigt, von welchen formalen Möglichkeiten zur Anpassung die Regionen Gebrauch machen.

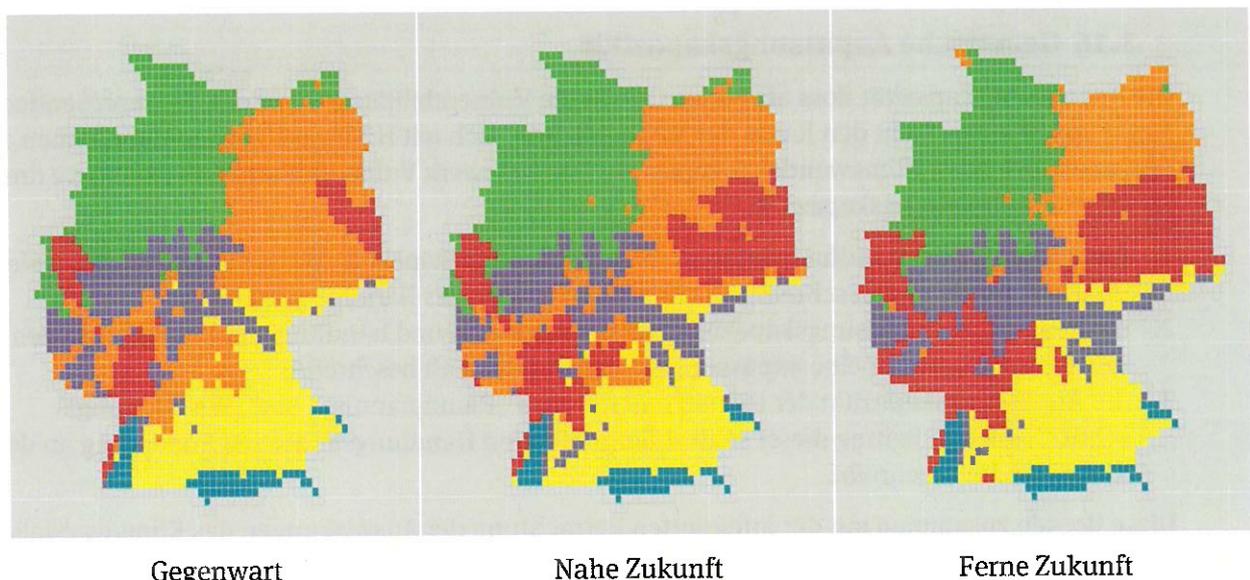
Bei der Betrachtung der Anpassungsaktivitäten der Raumplanung wurden sowohl die Anpassungsaktivitäten im Rahmen der Raumplanung auf regionaler Ebene, als auch im Rahmen der Raumplanung auf lokaler Ebene betrachtet. Insgesamt zeigt sich, dass die überwiegende Zahl der Landkreise Deutschlands bisher ihre formalen Anpassungsmöglichkeiten im Bereich Raumplanung zu einem geringen bis mittleren Anteil nutzt.

Die Anpassungsaktivitäten des Bevölkerungsschutzes konnten nicht in einer ähnlichen Weise untersucht werden, da eine in zeitlicher und räumlicher Ebene einheitliche Datenbasis notwendig wäre.

### 3.17 Vom Klimawandel ähnlich betroffene Räume Deutschlands

Eine statistische Auswertung des Klimamodellensembels des DWD für die Gegenwart, die nahe und die ferne Zukunft zeigt unterschiedliche Klimaräume<sup>3</sup> in Deutschland: Flächen gleicher Farbe in der Abbildung weisen ein ähnliches Klima auf (Abbildung 1). Sie können auch hinsichtlich der zu erwartenden klimatischen Entwicklung voneinander unterschieden werden.

Abbildung 1: Klimaraumtypen in Deutschland zur Kennzeichnung „ähnlich betroffener Räume“



Legende: rote Flächen: warme Regionen; orange Flächen: Regionen mit trockenerem Klima; grüne Flächen: Regionen mit kühlerem Klima; violette Flächen: Regionen mit Mittelgebirgsklima; gelbe Flächen: Regionen mit Gebirgsvorlandklima; blaue Flächen: Regionen mit Gebirgsklima

Insbesondere Regionen mit überdurchschnittlich warmem Klima (*rote Flächen*) werden sich im Zuge des Klimawandels räumlich ausdehnen. In diesen Regionen ist in Zukunft ein besonders starker Anstieg von heißen Tagen und Tropennächten zu erwarten. Gegen Ende des Jahrhunderts

<sup>3</sup> Durch eine Clusteranalyse der Klimaparameter Starkwind, Starkregen, Heiße Tage, Tropennächte, Frosttage, Durchschnittstemperatur (Winter, Sommer), Trockentage (Winter, Sommer) und Niederschlag (Jahreszeitmittel Winter, Sommer) wurden für Deutschland Regionen mit ähnlichem Klima identifiziert. Die Bezeichnungen der Klimaraumtypen sind rein deskriptiv zu verstehen und nicht als allgemein gültige Klimaklassifikation.

werden hier immer stärkere Hitzewellen voraussichtlich zunehmend mit Trockenheit verbunden sein.

Regionen mit trockenerem Klima (*orange Flächen*) sind heute und absehbar auch künftig von starken jahreszeitlichen Schwankungen bei Temperatur und Niederschlag geprägt. Sie gehören aufgrund ganzjährig unterdurchschnittlicher Niederschläge zu den trockensten Regionen Deutschlands. Der zu erwartende Trend zu höheren Sommer- und Wintertemperaturen, einschließlich einer Zunahme der Heißen Tage und Tropennächte, wird die vorhandenen Wasserressourcen künftig weiter beschränken.

Regionen mit kühlerem Klima (*grüne Flächen*) sind geprägt von Starkwind, gemäßigten Temperaturen und einer geringen Anzahl an Frost- und Trockentagen. Künftig wird hier entsprechend der Klimaprojektionen das Schadenspotenzial extremer Wetterereignisse wie Flusshochwasser in vielen Handlungsfeldern deutlich zunehmen. Gegen Ende des Jahrhunderts können infolge des Meeresspiegelanstiegs erhöhte Sturmfluten auftreten. Darüber hinaus kann insbesondere der Anstieg der Winterniederschläge die Stadtentwässerung in diesen Gebieten vor neue Herausforderungen stellen.

Für Regionen mit Mittelgebirgsklima (*violette Flächen*) sind eine große Anzahl an Frosttagen und Tagen mit Starkregen sowie hohe Sommer- und Winterniederschläge charakteristisch. Die Sommerniederschläge sinken bis in die ferne Zukunft deutlich. Gleichzeitig werden in den Wintermonaten die Niederschläge deutlich zunehmen, aber seltener als Schnee fallen – mit den entsprechenden Folgen für die Wasser- und Tourismuswirtschaft.

Regionen mit Gebirgsvorlandklima (*gelbe Flächen*) sind geprägt von überdurchschnittlichen Sommerniederschlägen, einer großen Zahl von Tagen mit Starkregen sowie vielen Frosttagen. Die Sommertemperaturen und die Anzahl der Heißen Tage nehmen hier wahrscheinlich deutlich zu. Das wird vor allem die Energienachfrage für Kühlung in dieser wirtschaftlich starken Region erhöhen. Das prognostizierte Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstum im Südwestdeutschen Raum kann die Auswirkungen des Klimawandels noch weiter verstärken.

Regionen mit Gebirgsklima (*blaue Flächen*) weisen viele Tage mit Starkregen und Frost sowie hohe Niederschlagswerte auf. Es ist zu erwarten, dass gerade die Sommerniederschläge noch deutlich zunehmen. Damit werden, trotz einer in etwa gleichbleibenden Zahl an Starkregentagen, häufigere und intensivere Überschwemmungen und Sturzfluten verbunden sein. Eine erwartete, überdurchschnittlich starke Erwärmung (bei geringem Ausgangsniveau) wird negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben.

### 3.18 Sektorenübergreifende Auswertung

Basierend auf den Kernaussagen zu den Klimawirkungen wurden sektorenübergreifende Fragestellungen ausgewertet. So wurde analysiert, welche Klimasignale besonders viele Klimawirkungen beeinflussen, die eine mittlere oder hohe Bedeutung<sup>4</sup> für Deutschland haben, um sektorenübergreifend wesentliche Klimasignale identifizieren zu können. Sehr viele Klimawirkungen werden heute und in naher Zukunft von den zentralen Klimasignalen Temperatur und Niederschlag beeinflusst. Eine hohe Bedeutung haben gegenwärtig aber allein die Auswirkungen von Hitze auf die menschliche Gesundheit. Von mittlerer Bedeutung sind gegenwärtig zum Beispiel einige Auswirkungen extremer Wetterereignisse wie Hochwasser, Hitze, Trockenheit und Starkwind; etwa die Überschwemmung und Unterspülung von Straßen und Schieneninfrastrukturen, Schäden an

<sup>4</sup> Die Bedeutung der Klimawirkungen für Deutschland wurde vom Netzwerk Vulnerabilität normativ bewertet.

Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind und die Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke. In naher Zukunft nimmt die Bedeutung extremer Wetterereignisse und ihrer Folgen zu.

Besonders viele hoch bedeutende Klimawirkungen werden im Handlungsfeld „Bauwesen“ gesehen. Vier der fünf hier betrachteten Klimawirkungen werden für den Fall eines starken Wandels in naher Zukunft als hoch bedeutend eingeschätzt („Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten, Flusshochwasser und Sturzfluten“, „Stadtklima und Luftqualität“ und „Innenraumklima und Aufwand für Kühlung“). Es folgt der Küsten- und Meeresschutz mit drei hoch bedeutenden Klimawirkungen im Fall eines starken Wandels („Hochwasser durch Sturmfluten“, „Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen“ und „Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen)“). Jeweils zwei hoch bedeutende Klimawirkungen werden in den Handlungsfeldern „Wald- und Forstwirtschaft“ („Schäden durch Schadorganismen“, „Veränderung von Nutzfunktion“), „Fischerei“ („Gebietsfremde Arten, Artenspektrum“ und „Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen“) und „Menschliche Gesundheit“ („Hitzebelastung“ und „Atembeschwerden durch bodennahes Ozon“) gesehen.

Betrachtet man die Anpassungskapazität für die Handlungsfelder und die Dauer, die für eine Anpassung an den Klimawandel benötigt wird, die schon heute von Bedeutung sind oder deren Bedeutung im Fall eines starken Wandels in naher Zukunft deutlich ansteigt, fallen insbesondere die „Wald- und Forstwirtschaft“ und der „Küsten- und Meeresschutz“ ins Auge. Beide Handlungsfelder brauchen eine lange Zeit zur Anpassung. Hier müssen bereits jetzt Maßnahmen umgesetzt werden, um künftigen Entwicklungen zu begegnen. Auch in den Handlungsfeldern „Menschliche Gesundheit“ und „Bauwesen“ sind Anpassungsmaßnahmen nun dringend gefragt, da sie schon heute bedeutende Klimawirkungen erfahren.

Eine teilweise hohe Vulnerabilität weisen neben den Handlungsfeldern „Wald- und Forstwirtschaft“, „Bauwesen“ und „Menschliche Gesundheit“ auch die „Biologische Vielfalt“ und die „Fischerei“ auf, weil sie teilweise über geringe Anpassungskapazitäten verfügen.

Abschließend wurde betrachtet, auf welche Systeme die im Netzwerk Vulnerabilität analysierten Klimawirkungen wirken. Dabei wurde zwischen natürlichen Ressourcen, Wirtschaft, Infrastrukturen und der menschlichen Gesundheit unterschieden. Die meisten Klimawirkungen konnten der Wirtschaft sowie den natürlichen Ressourcen zugeordnet werden. Grund dafür ist die im Netzwerk gewählte Betrachtung entlang der Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie, von denen viele einzelne Wirtschaftssektoren im Fokus haben. Die Querauswertung ergab, dass den Klimawirkungen auf natürliche Ressourcen, Wirtschaft sowie Infrastrukturen für die Gegenwart überwiegend noch eine geringe Bedeutung beigemessen wird. Die Klimawirkungen auf die menschliche Gesundheit werden hingegen schon heute, wie auch im Falle eines schwachen Wandels in der Zukunft, im Schnitt als mittel bedeutend eingeschätzt. Die Mehrzahl von ihnen könnte im Falle eines starken Wandels von hoher Bedeutung sein. Die Klimawirkungen auf die menschliche Gesundheit haben nicht nur die höchste Bedeutung, sondern auch eine im Vergleich zu Klimawirkungen auf andere Systeme relativ hohe Gewissheit. Nach Einschätzung des Netzwerks Vulnerabilität sind daher die menschliche Gesundheit, Infrastrukturen und natürliche Ressourcen in naher Zukunft stärker vom Klimawandel betroffen als die Wirtschaft.

### **3.19 Handlungsfeldübergreifende und räumliche Schwerpunkte**

Die zentralen Ergebnisse der vom Netzwerk Vulnerabilität durchgeführten Analysen und Bewertungen können abschließend zu sechs handlungsfeldübergreifenden und räumlichen Schwerpunkten der Folgen des Klimawandels zusammengefasst werden (siehe Abbildung 2):

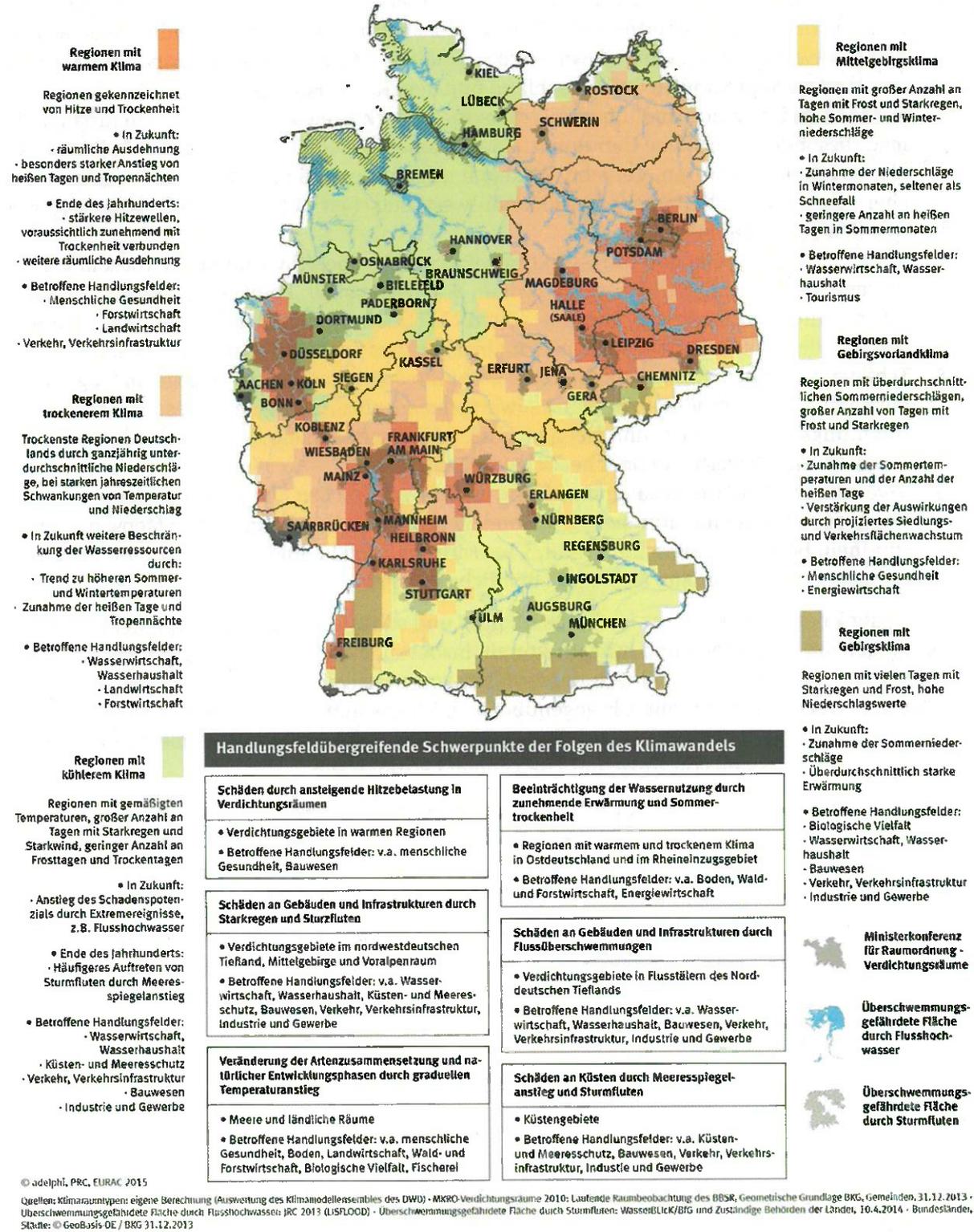
1. Schäden durch ansteigende Hitzebelastung in Verdichtungsräumen (besonders betroffene Handlungsfelder: Menschliche Gesundheit und Bauwesen; räumlicher Schwerpunkt: Ballungsgebiete in warmen Regionen, die sich in Zukunft noch ausdehnen werden)
2. Beeinträchtigung der Wassernutzungen durch zunehmende Erwärmung und (in ferner Zukunft) vermehrter Sommertrockenheit (besonders betroffene Handlungsfelder: Boden, Wald und Forstwirtschaft und Energiewirtschaft; räumlicher Schwerpunkt: Regionen mit warmem und trockenerem Klima in Ostdeutschland und dem Rhein-Einzugsgebiet)
3. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen und Sturzfluten in urbanen Räumen (besonders betroffene Handlungsfelder: Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Küsten- und Meeresschutz, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und Industrie und Gewerbe; räumlicher Schwerpunkt: Ballungszentren im nordwestdeutschen Tiefland, Mittelgebirge und südwestdeutschen Raum)
4. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flussüberschwemmungen (besonders betroffene Handlungsfelder: Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastrukturen, Industrie und Gewerbe; räumlicher Schwerpunkt: Ballungsräume in Flusstälern des Norddeutschen Tieflands, aber auch Einzugsgebiete des Rheins und der Donau)
5. Schäden an Küsten infolge von (in ferner Zukunft verstärktem) Meeresspiegelanstieg und damit verbundenem erhöhtem Seegang sowie steigender Sturmflutgefahr (besonders betroffene Handlungsfelder: Küsten- und Meeresschutz, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und Industrie und Gewerbe; räumlicher Schwerpunkt: Küste)
6. Veränderung der Artenzusammensetzung und der natürlichen Entwicklungsphasen durch einen graduellen Temperaturanstieg (besonders betroffene Handlungsfelder: Menschliche Gesundheit, Boden, Biologische Vielfalt, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Fischerei; räumliche Schwerpunkte: Meere und ländliche Räume)

Der Anstieg der Hitzebelastung ist das deutlichste und stärkste Klimasignal mit erheblichen Auswirkungen auf Gesundheit und Infrastrukturen, insbesondere in Ballungsräumen. Parallel sind die Wasser-, Land- und Forstwirtschaft besonders von ansteigender Erwärmung und in ferner Zukunft von Trockenheit bedroht. Die gegenüber dem Klimawandel vulnerabelsten Regionen Deutschlands sind Kreise mit strukturellen Defiziten, die in Regionen mit warmem Klima liegen und damit am stärksten von Hitze und Trockenheit betroffen sind.

Weitere vulnerable Regionen sind aufgrund des erwarteten Anstiegs der sommerlichen Starkregen und der Winterniederschläge strukturschwache Ballungsräume mit hohem Anteil an überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Diese können nicht nur von Flusshochwasser sondern auch von durch Starkregen ausgelösten Überschwemmungen oder Sturzfluten betroffen werden.

Langfristig werden besonders Küstenregionen sowie Arten und Lebensräume vom graduellen Temperaturanstieg bedroht werden, die an einzigartige und empfindliche Regionen gebunden sind, wie das Wattenmeer und das Hochgebirge.

Abbildung 2: Regionale Betroffenheit und handlungsfeldübergreifende Folgen des Klimawandels in Deutschland (nahe Zukunft)



## 4 Forschungsbedarf

Die wissenschaftlichen Herausforderungen für eine integrierte Vulnerabilitätsbewertung lassen sich an drei wesentlichen Aspekten festmachen

1. Der Blick in die Zukunft und die damit verbundenen Unsicherheiten in Klimaszenarien und sozio-ökonomischen Szenarien: Generell sind Aussagen über zukünftige Entwicklungen mit großen Unsicherheiten behaftet. Der in diesem Vorhaben gewählte Ensemble-Ansatz für Klimaszenarien ist gut geeignet, um Aussagen über die mögliche Spanne von Änderungen einzelner Klimaparameter (zum Beispiel Temperatur) über einen gemittelten Zeitraum zu treffen. Bisher fehlen Möglichkeiten, solche Spannen auch für komplexe klimatische Zusammenhänge (mehrere voneinander abhängige Klimaparameter, Zeitreihen) darzustellen. Auch bestehen für wesentliche Klimaparameter (Niederschlag generell, Extremereignisse wie Starkregen und Wind) hohe Unsicherheiten, die kaum robuste Aussagen über Klimawirkungen zulassen. Hier besteht noch großer Forschungsbedarf.

Insbesondere für sozio-ökonomische Faktoren von Sensitivität (zum Beispiel Landnutzung, Einkommensstrukturen, Demographie) besteht Bedarf an mit den Klimaszenarien zeitlich konsistenten sozio-ökonomischen Szenarien, um herausarbeiten zu können, welche Klima- und Sensitivitätsparameter maßgeblich für die beobachteten oder projizierten Klimawirkungen sind.

2. Die Komplexität der Wirkungszusammenhänge: Generell hat sich der im Netzwerk Vulnerabilität verfolgte Ansatz, Klimawirkungen mit Hilfe von Wirkungsketten darzustellen bewährt. Allerdings bestehen für die wenigsten dieser Wirkungen quantitative Modelle oder etablierte Indikatoren. Über 40 der 72 als potenziell relevant bewerteten Klimawirkungen konnten teilweise aufgrund fehlenden Systemverständnisses meist aber wegen fehlender bundesweiter Daten nicht über Modelle oder Indikatoren quantifiziert werden. Hier besteht noch großer Entwicklungsbedarf. Ein wichtiger Punkt, an dem weiter gearbeitet werden sollte, sind die komplexen Wechselwirkungen zwischen Handlungsfeldern.

3. Die Bewertung von Klimawirkungen und Anpassung: Generell existieren keine etablierten und standardisierten Verfahren für eine Vulnerabilitätsbewertung. Offene Fragen sind zum Beispiel, wie die Teilergebnisse aus oft sehr heterogenen Informationsquellen (Daten, Proxyindikatoren, Expert/innenwissen) räumlich und sachlich aggregiert werden können. Entscheidend ist dabei auch die Fragen nach normativen Setzungen beziehungsweise dem Zielsystem der Bewertung. Für die wenigsten Bewertungsschritte und Handlungsfelder existiert ein solches Zielsystem.

Zudem wurde für jedes einzelne Handlungsfeld der Forschungsbedarf untersucht. Dabei fällt auf, dass selbst im Bereich der physischen Klimawirkungen auf die Handlungsfelder des Clusters „Land“ (Boden, Biologische Vielfalt, Land- und Forstwirtschaft) überwiegend die direkten Klimawirkungen gut erforscht sind. Komplexe Klimawirkungen, wie die klimatischen Auswirkungen auf Schaderreger, sind noch nicht ausreichend verstanden. Noch weniger untersucht sind längere Wirkungsketten, die zu Klimawirkungen zum Beispiel im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ führen. Hier liefert das Netzwerk Vulnerabilität den Vorschlag, dass gerade an solchen komplexen Ketten in Zukunft weiter gearbeitet werden sollte.

## 5 Methodische Empfehlungen für zukünftige Analysen

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf viele Bereiche der Gesellschaft, der Wirtschaft und der Umwelt. Wie diese aussehen können und welche Systeme besonders verwundbar sind, wird mithilfe von Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien analysiert. Aber: Es gibt keine einheitliche Definition von Vulnerabilität und das am weitesten verbreitete Konzept des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gibt keine Operationalisierung vor.

Vor diesem Hintergrund will das vorliegende Politikpapier eine Diskussionsgrundlage schaffen, wie Standards für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen aussehen können, welche Methoden zu empfehlen sind und wie eine bessere Vergleichbarkeit der Studien erreicht werden kann. Es setzt dafür an zentralen Lücken des Vulnerabilitätskonzeptes sowie an den Erfahrungen des Netzwerks Vulnerabilität an. Ziel ist die Erarbeitung vergleichbarer Forschungsergebnisse sektoraler<sup>5</sup> und sektorenübergreifender Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen auf Bundes- und Landesebene.

### 5.1 Empfehlungen für Konzeption und Methodik einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie

#### Allgemeine Empfehlungen für Analyse- und Bewertungsmethoden

Unabhängig von bestehenden Unsicherheiten und dem gegebenen Entscheidungsspielraum sollten Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien, wie alle wissenschaftlichen Arbeiten, einige grundlegende Kriterien erfüllen:

- ▶ **Trennung der Sachebene von der Wertebene:** Die Sachebene, die wissenschaftlich untersucht werden kann (zum Beispiel die Veränderung der Häufigkeit von Hitzetagen), muss deutlich von der Wertebene (zum Beispiel die Auswahl eines Szenarios), die eine (politisch) abgestimmte Entscheidung erfordert, unterschieden werden.
- ▶ **Validität:** In den Werturteilen müssen sich die Inhalte und Prioritäten des zugrunde liegenden Zielsystems, das auch von einer mandatierten Gruppe von beteiligten Fachakteuren festgelegt worden sein kann, wiederfinden.
- ▶ **Strukturkonsistenz:** Eine Bewertungsstruktur muss in sich konsistent sein und damit zu einer konsistenten Ordnung der zu bewertenden Sachverhalte führen.
- ▶ **Transparenz und Nachvollziehbarkeit:** Ablauf und Ergebnis der Bewertung müssen für den Adressaten beziehungsweise Entscheidungsträger einer Analyse, aber auch die Betroffenen durchschaubar und nachvollziehbar sein.
- ▶ **Verlässlichkeit (Reliabilität):** Ein wiederholter Durchlauf der Methode unter den gleichen Rahmenbedingungen sollte zu den gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Ergebnissen kommen.

#### Das Vulnerabilitätskonzept

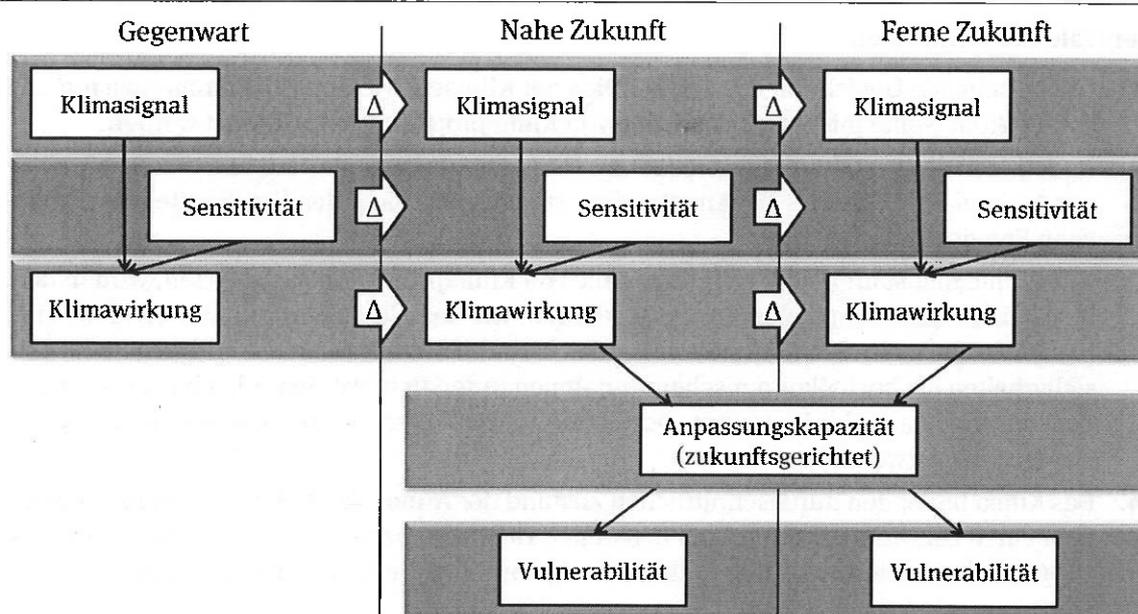
Der IPCC beschreibt Vulnerabilität als das Maß, zu dem ein System gegenüber nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderung, einschließlich Klimavariabilität und Extremwerte, anfällig ist und nicht damit umgehen kann. Vulnerabilität ist eine Funktion der Art, des Ausmaßes und der Ge-

<sup>5</sup> Im Rahmen dieses Politikpapiers wird der Begriff „Sektor“ synonym zu den Handlungsfeldern verwendet, wie sie im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie definiert sind.

schwindigkeit der Klimaänderung und -schwankung, der ein System ausgesetzt ist, seiner Sensitivität und seiner Anpassungskapazität (Parry et al. 2007; siehe Abbildung 3). Detaillierte Aussagen zu dieser Funktion und zum Zeitbezug der Elemente von Vulnerabilität werden nicht getroffen.

Abbildung 3 stellt das Vulnerabilitätskonzept des Netzwerks Vulnerabilität dar. Die von ihm betrachteten drei Zeitebenen sind klar erkennbar. Anpassungskapazität und Vulnerabilität sind hier zukunftsgerichtete Elemente. Das heißt, dass Anpassungskapazität die heutigen Möglichkeiten abbildet, die Klimawirkung der Zukunft zu verringern. Insofern ist auch die Vulnerabilität, die die Anpassungskapazität beinhaltet, auf künftige Entwicklungen ausgerichtet. Im Folgenden werden die Elemente von Vulnerabilität näher betrachtet.

Abbildung 3: Vulnerabilitätsanalysekonzept des Netzwerks Vulnerabilität (Hinweis: Im Rahmen der Analyse des Netzwerks Vulnerabilität umfasste die nahe Zukunft den Zeitraum 2021 bis 2050 und die ferne Zukunft 2071 bis 2100.)



### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Konzeption einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie

#### Zentrale Empfehlungen

1. Zunächst ist der Zweck jeder Studie zu definieren. Von ihm hängen das angestrebte Ziel (Art des Ergebnisses) und damit die verwendete Methodik und etwaige Bewertungsschemata ab.
2. Es gibt mehrere Vulnerabilitätskonzepte. Zu Beginn jeder Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie muss daher festgelegt werden, welchem Konzept gefolgt wird. Dabei muss das Ziel der Studie Berücksichtigung finden.
3. Es ist wichtig, zu Beginn der Studie alle zentralen Begriffe eindeutig zu definieren.
4. Im Allgemeinen beinhalten Vulnerabilitätskonzepte selten Vorgaben für ihre Operationalisierung. Daher sollte die Operationalisierung der zentralen Begriffe (die Elemente von Vulnerabilität) im Einzelnen beschrieben werden.
5. Schließlich sollten mit Blick auf das Ziel der Studie die Untersuchungszeiträume festgelegt werden. Empfohlen wird, die Gegenwart als Referenzzeitraum, einzubeziehen. Für politische Empfehlungen eignet sich der Ausblick in die nahe Zukunft (etwa die nächsten 15 bis 30 Jahre). Für langfristige Entwicklungen und Planungen kann zudem die ferne Zukunft einbezogen werden (bis zum Ende des Jahrhunderts).

### Fragen zur Diskussion

1. Der IPCC, dessen Vulnerabilitätskonzept das am häufigsten verwendete ist, hat mit dem fünften Sachstandsbericht sein Verständnis von Vulnerabilität verändert. Welches der beiden Konzepte zu empfehlen ist, hängt vom Zweck der Studie ab. Können hier allgemeine Empfehlungen ausgesprochen werden?

### Klimasignal

Das Klimasignal (exposure) beschreibt die für eine Klimawirkung relevanten Klimaparameter des heutigen Klimas ( $t_0$ ) beziehungsweise des Klimas in der Zukunft ( $t_1$ ).

### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Klimasignal

#### Zentrale Empfehlungen

1. Um bestehende Unsicherheiten hinsichtlich der Klimaentwicklung zu kommunizieren und zu bewerten, sollte mit einem Ensemble von Klimaprojektionen gearbeitet werden.
2. Im Rahmen des gewählten Ensembles von Klimaprojektionen gestattet die Verwendung eines 15. und 85. Perzentils die Angabe einer statistisch gesicherten Bandbreite einer möglichen Entwicklung.
3. Um ein möglichst umfangreiches Ensemble von Klimaprojektionen zu nutzen, wird in der Regel ein Szenario mit vielen Projektionsläufen, wie das SRES-Szenario A1B gewählt. Ein Ensemble aus mehreren Emissionsszenarien ist nur sinnvoll, wenn die Wirkungen der Unsicherheiten der sozioökonomischen Annahmen untersucht werden soll. eben einem Modellensemble muss das Emissions- beziehungsweise Konzentrationsszenario festgelegt werden, das verwendet werden soll.
4. Das Klima bildet den durchschnittlichen Zustand der Atmosphäre ab und wird in der Regel über einen Zeitraum von 30 Jahren berechnet. Die Referenzperiode für das Klima 1961 bis 1990 hat den Vorteil, dass diese relativ wenig von Klimaänderungen beeinflusst ist.

#### Fragen zur Diskussion

1. Bislang hat das SRES-Szenario A1B die Entwicklung der Treibhausgasemissionen am realistischsten abgebildet. Mit dem fünften Sachstandsbericht des IPCC wurden neue Szenarien (representative concentration pathways (RCPs)) veröffentlicht. Welche eignen sich für künftige Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien besonders?

### Sensitivität

Die Sensitivität (sensitivity) beschreibt, in welchem Maße ein bestehendes nicht klimatisches System (Sektor, Bevölkerungsgruppe, aber auch biophysikalische Faktoren) bereits auf ein definiertes Klimasignal reagiert.

### Empfehlungen: Sensitivität

#### Zentrale Empfehlungen

1. Nicht nur das Klima ändert sich, sondern auch die Systeme, auf die es wirkt. Daher sollte, wo möglich, für die Betrachtung der künftigen Sensitivität auf Sensitivitätsszenarien zurückgegriffen werden, vor allem für die sozio-ökonomischen Faktoren von Sensitivität.
2. Diese Sensitivitätsszenarien sollten mit den Klimaszenarien konsistent sein.

## Klimawirkungen und Wirkungsketten

Eine Klimawirkung (impact) beschreibt zum Zeitpunkt  $t_0$  die Wirkung des heutigen Klimas auf das heutige System beziehungsweise zum Zeitpunkt  $t_{>0}$  die Wirkung des zukünftigen Klimas auf ein zukünftiges System. Wirkungsketten verdeutlichen, welches Klimasignal welche möglichen Klimawirkungen beeinflusst und beinhalten Hinweise auf Wechselbeziehungen zu anderen Handlungsfeldern. Die Wirkungsketten stellen das Grundgerüst für die Vulnerabilitätsanalyse dar. Zudem dienen sie als wichtiges Kommunikationswerkzeug, um mit den beteiligten Akteuren klar zu vereinbaren, was analysiert wird und welche klimatischen und sozioökonomischen Parameter eine Rolle spielen.

Wirkungsketten können darüber hinaus als Basis für die Analyse der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Handlungsfeldern dienen, indem sie solche Beziehungen aufzeigen (etwa, wenn gleiche Klimawirkungen in mehreren Handlungsfeldern von Bedeutung sind oder eine Klimawirkung in einem Handlungsfeld eine Klimawirkung in einem anderen Handlungsfeld verursacht). Dies ist für sektorenübergreifende Analysen von großer Relevanz.

Von einer großen Zahl identifizierter möglicher Auswirkungen des Klimawandels sollten die für den jeweiligen Untersuchungsraum relevanten Klimawirkungen ausgewählt werden. Werden mehrere Fachakteure in die Auswahl einbezogen, sollten die einzelnen Auswahlkriterien genau definiert werden. Die Auswahl ist immer eine Form der individuellen, auf Expertenwissen basierenden Bewertung und Einschätzung. Nicht zuletzt deshalb bietet sich ein schrittweises Vorgehen in der Auswahl, Bewertung und Priorisierung von Klimawirkungen an:

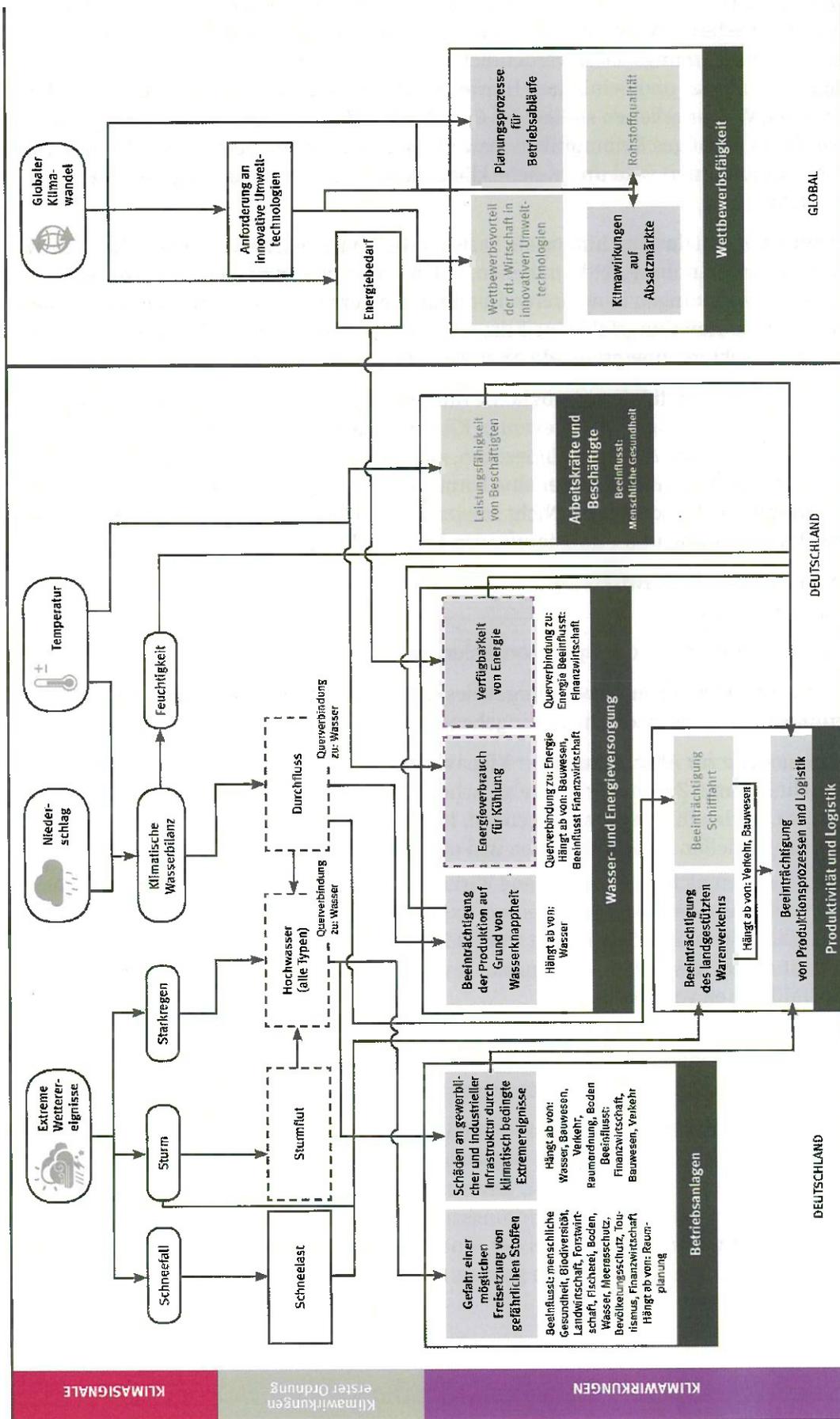
1. Auswahl relevanter Klimawirkungen
2. Operationalisierung
3. Bewertung der Ergebnisse der Operationalisierung

Für die Analyse der derzeitigen Auswirkungen des Klimas und jener in der nahen Zukunft bestehen drei grundsätzliche methodische Herangehensweisen:

1. Sind Wirkmodelle zur Abschätzung der Klimawirkungen vorhanden, die die komplexen und häufig nicht linearen Zusammenhänge zwischen Klimasignalen und Sensitivitätsparametern abbilden, so werden ihre Ergebnisse genutzt. Dabei muss darauf geachtet werden, welche Annahmen den Modellen zu Grunde liegen und ob sie mit den eigenen vereinbar sind.
2. In Fällen, in denen nicht auf vorhandene Wirkmodelle aufgebaut werden kann, sollte eine Parametrisierung der Auswirkungen über von Experten benannte Proxyindikatoren für die Kernelemente Klimasignal und Sensitivität stattfinden, das heißt für jede Klimawirkung einer für die Bearbeitung ausgewählten Wirkungskette werden ein oder mehrere Klimasignale und Sensitivitätsindikatoren verwendet.
3. Lassen sich Wirkungszusammenhänge nicht oder nur teilweise über das unter 1. oder 2. erläuterte Vorgehen abbilden, kann sich die Bewertung der Auswirkungen auf Wissen stützen, das über Expertenbefragungen narrativ gewonnen wird.

Diese Empfehlungen beziehen sich darauf, eine flächendeckende Aussage zu Klimawirkungen zu schaffen und verschiedene, zum Teil sehr unterschiedliche Indikatoren vergleichbar zu machen. Wenn der Zweck der Studie ein anderer ist, wenn es beispielsweise darum geht, einzelne „Hot Spots“ zu identifizieren oder detailliert Wirkungszusammenhänge zu ermitteln, bietet sich alternativ dazu eine Herangehensweise an, bei der zunächst überall Expertengespräche durchgeführt werden um nur dort zu quantifizieren, wo genauere Aussagen notwendig sind.

Abbildung 4: Beispiel für eine Wirkungskette im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“



## Empfehlungen und Diskussionsfragen: Klimawirkungen

### Zentrale Empfehlungen

1. Von einer großen Zahl identifizierter möglicher Auswirkungen des Klimawandels sollten die für den jeweiligen Untersuchungsraum relevanten Klimawirkungen ausgewählt werden. Die Auswahlkriterien sollten dem Zweck der Studie entsprechen. Für einen sektorenübergreifenden Vergleich sollten soziale, wirtschaftliche, ökologische und kulturelle sowie flächenhafte Aspekte für den jeweiligen Untersuchungsraum berücksichtigt werden. Wichtig ist hierbei, dass die wesentlichen Auswirkungen erfasst werden.
2. Es wird empfohlen, zusammen mit den beteiligten Fachakteuren und aufbauend auf vorhandenem (Literatur-) Wissen einfache Wirkungsketten zunächst für alle relevanten Klimawirkungen zu entwickeln, unabhängig ob diese Wirkungen mit Modellen, Indikatoren oder auch über Expertenwissen abgedeckt werden können, um die Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Klimasignalen und möglichen Klimawirkungen zu analysieren.
3. Bei der Vulnerabilitätsanalyse sollte das Vorgehen für die Zeiträume Gegenwart und Zukunft jeweils der gleichen Methodik folgen, wenn die Ergebnisse verglichen werden sollen.
4. In jedem Fall empfiehlt sich die Verwendung von klar definierten Kennwerten pro Klimawirkung. Diese können quantitativ sein, aber auch semi-quantitativ in einem definierten Bewertungssystem.
5. Neben den Zuständen des Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt sollte auch die Veränderung zwischen den Zeiträumen betrachtet werden, weil die Stärke und Geschwindigkeit der Änderungen zwischen Gegenwart und naher Zukunft erste Einschätzungen für die ferne Zukunft erlauben (trifft nicht zu auf Schwellenwert-Situationen und Kipp-Punkte).
6. Für die Verschneidung quantitativer Informationen zu Klimasignal und Sensitivität empfiehlt sich eine Normalisierung über eine dimensionslose Skala zwischen 0 und 1; vor allem dann, wenn es um grundsätzliche strategische Fragen zur Anpassung an den Klimawandel geht. Dabei sollte die Bestimmung des für einen Kennwert jeweils kleinsten und größten Wertes über alle betrachteten Zeiträume vorgenommen werden, um die Aussagen über die verschiedenen Zeiträume vergleichbar zu machen.
7. Sofern klare Grenz- oder Schwellenwerte bei den Klimafolgen definiert werden können, ist die Darstellung von absoluten Werten sinnvoll.
8. Wenn der Zweck der Studie nicht darin besteht, flächendeckend vergleichbare Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels zu treffen, sondern detailliert Wirkungszusammenhänge zu ermitteln, bietet es sich an, zunächst überall Expertengespräche zu führen. Wichtig ist dabei, einen strukturiert geführten Interviewleitfaden zu entwickeln. Auch ist eine ausreichend große und repräsentative Anzahl an Experten anzustreben.

### Fragen zur Diskussion

1. Unter welchen Umständen ist eine quantitative Vulnerabilitätsabschätzung sinnvoll? Welche Möglichkeiten bestehen bezüglich einer semi-quantitativen Zusammenführung?
2. Können allgemeine Richtwerte empfohlen werden, wie viele Experten für eine qualitativ einzuschätzende Klimawirkung hinzugezogen werden sollten?

### Anpassungskapazität

Die Anpassungskapazität (adaptive capacity) ist die Fähigkeit eines Systems, sich an den Klimawandel anzupassen und potenziellen Schaden zu mindern. Sie bezieht sich definitorisch immer auf die Zukunft beziehungsweise die Möglichkeit, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. In der

Vergangenheit bereits getroffene Anpassungsmaßnahmen wie die Errichtung eines Bewässerungssystems, um sich vor klimatischer Trockenheit zu schützen, fließen in die Bewertung der Sensitivität mit ein.

### Empfehlungen: Anpassungskapazität

#### Zentrale Empfehlungen

1. Eine besondere Herausforderung bei einer Vulnerabilitätsbewertung ist die Tatsache, dass die Anpassungskapazität über technische und finanzielle Möglichkeiten hinaus von einer Vielzahl schwierig zu messender Faktoren beeinflusst ist. Um solche Faktoren berücksichtigen zu können, wird empfohlen, die sektorenunabhängigen und die sektorspezifischen beziehungsweise klimawirkungsspezifischen Rahmenbedingungen der Anpassungskapazität der verschiedenen Akteure an den Klimawandel getrennt zu untersuchen.
2. Wenn es in einer Studie darum gehen soll, mögliche Anpassungsoptionen als Grundlage für die Auswahl von Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren, werden in der Regel qualitative Abschätzungen zur Anpassungskapazität ausreichen. Bei den Klimawirkungen jedoch, bei denen eindeutige Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Klimasignal und Sensitivität einerseits sowie zwischen Klimawirkung und Anpassungsmaßnahmen andererseits bestehen und gleichzeitig eindeutige Schwellen- oder Grenzwerte existieren, kann eine quantitative Abschätzung empfohlen werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn beispielsweise Zielvereinbarungen über Anpassungserfolge zwischen verschiedenen Akteuren getroffen werden sollen.
3. Anpassungskapazität sollte auch getrennt von den Ergebnissen zu Klimawirkungen kommuniziert werden, da die (theoretische) Anpassungskapazität nur dann wirklich die Klimawirkung reduziert, wenn sie in Maßnahmen umgesetzt wird.

### Vulnerabilität

Die Vulnerabilität ergibt sich aus einer Gegenüberstellung und Zusammenschau der Elemente „Klimawirkung“ und „Anpassungskapazität“.

### Empfehlungen: Vulnerabilität

#### Zentrale Empfehlungen

1. Wenn klar definierte Kenngrößen für die Anpassungskapazität bestehen und der Effekt von Anpassungsmaßnahmen abgeschätzt werden soll, sollte Vulnerabilität quantitativ bewertet werden.
2. Wenn die Identifikation räumlicher Schwerpunkte der Vulnerabilität Ziel der Studie ist und die Vulnerabilität nur verbal-qualitativ eingeschätzt werden kann, wird empfohlen, mit Hilfe der räumlichen Dimension der Klimawirkung indikativ-verbal Aussagen zur räumlichen Verteilung von Vulnerabilitäten zu treffen.

### Zeitbezug der Systemelemente

### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Zeitbezug

#### Zentrale Empfehlungen

1. Es wird empfohlen, wo immer möglich, auch für die Abschätzung der Sensitivitätsentwicklung Projektionen zu verwenden.

2. Da Sensitivitäts- und Klimaprojektionen mit Unsicherheit behaftet sind, wird angeregt, im Ergebnis von Vulnerabilitätsszenarien zu sprechen.

#### **Fragen zur Diskussion**

1. Vulnerabilitätsszenarien beinhalten die Multiplikation der Unsicherheiten von Sensitivität und Klimasignal-Projektionen. Wie kann damit umgegangen werden?

### **Szenarien des starken und schwachen Wandels**

#### **Empfehlungen: Szenarien**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Klimasignal und Sensitivitätsszenarien sollten zu Szenariokombinationen zusammengefasst werden.
2. Sofern möglich wird die Betrachtung von mindestens zwei alternativen Szenariokombinationen (starker und schwacher Wandel) empfohlen, da auf diese Weise die Bandbreite möglicher Entwicklungen abgebildet werden kann. Dies ist eine der wesentlichen Möglichkeiten, mit den bestehenden Unsicherheiten umzugehen.
3. Die Auswahl einer Kombination „mittlerer Wandel“ wird sich dann nicht lohnen, wenn die Abgrenzung zu den beiden anderen Szenariokombinationen nicht deutlich genug ist und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse durch die hohe Zahl von Ergebniskarten eingeschränkt würde.

### **Einheitliche Datengrundlagen und räumliche Auflösung**

#### **Empfehlungen: Datengrundlage**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Das Klimamodell-Ensemble sollte den gesamten Untersuchungsraum flächendeckend abbilden, aus ausreichend vielen Modellläufen bestehen und auf einem oder mehreren zuvor festgelegten Emissionsszenarien basieren.
2. Es wird empfohlen, eine einheitliche Datenbasis für alle Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien des Bundes zu wählen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse herzustellen.
3. Es wird empfohlen, einheitliche Daten für die Sensitivität sowie die Anpassungskapazität verfügbar zu machen, insbesondere dort, wo kommunale oder Länderzuständigkeiten bestehen (Bevölkerungsschutz, Katastrophenschutz, Bildungsinformationen, Regionalplanung).

### **(Integrierte) Bewertung**

Eine integrierte Bewertung kann über verschiedene Ansätze geschehen:

1. quantitativ anhand von wirkungsspezifischen Maßstäben (Schwellenwerte),
2. qualitativ durch Experten auf Grundlage der Analyseergebnisse oder
3. über gemeinsame Bezugsgrößen, beispielsweise durch Normalisierung oder Monetarisierung.

## Empfehlungen und Diskussionsfragen: Integrierte Bewertung

### Zentrale Empfehlungen

1. Wenn der Zweck der Analyse darin besteht, langfristig und großräumig und unabhängig von einzelnen Handlungsfeldern Ressourcen zur Anpassung an den Klimawandel zu allokalieren und mit Förderstrategien zu kombinieren, bietet sich eine integrierte Betrachtung über mehrere oder alle Klimawirkungen oder Handlungsfelder an.
2. Eine quantitative Bewertung wird empfohlen, wenn entsprechende Schwellenwerte für die Klimawirkungen bekannt sind oder die Klimawirkungen in gemeinsame Bezugsgrößen umgerechnet werden können.
3. Ist dies nicht möglich, wird eine qualitative Bewertung unter Einbezug fachlicher Experten empfohlen.

### Fragen zur Diskussion

1. Aggregation der Daten pro Raumeinheit: Welche Vorteile und Nachteile bestehen? Grundsätzlich besteht die Schwierigkeit übergreifende Bewertungskriterien festzulegen sowie ein Maß für die Gewichtung der Einzelbewertungen zu ermitteln – denn auch eine Gleichgewichtung ist immer auch willkürlich und kann letztlich nur normativ begründet werden.
2. Übergreifende Bewertungskriterien: Es ist schwierig sektorenübergreifende Bewertungskriterien festzulegen. Kann es hier etwas anderes als Bauch-Entscheidungen geben?

## 5.2 Umsetzung einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie

### Beteiligung

#### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Beteiligung

##### Zentrale Empfehlungen

1. Die Analyse und Bewertung von Klimawirkungen und Vulnerabilitäten sollten mit einem Netzwerk von Fachakteuren (und eventuell externen Experten) durchgeführt werden.
2. Die Entscheidungsgrundlagen und Analyseschritte sollten von der Projektbearbeitung vorbereitet werden; die Abstimmung über das Vorgehen sollte mit den beteiligten Fachakteuren erfolgen.
3. Die beteiligten Fachakteure sollten mit Daten, Modellergebnissen und Expert/innenwissen zur Analyse beitragen, um eine gute Integration der Ergebnisse in ihre Arbeit zu ermöglichen.
4. Diese Arbeitsweise setzt ausreichend Ressourcen seitens der beteiligten Fachakteure, eine stetige und kontinuierliche Kommunikation, sowie verbindliche Absprachen hinsichtlich Abstimmungsterminen voraus. Diese muss von der Projektleitung und vom Auftraggeber aktiv befördert und organisiert werden.
5. Für deutschlandweite Studien wird empfohlen, die Bundesländer frühzeitig einzubinden und zu informieren (etwa über den Ständigen Ausschuss zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels).

##### Fragen zur Diskussion

1. In welchen Fällen ist die Trennung von Arbeits- und Entscheidungsebene auch in Persona zu empfehlen?

## Datensammlung und quantitative Analyse

### Empfehlungen: Datensammlung und quantitative Analyse

#### Zentrale Empfehlungen

1. Eine frühzeitige Anfrage bei den entsprechenden Behörden oder Forschungseinrichtungen ist zu empfehlen, da zum Teil ein sehr hoher zeitlicher (und personeller) Aufwand besteht, um die angefragten Daten zusammenzustellen.
2. Die frühzeitige Identifikation von Datenlücken ermöglicht eine Entscheidung darüber, ob Klimawirkungen über qualitative Interviews abgeschätzt oder aus der Analyse herausgenommen werden.

## Erheben qualitativer Informationen

### Empfehlungen: Erheben qualitativer Informationen

#### Zentrale Empfehlungen

1. Sowohl im Zuge der Operationalisierung einzelner Klimawirkungen als auch im Rahmen der Einschätzung der sektoralen Anpassungskapazität sollten leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt werden.
2. Hierzu sind strukturierte Interviewleitfäden zu verwenden, die narrative Informationen erheben, aber auch die Überführung in ein semi-quantitatives Bewertungsschema enthalten.

## Aggregierung

Erfahrungen mit Ansätzen zur Aggregation von Klimawirkungen und Anpassungskapazität zu einer (sektorenübergreifenden) Vulnerabilität fehlen gegenwärtig noch. Prinzipiell kann die Aggregierung von Daten aber dazu beitragen, sektorenübergreifende und zusammenfassende Aussagen zu treffen.

Es sollte berücksichtigt werden, dass eine Aggregation immer nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtergebnis darstellen kann, da die Aggregierung stets unter einem bestimmten Blickwinkel durchgeführt werden muss (Auswahl der zu aggregierenden Klimawirkungen, Gewichtung).

### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Aggregierung

#### Zentrale Empfehlungen

1. Eine operationelle Aggregierung von Ergebnissen auf der Grundlage von Datensätzen erfordert geeignete Einheiten oder eine Normalisierung sowie eine ähnliche räumliche Auflösung und flächendeckende Datenverfügbarkeit.
2. Auf der Ebene von bewerteten Ergebnissen können Aggregierungen bei gleichem Raumbezug und gleicher Bewertungsskala über Mittelwertbildung vorgenommen werden.
3. Die Aggregierung ist in der Regel ein normativer Vorgang und sollte entsprechend mit den beteiligten Fachakteuren abgestimmt werden.

#### Fragen zur Diskussion

1. Welche zusätzliche Aussagequalität wird durch die Aggregierung gewonnen? Wie hoch sollte man Ergebnisse aggregieren?

## Aussagen zum Grad der Gewissheit

Sowohl die berechneten als auch die über Experteninterviews erfragten Ergebnisse sind mit Unsicherheit behaftet.

### Empfehlungen: Gewissheit

#### Zentrale Empfehlungen

1. Um die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern, wird empfohlen, auf Ebene der Klimawirkungen die Gewissheit der Ergebnisse einzuschätzen.
2. Empfohlen wird, den Grad der Gewissheit für jeden Indikator und jede Klimawirkung auf einer Skala von „gering“ über „mittel“ bis „hoch“ zu bewerten. Für Klimawirkungen, die über mehrere Indikatoren abgebildet werden, sollte textlich ein Fazit gezogen werden.
3. Da die Bewertung der Gewissheit zum Teil normativer Natur ist, sollte sie von der Gesamtheit der beteiligten Fachakteure gemeinsam vorgenommen werden.

### 5.3 Darstellung der Analyseergebnisse, Zusammenführung mit dem aktuellem Stand der Forschung und Review

Im Einzelnen lassen sich aus dem Netzwerk Vulnerabilität heraus folgende zentrale Empfehlungen für die Dokumentation zukünftiger Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien aussprechen:

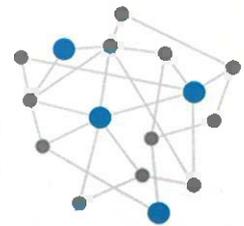
- ▶ **Zweck der Studie:** Eine regionale Analyse verfolgt in der Regel einen anderen Zweck (nämlich die Anpassungsplanung) als eine nationale (Herstellung von Vergleichbarkeit, Strategieentwicklung) und eine wissenschaftlich getriebene (methodische Weiterentwicklung) folgt einem anderen Zweck als eine politisch beauftragte (Identifikation Hot Spots).
- ▶ **Primär- oder Sekundärstudie:** Es sollte stets transparent gemacht werden, ob die getroffenen Aussagen in erster Linie direkt aus einer eigenen Forschungsarbeit abgeleitet wurden („Primärstudie“) oder ob hauptsächlich Aussagen aus anderen Quellen zusammengetragen wurden („Sekundärstudie“, manchmal auch „Metastudie“, bei der Primärstudien ausgewertet, zusammengefasst und neue Schlüsse gezogen werden).
- ▶ **Methodisches Vorgehen (Modelle, quantitativ, qualitativ):** Das methodische Vorgehen hängt häufig von den zur Verfügung stehenden Ressourcen, aber auch von verfügbaren Daten und Modellen ab. In jedem Fall sollte der verwendete methodische Ansatz genau beschrieben und alle zur Bestimmung von Klimawirkungen verwendeten Modelle und Modellketten benannt und charakterisiert werden (inklusive der Klimamodelle und -ensembles).
- ▶ **Verwendete Daten:** Es sollte stets angegeben werden, auf welchen Klimadaten (Exposition), aber insbesondere auch auf welchen sozio-ökonomischen Daten (Sensitivität) die Abschätzung beruht und welche Szenarien für die Klimaentwicklung sowie für die Entwicklung der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen angelegt wurden.
- ▶ **Betrachteter Zeitraum:** Besonders wichtig ist auch ein Hinweis, für welchen Zeitpunkt die Aussagen getroffen werden sowie auf welches Referenzjahr sich die Abschätzung der Veränderungen bezieht.
- ▶ **Verwendung von im Voraus definierten und allgemein anerkannten Vorgaben:** Die Bewertung der Ergebnisse sollte über im Voraus definierte und (wenn möglich) anerkannte Vorgaben erfolgen, ähnlich wie es der IPCC für Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens zukünftiger Ereignisse vorgenommen hat. Diese Vorgaben sollten in allen Klimastudien einheitlich verwendet werden und sich auf folgende Aussagenbereiche beziehen:
  - ▶ Wahrscheinlichkeit des Eintretens: Abstufung, wann die abgeschätzten Klimaauswirkungen „sicher“, „wahrscheinlich“, „sehr unwahrscheinlich“ usw. eintreten werden (beim IPCC:

Virtually certain > 99% probability of occurrence, Extremely likely > 95%, Very likely > 90%, Likely > 66%, More likely than not > 50%, Unlikely < 33%, Very unlikely < 10%, Extremely unlikely < 5%).

- ▶ **Stärke der Veränderung:** Abstufung, wann die Änderung einer Klimawirkung als „gering“, „moderat“ oder „stark“ eingeschätzt wird. Darüber hinaus gehende, eher unspezifische Formulierungen („drastisch“, „enorm“ usw. sollten vermieden werden). Hier besteht Forschungsbedarf, um allgemeingültige Bewertungssysteme zu entwickeln.
- ▶ **Häufigkeit:** Insbesondere wenn es um das verstärkte Auftreten von Ereignissen (zum Beispiel Extremwetterereignissen) geht, sollte klar definiert sein, was „selten“, „häufig“ oder „sehr häufig“ bedeutet, und dieses Wording entsprechend konsistent verwendet werden.
- ▶ **Normative Entscheidungen:** Auch normative Entscheidungen können über ein festgelegtes Vokabular deutlich gemacht werden. Zum Beispiel sollte der Begriff „Bewertung“ nur für solche normative Bewertungen genutzt werden. Sinnvoll kann auch sein, eine Textbox oder ein anderes grafisch abgesetztes Element zu nutzen, um alle für die Studie zentralen Annahmen und Entscheidungen, wie die Wahl des Emissionsszenarios, zentral zu dokumentieren.
- ▶ **Beteiligte Expert/innen:** Es ist zu empfehlen, alle beteiligten Fachakteure, Interviewpartner und Expert/innen zu nennen.
- ▶ **Grafische Abbildung der Ergebnisse:** Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Ergebnisse von Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien grafisch abzubilden. Für räumliche Analysen bieten sich Kartendarstellungen an. Dabei erleichtert es die Interpretation von Klimawirkungskarten, wenn die in die Analyse eingeflossenen Klima- und Sensitivitätsparameter ebenfalls in Kartenform mit abgebildet werden. Um Entwicklungen aufzuzeigen, sollten dabei alle betrachteten Zeitpunkte nebeneinander dargestellt werden. Für nicht räumlich differenzierte Angaben eignen sich Diagramme, etwa Säulendiagramme, die die Stärke der Klimawirkung über die Länge der Säule abbilden.
- ▶ **Grafische Abbildung des Prozesses:** Um die Transparenz hinsichtlich des Vorgehens zu erhöhen, kann der Prozess der Analyse in Form eines Schaubildes abgebildet werden. Wird dies gemacht, ist zu empfehlen, dass die Grafik verdeutlicht, an welchen Stellen die beteiligten Fachakteure sowie externe Experten einbezogen wurden, wo das betrachtete System definiert wurde (zum Beispiel Auswahl der betrachteten Klimawirkungen) und wann Ergebnisse aggregiert wurden, um zusammenfassende Aussagen treffen zu können.
- ▶ **Qualitätssicherung:** Für jede Studie sollte kenntlich gemacht werden, wie die Qualitätssicherung durchgeführt wurde, zum Beispiel ob und in welcher Form es ein Review-Verfahren gegeben hat.



# Netzwerk Vulnerabilität



Fachkonferenz „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“, 1. Juni 2015,  
BMVI

## Teilnehmendenliste

Name	Institution	Ort
	Fraunhofer EMI	Efringen-Kirchen
Bannick, Dr. Claus Gerhard	Umweltbundesamt	Berlin
Baritz, Dr. Rainer	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	Hannover
Baron, Heike	Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin
Baumgarten, Corinna	Umweltbundesamt	Dessau
	Deutsches Klima-Konsortium	Berlin
Becker, Dr. Paul	Deutscher Wetterdienst	Offenbach am Main
	adelphi	Berlin
	bgmr Landschaftsarchitekten	Berlin
Beckmann, Dr. Thomas	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes Außenstelle Süd	Höchberg
	Systain Consulting	Hamburg
Benkwitz, Dr. Frank	Ministerium für Arbeit und Soziales Sachsen-Anhalt	Magdeburg
	Technische Universität Dresden	Dresden
	Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst	Berlin
Beuter, Anja	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg	Stuttgart
	IREBS International Real Estate Business School	Regensburg
	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Projektträger	Bonn
	IKU	Dortmund
	Deutscher Industrie- und Handelskammertag	Berlin
Bolte, Prof. Dr. Andreas	Thünen-Institut für Waldökosysteme	Eberswalde
	ecolo	Bremen
	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg Amt für Umweltschutz	Hamburg
Bort, Marie Theres	Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur	Berlin
Brandt, Simone	Umweltbundesamt	Berlin

Name	Institution	Ort
Brestrich, Thomas	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt	Magdeburg
	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft	Berlin
	GEO-NET Umweltconsulting	Hannover
	adelphi	Berlin
	Konzeption & Evaluation kommunikativer Maßnahmen	Hamburg
	GreenDelta	Berlin
	Deutscher Forstwirtschaftsrat	Berlin
	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft	Berlin
Daschkeit, Dr. Achim	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
Dickow-Hahn, Regine	Umweltbundesamt	Dessau
	infas enermetric Consulting	Greven
	Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg	Potsdam
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
Dosch, Dr. Fabian	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung	Bonn
	Metropolregion Nordwest	Delmenhorst
Dünfelder, Harald	Bundesamt für Naturschutz	Putbus
	KfW	Frankfurt
	acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften	Berlin
Ebert, Sebastian	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
Eckhold, Jörg-Peter	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Außenstelle Nordwest	Aurich
Eichler, Dörthe	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Außenstelle Mitte	Hannover
	Hauptverband der Deutschen Bauindustrie	Berlin
	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	Eschborn
Endler, Astrid	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin	Berlin
	Humboldt-Universität zu Berlin	Berlin
	adelphi	Berlin
Fehrmann, Peter	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin	Berlin
	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie	Wuppertal
	Technische Universität Berlin	Berlin

Name	Institution	Ort
Fischer, Dr. Bernhard	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung	Bonn
	plan + risk consult	Dortmund
Franke, Gerd	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Außenstelle West	Münster
	Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Hannover
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Europäische Umweltagentur	Kopenhagen
	Berliner Wetterkarte	Berlin
	Plan + risk consult	Dortmund
	Hochschule Fulda	Fulda
	Climate Service Center 2.0	Hamburg
	Universität Oldenburg	Oldenburg
Habedank, Dr. Birgit	Umweltbundesamt	Berlin
	KfW	Frankfurt am Main
Halbig, Guido	Deutscher Wetterdienst	Essen
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Ecologic Institute	Berlin
	Infrastruktur & Umwelt Professor Böhm und Partner	Darmstadt
	Prognos	Basel
Hempfen, Susanne	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	Bonn
	Kompetenzzentrum für Klimaschutz und Klimaanpassung Universität Kassel	Kassel
Herrmann, Carina	Bundesanstalt für Straßenwesen	Bergisch Gladbach
Hillebrand, Dr. Gudrun	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Hindersmann, Dr. Iris	Eisenbahn-Bundesamt	Bonn
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft Präsidium	Bad Nenndorf
Holzmann, Dr. Thomas	Umweltbundesamt	Dessau
Imbery, Dr. Florian	Deutscher Wetterdienst	Offenbach am Main

Name	Institution	Ort
	Pflanzenschutzamt Berlin	Berlin
Jacobs, Dr. Christian	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	Hannover
	Technische Universität Berlin	Berlin
	adelphi	Berlin
	adelphi	Berlin
	Deutsches Rotes Kreuz	Berlin
	Landeshauptstadt Stuttgart Amt für Umweltschutz, Stadtklimatologie	Stuttgart
	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde	Eberswalde
Katzenberger, Bernd	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	Karlsruhe
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Stadt Dessau-Roßlau Amt für Umwelt und Naturschutz	Dessau-Roßlau
	Universität Salzburg Interfakultärer Fachbereich Geoinformatik Z_GIS	Salzburg
	BAG Kommunal	Bernau
Kofalk, Dr. Sebastian	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Kolbe, Margret	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg	Potsdam
Köthe, Harald	Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur	Bonn
	Die Partei	Cottbus
Krings, Susanne	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe	Bonn
Kristof, Dr. Kora	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
Kruse, Klaus	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	Hannover
Laaser, Cornelius	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein- Westfalen	Düsseldorf
Lamfried, Daniel	Umweltbundesamt	Dessau
Lang, Monika	Presse- und Informationsamt der Bundesregierung	Berlin
	Deutsches Klimarechenzentrum	Hamburg
Lehmann, Dr. Harry	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	Eschborn
Leve, Jochen	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg	Stuttgart
Linke, Carsten	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg	Potsdam
	SYDRO Consult	Darmstadt

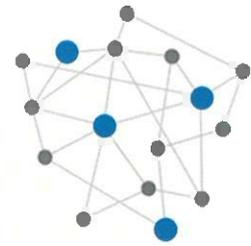
Name	Institution	Ort
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig	Braunschweig
	Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde	Eberswalde
	Julius Kühn-Institut	Kleinmachnow
	ThINK - Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz	Jena
Mahrenholz, Petra	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
Mauermann, Martin	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt	Mainz
Maurer, Dr. Thomas	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Mayr-Bednarz, Barbara	Sächsisches Staatsministerium des Innern	Dresden
	Universität Bielefeld	Bielefeld
	Verband privater Bauherren	Berlin
Messing, Sebastian	Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur	Bonn
Mitschke, Steffi	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt	Magdeburg
Mundhenke, Dr. Jens	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Berlin
	National Geographic Deutschland	Hamburg
Namyslo, Joachim	Deutscher Wetterdienst	Offenbach
	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung	Dresden
	RWTH Aachen	Aachen
	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung	Dresden
	Umweltgutachterausschuss	Bremen
	Deutsches Institut für Urbanistik	Berlin
Niederle, Werner	Umweltbundesamt	Dessau
Niedrig, Prof. Dr. Matthias	Robert Koch-Institut	Berlin
Niemann, Dr. Hildegard	Robert Koch-Institut	Berlin
Nilson, Dr. Enno	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Obermaier, Nathan	Umweltbundesamt	Berlin
Ochmann, Kerstin	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg	Potsdam
	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen	Berlin
	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung	Berlin

Name	Institution	Ort
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Regionale Planungsgemeinschaft Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg	Köthen (Anhalt)
Pieplow, Dr. Haiko	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	Berlin
	Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr RWTH Aachen	Aachen
	Projektträger Jülich	Berlin
	WWF Deutschland	Berlin
	Bundesgeschäftsstelle European Energy Award	Berlin
Reinhardt, Frank	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	Jena
	Klimaschutzbeauftragter der Stadt Bamberg	Bamberg
	Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen	Trippstadt
	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung	Potsdam
Richter, Marianne	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
Riegel, Christoph	Bundesnetzagentur	Bonn
Röhm, Herbert	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Geozentrum Hannover	Hannover
	Region Hannover	Hannover
	Climate Service Center 2.0	Hamburg
Rott, Brigitte	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	Wiesbaden
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
Sanders, Tanja	Thünen-Institut für Waldökosysteme	Eberswalde
Sattler, Ulrich	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	Eschborn
	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung	Dresden
	adelphi	Berlin
Schäfer, Dr. Berthold	Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden	Berlin
	Hansestadt Lübeck	Lübeck
	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung	Dresden
Schauser, Dr. Inke	Umweltbundesamt	Dessau-Roßlau
	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg	Hamburg
	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung	Dresden

Name	Institution	Ort
Schliephake, Jutta	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt	Magdeburg
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
	Projekträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Bonn
Schmidt, Martin	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein	Flintbek
	Regionaler Planungsverband Region Chemnitz	Zwickau
	Europäische Akademie Bozen	Bozen
	Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung	Konstanz
	Bosch & Partner	München
	Climate Service Center 2.0	Geesthacht
Schulz-Engler, Daniel	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	Karlsruhe
	Projekträger Jülich	Berlin
Schwarzak, Susann	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Hof/Saale
	AGDW - Die Waldeigentümer	Berlin
Seidler, Dieter	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg	Potsdam
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
Singer-Posern, Sonja	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Wiesbaden
Sommer, Werner	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft	Dresden
Steege, Volker	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Bonn
	Deutsches Rotes Kreuz Generalsekretariat	Berlin
	Universität Kiel Klimabündnis Kieler Bucht	Kiel
Stratenwerth, Thomas	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	Bonn
Sukopp, Dr. Ulrich	Bundesamt für Naturschutz	Bonn
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
Tinz, Dr. Birger	Deutscher Wetterdienst	Hamburg
	Deutsches Institut für Urbanistik	Berlin
	Ecologic Institut	Berlin
Tzscheuschner, Anke	Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz	Erfurt
Unglaube, Manfred	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt	Halle/Saale
Vander Pan, Arlette	Umweltbundesamt	Berlin

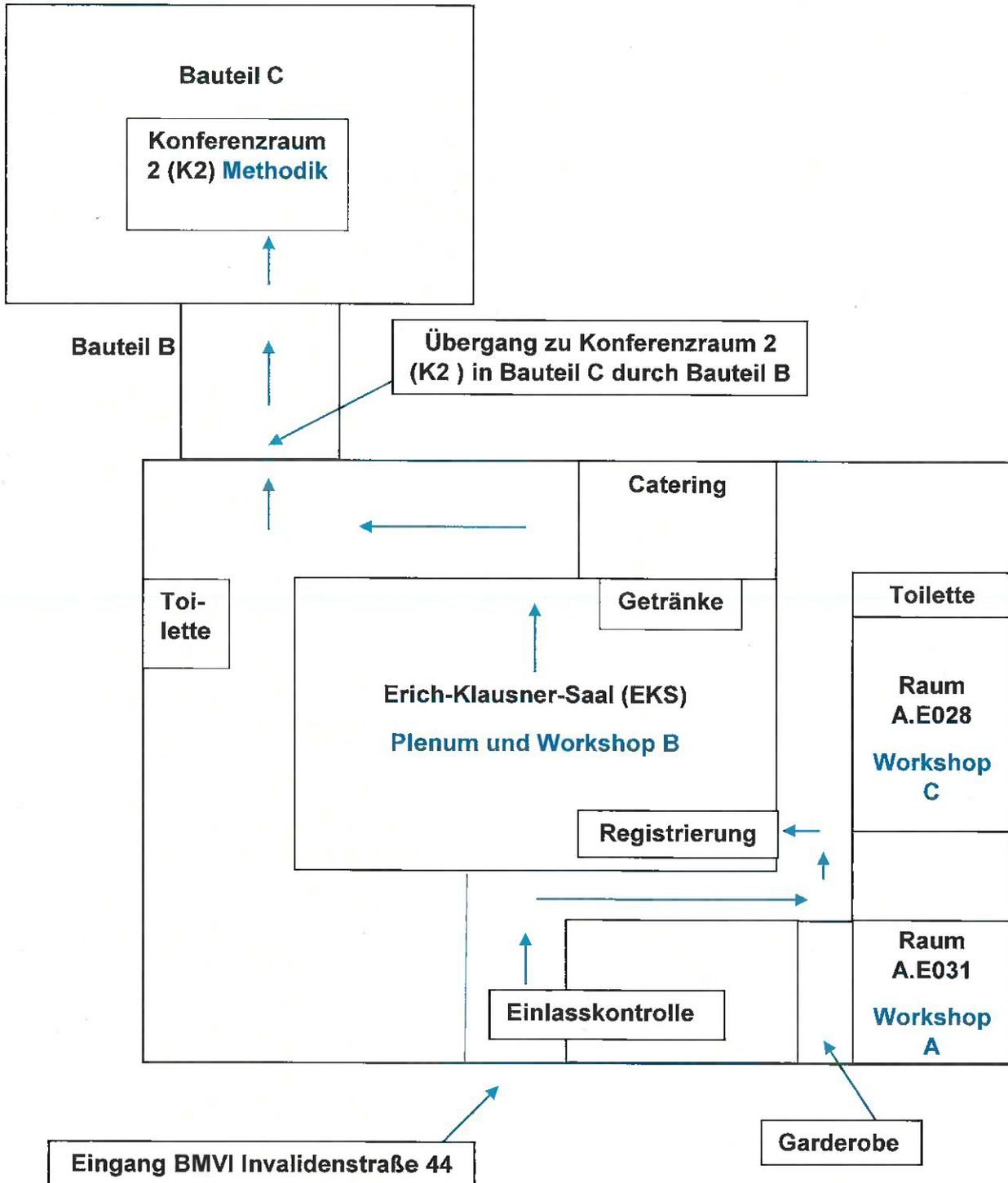
Name	Institution	Ort
	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung	Berlin
Völlings, Andreas	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	Dresden
von Abercorn, Dr. Michael	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein	Kiel
Voßeler, Dr. Christof	Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr	Bremen
Weigel, Hans-Joachim	Thünen-Institut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei	Braunschweig
Weiland, Mathias	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt	Magdeburg
	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung	Müncheberg
Wellbrock, Dr. Nicole	Thünen-Institut für Waldökosysteme	Eberswalde
	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung	Müncheberg
Wild, Sara	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen	Düsseldorf
	Landeshauptstadt München Referat für Gesundheit und Umwelt	München
	BioConsult Schuchardt & Scholle	Bremen
	Europäische Akademie Bozen	Bozen
	Zentrum für nachhaltigen Tourismus Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde	Eberswalde
Zierul, Robert	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Außenstelle Nord	Kiel

# Netzwerk Vulnerabilität



Fachkonferenz „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“

## Raumplan





**Hempen, Susanne**

---

**Von:** [REDACTED]  
**Gesendet:** Dienstag, 2. Juni 2015 11:05  
**An:** Schauer, Inke; petra.vanrueth@uba.de; petra.mahrenholz@uba.de; Hempen, Susanne  
**Betreff:** Netzwerk Vulnerabilität, Monitoringbericht; weiteres Vorgehen und Kommunikation im Sektor Wald- und Forstwirtschaft

Sehr geehrte Frau Schauer, sehr geehrte Frau van R uth, sehr geehrte Frau Hempen,

Gratulation und besten Dank für die gelungene gestrige Fachtagung zum "Netzwerk Vulnerabilität" mit der Abschlusspräsentation zum ersten Projektabschnitt und für die aktuelle Veröffentlichung des Monitoringberichts 2015 zur DAS. Beides sind echte Meilensteine und insbesondere die Aufwerksamkeit des DAS-Monitoringberichts in den Medien ist beeindruckend.

Ich würde gern zu beiden Aktivitäten und deren Produkte aktiv und überzeugend in unser sektorales Bundes-Länder-Netzwerk im Sektor "Wald- und Forstwirtschaft" (Ressortforschung des Bundes und der Länder) hineinkommunizieren und bitte Sie daher um Auskunft zu einigen Fragen, die ich bereits aus unserem Netzwerk gestellt bekommen habe bzw. erwarte:

(1) Welche (zukünftigen) Aufgaben bzw. Einfluss haben die Länder bzw. L nderressortforschung für die folgenden Aktivitäten des Netzwerkes Vulnerabilität?

Hintergrund sind parallele oder aufgesetzte Aktivitäten der Länder. Die Idee, mit dem Projektabschluss eine methodische Vorlage zu liefern, halte ich für gut, aber wer spricht und überzeugt die Länder, diese aufzunehmen? Gibt es hier einen geplanten und strukturierten Prozess? Dies wäre m. E. sehr wichtig für eine Akzeptanz der Bundesaktivit ten durch die z.B. für die Forstwirtschaft in Deutschland verantwortlichen Bundesländer.

*— L nderbeh rde*

(2) Die inhaltliche Trennung der Aktivitäten "Monitoring" und "Netzwerk Vulnerabilität" ist nach meinen Erfahrungensehr schwer nach außen zu vermitteln und verwirrt. Es gibt natürlich stichhaltige Gründe für unterschiedliche Indikatoren und methodische Ansätze, aber der Bezug beider Aktivitäten zueinander müsste klar kommuniziert werden, damit hier nicht Unsicherheiten entstehen.

(3) Vermisst habe ich gestern ein klares Statement zur weiteren Fortsetzung der Aktivitäten. Frau Schauer, Sie sagten etwas von einem Nachfolge-Bericht in 5 bis 7 Jahren. Wenn aber der Prozess und das Netzwerk nicht jetzt kontunuiert weiter verfolgt und gepflegt wird, fangen wir in mehreren Jahren wieder am Anfang an, fürchte ich. Daher sehe ich es aus meiner Sicht als sehr wichtig an, im UBA kontinuierliche Kapazitäten (Stellen!) zu schaffen, die sich umfassend mit der Fortführung der Prozesse als Daueraufgabe beschäftigen können. Vorbild könnte hier die starke Gruppe zur Treibhausgas-Berichterstattung (UNFCCC, Kyoto) sein, um im UBA eine stärkere spezifische kontinuierliche Fach- und Prozesskompetenz aufzubauen, welche die bestehenden Verantwortlichen unterstützen kann. Ich bin skeptisch, dass dies ausschließlich mit Projektvergaben an externe Partner ("Outsourcing") geleistet werden kann.

(4) Wichtig für unsere Planung ist auch eine Abschätzung der Absprache des UBA/BMUB an uns als Bundesressortforschungseinrichtung und -oberbeh rde im Prozess. Wenn ich richtig informiert bin, werden wir stark in der Fortschrittsberichte des Monitorings eingebunden sein. Wie sieht das im Bereich Vulnerabilität aus? Das wäre auch wichtig für unsere Kommunikation mit unserem Ressort (BMEL).

(5) Wir sind in einem aktuell zuende gehenden BMEL-Verbundprojekt "Agrarrelevante Externwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen" beteiligt, das für die Bereiche Landwirtschaft, Sonderkulturen und Wald deutschlandweit sehr differenzierte Ergebnisse liefert. Ich möchte Sie gern einladen, an der Abschlusskonferenz am 23.06.2015 in Berlin teilzunehmen (s. link: [REDACTED])



(7) Ich bitte Sie, als Anerkennung und Dank für die hervorragende Unterstützung des Monitoringsberichts durch die Vertreter von Ländern und Hochschulen im Bereich "Wald- und Forstwirtschaft" je ein Druckexemplar zu senden an:

1. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern  
Abteilung 2 - Nachhaltige Entwicklung, Forsten und Naturschutz  
Herrn Dr. Peter Röhe, Frau Sigrid Grell  
Dreescher Markt 2  
19061 Schwerin

2. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Fachbereich: Standortkunde, Baumartenwahl, Wälder im Klimawandel  
Herren Dr. Christian Kölling, Kurz Amereller  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising

3. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

[REDACTED]  
A.-Möller-Straße 1  
16225 Eberswalde

4. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

[REDACTED]  
Grätzelstr. 2  
D-37079 Göttingen

5. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Herren Friedrich Engels, Dr. Ulrich Matthes  
Hauptstraße 16  
67705 Trippstadt

6. Thüringen-Forst

Service- und Kompetenzzentrum, Stabsstelle Forschungscoordination

[REDACTED]  
Jägerstraße 1  
99867 Gotha

7. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Professur für Waldbau

[REDACTED]  
Tennenbacherstr. 4  
79085 Freiburg im Breisgau

8. Georg-August-Universität Göttingen

Abt. Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen

[REDACTED]  
Büsgenweg 1  
37077 Göttingen

Ich danke Ihnen und freue mich auf Ihre Antworten.



Mit freundlichen Grüßen,

--

Institutsleiter / Head of Institute  
Thünen-Institut für Waldökosysteme / Thünen Institute of Forest Ecosystems  
A.-Möller-Str. 1  
D-16225 Eberswalde (Germany)

Web: [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

Das Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei - kurz: Thünen-Institut - besteht aus 14 Fachinstituten, die in den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Technologie forschen und die Politik beraten.

The Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries - Thünen Institute in brief - consists of 14 specialized institutes that carry out research and provide policy advice in the fields of economy, ecology and technology.



**Hempen, Susanne**

---

**Von:** [REDACTED]  
**Gesendet:** Dienstag, 21. April 2015 16:07  
**An:** Hempen, Susanne  
**Betreff:** Ihre Anmeldung zur Fachkonferenz "Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel"

Sehr geehrte/r Frau Hempen,

wir haben Ihre Anmeldung zur Fachkonferenz "Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel", am 1. Juni im Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur in Berlin, erhalten. Bitte beachten Sie, dass die Plätze für die Veranstaltung begrenzt sind und Sie erst nach Erhalt einer Teilnahmebestätigung registriert sind.

Bitte beachten Sie außerdem, dass der Zugang zur Veranstaltung auch nach Anmeldung nur mit gültigem Personalausweis möglich ist.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

Für Ihre Unterlagen finden Sie anbei Ihre Anmeldeunterlagen.

<b>Erklärung*</b>	Mir ist bekannt, dass der Einlass zur Veranstaltung nur mit gültigem Personalausweis möglich ist.
<b>Gender</b>	Frau
<b>Titel</b>	falls zutreffend, bitte auswählen...
<b>Vorname</b>	Susanne
<b>Name</b>	Hempen
<b>Institution</b>	Bundesumweltministerium
<b>Straße</b>	Robert-Schuman-Platz 3
<b>PLZ</b>	53175
<b>Ort</b>	Bonn
<b>Email</b>	<a href="mailto:susanne.hempen@bmub.bund.de">susanne.hempen@bmub.bund.de</a>
<b>Ich melde mich an*</b>	für den Vor- und den Nachmittag (Präsentation der Ergebnisse und Diskussionsforen).
<b>Auswahl Diskussionsforen Nachmittag*</b>	Methodik und Empfehlungen für zukünftige Analysen
<b>Ich bin damit einverstanden, in der Teilnahmeliste der Tagung mit den Angaben Name, Institution, Ort genannt zu werden.</b>	ja

**Einverständniserklärung**

Hiermit erkläre ich mich mit der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung meiner personenbezogenen Daten einverstanden, soweit dies im Rahmen der Abwicklung der Tagung erforderlich ist., Mit der Anmeldung erteile ich dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig, das Recht, die von mir auf der Veranstaltung gemachten Bildaufnahmen zur Veranstaltungsdokumentation auf der Website des Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) entschädigungslos und zeitlich und räumlich unbegrenzt mittels jedes technischen Verfahrens veröffentlichen zu dürfen.

+++++



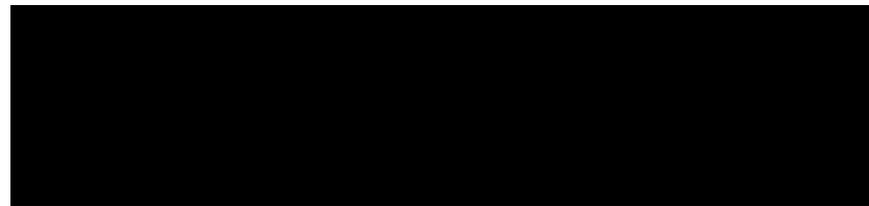
Assistentin Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation

**Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig**  
Institute for Ecological Economy Research

Potsdamer Str. 105  
D-10785 Berlin



[www.ioew.de](http://www.ioew.de)



## Hempen, Susanne

---

**Von:** Netzwerkpartner - Netzwerk-Vulnerabilität <netzwerkpartner@netzwerk-vulnerabilitaet.de>  
**Gesendet:** Donnerstag, 5. März 2015 15:47  
**An:** Hempen, Susanne  
**Betreff:** Abschlussveranstaltung des Netzwerks Vulnerabilität 01.06.2015, BMVI Berlin  
**Anlagen:** Programm\_Fachkonferenz\_Vulnerabilitaet\_2015\_03\_05.docx

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

am 1. Juni wollen wir unsere Ergebnisse der Fachöffentlichkeit präsentieren. Das Konzept hat sich inzwischen durch Unterstützung von adelphi sowie IÖW, die die Organisation und Moderation der Veranstaltung übernehmen, verfeinert. Somit ist nun deutlicher, wann und wie die Netzwerkpartner mit einbezogen werden. Allerdings sind für den Nachmittag noch nicht alle Punkte geklärt.

Der Vormittag ist als eine Frontalveranstaltung geplant, bei der die wichtigsten Ergebnisse durch das Konsortium präsentiert werden. Zusätzlich sollen 3 bis 4 Netzwerkpartner von IÖW zu Erkenntnissen, Erfahrungen, Empfehlungen interviewt werden und Fragen aus dem Publikum beantworten. Ich würde mich freuen, wenn Sie sich dazu bereit erklären würden. Die Fragen werden selbstverständlich vorher mit Ihnen abgesprochen werden.

Am Nachmittag sollen die Teilnehmer in 3 bis 4 parallelen Diskussionsforen die Gelegenheit bekommen, die Ergebnisse im größerem Detail einzusehen und zu diskutieren. Es werden sowohl Ergebnisse einzelner Handlungsfelder als auch methodische Aspekte diskutiert werden. Als Grundlage für letzteres soll ein Vorbereitungspapier benutzt werden, welches Empfehlungen für zukünftige Vulnerabilitätsanalysen enthält. Das Papier wird in den nächsten Wochen vom Konsortium erstellt und Ihnen dann zur Kommentierung und Ergänzung zugesandt werden. Für jedes Forum brauchen wir 2 bis 3 Netzwerkpartner als Diskussionspartner für die Teilnehmer. Das bedeutet, dass jede/jeder von Ihnen, die/der sich für die Abschlussveranstaltung anmeldet, in einem Forum aktiv werden kann. Hierzu werden Sie mittels des Vorbereitungspapiers und der zuvor entwickelten Leitfragen vorbereitet werden. Auch hier würde ich mich freuen, wenn Sie sich zur aktiven Teilnahme bereit erklären würden.

Zum Abschluss soll es noch eine Plenumsrunde zu ausgewählten sektorenübergreifenden Ergebnissen geben. Auch hier ist die Beteiligung von Netzwerkpartnern erwünscht.

Rückfragen und Interessebekundungen gern bis zum 15.3.2015 an mich, da wir danach die Einladung versenden möchten.

Mit freundlichem Gruß  
Inke Schauser

---

Dr. Inke Schauser

Umweltbundesamt

FG I 1.6 KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung  
Telefon: +49 (0)340 2103 2463

NEU /// Website im frischen Look: [www.anpassung.net](http://www.anpassung.net) ///



## Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel

### Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität

**Termin:** 1. Juni 2015 im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin

**Veranstalter:** Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) im Umweltbundesamt, Deutscher Wetterdienst (DWD)

**Inhaltliche Konzeption:** KomPass, adelphi

**Methodische Konzeption und Durchführung:** Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Einladung erfolgt in der Woche vom 9.-13.3.2015, spätestens bis 20.3.

Zeit	Dauer	Inhalte	Ziel	Wer?	Methode / Moderation
Teil A				Moderation: IÖW	
9:30		Einlass			
10.00	30 min	Anmoderation, Einführung und Grußworte (3* 7-8 min)	Netzwerkbewerbung im Fokus, vor allem durch BMUB und DWD	BMUB: Thomas Stratenwerth (WR I 1) UBA: Harry Lehmann (FB I) DWD: Paul Becker (VP)	
10:30	1 h	Ergebnisse des Netzwerks Vulnerabilität Inhaltliche Vorträge (4*10 min) 1. Organisation Netzwerk 2. Methode (Kernpunkte) 3. Sektorale Ergebnisse 4. Sektorenübergreifende Auswertung	Knapper Überblick über Ergebnisse und Methoden	Konsortium Adelphi: [REDACTED] plan & risk consult: [REDACTED] EURAC research: [REDACTED]	Redner sitzen am Podium, der jeweilige Redner geht zum Rednerpult. Verständnisfragen aus dem Publikum
11:30	45 min	Erfahrungen der Netzwerkpartner	Einblick in transdisziplinären Prozess; Werbung für die Zusammenarbeit	Netzwerkpartner	Interview-Blitzlichtrunde mit 3 – 4 Netzwerkpartnern: Erkenntnisse, Erfahrungen, Empfehlungen aus dem Netzwerk, Kurzstatements der Netzwerkpartner Rückfragen aus dem Publikum
12.15	20 min	Kontrapunkt: Was fehlt, z.B. vom Wissen zum Handeln, für eine Transformation in Richtung Klimaresilienz, wo sind blinde Flecken, wie könnte es weiter gehen ...	Konstruktiv-kritisches Statement von außen / aus Sicht der Gesellschaft / mit Blick in die Zukunft/ Forschungsbedarf	[REDACTED] (WBGU) angefragt, sonst [REDACTED] (Katastrophensoziologe, CAUni Kiel) oder [REDACTED] Umweltpsychologe	Vortrag

Zeit	Dauer	Inhalte	Ziel	Wer?	Methode / Moderation
12.35	10 min	Überleitung Hinweis auf FB Konferenz 2016 Hinweis auf Diskussionsforen (und Räume) am Nachmittag		Inke Schauser Moderation	
12.45	1h 15min	Mittagspause			
Teil B				Moderation: iÖW	
14.00	2 h, 15 min	Parallele Diskussionsforen	Diskussion mit und Rückfragen der Teilnehmenden Wissenschaftler sollten sich einbringen können. Netzwerkpartnern den Raum geben auch Schwierigkeiten ansprechen	Konsortium und Netzwerkpartner sollten je nach Methodik mit 3-4 Personen pro Forum vertreten sein (2 als Inputgeber, 1-2 weitere als „Diskutanten“)	A, B, C: jeweils Kurzvortrag zur Methodik, gefolgt von Kurzvorträgen zu den sektoralen Ergebnissen, pro Handlungsfeld 30 Minuten inkl. Diskussion, Raumwechsel ist möglich. In allen drei Themen soll auch der Prozess angesprochen und reflektiert werden, z.B. durch die Netzwerkpartner. Diskussion: Methodik/ Empfehlungen, Daten-/Forschungslücken, Umgang mit Unsicherheiten, Bewertungsansätze, Aussage-

Zeit	Dauer	Inhalte	Ziel	Wer?	Methode / Moderation
					kraft der Ergebnisse, Interpretation Karten und Grafiken, Transdisziplinäre Zusammenarbeit
		A: Ergebnisse einzelner Handlungsfelder (z.B. Boden, Biodiversität, Forstwirtschaft)		Moderator, Konsortium Netzwerkpartner	
		B: Ergebnisse einzelner Handlungsfelder (z.B. Wasser, Gesundheit, Tourismus)		Moderator, Konsortium, Netzwerkpartner	
		C: Ergebnisse einzelner Handlungsfelder (z.B. Bauwesen, Industrie & Gewerbe, Energie)		Moderator, Konsortium Netzwerkpartner	
		D: Methodische Aspekte: Diskussion der Empfehlungen für zukünftige Analysen		Moderator, Konsortium Netzwerkpartner	Einführungsvortrag und danach Worldcafe zur Diskussion verschiedenen Aspekten (Umgang mit Unsicherheit, Wirkungsketten, IPCC Konzept, Darstellung und Interpretation der Ergebnisse etc.). Dies sollte eine eher geschlossene Veranstaltung sein, wo nicht nur Projektergebnisse sondern auch Erfahrungen anderer eingebracht werden können
16:00	15 min	Pause / Übergang ins Plenum			
16:15	60 min	Plenumsdiskussion zu den handlungsfeldübergreifenden Ergebnissen		Moderator, Konsortium, Netzwerkpartner	Plenumsdiskussion mit Statements zu ausgewählten Aspekten. Moderatorin und Publikum stellt variierende Fragen an Konsortium und Netzwerkpartner (je ca. 2-3 Fragen).
17.15	15 min	Fazit, Ausblick und Verabschiedung Abmoderation (Dank, Hinweis auf	Ausblick auf weiteren Prozess	Inke Schauser	

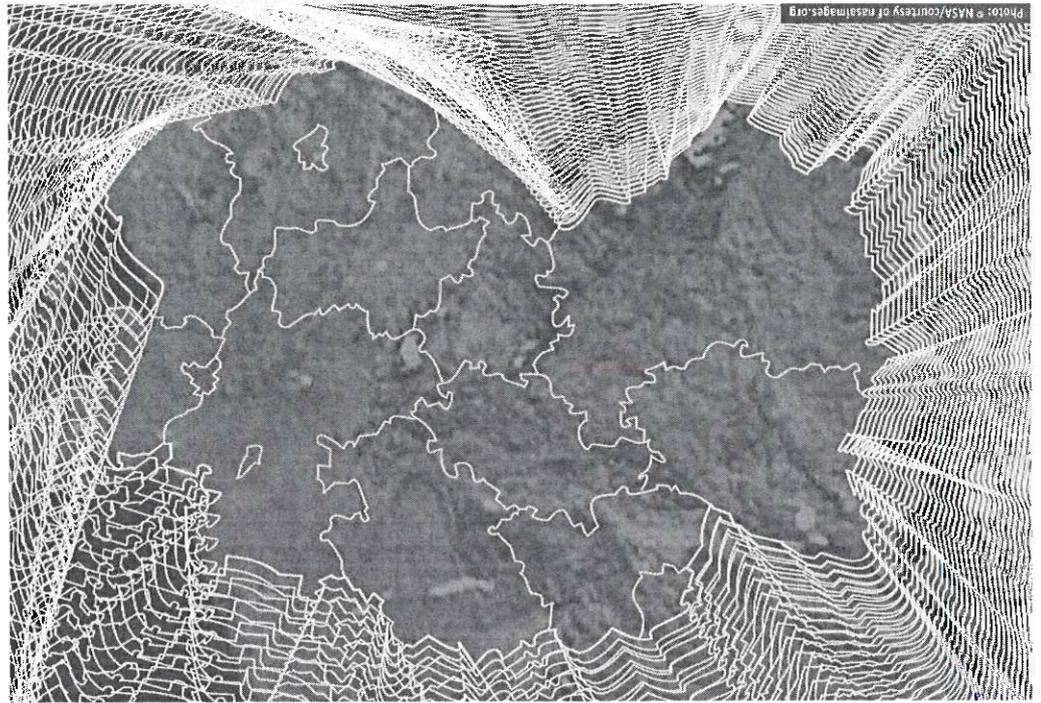
Zeit	Dauer	Inhalte	Ziel	Wer?	Methode / Moderation
		Dokumentation und Imbiss)		Moderation	
17.30		Ausklang: Imbiss			
19.00		Ende			



# Fachkonferenz

## Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität

Montag, 1. Juni 2015  
Berlin



# Programm

09:30 Einlass

10:00 Begrüßung

Thomas Stratenwerth, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit  
Dr. Harry Lehmann, Umweltbundesamt  
Dr. Paul Becker, Deutscher Wetterdienst

10:30 Wie vulnerabel ist Deutschland gegenüber dem Klimawandel?

Ergebnisse des Netzwerks Vulnerabilität

1. Einführung zum Netzwerk: Organisation und Prozess
2. Methode der Vulnerabilitätsanalyse: Klimasignal, Sensitivität, Anpassungskapazität
3. Bedeutende Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Sektoren: Hitze, Hochwasser und andere Folgen
4. Sektorenübergreifende Auswertung: Räumliche und thematische Schwerpunkte des Klimawandels

11:45 Bilanz des Netzwerks Vulnerabilität  
Erkenntnisse und Empfehlungen aus der sektorenübergreifenden Forschungskooperation

12:30 Kommentar: Klimawandel als Herausforderung für die Gesellschaft

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

12:50 Einführung in die Diskussionsforen am Nachmittag

13:00 Mittagspause

14:15 Diskussionsforen

1. Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse zu einzelnen Sektoren
  - A: Boden, Biologische Vielfalt, Forst
  - B: Gesundheit, Bauwesen, Raumordnung
  - C: Wasser, Energie, Industrie

ODER

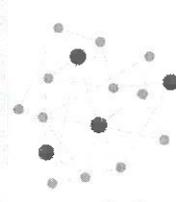
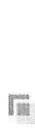
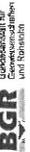
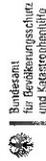
2. Methodik und Empfehlungen für zukünftige Analysen

16:30 Gesamtbild der Vulnerabilität Deutschlands

17:30 Fazit und Fortsetzungsbedarf für weitere behördenübergreifende Forschungsk Kooperationen

17:45 Ende der Veranstaltung

# Netzwerk Vulnerabilität



ROBERT KOCH INSTITUT



WRM/11/2250-1119

1, Umwelt/WR II

2, Umwelt/WR II  
3, rel A  
P.B. Vorhans  
Netzwerk Vulnerabilität  
24.6  
25.6  
26.6  
THÜNEN  
KOMPASS  
Umwelt Bundesamt



## Informationen zur Fachkonferenz

Das Netzwerk Vulnerabilität, bestehend aus 16 Bundesbehörden und -institutionen sowie einem wissenschaftlichen Konsortium, hat im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) eine sektorenübergreifende Vulnerabilitätsabschätzung für Deutschland erarbeitet. So wurden deutschlandweit die Regionen, Sektoren und Themen identifiziert, die besonders durch den Klimawandel gefährdet, das heißt vulnerabel, sind. Hierzu wurde eine einheitliche Analyseverfahren entwickelt und erstmals das Wissen der beteiligten Fachbehörden zu den Folgen des Klimawandels zusammengeführt.

Zu den wichtigsten sektorenübergreifenden Folgen des Klimawandels zählen Schäden durch zunehmende Hitze, Hochwasser und andere Extreme. Die Hitzebelastung ist in Ballungsgebieten besonders kritisch und wirkt sich negativ auf die menschliche Gesundheit und auf Infrastrukturen aus. Parallel werden die Biodiversität, Fischerei, Land- und Forstwirtschaft stark von ansteigender Erwärmung und bis Ende des Jahrhunderts auch von Trockenheit beeinflusst.

In Zukunft werden voraussichtlich vermehrt Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen aufgrund von Starkregen, Sturzfluten und Flusshochwasser auftreten. Während die Folgen von Starkregen insbesondere im nordwestdeutschen Tiefland, in den Mittelgebirgen und im Voralpenraum zu spüren sein werden, können sich großflächige Flusshochwasser vor allem im Norddeutschen Tiefland aber auch im Einzugsgebiet der Donau und des Rheins ereignen.

Die Konferenz bietet Ihnen die Möglichkeit, die sektoralen, sektorenübergreifenden und räumlichen Ergebnisse sowie die Methodik der Vulnerabilitätsanalyse kennen zu lernen und zu diskutieren.

Die Fachkonferenz richtet sich an Wissenschaftler/innen, Vertreter/innen aus Behörden und Verbänden sowie der Presse.

## Ansprechpartner

Wissenschaftliche Unterstützung des Netzwerks



EURAC  
European Research Institute for  
Advanced Studies



Informationen zum Netzwerk Vulnerabilität  
[www.netzwerk-vulnerabilitaet.de](http://www.netzwerk-vulnerabilitaet.de)

## Moderation und Organisation



## Tagungskoordination



## Thematische Rückfragen



## Veranstalter



Deutscher Wetterdienst  
Wetter und Klima aus einer Hand

## Organisatorisches zur Fachkonferenz

Die Veranstaltung findet in deutscher Sprache statt.

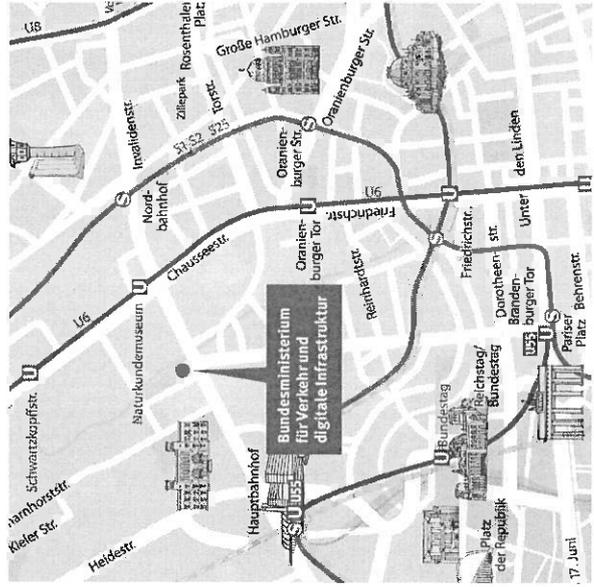
Die Teilnahme ist kostenlos.

Bitte beachten Sie, dass die Teilnahmezahl beschränkt ist. Wir bitten daher bis spätestens zum 30.04.2015 um eine verbindliche Anmeldung unter:

[www.ioew.de/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem-klimawandel](http://www.ioew.de/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem-klimawandel)

## Veranstaltungsort

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin





# Netzwerk Vulnerabilität



## Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel

### Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität

Fachkonferenz am 1. Juni 2015 in Berlin

Autor/innen:

[Redacted] adelphi  
[Redacted] plan + risk consult  
[Redacted] Europäische Akademie Bozen  
Dr. Inke Schauser | Umweltbundesamt

#### Inhaltsverzeichnis

1	Politischer Hintergrund.....	1
2	Methodik .....	2
3	Ergebnisse .....	4
3.1	Handlungsfeld Boden .....	4
3.2	Handlungsfeld Biologische Vielfalt .....	5
3.3	Handlungsfeld Landwirtschaft .....	6
3.4	Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft .....	6
3.5	Handlungsfeld Fischerei.....	7
3.6	Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz .....	8
3.7	Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft.....	9
3.8	Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur .....	10
3.9	Handlungsfeld Bauwesen .....	10
3.10	Handlungsfeld Industrie und Gewerbe .....	11
3.11	Handlungsfeld Energiewirtschaft .....	12
3.12	Handlungsfeld Tourismuswirtschaft .....	12
3.13	Handlungsfeld Finanzwirtschaft .....	13
3.14	Handlungsfeld Menschliche Gesundheit .....	14
3.15	Querschnittsthemen „Bevölkerungsschutz“ und „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ .....	14
3.16	Generische Anpassungskapazität .....	15
3.17	Vom Klimawandel ähnlich betroffene Räume Deutschlands .....	16
3.18	Sektorenübergreifende Auswertung .....	17
3.19	Handlungsfeldübergreifende und räumliche Schwerpunkte .....	18
4	Forschungsbedarf .....	21
5	Methodische Empfehlungen für zukünftige Analysen.....	22
5.1	Empfehlungen für Konzeption und Methodik einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie .....	22
5.2	Umsetzung einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie .....	30
5.3	Darstellung der Analyseergebnisse, Zusammenführung mit dem aktuellem Stand der Forschung und Review .....	32

## 1 Politischer Hintergrund

Im Zuge des fortschreitenden Klimawandels und der damit auch für Deutschland immer deutlicheren Folgen, hat die Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Vulnerabilitätsbewertungen sind ein wichtiger Schritt der Anpassungsplanung, um Anpassungsbedarfe zu identifizieren, eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel oder einen Aktionsplan mit konkreten Maßnahmen zu entwickeln. Sie beantworten die Frage, wo ein Land oder eine Region besonders verwundbar gegenüber dem Klimawandel ist – sowohl räumlich als auch thematisch.

Das Bundeskabinett hat bereits 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) verabschiedet, um die Vulnerabilität Deutschlands gegenüber den Folgen des Klimawandels zu mindern. Daher sollen die Fähigkeiten von natürlichen, ökonomischen und gesellschaftlichen Systemen, sich an Klimaveränderungen und deren Folgen anzupassen, erhalten oder gesteigert werden. Im Aktionsplan Anpassung 2011 (APA) wurde festgestellt, dass „eine aktuelle, sektorenübergreifende und nach einheitlichen Maßstäben erstellte Vulnerabilitätsbewertung für Deutschland erforderlich ist. Für den Fortschrittsbericht zur DAS und die Weiterentwicklung der deutschen Anpassungspolitik wurde daher von 2011 bis 2015 eine solche sektorenübergreifende und konsistente Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland erarbeitet.

Eine Analyse der Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel ist eine wissenschaftliche Querschnittsaufgabe und verlangt die Kooperation verschiedener Fachdisziplinen und Behörden sowie die Integration regionaler und handlungsfeldspezifischer Expertise. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und das Umweltbundesamt haben daher 2011 die Aufgabe übernommen, das „Netzwerk Vulnerabilität“ aufzubauen.

Das Netzwerk Vulnerabilität besteht aus 16 Bundesoberbehörden und -institutionen aus neun Ressorts und wird durch ein vom BMUB finanziertes und durch das UBA geleitetes wissenschaftliches Vorhaben unterstützt. Das daran beteiligte wissenschaftliche Konsortium umfasst adelphi consult, plan + risk consult, EURAC und IKU. Grundlegend für die erfolgreiche Arbeit des Netzwerks sind die Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit und die sektorale Expertise der teilnehmenden Behörden. Netzwerkpartner sind das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, das Bundesamt für Naturschutz, das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, die Bundesanstalt für Gewässerkunde, die Bundesanstalt für Straßenwesen, die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, der Deutsche Wetterdienst, das Johann Heinrich von Thünen-Institut, die KfW, der Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das Robert Koch-Institut und das Umweltbundesamt. Das Netzwerk steht grundsätzlich allen Bundesoberbehörden und -institutionen offen.

Ziel des Netzwerks war es, den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu Vulnerabilitätsanalysen sowie das Wissen der Fachbehörden zu den Folgen des Klimawandels in Deutschland zusammenzuführen und darauf aufbauend, die Vulnerabilität Deutschlands handlungsfeldübergreifend zu analysieren. Mittels der Vulnerabilitätsanalyse wurden in einem Screeningverfahren deutschlandweit und handlungsfeldübergreifend die Regionen und Systeme identifiziert, die besonders durch den Klimawandel gefährdet, das heißt vulnerabel, sind.

Neben seinen inhaltlichen Ergebnissen liegt der Mehrwert des Netzwerks Vulnerabilität vor allem in der Vernetzung der beteiligten Bundesoberbehörden und -institutionen. Es befördert die transdisziplinäre, inhaltliche Arbeit mit Blick auf die Vulnerabilitätsanalyse und bietet den Behörden über das Netzwerk hinaus Anknüpfungspunkte für behördenübergreifende Kooperationen, zum Beispiel hinsichtlich der Integration von Daten und Modellen. Bereits heute haben die Arbeiten

des Netzwerks neue Vorhaben einzelner Netzwerkpartner sowie Weiterentwicklungen initiiert. Damit ist das Netzwerk Vulnerabilität ein zentraler Bestandteil des Prozesses zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland.

Im Folgenden wird die Vulnerabilitätsanalyse kurz skizziert. Empfehlungen und weiterführende Diskussionsfragen, die sich aus der methodischen Arbeit des Netzwerks ergeben haben, finden sich in Kapitel 5. Der Schlussbericht wird in Kürze unter dem Link „<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem>“ veröffentlicht.

## 2 Methodik

Mittels einer gemeinsam entwickelten, konsistenten und transparenten Methode basierend auf dem Vulnerabilitätskonzept des IPCC 2007 (Parry et al. 2007) wurde bestehendes, regionales und sektorales Wissen zusammengeführt. Danach ist Vulnerabilität das Maß der Anfälligkeit eines Systems gegenüber dem Klimawandel, sowie die Unfähigkeit damit umzugehen. Die Vulnerabilität wird beeinflusst durch das Klima (Klimasignale), durch die Empfindlichkeit der betroffenen Systeme (Sensitivität) sowie durch deren Möglichkeiten, sich an den Wandel anzupassen (Anpassungskapazität). Dieses Konzept wurde für die vorliegende Vulnerabilitätsanalyse so umgesetzt, dass die Sensitivität eines Systems zu einer definierten Zeit bestimmt, welche Auswirkung das dann wirksame Klimasignal hat. Der Begriff „Klimawirkung“ beschreibt daher in dieser Analyse für die Gegenwart die Wirkung des heutigen Klimas auf das heutige System und für die Zukunft die Wirkung des zukünftigen Klimas auf ein zukünftiges System. Die Anpassungskapazität kann nur dann die Auswirkungen des Klimawandels zukünftig verringern, wenn sie zu konkreten Anpassungsmaßnahmen genutzt wurde.

Für die konsistente Vulnerabilitätsanalyse des Netzwerks wurde auf eine klare zeitliche Zuordnung der klimatischen und sozioökonomischen Daten für die drei betrachteten Zeiträume Gegenwart, nahe und ferne Zukunft geachtet. Der Unsicherheit in den Projektionsergebnissen für die nahe Zukunft (2021-2050) wurde Rechnung getragen, indem das 15. und das 85. Perzentil eines Ensembles von Klimaprojektionsdaten<sup>1</sup> und zwei sozioökonomischen Szenarien<sup>2</sup> zu einem Szenario „starker Wandel“ und einem Szenario „schwacher Wandel“ kombiniert wurden. Da für den Zeitraum „ferne Zukunft“ (2071-2100) keine belastbaren sozioökonomischen Szenarien vorliegen, werden hierfür nur Klimaprojektionsdaten in Karten dargestellt und die Klimawirkungen selbst narrativ beschrieben.

Als räumliche Bezugsebene wurden Landkreise ausgewählt. Die befragten Expert/innen bezogen sich auf unterschiedliche räumliche Einheiten, sodass diese Ergebnisse nicht in Kartenform dargestellt werden. Dies erschwert die Zusammenführung der quantitativen und qualitativen Ergebnisse. Endergebnisse des Netzwerks sind daher sowohl räumlich explizite Karten für einzelne Klimawirkungen – getrieben durch Klima- und sozio-ökonomische Veränderungen – als auch grafisch unterstützte narrative Aussagen. Darauf aufbauend wurden die Ergebnisse sowohl sektoral getrennt als auch sektorenübergreifend ausgewertet, um räumliche und thematische Schwerpunkte der Vulnerabilität Deutschlands zu identifizieren.

Die Operationalisierung (z.B. Berechnung) der ausgewählten 72 Klimawirkungen basiert soweit möglich auf quantitativen, modell- oder indikatorgestützten, Daten. Wenn keine quantitativen Daten zur Verfügung standen, wurde auf Expert/innenschätzungen zurückgegriffen. Es zeigte sich, dass zu mehr als der Hälfte der Klimawirkungen Expert/innengespräche geführt werden mussten. Die Anpassungskapazität wurde pro Sektor mit Hilfe von Expert/innengesprächen und zusätzlich

<sup>1</sup> bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst

<sup>2</sup> bereitgestellt vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

allgemein mittels Indikatoren geschätzt. In die allgemeine Anpassungskapazität flossen Auswertungen zu dem Querschnittsthema „Räumliche Planung“ ein. Aussagen zum Querschnittsthema „Bevölkerungsschutz“ wurden aufgrund fehlender Daten nicht aufgenommen. Aussagen zur Vulnerabilität der anderen 14 Handlungsfelder der DAS wurden durch eine textliche Auswertung von Klimawirkungen und Anpassungskapazität erzeugt. Zusätzlich wurde pro Klimawirkung der Grad der Gewissheit eingeschätzt. Quellen von Unsicherheit können bei berechneten Klimawirkungen auf Ebene des Systemverständnisses, des gewählten Indikators oder Modells und der verwendeten Daten liegen. Bei den erfragten Klimawirkungen wurde die Gewissheit über die Einigkeit der Expert/innen und ihre Einschätzung, wie sicher sie sich in ihren Aussagen sind, abgebildet.

Die in der Struktur und Arbeitsweise des Netzwerks angelegte „Koproduktion von Wissen“ durch Wissenschaftler/innen und Praktiker/innen, in diesem Fall Behördenvertreter/innen, ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für integrierte Vulnerabilitätsanalysen, da es bisher keine allgemein anerkannten Methoden gibt. Die Erarbeitung eines Konsensus ist unter Expert/innen ein wichtiges methodisches Konzept zum Umgang mit Unsicherheit. Die sektorenspezifische Expertise der Netzwerkpartner sowie die Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit stellen daher wichtige Ressourcen des Netzwerks dar. Zudem werden Forschungsergebnisse, die in Kooperation von Wissenschaftler/innen und verantwortlichen Behörden entwickelt werden, besser verstanden, akzeptiert und umgesetzt als reine Forschungsergebnisse.

Für dieses gemeinsame Vorgehen wurden Analyseschritte vom Konsortium vorbereitet und im Rahmen von regelmäßigen Netzwerktreffen mit den Netzwerkpartnern abgestimmt. Die beteiligten Behörden lieferten Daten, Modellergebnisse und Expert/innenwissen für die Entwicklung der Methodik und Analyse und fällten die normativen Entscheidungen, z.B. die Auswahl der einbezogenen Expert/innen und der verwendeten Indikatoren, Modelle, und Daten. Darauf aufbauend erarbeitete das Konsortium die Ergebnisse. Gemeinsame normative Entscheidungen aller Netzwerkpartner wurden an drei Stellen im Prozess durchgeführt:

1. Auswahl der für die Bearbeitung im Netzwerk als relevant erachteten Klimawirkungen
2. Einschätzung des Grads der Gewissheit bei den quantitativen operationalisierten Klimawirkungen (gering, mittel, hoch)
3. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich der Bedeutung der Klimawirkung für Deutschland (gering, mittel, hoch)

In Abwesenheit von Schwellenwerten für die einzelnen Klimawirkungen und eines einheitlichen Bewertungsmaßstabs haben die Behördenvertreter bei der Auswahl und Bewertung der Klimawirkungen, die soziale, wirtschaftliche, ökologische und kulturelle oder flächenhafte Bedeutung der jeweiligen Klimawirkung für Deutschland berücksichtigt.

Die im Netzwerk entwickelte und geprüfte Methode kann als Gute-Praxis-Beispiel für Vulnerabilitätsanalysen dienen. Sie ist leicht anpassbar und kann als Grundlage für sektorale Analysen der Netzwerkpartner oder auch für Vulnerabilitätsanalysen der Bundesländer und anderer Staaten genutzt werden.

### **Klimaprojektionen und sozioökonomische Szenarien**

Der Fokus der Untersuchung lag auf der Gegenwart und der nahen Zukunft, da der Handlungsbedarf der nächsten Jahre im Vordergrund stand. **Um die Bandbreite der zukünftigen klimatischen und sozioökonomischen Entwicklungen abzubilden, wurden zwei Szenariokombinationen für die nahe Zukunft untersucht:**

- ▶ **Starker Wandel:** Für die Klimaprojektionen wurde grundsätzlich das 85. Perzentil der Ergebnisse des Klimamodellensembles des DWD verwendet. Weiterer Ausgangspunkt ist eine relativ starke sozioökonomische Entwicklung, unter anderem mit einem durchschnittlichen jährli-

chen Wirtschaftswachstum von 1,1 Prozent, einer mittleren täglichen Flächenneuanspruchnahme von 59 Hektar und einem Bevölkerungsrückgang auf 78,68 Millionen Einwohner im Jahr 2030.

- ▶ **Schwacher Wandel:** Für die Klimaprojektionen wurde grundsätzlich das 15. Perzentil der Ergebnisse des DWD-Klimamodellensembles verwendet. Das verwendete sozioökonomische Szenario beruht – im Vergleich zum Szenario starker Wandel – auf einem geringeren jährlichen Wirtschaftswachstum (durchschnittlich 0,58 Prozent), einer geringeren täglichen Flächenneuanspruchnahme (49,3 Hektar) sowie einer stärker abnehmenden Bevölkerung auf 75,67 Millionen Einwohner im Jahr 2030.

Das Klimamodellensemble des DWD umfasst 19 regionale Klimaprojektionen bis Ende des Jahrhunderts auf der Grundlage des Emissionsszenarios A1B (weitere Erläuterungen siehe [www.dwd.de/klimaatlas](http://www.dwd.de/klimaatlas)). Die Quantile können grundsätzlich wie folgt interpretiert werden (Bundesregierung 2011):

- ▶ **15-Prozent-Quantil:** Mit einer 85-prozentigen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble überschritten; das heißt 85 Prozent der Projektionen prognostizieren höhere und 15 Prozent die dargestellten oder niedrigeren Änderungsraten.
- ▶ **85-Prozent-Quantil:** Mit einer 85-prozentigen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble nicht überschritten, das heißt 85 Prozent des Ensembles prognostizieren die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten und 15 Prozent prognostizieren höhere Änderungsraten.

Der Bereich zwischen den gewählten unteren und oberen Schranken umfasst somit eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 70 Prozent bezüglich des betrachteten Ensembles. Die hier benutzten Begriffe Wahrscheinlichkeit und Quantil basieren lediglich auf dem verwendeten Klimaprojektionsensemble. Dieses Ensemble repräsentiert nur einen Ausschnitt möglicher zukünftiger Klimaentwicklungen, sodass es sich bei den hier präsentierten Ergebnissen nicht um statistische Eintrittswahrscheinlichkeiten im engeren Sinn handelt.

Stellenweise wurden Klimadaten des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) verwendet. Hier wurde für den starken Wandel das 95. Perzentil und für den schwachen Wandel das 5. Perzentil verwendet. Wo bestehende Modellergebnisse verwendet wurden, sind ebenfalls abweichende Klimaprojektionen eingeflossen. Hier wurde darauf geachtet, dass die Annahmen der Modellberechnungen denen des Vorhabens ähnlich sind. Für niederschlagsgetriebene Modelle wurden in der Regel ein feuchtes und ein trockenes Szenario berechnet.

Die zwei verwendeten sozioökonomischen Landnutzungsszenarien (Wachstum und Stagnation) wurden mit dem Modellverbund PANTA RHEI REGIO der Gesellschaft für Wirtschaftliche Struktur- und Raumforschung mbH (GWS) und dem Land Use Scanner des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) für 2030 auf Landkreisebene berechnet. Eingeflossen sind als Indikatoren die relative Veränderung der Einwohnerzahl, der Bevölkerung über 60 Jahren, der Arbeitnehmerzahl, des Bruttoinlandsprodukts, des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte, der Erwerbstätigenzahl sowie der Anzahl der Haushalte.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Handlungsfeld Boden

Das Klima beeinflusst viele Prozesse im Boden und damit dessen Bildung, Entwicklung, Eigenschaften und Funktionen. Art und Bedeckung des Bodens beeinflussen, wie stark der Klimawandel auf den Bodenwasser- und Temperaturhaushalt wirkt und Erosionen fördert. Zentral für die biologische Aktivität sind zudem die Art und Intensität der Nutzung.

Für das Handlungsfeld Boden wurden die Indikatoren „Effektive Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode“, „jährliche Sickerwasserrate“, „Bodenabtrag durch Wind“ und „Wasser“ mit Hilfe von Wirkungsmodellen bewertet. Die Einschätzung der Indikatoren „Hangrutschung“, „Boden-Biodiversität, mikrobielle Aktivität“, „organische Bodensubstanz“, „N(P)-Haushalt“, „Stoffausträge“ sowie „Produktionsfunktionen (Standortstabilität / Bodenfruchtbarkeit)“ erfolgte auf der Basis von Expert/inneninterviews.

Deutschlandweit wurden im Handlungsfeld Boden alle klimatischen Auswirkungen für einen starken Wandel in naher Zukunft (2021-2050) als bedeutsam bewertet. Auswirkungen auf den „Bodenwasserhaushalt“ sind bereits heute in einigen Regionen Deutschlands deutlich feststellbar. Beim Szenario „starker Wandel“ kann es in naher Zukunft zu signifikanten Trockenheitseffekten kommen. Für die „Boden-Biodiversität, mikrobielle Aktivität“ sowie die „Organische Bodensubstanz, N(P) Haushalt“, „Stoffausträge“ werden deutliche Beeinflussungen durch den Klimawandel bereits in der Gegenwart und in der nahen Zukunft auch bei einem schwachen Wandel gesehen. Durch einen weiteren Temperaturanstieg und damit verbundene vermehrte Trockenheit bis zum Ende des Jahrhunderts können alle Bodenprozesse verstärkt verändert werden.

Im Allgemeinen stehen im und für den Sektor „Boden“ eine große Anzahl von Anpassungsoptionen wie Bewässerung, Düngung oder Fruchtartenwahl zur Verfügung. Das Potenzial zur Anpassung wird daher als hoch bis sehr hoch eingeschätzt. Die Zahl der Anpassungsmaßnahmen, die unter der Bedingung durchgeführt werden können, dass kein weiterer Ressourcenverbrauch entsteht und die bisherigen Erträge beibehalten werden, ist jedoch deutlich geringer. Insgesamt wird die sektorale Anpassungskapazität daher trotz einiger Differenzen im Detail als mittel eingestuft. Dabei ist zu beachten, dass es kleinräumig größere Unterschiede gibt. Unter Berücksichtigung der mittleren bis teilweise hohen Betroffenheit ergibt sich für das Handlungsfeld Boden somit eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

### **3.2 Handlungsfeld Biologische Vielfalt**

Änderungen bei Temperatur und Niederschlag sowie die Veränderung der Wachstumsperiode wirken direkt auf die abiotischen Lebensbedingungen von Flora und Fauna. Sie beeinflussen grundlegende Prozesse, wie etwa Phänologie (Flora), Verhalten (Fauna), Habitatansprüche, Fortpflanzung, Konkurrenzfähigkeit sowie Nahrungsbeziehungen. Bereits heute ist die Biologische Vielfalt in Deutschland bedroht. Hauptursachen sind bisher vor allem die verschiedenen Landnutzungen (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Flächenverbrauch durch Siedlung und Verkehr) sowie deren Intensivierung. Entsprechend ist seit Jahrzehnten ein Rückgang der Artenvielfalt insbesondere heimischer Arten im Agrarland, in Siedlungen, an den Küsten und im Bereich der Meere sowie den Alpen festzustellen.

Im Vorhaben wurden insgesamt vier ausgewählte Klimawirkungen untersucht: die Wirkung auf die „Verbreitung invasiver Arten“, auf die „Areale von Arten“, auf „Biotope und Habitate“ sowie auf die „Ökosystemleistungen“. Die Operationalisierung erfolgte durch Modelldaten und Expert/inneninterviews.

Insgesamt wurde der Verbreitung invasiver Arten die höchste Bedeutung zugemessen. In naher Zukunft ist bei einem starken Wandel mit einer verstärkten Ausbreitung invasiver Arten ausgehend von den Metropolenregionen (Rhein-Ruhr, Frankfurt, München), des oberen Rheintals sowie den mitteldeutschen Trockengebiete und dem Erzgebirgsvorland zu rechnen. Lokal kann es durch den Klimawandel zu einer Verschiebung des Artenspektrums kommen. In Süddeutschland könnten dabei die möglichen Artenverluste durch mögliche neu auftretende Arten zahlenmäßig kompensiert werden, während es in Ostdeutschland in der Bilanz eher zu einem Rückgang der Artenzahl kommen könnte. Bei den Biotopen und Habitaten erweisen sich wassergebundene Biotope mit geringer Pufferkapazität (Moore, Quellen, kleinere Fließgewässer, Tümpel) und die an kühle Temperaturen angepassten Biotope und Habitate der Gebirge als besonders sensibel. Die meisten

Ökosystemleistungen sind im Falle eines schwachen Wandels nur gering betroffen, da die Ökosystemleistungen direkte Änderungen in den Ökosystemen zu einem gewissen Grad puffern können. Bei einem starken Wandel bis zur Mitte des Jahrhunderts sowie in ferner Zukunft kann die Veränderung von Ökosystemleistungen insgesamt an Bedeutung zunehmen.

Die Anpassungskapazität gegenüber den direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt ist eher gering. Zwar gibt es eine Reihe von Maßnahmen, die Arten unter Berücksichtigung des Klimawandels Rückzugsmöglichkeiten bieten sowie die notwendigen Wanderungen ermöglichen, aufhalten können diese Maßnahmen den Artenwandel aber nicht. Insgesamt scheint mittelfristig vor allem eine Vulnerabilität gegenüber der durch den Klimawandel begünstigten Verbreitung invasiver Arten zu bestehen. Hier ist die Vulnerabilität hoch, da die Bedeutung der Klimawirkung als hoch eingeschätzt wird und die Anpassungsmöglichkeiten gering sind. Für die anderen Klimawirkungen ist die Vulnerabilität in naher Zukunft noch moderat, könnte sich aber in ferner Zukunft erhöhen.

### **3.3 Handlungsfeld Landwirtschaft**

Temperatur und Niederschlag sind klimatische Faktoren mit zentraler Bedeutung für die Landwirtschaft. Schon graduelle Veränderungen, aber auch extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen oder Starkregen, können zu Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktion führen und die Menge und Qualität landwirtschaftlicher Erträge beeinflussen.

Im Vorhaben wurden fünf als prioritär ausgewählte Klimawirkungen untersucht: Die Klimawirkung auf die agrarphänologischen Phasen und die Wachstumsperiode, auf den Ertrag, auf Trocken- und Frostschäden, auf Schädlinge und Pflanzengesundheit sowie auf Schäden durch Extreme. Die Operationalisierung erfolgte durch Proxyindikatoren und Expert/inneninterviews.

Die größte Bedeutung wurde der Verschiebung der agrarphänologischen Phasen beigemessen. Hier überwiegen die positiven Effekte einer längeren Wachstumsperiode die möglichen negativen Effekte wie die Gefahr von Spätfrösten. Die Erträge könnten in Regionen mit geringen Niederschlägen und armen Böden leicht zurückgehen, in heute noch kühlen Regionen und bei geeigneter Wasserversorgung aber auch leicht zunehmen. In Zukunft steigt allerdings die Gefahr von Trocken- und Hitzeschäden vor allem in Süddeutschland und Ostdeutschland an. Auch könnten sich, durch milde Winter begünstigt, Schadorganismen stärker ausbreiten und eine Verstärkung des Pflanzenschutzes erforderlich machen. Eine weitere Bedrohung geht von Hagel, Starkregen und Hochwasser aus, wobei hier keine belastbaren Projektionen vorliegen. Der Agrarsektor in Deutschland ist insgesamt in der Lage, die künftigen klimabedingten Herausforderungen zu bewältigen.

Für einige Regionen Deutschlands ergeben sich aus den mittelfristig moderaten Veränderungen des Klimas auch Chancen für positive Effekte auf die Pflanzenproduktion. In Kombination mit einer insgesamt guten Fähigkeit zur Anpassung an klimatische Veränderungen und deren Folgen ist die Vulnerabilität der Landwirtschaft daher als eher gering anzusehen.

### **3.4 Handlungsfeld Wald- und Forstwirtschaft**

Die Wald- und Forstwirtschaft ist eng mit dem Wasser- und Nährstoffangebot der Böden verbunden. Die klimatischen und standörtlichen Bedingungen bestimmen das Spektrum möglicher Baumarten und deren Ertragspotenzial. Extremwetterereignisse wie Sturm können Wälder dauerhaft schädigen. Hitzewellen und Trockenheit können das Auftreten von Hitze- und Trockenstress sowie von Waldbränden beeinflussen.

Für das Vorhaben wurden sieben Klimawirkungen als prioritär ausgewählt: die Wirkung auf das „Waldbrandrisiko“, auf „Schäden durch Windwurf“, auf „Schäden durch Schadorganismen“, auf Schäden durch „Hitze und Trockenstress“, auf die Veränderung von „Nutzfunktion“ und der

„Schutzfunktion“ sowie auf die Veränderung der „Baumartenzusammensetzung“. Die Operationalisierung erfolgte durch Modelldaten und Experten/inneninterviews.

Als besonders bedeutend bereits in naher Zukunft wurde die Klimawirkung auf die Nutzfunktion, sowie auf die Schäden durch Schadorganismen bewertet. Die Nutzfunktion ist vor allem durch einen Rückgang der Wasserverfügbarkeit in Folge eines potentiellen Rückgangs der Sommerniederschläge und einer Zunahme der Verluste durch Evapotranspiration beeinträchtigt. Hiervon besonders betroffen sind heute Fichtenstandorte außerhalb der Mittelgebirge und der Alpen sowie heute schon eher trockene Buchenstandorte.

Bei den Schadorganismen ist mit einer Verfrühung und Intensivierung des Borkenkäferbefalls von Fichten zu rechnen. Aber auch Schäden durch andere Schadorganismen (Wurzel- und Stammerkrankungen) könnten als Folge des Klimawandels zunehmen. Auch die weiteren Klimawirkungen sind überwiegend an einen Rückgang der Wasserversorgung gekoppelt. Regional sind vor allem die kontinentalen Bereiche Ostdeutschlands betroffen, aber auch ein Gürtel, der sich von Südwestdeutschland (Oberrheingraben) über Rheinland-Pfalz bis in den Osten Deutschlands zieht.

Es bestehen im Bereich Wald- und Forstwirtschaft vielfältige Anpassungsoptionen. Hier spricht man von passiver oder aktiver Anpassung, wobei Anpassungsoptionen entweder durch die Selbstregulation des Waldes oder durch menschliche Aktivitäten eröffnet werden. Abschließend betrachtet ergibt sich für die Wald- und Forstwirtschaft aufgrund der mittleren bis hohen Betroffenheit grundsätzlich eine mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft, die aufgrund der langen Anpassungszeiten in ferner Zukunft noch ansteigen kann.

### 3.5 Handlungsfeld Fischerei

Die Fischerei wird unterteilt in die Hochsee- und Küstenfischerei sowie die Binnenfischerei. Durch die Veränderung der Temperatur und des Kühlbedarfs wird sich in Zukunft das Artenspektrum verändern, auch wenn die Fischerei wesentlich von sozioökonomischen Rahmenbedingungen mitbestimmt wird. Des Weiteren haben die Klimasignale „Meeresspiegeländerung“, „extreme Wetterereignisse“, „Veränderung der Niederschläge“ sowie die „CO<sub>2</sub>-Veränderung“ Einfluss auf die Fischerei beziehungsweise die Wechselwirkungen dieser. Gewässerzustand und -güte werden sich in Zukunft verändern.

Von insgesamt sechs Klimawirkungen wurden vier näher betrachtet: „Gebietsfremde Arten, verändertes Artenspektrum“, „Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen“, „Aquakulturen“ (Schäden inklusive) sowie „Fangbedingungen“. Die Operationalisierung erfolgte durch Expert/inneninterviews.

In naher Zukunft kann es bei einem stärkeren Wandel zu einer Verschiebung des Artenspektrums kommen, also einer Abwanderung heimischer und zu einer Zuwanderung südlicher Arten. Aquakulturen im Binnenland hingegen sind unabhängig von äußeren Einflüssen. Einer zunehmenden Eutrophierung der Gewässer von Teichwirtschaften und Aquakulturen kann mit technischen Maßnahmen begegnet werden, da sie zumeist geschlossene Systeme darstellen. Das verbesserte Fischereimanagement hat bis heute zu einer positiven Entwicklung der Seefischerei geführt. Abhängig von dessen Entwicklung können auch in naher Zukunft die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei aufgefangen werden. Veränderungen in der Seefischerei werden daher als gering eingeschätzt, auch wenn unklar ist, wie genau sich die globale Erwärmung und Versauerung der Meere kleinräumig auswirken wird. Klimatische Faktoren spielen bei den Fangbedingungen eine noch eher untergeordnete Rolle, deren Bedeutung wird aber in naher Zukunft zunehmen.

Die Anpassungskapazität der Fischerei gegenüber dem Klimawandel hängt vor allem vom zukünftigen Fischereimanagement ab. Sie ist auch abhängig von Betriebsgröße und regionalem Bezug. So sind Fischereibetriebe an der Ostsee stärker von klimarelevanten Faktoren abhängig als Be-

triebe an der Nordsee, da bestimmte Fischbestände hier nicht durch andere ersetzt werden können. Generell ist die Anpassungskapazität der Küstenfischerei deutlich geringer als die der Aquakulturen im Binnenland, da sie in besonderer Weise den klimatischen Veränderungen der Meere ausgesetzt sind, ein Beispiel ist die Temperatursensibilität bei der Laichablage. Eine höhere Anpassungskapazität besteht bei den dem Fischfang nachgelagerten Verarbeitungsprozessen. Da der wesentliche Anteil der Fische jedoch nach Deutschland importiert wird, ist die Fischereiwirtschaft strukturell von globalen klimabedingten Veränderungen betroffen und abhängig. Damit lässt sich eine mittlere bis hohe Vulnerabilität der Fischerei gegenüber dem Klimawandel bei einer geringen bis mittleren Anpassungskapazität feststellen.

### 3.6 Handlungsfeld Küsten- und Meeresschutz

Küsten- und Meeresregionen sind in zunehmendem Maße von den Folgen des Klimawandels betroffen. Die Artenzusammensetzung von Flora und Fauna in Nord- und Ostsee ist abhängig vom Nahrungsangebot im Meer. Wind, Temperatur und Salzgehalt sind die wesentlichen Faktoren für eine Durchmischung der Wasserschichten und die damit verbundene Nähr- und Sauerstoffsituation. Der Meeresspiegelanstieg und die erwartete Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Sturmfluten führen für die Küstenregionen zu einem erhöhten Risiko durch Überflutungen. Die Entwicklung der Küstenregionen in Deutschland unterliegt sehr vielen, Teil sehr hohen Nutzungsansprüchen, denn sie sind Lebens-, Wirtschafts-, Energie-, Naturschutz- und Tourismusräume.

Von insgesamt neun Klimawirkungen wurden drei näher betrachtet, von denen „Hochwasser durch Sturmfluten“ über einen Proxyindikator abgeschätzt wurde und die Klimawirkungen „Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen“ sowie „Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen)“ über Expert/inneninterviews.

In der nahen Zukunft betreffen potenzielle Überflutungen durch Sturmfluten bei einem schwachen Wandel vorrangig die Ostseeküste sowie die nicht deichgeschützten Vorländer und die nordfriesischen Halligen an der Nordseeküste. Unter der Annahme eines starken Klimawandels käme es zu einer gravierenden Vergrößerung der potenziellen Überflutungsgebiete. Die Marschflächen an der Nordseeküste in Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie die Städte Bremen und Hamburg müssten beim starken Wandel als sturmflutgefährdet gelten, wenn es zu Überströmungen und Deichbrüchen kommt. Aufgrund von Küstenschutzmaßnahmen kann davon ausgegangen werden, dass alle Bauwerke in naher Zukunft ausreichend geschützt wären. Durch die zunehmenden Schwierigkeiten der Entwässerung der Marschgebiete durch einen erhöhten Meeresspiegel hätte dies beim starken Wandel eine Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen zur Folge. An der Nordseeküste wären für die naturräumlichen Veränderungen beim schwachen Wandel eher geringe Auswirkungen zu erwarten. Bei einem starken Wandel wäre das Festland durch die Inseln und das Watt im Falle von Sturmflut, Dünen- und Meeresspiegelanstieg geschützter als die Inseln, die mit erheblicher Dünenerosion umzugehen hätten. Verstärkte Niederschläge und Starkregenereignisse würden zusätzlich die Küstenerosion, insbesondere an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns erhöhen.

Die Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen, werden als hoch eingestuft. Der Küstenschutz gilt in Deutschland als gut ausgebaut. Es wird somit angenommen, dass er auch künftige, erhöhte Belastungen auffangen kann. Zudem trägt ein kontinuierliches Monitoring dazu bei, klimabedingte Veränderungen frühzeitig zu erkennen. Somit ergibt sich aufgrund des bis zur Mitte des Jahrhunderts erwarteten moderaten Meeresspiegelanstiegs und der ausreichend dimensionierten Küstenschutzbauwerke bis mittlere Vulnerabilität für die nahe Zukunft.

### 3.7 Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft werden umfassend durch den Klimawandel verändert, natürliche Wasserkreisläufe genauso wie vom Menschen geschaffene Kreisläufe und Eingriffe wie die Wasserver- und -entsorgung oder Talsperrenbewirtschaftung. So haben beispielsweise in Deutschland die Winterniederschläge in den vergangenen Jahrzehnten stetig zugenommen, im Osten kam es zu einer Verringerung der Niederschläge im Sommer. Solche Veränderungen haben Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung und Abflussbildung und können beispielsweise zu Wasserknappheit führen, was wiederum negative Auswirkungen auf die Flora und Fauna, aber auch auf die Trinkwasserversorgung haben kann. Die Hochwassergefahr wird sich vor allem im Winter erhöhen, da durch steigende Temperaturen Niederschläge in Form von Schnee seltener vorkommen und damit schneller und ungleichmäßiger abfließen. Starkregenereignisse werden mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen, was unter anderem in urbanen Gebieten zu Sturzfluten mit hohen Schäden führen und Abwassersysteme stark belasten kann.

Insgesamt wurden acht Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft genauer analysiert: „Jährlicher Durchfluss“, „Hochwasser (alle Typen)“, „Wasserverfügbarkeit aus Grundwasser“, „Wasserverfügbarkeit aus Oberflächengewässern“, „Trinkwasserverfügbarkeit“, „Auswirkungen auf Kanalnetz, Kläranlagen und Vorfluter“, „Talsperrenbewirtschaftung“ sowie „Gewässerzustand“. Die Operationalisierung erfolgte durch Modelldaten, Proxyindikatoren und Expert/inneninterviews.

In naher Zukunft sind erhebliche Veränderungen des Durchflusses (Zunahmen sowie Abnahmen) möglich. Flusshochwasser stellen bereits heute vielerorts eine Gefahr dar, die je nach optimistischem oder pessimistischem Klimaszenario noch ansteigen oder sinken kann. Generell sind die Auswirkungen räumlich sehr unterschiedlich. Die jährliche Grundwasserneubildung wird lediglich bei der Annahme eines „trockenen Szenarios“ regional abnehmen. Gleiches gilt für die generelle Verfügbarkeit von Oberflächengewässern für die Wasserentnahme, wobei es auch hier im Sommer bei länger anhaltenden Trockenperioden zu Nutzungskonflikten oder Wasserknappheit kommen kann. Die Bewirtschaftung der Talsperren hat sich durch die klimabedingt veränderten Wassermengen geändert und wird dies auch in Zukunft tun. Kleinere Talsperren, die sowohl dem Hochwasserschutz als auch der Trinkwasserversorgung dienen, sind dabei prinzipiell anfälliger als größere und spezialisierte Talsperren, die Schwankungen besser ausgleichen können. Die Gewässergüte wird sich durch den Klimawandel nur gering verändern, deutlich größeren Einfluss darauf haben anthropogene Einflüsse wie eine intensive Landnutzung.

In ferner Zukunft kann bei einem „feuchten Klimaszenario“ der Durchfluss leicht steigen, beim „trockenen Klimaszenario“ würde es zu geringen Rückgängen kommen. In Deutschland sind deutliche regionale Unterschiede anzunehmen: In den Einzugsgebieten im Westen Deutschlands kann der Durchfluss deutlich geringer ausfallen. Insbesondere beim trockenen Szenario kann in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Verminderung des jährlichen Wasserdurchflusses in Ostdeutschland und – je nach ausgewählter Klimaprojektion – auch der Donau eintreten. Sturzfluten werden sich bei Annahme des feuchten Szenarios weiter verstärken, während sie bei der Annahme eines trockenen Szenarios etwa gleich bleiben. Talsperren haben in ferner Zukunft mit Leistungsverlusten zu rechnen, da Hochwasserschutz und Trinkwasserversorgung nicht gleichermaßen gewährleistet werden können.

Die Anpassungskapazität ist als mittel bis hoch einzustufen. Grund dafür sind unter anderem hohe technische und administrative Kompetenzen und ein hohes Wasserdargebot. Maßnahmen und Instrumente, wie beispielsweise Wasserbewirtschaftungspläne, stehen für zahlreiche klimawandelbedingte Auswirkungen zur Verfügung. Abschließend lässt sich für das Handlungsfeld „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ damit eine mittlere Vulnerabilität konstatieren.

### 3.8 Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

Verkehr und Klimawandel ist ambivalent. Der ordnungsgemäße Ablauf des Verkehrs ist für den Wirtschaftsstandort Deutschland enorm wichtig und kann durch die Folgen des Klimawandels erheblich gestört werden. Doch es ist auch der Verkehr selbst, der den Klimawandel durch CO<sub>2</sub>-Emissionen in besonderer Weise vorantreibt. Hitze, Frost, Orkane oder die sich ändernden Wasserstände der Flüsse wirken auf unterschiedliche Weise auf die verschiedenen Verkehrsträger ein. Wesentliche Einflussgröße ist dabei die Temperatur. Von insgesamt 18 Klimawirkungen wurden fünf genauer analysiert. Diese sind „Hitze und Frostschäden an Straßen, Schienen, Startbahnen“, „Überschwemmungen und Unterspülungen von Straßen und Schienen“, „Vereisung von Binnenschiffahrtsstraßen und Flugzeugen“, „Beeinträchtigung Landverkehr durch Extremereignisse“ sowie „Transportkapazität der Binnenschiffahrt“. Zur Operationalisierung wurden Proxyindikatoren, Modelldaten und Expert/inneninterviews herangezogen.

Frostschäden werden den Verkehr bereits in naher Zukunft weniger beeinträchtigen, während hitzebedingte Schäden, wenn auch regional unterschiedlich, zunehmen werden. Vom Hochwasser sind Verkehr und Verkehrsinfrastruktur heute vor allem in Hamburg, Bremen, in der Region Rhein/Main, Leipzig sowie in Landkreisen entlang der Elbe, Weser, Ems und des Niederrheins betroffen. Von Sturzfluten sind insbesondere München, Rosenheim, Stuttgart, sowie Randbereiche von Mittelgebirgen wie Hagen oder das bergische Städtedreieck betroffen. In naher Zukunft werden sich sowohl bei den Flusshochwassern als auch bei den Sturzfluten die Schwerpunkte beim Szenario „starker Wandel“ weiter ausdehnen. Der Flugverkehr wird heute in Süddeutschland stärker durch Vereisungen von Flugzeugen gestört als der im Norden Deutschlands. In naher Zukunft werden sich die Auswirkungen der Frost- bzw. Frostwechsellage jedoch verringern. Die Transportkapazität der Binnenschiffahrt wird gegenüber Niedrig- und Hochwasser nur bedingt eingeschränkt sein. Vor allem staugeregelte Flussabschnitte werden kaum betroffen sein.

Die Anpassungskapazität im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ ist als mittel bis hoch einzustufen. Vor allem technische und infrastrukturelle Maßnahmen können hier zu einer verminderten Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel beitragen. Im Straßenwesen ist dies beispielsweise die Entwicklung neuer Asphaltmischungen, die gegenüber Hitze und Kälte robuster sind, in der Schifffahrt beispielsweise die Vertiefung und Verbreiterung von Fahrrinnen zur besseren Beherrschung von Niedrigwassersituationen. Abschließend ergibt sich im Handlungsfeld „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ damit eine mittlere Vulnerabilität gegenüber klimatischen Veränderungen.

### 3.9 Handlungsfeld Bauwesen

Der Klimawandel wirkt sich auch auf die gebaute Umwelt aus. In Deutschland bestehen verhältnismäßig hohe Baustandards, aber Extremwetterereignisse wie Orkane führen immer wieder vor Augen, wie anfällig das Handlungsfeld „Bauwesen“ in all seinen Erscheinungsformen sein kann. Auch sich verändernde Niederschläge und Temperaturen sowie die Veränderung des Meeresspiegels haben wesentlichen Einfluss. So können Gebäude und Infrastrukturen erheblichen Schaden nehmen und sich Veränderungen des Innenraum- und Stadtklimas einstellen.

Von insgesamt zwölf Auswirkungen in den abgebildeten Wirkungsketten wurden vier näher untersucht. Dies sind „Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten, Flusshochwasser und Sturzfluten“, „Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind“, „Stadtklima und Luftqualität“ sowie „Innenraumklima und Aufwand für Kühlung“. Die Operationalisierung erfolgte bei allen näher untersuchten Klimawirkungen durch Proxyindikatoren.

Die Auswirkungen von Sturmfluten auf Gebäude und Infrastruktur in der Gegenwart betreffen vorrangig die Ostseeküste sowie die nicht deichgeschützten Vorländer und nordfriesischen Halligen

an der Nordseeküste. Potenziell hohe Auswirkungen im Bereich Flusshochwasser gibt es – insbesondere aufgrund des hohen Grades der Sensitivität – heute bereits in Städten wie Hamburg und München sowie in Landkreisen an Elbe, Weser, Ems, Donau und dem Niederrhein. Auswirkungen im Bereich Sturzfluten bestehen beispielsweise am Alpenrand oder im bergischen Städtedreieck. Bei einem starken Wandel könnten in naher Zukunft am Niederrhein stärkere Hochwasser auftreten, während sie in Ostdeutschland eher abnehmen. Außerdem könnte es zu Schäden durch sturmflutbedingte Überflutungen auch hinter den Deichen kommen. Das Potenzial von Sturzfluten kann sich gravierend erhöhen und neue räumliche Schwerpunkte hervorbringen.

Von Starkwind sind heute insbesondere Agglomerations- und Küstenräume betroffen. Bei einem „schwachen Wandel“ kann es an Küstenräumen und in einigen ländlichen Räumen zu einer Entspannung kommen, bei einem „starken Wandel“ hingegen würde sich die Gefährdung regional weiter ausdehnen und verstärken. Von Auswirkungen auf das Stadtklima sind heute vor allem Agglomerationsräume entlang der Rheinschiene betroffen. Bei einem „starken Wandel“ könnten sich die Auswirkungen deutlich verschärfen und neue stark betroffene Räume, insbesondere im südlichen Ostdeutschland hinzukommen. Der Aufwand für Kühlung würde dann deutlich zunehmen.

Im Handlungsfeld „Bauwesen“ bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Anpassung, beispielsweise über die Regional- und Bauleitplanung. Darüber hinaus sind insbesondere Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen im Bestand oder der Neubau klimagerechter Gebäude von Bedeutung. Die Umsetzung hängt häufig jedoch von Eigentümerinteressen, der Verfügbarkeit von Fördermitteln oder von Denkmalschutzbelangen ab, sodass wesentliche Veränderungen im Bestand nur behutsam durchgeführt werden können. Folglich ergibt sich für das Handlungsfeld „Bauwesen“ eine mittlere bis hohe Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel bei einer mittel- bis langfristigen Reaktionszeit gegenüber den Auswirkungen.

### **3.10 Handlungsfeld Industrie und Gewerbe**

Die Auswirkungen von Klimasignalen wie Extremwetterereignissen und dem graduellen Temperaturanstieg auf das Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ sind abhängig von Faktoren wie dem Rohstoffeinsatz, der (globalen) Vernetzung der Wertschöpfungsketten sowie der Abhängigkeit der Unternehmen von sehr präzisen Logistikprozessen. Zu den zentralen Sensitivitäten des Handlungsfelds zählen außerdem die räumliche Lage und der Zustand von Betriebsanlagen und Infrastrukturen sowie der Wasser- und Energiebedarf von Unternehmen.

Die Wirkungsketten des Handlungsfelds identifiziert dreizehn Klimawirkungen im Rahmen der Indikationsfelder Betriebsanlagen, Produktivität und Logistik, Wasser- und Energieversorgung, Arbeitskräfte und Beschäftigte sowie Wettbewerbsfähigkeit. Eine weiterführende Analyse erfolgte für neun der dreizehn Klimawirkungen. Operationalisiert wurden sie über Proxyindikatoren oder Expert/inneninterviews.

Bereits in der Gegenwart ergibt sich eine mittlere Bedeutung der Klimawirkungen „Gefahr einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen“ und „Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs“. Die Bedeutung der weiteren Klimawirkungen ist gegenwärtig gering und wird sich mit Ausnahme der Klimawirkung „Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur durch Extremereignisse“ bei einem schwachen Wandel voraussichtlich auch in naher Zukunft nicht ändern. Für den Fall eines starken Wandels spricht das Netzwerk Vulnerabilität der Beeinträchtigung des landgestützten Warenverkehrs allerdings eine hohe Bedeutung zu. Außerdem würden neben Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur auch der Energieverbrauch für Kühlung, der zusätzliche Aufwand für Planungsprozesse sowie die Beeinträchtigung von Produktionsprozessen und Logistik an Bedeutung gewinnen.

Den befragten Expert/innen zufolge existieren ausreichend Möglichkeiten zur Anpassung. Genannt werden insbesondere Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Risikomanagements sowie

technische Anpassungsmaßnahmen. Einzelne Branchen und Unternehmenstypen sind hierbei unterschiedlich zu bewerten. Insgesamt wird die sektorale Anpassungskapazität von „Industrie und Gewerbe“ als hoch und die Vulnerabilität des Handlungsfelds als gering eingeschätzt.

### **3.11 Handlungsfeld Energiewirtschaft**

Graduelle und extreme Temperaturänderungen und andere Extremwetterereignisse beeinflussen die Energiewirtschaft. Die konkreten Auswirkungen des Klimawandels sind aber maßgeblich von der heutigen und zukünftigen Zusammensetzung der Energieinfrastruktur abhängig. Denn für die Sensitivität der Energiewirtschaft sind insbesondere Lage, Beschaffenheit und Leistung von empfindlichen Infrastrukturen wie Kraftwerken aber auch die Lage von Ballungszentren von Bedeutung. Diversifizierung und Dezentralisierung können dabei eine wichtige Rolle spielen.

Die für das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ entwickelten Wirkungsketten identifizieren Klimawirkungen in den folgenden Indikationsfeldern: „Energiebedarf“, „Energieumwandlung“, „Energieinfrastruktur“, „Verfügbarkeit von Primärenergieträgern“ sowie „Energieversorgung“. Sie wurden mithilfe von Modelldaten, Proxyindikatoren und Expert/inneninterviews operationalisiert.

Die Bedeutung aller betrachteten Klimawirkungen wird für die Gegenwart mit einer Ausnahme noch als gering eingestuft: Der Klimawirkung „Kühlwasser für thermische Kraftwerke“ wird bereits jetzt eine mittlere Bedeutung zugeschrieben. Dank erfolgter Anpassung der Kühltechnologie sowie der Umstrukturierung des Sektors könnte die Bedeutung dieser Klimawirkung im Falle eines schwachen Wandels in Zukunft sinken. Im Falle eines starken Wandels gewinnen die Klimawirkungen „Bedarf an Heiz- und Kühlenergie“, „Kühlwasser für thermische Kraftwerke“ sowie „Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen“ an Bedeutung.

Insbesondere Ballungszentren sind aufgrund ihres Energiebedarfs vom Klimawandel betroffen. In Süddeutschland kann die Zuverlässigkeit der Energieversorgung abnehmen, sofern kein Aus- und Umbau von Kraftwerken und Stromnetzen erfolgt. Darüber hinaus lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels jahreszeitlich differenzieren: Extremwetterbedingte Schäden an Kraftwerken und Leitungsnetzen sind vorrangig in den Wintermonaten zu erwarten, während im Sommer Versorgungsengpässe infolge einer Zunahme des Kühlenergiebedarfs bei gleichzeitiger Beeinträchtigung der Stromproduktion an Wasser- und thermischen Kraftwerken auftreten können.

Die entscheidende Auswirkung des Klimawandels auf die Energiewirtschaft findet sich jedoch im regulatorischen Bereich. Viele Expert/innen schätzen die notwendige Umstrukturierung des Energiesektors im Rahmen des Klimaschutzes als aktuell größte Herausforderung ein. Sie sehen für die Energiewirtschaft insgesamt eine hohe Anpassungskapazität, sodass die Vulnerabilität des Handlungsfelds als gering eingestuft wird.

### **3.12 Handlungsfeld Tourismuswirtschaft**

Da Wetter und Klima entscheidenden Einfluss auf die Reisesaison und die Wahl von Urlaubszielen haben, ist die Tourismuswirtschaft sehr von ihnen abhängig. Vor allem extreme Wetterereignisse können touristische Angebote beeinflussen. Für die Sensitivität spielen insbesondere die Lage von touristischen Anbietern sowie bestehende Vorsorge- und Diversifizierungsmaßnahmen eine Rolle.

Basierend auf den für das Handlungsfeld Tourismus entwickelten Wirkungsketten wurden die folgenden drei Klimawirkungen analysiert: „Betriebsunterbrechungen“, „Saisonale und regionale Nachfrageverschiebung“ und „Veränderte Anforderungen an touristische Infrastrukturen“. Die Operationalisierung erfolgte über Proxyindikatoren, Modelldaten und Expert/inneninterviews.

In der Gegenwart und für den Fall eines schwachen Wandels sind alle Klimawirkungen im Handlungsfeld „Tourismuswirtschaft“ von nur geringer Bedeutung. Im Falle eines starken Wandels wä-

ren in naher Zukunft veränderte Anforderungen an touristische Infrastrukturen sowie die saisonale und regionale Nachfrageverschiebung von mittlerer Bedeutung. So wären bei einem starken Wandel weite Teile der deutschen Küste von Sturmfluten betroffen. Außerdem wären Kurorte in Gebirgen sowie im Küstenraum von einem Anstieg heißer Tage betroffen und die Wintersportsaison würde sich flächendeckend deutlich verkürzen und in höhere Lagen verschieben. Andererseits würde Deutschland in der Zukunft bei einem starken Wandel von einer flächendeckenden Zunahme der Anzahl der Badetage profitieren.

Die befragten Expert/innen stufen die Anpassungskapazität der Tourismuswirtschaft als mittel bis hoch ein. Allerdings betonen sie auch, dass die einzelnen Tourismussegmente und -anbieter sehr unterschiedlich vom Klimawandel betroffen sind und daher unterschiedliche Anpassungsbedarfe und -optionen haben. Vor allem für den Wintersporttourismus werden die Anpassungsmöglichkeiten als technisch und zeitlich begrenzt eingeschätzt. Abschließend betrachtet ergibt sich unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Tourismuswirtschaft und der Ergebnisse zur sektoralen Anpassungskapazität eine geringe bis teilweise mittlere Vulnerabilität für das Handlungsfeld.

### 3.13 Handlungsfeld Finanzwirtschaft

Die Finanzwirtschaft, insbesondere die Versicherungswirtschaft aber auch die Bankenwirtschaft wird auf vielfältige Weise vom Klimawandel beeinflusst. Extremwetterereignisse wie beispielsweise Hagel, Hochwasser oder Starkwind, aber auch graduelle Änderungen von Temperatur, Niederschlag oder Meeresspiegel wirken sich zum einen direkt auf das bestehende Filialnetz der Versicherungs- und Bankeninstitute aus. Zum anderen wirken sie sich auch beispielsweise auf Versicherungsschäden, veränderte Anforderungen an die Risikokalkulation und Versicherungsprämien, Veränderung von Investitionsschwerpunkten sowie von Zinsen und Renditen aus. Dazu zählt ebenso die Änderung hinsichtlich der Rolle des Staates beziehungsweise dessen Nachfrage als ‚Versicherer letzter Instanz‘.

Für das Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ wurden diese Klimawirkungen zusammengefasst betrachtet als i) Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungswirtschaft und ii) Auswirkungen des Klimawandels auf die Bankenwirtschaft. Diese wurden durch Expert/inneninterviews operationalisiert. Deutschlandweit haben klimatisch bedingte Extremereignisse bereits gegenwärtig eine eher hohe Auswirkung auf den Versicherungssektor, während sie für die Bankenwirtschaft eine eher untergeordnete Rolle spielen und damit von einer geringen Auswirkung des Klimawandels ausgegangen wird. Für die Versicherungswirtschaft sind besonders Starkwind-, inklusive Hagel-, aber auch zunehmend Hochwasserereignisse von Bedeutung. Diese stehen gleichzeitig einer geringen Sensitivität gegenüber, da einerseits die öffentliche als auch private Vorsorge bei Elementarschäden und Risikomanagement zunahm und andererseits die Versicherungswirtschaft auf einen gut funktionierenden Rückversicherungsmarkt zugreifen kann. Damit ergibt sich gegenwärtig eine geringe Bedeutung der Klimawirkungen für Deutschland. Für die nahe Zukunft wird von einer hohen Auswirkung des Klimawandels auf den Sektor, so beispielsweise von einer erhöhten Nachfrage nach Elementarschadensversicherungen, ausgegangen. Gleichzeitig setzt sich der Trend der Vorsorge und des Risikomanagements fort. Die Bewertung der Entwicklung der Bankenwirtschaft wird als nicht einschätzbar bewertet.

Sowohl die Anpassungskapazität der Versicherungswirtschaft als auch der Bankenwirtschaft wird grundsätzlich als hoch angesehen. Die Versicherungswirtschaft und die Bankenwirtschaft verfügen über gute Risikomanagementsysteme. Darüber hinaus kann die Bankenwirtschaft bei Investitionen mögliche Risiken über Versicherungsleistungen abdecken. Wenngleich die Vulnerabilität der Finanzwirtschaft gering ist, kann das Handlungsfeld eine wichtige Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel in anderen Handlungsfeldern spielen, indem sie deren Anpassungskapazität erhöht.

### 3.14 Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Die menschliche Gesundheit wird wesentlich vom Klima mitbestimmt. Die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Bevölkerung können dabei positiv und negativ sein. Aber auch der demographische Wandel kann zu einer veränderten Sensitivität der Menschen gegenüber dem Klima beitragen.

Insgesamt wurden vier von 14 Auswirkungen beziehungsweise Wirkungsketten auf die menschliche Gesundheit genauer untersucht. Dazu zählen „Hitzebelastung“, „Atembeschwerden durch bodennahes Ozon“, „Überträger von Krankheitserregern“ sowie „Belastung der Rettungsdienste, Krankenhäuser und Ärzte“. Neben der Bildung von Proxyindikatoren wurden für deren Operationalisierung auch Expert/inneninterviews geführt.

In Bezug auf die Hitzebelastung nehmen vor allem Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu. Besonders betroffen sind Säuglinge, Kleinkinder sowie alte und kranke Menschen. Durch den Hitzestress ist mit zahlreichen zusätzlichen Todesfällen, insbesondere in verdichteten Gebieten, zu rechnen. Hohe Ozonkonzentrationen finden sich vor allem im Umland von Ballungsräumen. Die Zu- und Abnahme von Krankheitserregern hingegen ist komplex und nur schwer vorhersagbar.

Schon heute sind Regionen durch Temperaturanstieg (insbesondere Süddeutschland) und eine alternde Gesellschaft (insbesondere Ostdeutschland) stark betroffen. In naher Zukunft verstärken sich diese Prozesse und verdichtete Regionen in West- und Norddeutschland sind noch stärker betroffen. Beim bodennahen Ozon zeigt sich ein ähnliches Bild, wobei hier durch den Rückgang der Ozonvorläuferstoffe in naher Zukunft hauptsächlich Regionen wie das Rhein-Main-Gebiet oder der Oberrhein stärker betroffen sein werden. Durch das Auftreten von Überträgern von Krankheitserregern wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bestimmter Infektionskrankheiten erhöht. Es besteht die Gefahr, dass sich durch den Klimawandel die Krankheitserreger leichter ausbreiten oder/und etablieren können. Bis Ende des Jahrhunderts können die Gefährdungen für die menschliche Gesundheit durch steigende Temperaturen noch weiter zunehmen. Die Gesundheitsinfrastruktur ist im Moment und auch in naher Zukunft grundsätzlich gut für die Folgen des Klimawandels ausgestattet.

Im Bereich der Gesundheitsversorgung herrscht derzeit eine mittlere bis hohe Anpassungskapazität: Kapazitätsgrenzen werden noch nicht erreicht und es besteht eine gute Grundversorgung. Die zukünftige Entwicklung wird allerdings von der demographischen Entwicklung und der Ausgestaltung der Basisversorgung insbesondere im ländlichen Raum beeinflusst werden. Bezüglich der Bekämpfung von Krankheitsüberträgern besteht eine mittlere Anpassungskapazität, insbesondere aufgrund von Zuständigkeitsproblemen und eines hohen Forschungsbedarfs. Abschließend lässt sich eine mittlere bis teilweise hohe Vulnerabilität der menschlichen Gesundheit in naher Zukunft gegenüber den klimatischen Veränderungen konstatieren.

### 3.15 Querschnittsthemen „Bevölkerungsschutz“ und „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“

Für das Querschnitt-Handlungsfeld „Bevölkerungsschutz“ konnten keine Indikatoren identifiziert werden, mit denen es möglich wäre, bundesweit flächendeckende Aussagen zum Beitrag des Bevölkerungsschutzes zur Anpassungskapazität an den Klimawandel zu treffen. Voraussetzung dafür wäre eine bundesweit und organisationsübergreifend einheitliche Datenerhebung. Da der Bevölkerungsschutz insgesamt ein hohes Niveau aufweist, ist damit zu rechnen, dass er für die Herausforderungen der Klimawandelanpassung gewappnet ist.

Das Querschnitt-Handlungsfeld „Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“ wurde hinsichtlich seiner Möglichkeiten, die Anpassungskapazität anderer Handlungsfelder zu unterstützen, untersucht, da die Raumordnung durch die Setzung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten in den Re-

gionalplänen großen Einfluss auf die Anpassungskapazität der Gemeinden in allen Handlungsfeldern der Deutschen Anpassungsstrategie hat. Die Analyse der Regionalpläne ermöglicht eine quantitative Bewertung der formalen Anpassungskapazität der Raumordnung: Danach berücksichtigt die Regionalplanung für die Handlungsfelder „Biologische Vielfalt“ und „Menschliche Gesundheit“ (hier vor allem im Bereich des Hitzeschutzes) in vielen Regionen weitgehend die von der Ministerkonferenz für Raumordnung im Jahr 2013 vorgegebenen Anpassungserfordernisse. Mit Blick auf die Handlungsfelder „Küsten- und Meeresschutz“, „Tourismuswirtschaft“, „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft“ sowie alle Handlungsfelder, die von Flusshochwasser betroffen sind, können die Anpassungsmöglichkeiten der Regionalplanung besser genutzt werden. Besonders beim Thema „Schutz der Berggebiete“ besteht Nachholbedarf. Tatsächliche Anpassungsaktivitäten auf der lokalen Ebene sind insgesamt noch eher gering und konzentrieren sich auf wenige Ballungszentren. Aus diesem Grund besteht nach Einschätzung des Netzwerks Vulnerabilität insbesondere in kleineren und mittleren Kommunen weiterhin erhöhter fachlicher und finanzieller Unterstützungsbedarf.

Die Ergebnisse des KlimaMORO und zahlreicher weiterer Vorhaben zeigen, dass die räumliche Planung auf regionaler Ebene mit ihren formellen und informellen Instrumenten einen wichtigen Beitrag zur Klimawandelanpassung und zum Klimaschutz leisten kann. Gute und innovative Beispiele wie die Erarbeitung von regionalen Anpassungsstrategien oder adäquate Anpassungsmaßnahmen, etwa bei der Ausweisung regionaler Grünzüge als stadtklimatisch relevante Freiräume, bei der Freihaltung hochwassergefährdeter Bereiche und beim Schutz des Wasserhaushaltes vor Trockenheit, haben eine wichtige Vorbildfunktion.

### 3.16 Generische Anpassungskapazität

Die Anpassungskapazität floss als Status Quo in die Vulnerabilitätsanalyse ein. Sie repräsentiert damit aus heutiger Sicht den Raum der Möglichkeiten, sich mit Hilfe zusätzlicher Maßnahmen an den zu erwartenden Klimawandel anzupassen. Das Netzwerk Vulnerabilität berücksichtigte drei Formen von Anpassungskapazität:

1. die sektorale oder handlungsfeldbezogene Anpassungskapazität, die für jedes Handlungsfeld ermittelt wurde und beschreibt, wie anpassungsfähig das Handlungsfeld ist;
2. die generische Anpassungskapazität, welche allgemein und handlungsfeldunabhängig zentrale Bedingungen für eine anpassungsfähige Gesellschaft beschreibt;
3. die Anpassungskapazität der Querschnittsthemen „Raumplanung“ und „Bevölkerungsschutz“, die den Beitrag dieser sektorübergreifenden Handlungsfelder zur Anpassung an den Klimawandel beschreibt.

Diese flossen zusammen mit der integrierten Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels in die zusammenfassende Bewertung der Vulnerabilität der Handlungsfelder ein.

Für die Einschätzung der generischen Anpassungskapazität im Rahmen des Netzwerks Vulnerabilität wurden die öffentliche Verwaltung, die Privatwirtschaft sowie die Zivilgesellschaft als die wichtigsten Governance-Kategorien ausgewählt. Diese Governance-Kategorien wurden in Dimensionen unterteilt, denen geeignete Indikatoren zugeordnet und mit den Behörden und Institutionen des Netzwerks Vulnerabilität abgestimmt wurden. Das Ergebnis umfasst Karten zur generischen Anpassungskapazität, deren Informationen in fünf Klassen von „sehr geringer Anpassungskapazität“ bis zu einer „sehr hohen Anpassungskapazität“ untergliedert sind. Um abschließend den quantifizierbaren Ausschnitt der generischen Anpassungskapazität in einer Gesamtschau abbilden zu können, wurden die Ergebnisse der untersuchten Indikatoren normalisiert und in einer Karte zusammengeführt. Die Ergebnisse zeigen eine hohe generische Anpassungskapazität in den Großstädten und dicht besiedelten Gebieten. Die geringste Anpassungskapazität weisen neben dem Saarland insbesondere große Teile Ostdeutschlands auf. Insgesamt ist die Aussagekraft der generischen Anpassungskapazität jedoch begrenzt, da durch solche Datenauswertungen nur die

potenzielle Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel abgebildet werden kann, nicht aber der Anpassungswille. Es wurde daher versucht, sich diesem Thema über den Beitrag der Raumplanung zur Anpassungskapazität zu nähern, der zeigt, von welchen formalen Möglichkeiten zur Anpassung die Regionen Gebrauch machen.

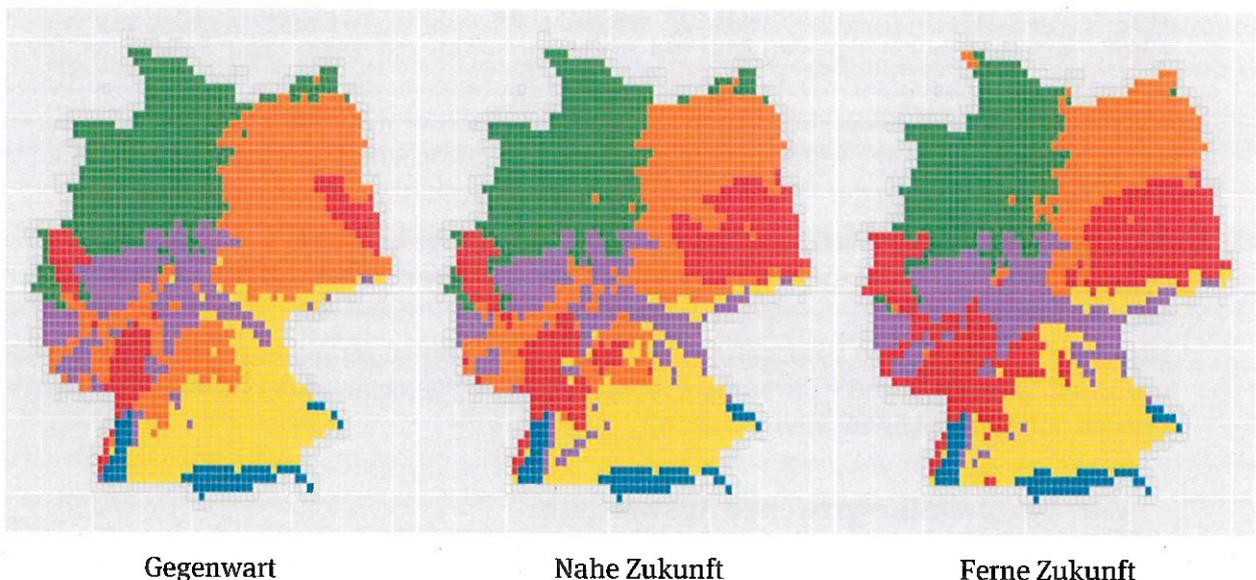
Bei der Betrachtung der Anpassungsaktivitäten der Raumplanung wurden sowohl die Anpassungsaktivitäten im Rahmen der Raumplanung auf regionaler Ebene, als auch im Rahmen der Raumplanung auf lokaler Ebene betrachtet. Insgesamt zeigt sich, dass die überwiegende Zahl der Landkreise Deutschlands bisher ihre formalen Anpassungsmöglichkeiten im Bereich Raumplanung zu einem geringen bis mittleren Anteil nutzt.

Die Anpassungsaktivitäten des Bevölkerungsschutzes konnten nicht in einer ähnlichen Weise untersucht werden, da eine in zeitlicher und räumlicher Ebene einheitliche Datenbasis notwendig wäre.

### 3.17 Vom Klimawandel ähnlich betroffene Räume Deutschlands

Eine statistische Auswertung des Klimamodellensembels des DWD für die Gegenwart, die nahe und die ferne Zukunft zeigt unterschiedliche Klimaräume<sup>3</sup> in Deutschland: Flächen gleicher Farbe in der Abbildung weisen ein ähnliches Klima auf (Abbildung 1). Sie können auch hinsichtlich der zu erwartenden klimatischen Entwicklung voneinander unterschieden werden.

Abbildung 1: Klimaraumtypen in Deutschland zur Kennzeichnung „ähnlich betroffener Räume“



Legende: rote Flächen: warme Regionen; orange Flächen: Regionen mit trockenerem Klima; grüne Flächen: Regionen mit kühlerem Klima; violette Flächen: Regionen mit Mittelgebirgsklima; gelbe Flächen: Regionen mit Gebirgsvorlandklima; blaue Flächen: Regionen mit Gebirgsklima

Insbesondere Regionen mit überdurchschnittlich warmem Klima (*rote Flächen*) werden sich im Zuge des Klimawandels räumlich ausdehnen. In diesen Regionen ist in Zukunft ein besonders starker Anstieg von Heißen Tagen und Tropennächten zu erwarten. Gegen Ende des Jahrhunderts

<sup>3</sup> Durch eine Clusteranalyse der Klimaparameter Starkwind, Starkregen, Heiße Tage, Tropennächte, Frosttage, Durchschnittstemperatur (Winter, Sommer), Trockentage (Winter, Sommer) und Niederschlag (Jahreszeitmittel Winter, Sommer) wurden für Deutschland Regionen mit ähnlichem Klima identifiziert. Die Bezeichnungen der Klimaraumtypen sind rein deskriptiv zu verstehen und nicht als allgemein gültige Klimaklassifikation.

werden hier immer stärkere Hitzewellen voraussichtlich zunehmend mit Trockenheit verbunden sein.

Regionen mit trockenerem Klima (*orange Flächen*) sind heute und absehbar auch künftig von starken jahreszeitlichen Schwankungen bei Temperatur und Niederschlag geprägt. Sie gehören aufgrund ganzjährig unterdurchschnittlicher Niederschläge zu den trockensten Regionen Deutschlands. Der zu erwartende Trend zu höheren Sommer- und Wintertemperaturen, einschließlich einer Zunahme der Heißen Tage und Tropennächte, wird die vorhandenen Wasserressourcen künftig weiter beschränken.

Regionen mit kühlerem Klima (*grüne Flächen*) sind geprägt von Starkwind, gemäßigten Temperaturen und einer geringen Anzahl an Frost- und Trockentagen. Künftig wird hier entsprechend der Klimaprojektionen das Schadenspotenzial extremer Wetterereignisse wie Flusshochwasser in vielen Handlungsfeldern deutlich zunehmen. Gegen Ende des Jahrhunderts können infolge des Meeresspiegelanstiegs erhöhte Sturmfluten auftreten. Darüber hinaus kann insbesondere der Anstieg der Winterniederschläge die Stadtentwässerung in diesen Gebieten vor neue Herausforderungen stellen.

Für Regionen mit Mittelgebirgsklima (*violette Flächen*) sind eine große Anzahl an Frosttagen und Tagen mit Starkregen sowie hohe Sommer- und Winterniederschläge charakteristisch. Die Sommerniederschläge sinken bis in die ferne Zukunft deutlich. Gleichzeitig werden in den Wintermonaten die Niederschläge deutlich zunehmen, aber seltener als Schnee fallen – mit den entsprechenden Folgen für die Wasser- und Tourismuswirtschaft.

Regionen mit Gebirgsvorlandklima (*gelbe Flächen*) sind geprägt von überdurchschnittlichen Sommerniederschlägen, einer großen Zahl von Tagen mit Starkregen sowie vielen Frosttagen. Die Sommertemperaturen und die Anzahl der Heißen Tage nehmen hier wahrscheinlich deutlich zu. Das wird vor allem die Energienachfrage für Kühlung in dieser wirtschaftlich starken Region erhöhen. Das prognostizierte Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstum im Südwestdeutschen Raum kann die Auswirkungen des Klimawandels noch weiter verstärken.

Regionen mit Gebirgsklima (*blaue Flächen*) weisen viele Tage mit Starkregen und Frost sowie hohe Niederschlagswerte auf. Es ist zu erwarten, dass gerade die Sommerniederschläge noch deutlich zunehmen. Damit werden, trotz einer in etwa gleichbleibenden Zahl an Starkregentagen, häufigere und intensivere Überschwemmungen und Sturzfluten verbunden sein. Eine erwartete, überdurchschnittlich starke Erwärmung (bei geringem Ausgangsniveau) wird negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben.

### 3.18 Sektorenübergreifende Auswertung

Basierend auf den Kernaussagen zu den Klimawirkungen wurden sektorenübergreifende Fragestellungen ausgewertet. So wurde analysiert, welche Klimasignale besonders viele Klimawirkungen beeinflussen, die eine mittlere oder hohe Bedeutung<sup>4</sup> für Deutschland haben, um sektorenübergreifend wesentliche Klimasignale identifizieren zu können. Sehr viele Klimawirkungen werden heute und in naher Zukunft von den zentralen Klimasignalen Temperatur und Niederschlag beeinflusst. Eine hohe Bedeutung haben gegenwärtig aber allein die Auswirkungen von Hitze auf die menschliche Gesundheit. Von mittlerer Bedeutung sind gegenwärtig zum Beispiel einige Auswirkungen extremer Wetterereignisse wie Hochwasser, Hitze, Trockenheit und Starkwind; etwa die Überschwemmung und Unterspülung von Straßen und Schieneninfrastrukturen, Schäden an

<sup>4</sup> Die Bedeutung der Klimawirkungen für Deutschland wurde vom Netzwerk Vulnerabilität normativ bewertet.

Gebäuden und Infrastruktur durch Starkwind und die Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke. In naher Zukunft nimmt die Bedeutung extremer Wetterereignisse und ihrer Folgen zu.

Besonders viele hoch bedeutende Klimawirkungen werden im Handlungsfeld „Bauwesen“ gesehen. Vier der fünf hier betrachteten Klimawirkungen werden für den Fall eines starken Wandels in naher Zukunft als hoch bedeutend eingeschätzt („Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Sturmfluten, Flusshochwasser und Sturzfluten“, „Stadtklima und Luftqualität“ und „Innenraumklima und Aufwand für Kühlung“). Es folgt der Küsten- und Meeresschutz mit drei hoch bedeutenden Klimawirkungen im Fall eines starken Wandels („Hochwasser durch Sturmfluten“, „Belastung von Bauwerken und Infrastrukturen“ und „Schäden an Küsten (naturräumliche Veränderungen)“). Jeweils zwei hoch bedeutende Klimawirkungen werden in den Handlungsfeldern „Wald- und Forstwirtschaft“ („Schäden durch Schadorganismen“, „Veränderung von Nutzfunktion“), „Fischerei“ („Gebietsfremde Arten, Artenspektrum“ und „Wachstum, Reproduktion und Sterblichkeit von Fischbeständen“) und „Menschliche Gesundheit“ („Hitzebelastung“ und „Atembeschwerden durch bodennahes Ozon“) gesehen.

Betrachtet man die Anpassungskapazität für die Handlungsfelder und die Dauer, die für eine Anpassung an den Klimawandel benötigt wird, die schon heute von Bedeutung sind oder deren Bedeutung im Fall eines starken Wandels in naher Zukunft deutlich ansteigt, fallen insbesondere die „Wald- und Forstwirtschaft“ und der „Küsten- und Meeresschutz“ ins Auge. Beide Handlungsfelder brauchen eine lange Zeit zur Anpassung. Hier müssen bereits jetzt Maßnahmen umgesetzt werden, um künftigen Entwicklungen zu begegnen. Auch in den Handlungsfeldern „Menschliche Gesundheit“ und „Bauwesen“ sind Anpassungsmaßnahmen nun dringend gefragt, da sie schon heute bedeutende Klimawirkungen erfahren.

Eine teilweise hohe Vulnerabilität weisen neben den Handlungsfeldern „Wald- und Forstwirtschaft“, „Bauwesen“ und „Menschliche Gesundheit“ auch die „Biologische Vielfalt“ und die „Fischerei“ auf, weil sie teilweise über geringe Anpassungskapazitäten verfügen.

Abschließend wurde betrachtet, auf welche Systeme die im Netzwerk Vulnerabilität analysierten Klimawirkungen wirken. Dabei wurde zwischen natürlichen Ressourcen, Wirtschaft, Infrastrukturen und der menschlichen Gesundheit unterschieden. Die meisten Klimawirkungen konnten der Wirtschaft sowie den natürlichen Ressourcen zugeordnet werden. Grund dafür ist die im Netzwerk gewählte Betrachtung entlang der Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie, von denen viele einzelne Wirtschaftssektoren im Fokus haben. Die Querauswertung ergab, dass den Klimawirkungen auf natürliche Ressourcen, Wirtschaft sowie Infrastrukturen für die Gegenwart überwiegend noch eine geringe Bedeutung beigemessen wird. Die Klimawirkungen auf die menschliche Gesundheit werden hingegen schon heute, wie auch im Falle eines schwachen Wandels in der Zukunft, im Schnitt als mittel bedeutend eingeschätzt. Die Mehrzahl von ihnen könnte im Falle eines starken Wandels von hoher Bedeutung sein. Die Klimawirkungen auf die menschliche Gesundheit haben nicht nur die höchste Bedeutung, sondern auch eine im Vergleich zu Klimawirkungen auf andere Systeme relativ hohe Gewissheit. Nach Einschätzung des Netzwerks Vulnerabilität sind daher die menschliche Gesundheit, Infrastrukturen und natürliche Ressourcen in naher Zukunft stärker vom Klimawandel betroffen als die Wirtschaft.

### **3.19 Handlungsfeldübergreifende und räumliche Schwerpunkte**

Die zentralen Ergebnisse der vom Netzwerk Vulnerabilität durchgeführten Analysen und Bewertungen können abschließend zu sechs handlungsfeldübergreifenden und räumlichen Schwerpunkten der Folgen des Klimawandels zusammengefasst werden (siehe Abbildung 2):

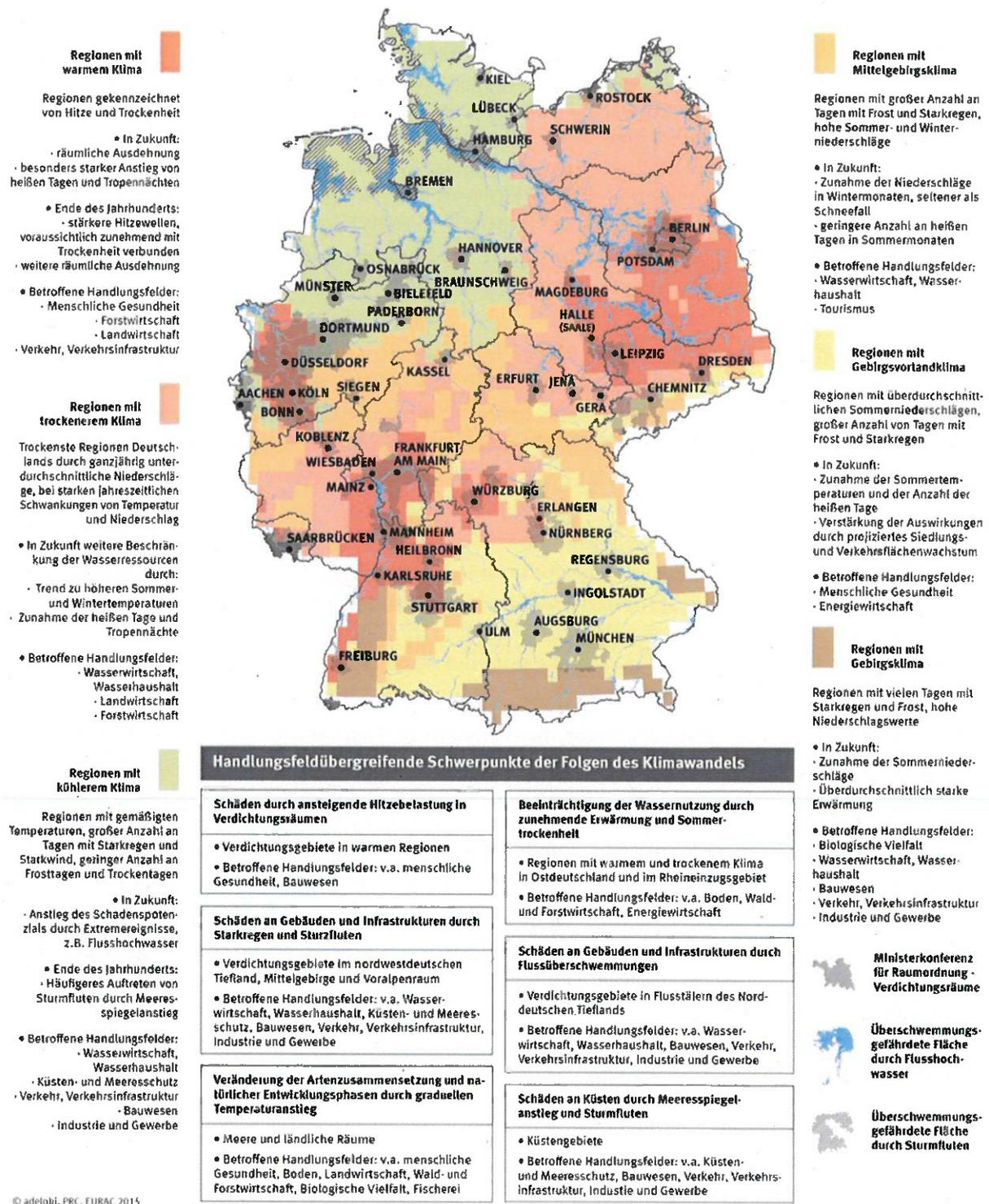
1. Schäden durch ansteigende Hitzebelastung in Verdichtungsräumen (besonders betroffene Handlungsfelder: Menschliche Gesundheit und Bauwesen; räumlicher Schwerpunkt: Ballungsgebiete in warmen Regionen, die sich in Zukunft noch ausdehnen werden)
2. Beeinträchtigung der Wassernutzungen durch zunehmende Erwärmung und (in ferner Zukunft) vermehrter Sommertrockenheit (besonders betroffene Handlungsfelder: Boden, Wald und Forstwirtschaft und Energiewirtschaft; räumlicher Schwerpunkt: Regionen mit warmem und trockenerem Klima in Ostdeutschland und dem Rhein-Einzugsgebiet)
3. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen und Sturzfluten in urbanen Räumen (besonders betroffene Handlungsfelder: Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Küsten- und Meeresschutz, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und Industrie und Gewerbe; räumlicher Schwerpunkt: Ballungszentren im nordwestdeutschen Tiefland, Mittelgebirge und südwestdeutschen Raum)
4. Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Flussüberschwemmungen (besonders betroffene Handlungsfelder: Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastrukturen, Industrie und Gewerbe; räumlicher Schwerpunkt: Ballungsräume in Flusstälern des Norddeutschen Tieflands, aber auch Einzugsgebiete des Rheins und der Donau)
5. Schäden an Küsten infolge von (in ferner Zukunft verstärktem) Meeresspiegelanstieg und damit verbundenem erhöhtem Seegang sowie steigender Sturmflutgefahr (besonders betroffene Handlungsfelder: Küsten- und Meeresschutz, Bauwesen, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und Industrie und Gewerbe; räumlicher Schwerpunkt: Küste)
6. Veränderung der Artenzusammensetzung und der natürlichen Entwicklungsphasen durch einen graduellen Temperaturanstieg (besonders betroffene Handlungsfelder: Menschliche Gesundheit, Boden, Biologische Vielfalt, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Fischerei; räumliche Schwerpunkte: Meere und ländliche Räume)

Der Anstieg der Hitzebelastung ist das deutlichste und stärkste Klimasignal mit erheblichen Auswirkungen auf Gesundheit und Infrastrukturen, insbesondere in Ballungsräumen. Parallel sind die Wasser-, Land- und Forstwirtschaft besonders von ansteigender Erwärmung und in ferner Zukunft von Trockenheit bedroht. Die gegenüber dem Klimawandel vulnerabelsten Regionen Deutschlands sind Kreise mit strukturellen Defiziten, die in Regionen mit warmem Klima liegen und damit am stärksten von Hitze und Trockenheit betroffen sind.

Weitere vulnerable Regionen sind aufgrund des erwarteten Anstiegs der sommerlichen Starkregen und der Winterniederschläge strukturschwache Ballungsräume mit hohem Anteil an überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Diese können nicht nur von Flusshochwasser sondern auch von durch Starkregen ausgelösten Überschwemmungen oder Sturzfluten betroffen werden.

Langfristig werden besonders Küstenregionen sowie Arten und Lebensräume vom graduellen Temperaturanstieg bedroht werden, die an einzigartige und empfindliche Regionen gebunden sind, wie das Wattenmeer und das Hochgebirge.

Abbildung 2: Regionale Betroffenheit und handlungsfeldübergreifende Folgen des Klimawandels in Deutschland (nahe Zukunft)



© adelphi, PRG, EURAC 2015  
 Quellen: Klimaauswertungen: eigene Berechnung (Auswertung des Klimamodellensembles des DWD) - MKRO Verdichtungsräume 2010; Laufende Raumbewertung des BBSR, Geometrische Grundlage BKG, Gemeinden, 31.12.2013 - Überschwemmungsgefährdete Fläche durch Flusshochwasser: JRC 2013 (ISFLOOD) - Überschwemmungsgefährdete Fläche durch Sturmfluten: WasserBUck/BfG und Zuständige Behörden der Länder, 10.4.2014 - Bundesländer, Städte: © GeoBasis DE / BKG 31.12.2013

## 4 Forschungsbedarf

Die wissenschaftlichen Herausforderungen für eine integrierte Vulnerabilitätsbewertung lassen sich an drei wesentlichen Aspekten festmachen

1. Der Blick in die Zukunft und die damit verbundenen Unsicherheiten in Klimaszenarien und sozio-ökonomischen Szenarien: Generell sind Aussagen über zukünftige Entwicklungen mit großen Unsicherheiten behaftet. Der in diesem Vorhaben gewählte Ensemble-Ansatz für Klimaszenarien ist gut geeignet, um Aussagen über die mögliche Spanne von Änderungen einzelner Klimaparameter (zum Beispiel Temperatur) über einen gemittelten Zeitraum zu treffen. Bisher fehlen Möglichkeiten, solche Spannen auch für komplexe klimatische Zusammenhänge (mehrere voneinander abhängige Klimaparameter, Zeitreihen) darzustellen. Auch bestehen für wesentliche Klimaparameter (Niederschlag generell, Extremereignisse wie Starkregen und Wind) hohe Unsicherheiten, die kaum robuste Aussagen über Klimawirkungen zulassen. Hier besteht noch großer Forschungsbedarf.

Insbesondere für sozio-ökonomische Faktoren von Sensitivität (zum Beispiel Landnutzung, Einkommensstrukturen, Demographie) besteht Bedarf an mit den Klimaszenarien zeitlich konsistenten sozio-ökonomischen Szenarien, um herausarbeiten zu können, welche Klima- und Sensitivitätsparameter maßgeblich für die beobachteten oder projizierten Klimawirkungen sind.

2. Die Komplexität der Wirkungszusammenhänge: Generell hat sich der im Netzwerk Vulnerabilität verfolgte Ansatz, Klimawirkungen mit Hilfe von Wirkungsketten darzustellen bewährt. Allerdings bestehen für die wenigsten dieser Wirkungen quantitative Modelle oder etablierte Indikatoren. Über 40 der 72 als potenziell relevant bewerteten Klimawirkungen konnten teilweise aufgrund fehlenden Systemverständnisses meist aber wegen fehlender bundesweiter Daten nicht über Modelle oder Indikatoren quantifiziert werden. Hier besteht noch großer Entwicklungsbedarf. Ein wichtiger Punkt, an dem weiter gearbeitet werden sollte, sind die komplexen Wechselwirkungen zwischen Handlungsfeldern.

3. Die Bewertung von Klimawirkungen und Anpassung: Generell existieren keine etablierten und standardisierten Verfahren für eine Vulnerabilitätsbewertung. Offene Fragen sind zum Beispiel, wie die Teilergebnisse aus oft sehr heterogenen Informationsquellen (Daten, Proxyindikatoren, Expert/innenwissen) räumlich und sachlich aggregiert werden können. Entscheidend ist dabei auch die Fragen nach normativen Setzungen beziehungsweise dem Zielsystem der Bewertung. Für die wenigsten Bewertungsschritte und Handlungsfelder existiert ein solches Zielsystem.

Zudem wurde für jedes einzelne Handlungsfeld der Forschungsbedarf untersucht. Dabei fällt auf, dass selbst im Bereich der physischen Klimawirkungen auf die Handlungsfelder des Clusters „Land“ (Boden, Biologische Vielfalt, Land- und Forstwirtschaft) überwiegend die direkten Klimawirkungen gut erforscht sind. Komplexe Klimawirkungen, wie die klimatischen Auswirkungen auf Schaderreger, sind noch nicht ausreichend verstanden. Noch weniger untersucht sind längere Wirkungsketten, die zu Klimawirkungen zum Beispiel im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“ führen. Hier liefert das Netzwerk Vulnerabilität den Vorschlag, dass gerade an solchen komplexen Ketten in Zukunft weiter gearbeitet werden sollte.

## 5 Methodische Empfehlungen für zukünftige Analysen

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf viele Bereiche der Gesellschaft, der Wirtschaft und der Umwelt. Wie diese aussehen können und welche Systeme besonders verwundbar sind, wird mithilfe von Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien analysiert. Aber: Es gibt keine einheitliche Definition von Vulnerabilität und das am weitesten verbreitete Konzept des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gibt keine Operationalisierung vor.

Vor diesem Hintergrund will das vorliegende Politikpapier eine Diskussionsgrundlage schaffen, wie Standards für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen aussehen können, welche Methoden zu empfehlen sind und wie eine bessere Vergleichbarkeit der Studien erreicht werden kann. Es setzt dafür an zentralen Lücken des Vulnerabilitätskonzeptes sowie an den Erfahrungen des Netzwerks Vulnerabilität an. Ziel ist die Erarbeitung vergleichbarer Forschungsergebnisse sektoraler<sup>5</sup> und sektorenübergreifender Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen auf Bundes- und Landesebene.

### 5.1 Empfehlungen für Konzeption und Methodik einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie

#### Allgemeine Empfehlungen für Analyse- und Bewertungsmethoden

Unabhängig von bestehenden Unsicherheiten und dem gegebenen Entscheidungsspielraum sollten Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien, wie alle wissenschaftlichen Arbeiten, einige grundlegende Kriterien erfüllen:

- ▶ **Trennung der Sachebene von der Wertebene:** Die Sachebene, die wissenschaftlich untersucht werden kann (zum Beispiel die Veränderung der Häufigkeit von Hitzetagen), muss deutlich von der Wertebene (zum Beispiel die Auswahl eines Szenarios), die eine (politisch) abgestimmte Entscheidung erfordert, unterschieden werden.
- ▶ **Validität:** In den Werturteilen müssen sich die Inhalte und Prioritäten des zugrunde liegenden Zielsystems, das auch von einer mandatierten Gruppe von beteiligten Fachakteuren festgelegt worden sein kann, wiederfinden.
- ▶ **Strukturkonsistenz:** Eine Bewertungsstruktur muss in sich konsistent sein und damit zu einer konsistenten Ordnung der zu bewertenden Sachverhalte führen.
- ▶ **Transparenz und Nachvollziehbarkeit:** Ablauf und Ergebnis der Bewertung müssen für den Adressaten beziehungsweise Entscheidungsträger einer Analyse, aber auch die Betroffenen durchschaubar und nachvollziehbar sein.
- ▶ **Verlässlichkeit (Reliabilität):** Ein wiederholter Durchlauf der Methode unter den gleichen Rahmenbedingungen sollte zu den gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Ergebnissen kommen.

#### Das Vulnerabilitätskonzept

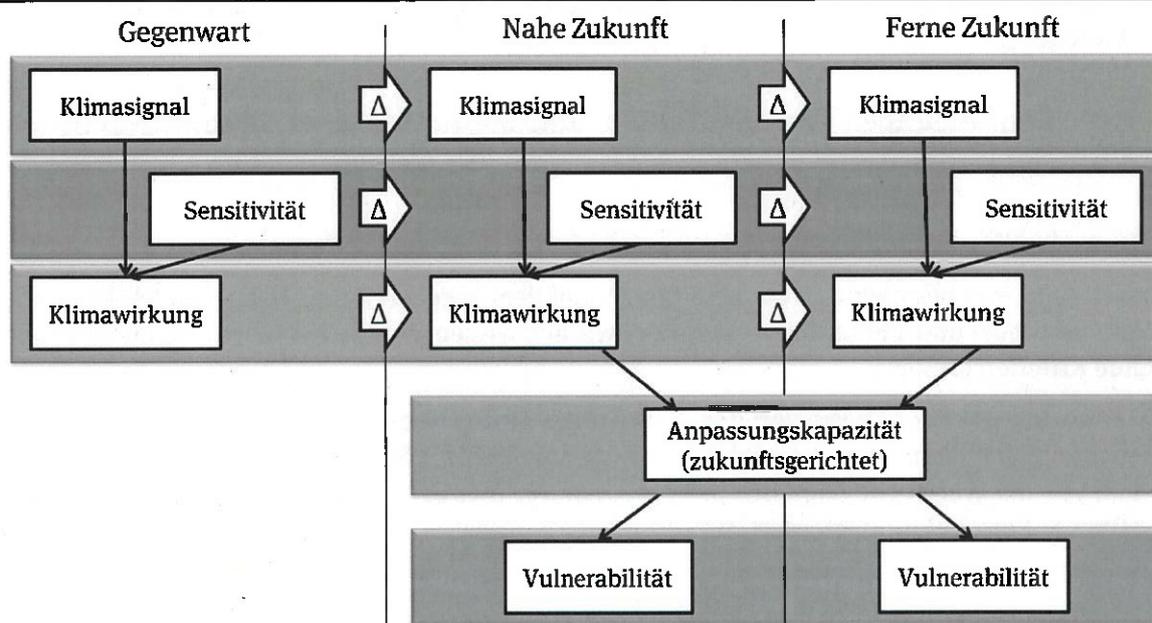
Der IPCC beschreibt Vulnerabilität als das Maß, zu dem ein System gegenüber nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderung, einschließlich Klimavariabilität und Extremwerte, anfällig ist und nicht damit umgehen kann. Vulnerabilität ist eine Funktion der Art, des Ausmaßes und der Ge-

<sup>5</sup> Im Rahmen dieses Politikpapiers wird der Begriff „Sektor“ synonym zu den Handlungsfeldern verwendet, wie sie im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie definiert sind.

schwindigkeit der Klimaänderung und -schwankung, der ein System ausgesetzt ist, seiner Sensitivität und seiner Anpassungskapazität (Parry et al. 2007; siehe Abbildung 3). Detaillierte Aussagen zu dieser Funktion und zum Zeitbezug der Elemente von Vulnerabilität werden nicht getroffen.

Abbildung 3 stellt das Vulnerabilitätskonzept des Netzwerks Vulnerabilität dar. Die von ihm betrachteten drei Zeitebenen sind klar erkennbar. Anpassungskapazität und Vulnerabilität sind hier zukunftsgerichtete Elemente. Das heißt, dass Anpassungskapazität die heutigen Möglichkeiten abbildet, die Klimawirkung der Zukunft zu verringern. Insofern ist auch die Vulnerabilität, die die Anpassungskapazität beinhaltet, auf künftige Entwicklungen ausgerichtet. Im Folgenden werden die Elemente von Vulnerabilität näher betrachtet.

Abbildung 3: Vulnerabilitätsanalysekonzept des Netzwerks Vulnerabilität (Hinweis: Im Rahmen der Analyse des Netzwerks Vulnerabilität umfasste die nahe Zukunft den Zeitraum 2021 bis 2050 und die ferne Zukunft 2071 bis 2100.)



### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Konzeption einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie

#### Zentrale Empfehlungen

1. Zunächst ist der Zweck jeder Studie zu definieren. Von ihm hängen das angestrebte Ziel (Art des Ergebnisses) und damit die verwendete Methodik und etwaige Bewertungsschemata ab.
2. Es gibt mehrere Vulnerabilitätskonzepte. Zu Beginn jeder Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie muss daher festgelegt werden, welchem Konzept gefolgt wird. Dabei muss das Ziel der Studie Berücksichtigung finden.
3. Es ist wichtig, zu Beginn der Studie alle zentralen Begriffe eindeutig zu definieren.
4. Im Allgemeinen beinhalten Vulnerabilitätskonzepte selten Vorgaben für ihre Operationalisierung. Daher sollte die Operationalisierung der zentralen Begriffe (die Elemente von Vulnerabilität) im Einzelnen beschrieben werden.
5. Schließlich sollten mit Blick auf das Ziel der Studie die Untersuchungszeiträume festgelegt werden. Empfohlen wird, die Gegenwart als Referenzzeitraum, einzubeziehen. Für politische Empfehlungen eignet sich der Ausblick in die nahe Zukunft (etwa die nächsten 15 bis 30 Jahre). Für langfristige Entwicklungen und Planungen kann zudem die ferne Zukunft einbezogen werden (bis zum Ende des Jahrhunderts).

### Fragen zur Diskussion

1. Der IPCC, dessen Vulnerabilitätskonzept das am häufigsten verwendete ist, hat mit dem fünften Sachstandsbericht sein Verständnis von Vulnerabilität verändert. Welches der beiden Konzepte zu empfehlen ist, hängt vom Zweck der Studie ab. Können hier allgemeine Empfehlungen ausgesprochen werden?

### Klimasignal

Das Klimasignal (exposure) beschreibt die für eine Klimawirkung relevanten Klimaparameter des heutigen Klimas ( $t_0$ ) beziehungsweise des Klimas in der Zukunft ( $t_{+0}$ ).

### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Klimasignal

#### Zentrale Empfehlungen

1. Um bestehende Unsicherheiten hinsichtlich der Klimaentwicklung zu kommunizieren und zu bewerten, sollte mit einem Ensemble von Klimaprojektionen gearbeitet werden.
2. Im Rahmen des gewählten Ensembles von Klimaprojektionen gestattet die Verwendung eines 15. und 85. Perzentils die Angabe einer statistisch gesicherten Bandbreite einer möglichen Entwicklung.
3. Um ein möglichst umfangreiches Ensemble von Klimaprojektionen zu nutzen, wird in der Regel ein Szenario mit vielen Projektionsläufen, wie das SRES-Szenario A1B gewählt. Ein Ensemble aus mehreren Emissionsszenarien ist nur sinnvoll, wenn die Wirkungen der Unsicherheiten der sozioökonomischen Annahmen untersucht werden soll.
4. Das Klima bildet den durchschnittlichen Zustand der Atmosphäre ab und wird in der Regel über einen Zeitraum von 30 Jahren berechnet. Als Referenzzeitraum wird von der WMO dauerhaft die Periode 1961 – 1990 für die Bewertung des langfristigen Klimawandels empfohlen.

#### Fragen zur Diskussion

1. Bislang hat das SRES-Szenario A1B die Entwicklung der Treibhausgasemissionen am realistischsten abgebildet. Mit dem fünften Sachstandsbericht des IPCC wurden neue Szenarien (representative concentration pathways (RCPs)) veröffentlicht. Welche eignen sich für künftige Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien besonders?

### Sensitivität

Die Sensitivität (sensitivity) beschreibt, in welchem Maße ein bestehendes nicht klimatisches System (Sektor, Bevölkerungsgruppe, aber auch biophysikalische Faktoren) bereits auf ein definiertes Klimasignal reagiert.

### Empfehlungen: Sensitivität

#### Zentrale Empfehlungen

1. Nicht nur das Klima ändert sich, sondern auch die Systeme, auf die es wirkt. Daher sollte, wo möglich, für die Betrachtung der künftigen Sensitivität auf Sensitivitätsszenarien zurückgegriffen werden, vor allem für die sozio-ökonomischen Faktoren von Sensitivität.
2. Diese Sensitivitätsszenarien sollten mit den Klimaszenarien konsistent sein.

## Klimawirkungen und Wirkungsketten

Eine Klimawirkung (impact) beschreibt zum Zeitpunkt  $t_0$  die Wirkung des heutigen Klimas auf das heutige System beziehungsweise zum Zeitpunkt  $t_{+0}$  die Wirkung des zukünftigen Klimas auf ein zukünftiges System. Wirkungsketten verdeutlichen, welches Klimasignal welche möglichen Klimawirkungen beeinflusst und beinhalten Hinweise auf Wechselbeziehungen zu anderen Handlungsfeldern. Die Wirkungsketten stellen das Grundgerüst für die Vulnerabilitätsanalyse dar. Zudem dienen sie als wichtiges Kommunikationswerkzeug, um mit den beteiligten Akteuren klar zu vereinbaren, was analysiert wird und welche klimatischen und sozioökonomischen Parameter eine Rolle spielen.

Wirkungsketten können darüber hinaus als Basis für die Analyse der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Handlungsfeldern dienen, indem sie solche Beziehungen aufzeigen (etwa, wenn gleiche Klimawirkungen in mehreren Handlungsfeldern von Bedeutung sind oder eine Klimawirkung in einem Handlungsfeld eine Klimawirkung in einem anderen Handlungsfeld verursacht). Dies ist für sektorenübergreifende Analysen von großer Relevanz.

Von einer großen Zahl identifizierter möglicher Auswirkungen des Klimawandels sollten die für den jeweiligen Untersuchungsraum relevanten Klimawirkungen ausgewählt werden. Werden mehrere Fachakteure in die Auswahl einbezogen, sollten die einzelnen Auswahlkriterien genau definiert werden. Die Auswahl ist immer eine Form der individuellen, auf Expertenwissen basierenden Bewertung und Einschätzung. Nicht zuletzt deshalb bietet sich ein schrittweises Vorgehen in der Auswahl, Bewertung und Priorisierung von Klimawirkungen an:

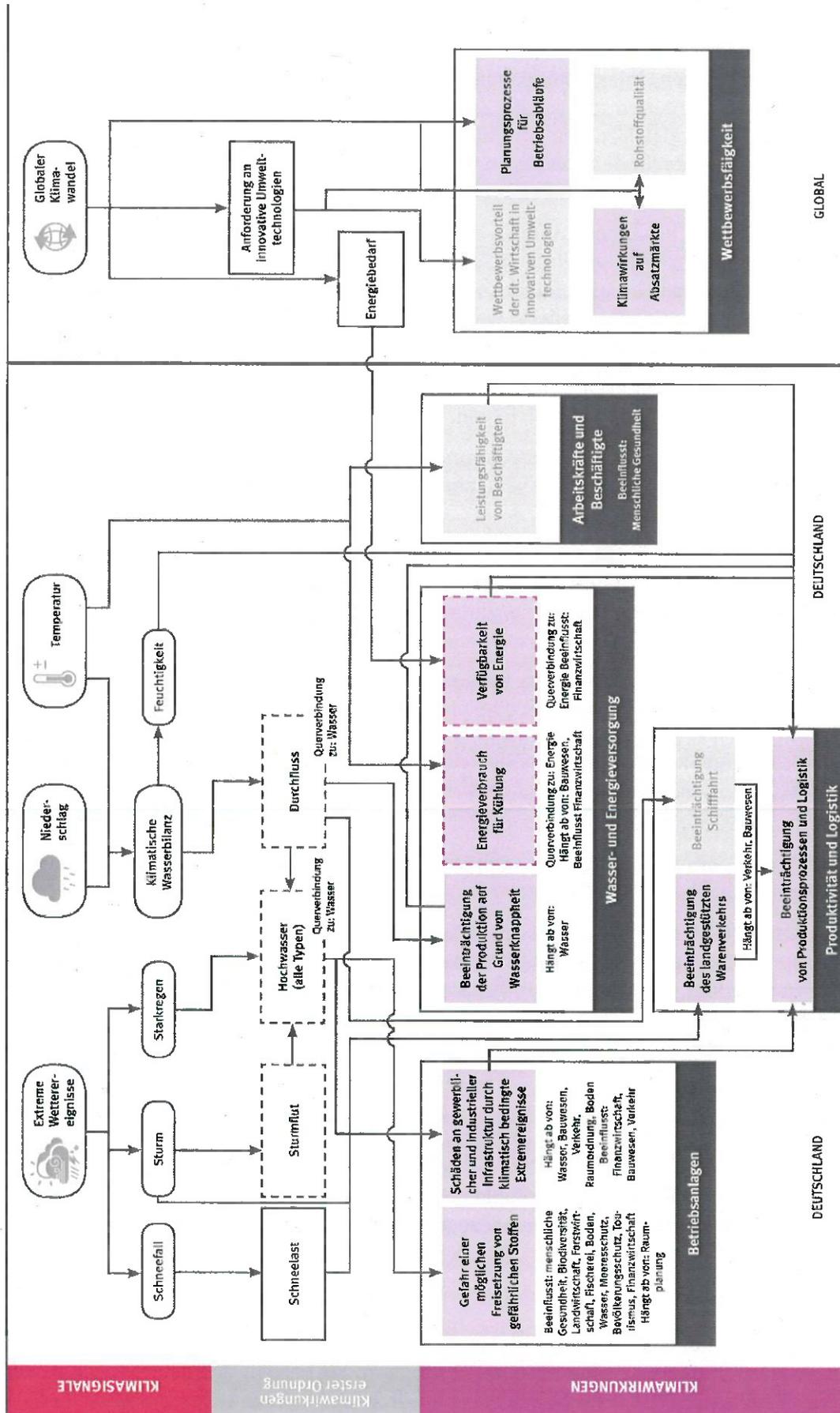
1. Auswahl relevanter Klimawirkungen
2. Operationalisierung
3. Bewertung der Ergebnisse der Operationalisierung

Für die Analyse der derzeitigen Auswirkungen des Klimas und jener in der nahen Zukunft bestehen drei grundsätzliche methodische Herangehensweisen:

1. Sind Wirkmodelle zur Abschätzung der Klimawirkungen vorhanden, die die komplexen und häufig nicht linearen Zusammenhänge zwischen Klimasignalen und Sensitivitätsparametern abbilden, so werden ihre Ergebnisse genutzt. Dabei muss darauf geachtet werden, welche Annahmen den Modellen zu Grunde liegen und ob sie mit den eigenen vereinbar sind.
2. In Fällen, in denen nicht auf vorhandene Wirkmodelle aufgebaut werden kann, sollte eine Parametrisierung der Auswirkungen über von Experten benannte Proxyindikatoren für die Kernelemente Klimasignal und Sensitivität stattfinden, das heißt für jede Klimawirkung einer für die Bearbeitung ausgewählten Wirkungskette werden ein oder mehrere Klimasignale und Sensitivitätsindikatoren verwendet.
3. Lassen sich Wirkungszusammenhänge nicht oder nur teilweise über das unter 1. oder 2. erläuterte Vorgehen abbilden, kann sich die Bewertung der Auswirkungen auf Wissen stützen, das über Expertenbefragungen narrativ gewonnen wird.

Diese Empfehlungen beziehen sich darauf, eine flächendeckende Aussage zu Klimawirkungen zu schaffen und verschiedene, zum Teil sehr unterschiedliche Indikatoren vergleichbar zu machen. Wenn der Zweck der Studie ein anderer ist, wenn es beispielsweise darum geht, einzelne „Hot Spots“ zu identifizieren oder detailliert Wirkungszusammenhänge zu ermitteln, bietet sich alternativ dazu eine Herangehensweise an, bei der zunächst überall Expertengespräche durchgeführt werden um nur dort zu quantifizieren, wo genauere Aussagen notwendig sind.

Abbildung 4: Beispiel für eine Wirkungskette im Handlungsfeld „Industrie und Gewerbe“



## Empfehlungen und Diskussionsfragen: Klimawirkungen

### Zentrale Empfehlungen

1. Von einer großen Zahl identifizierter möglicher Auswirkungen des Klimawandels sollten die für den jeweiligen Untersuchungsraum relevanten Klimawirkungen ausgewählt werden. Die Auswahlkriterien sollten dem Zweck der Studie entsprechen. Für einen sektorenübergreifenden Vergleich sollten soziale, wirtschaftliche, ökologische und kulturelle sowie flächenhafte Aspekte für den jeweiligen Untersuchungsraum berücksichtigt werden. Wichtig ist hierbei, dass die wesentlichen Auswirkungen erfasst werden.
2. Es wird empfohlen, zusammen mit den beteiligten Fachakteuren und aufbauend auf vorhandenem (Literatur-) Wissen einfache Wirkungsketten zunächst für alle relevanten Klimawirkungen zu entwickeln, unabhängig ob diese Wirkungen mit Modellen, Indikatoren oder auch über Expertenwissen abgedeckt werden können, um die Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Klimasignalen und möglichen Klimawirkungen zu analysieren.
3. Bei der Vulnerabilitätsanalyse sollte das Vorgehen für die Zeiträume Gegenwart und Zukunft jeweils der gleichen Methodik folgen, wenn die Ergebnisse verglichen werden sollen.
4. In jedem Fall empfiehlt sich die Verwendung von klar definierten Kennwerten pro Klimawirkung. Diese können quantitativ sein, aber auch semi-quantitativ in einem definierten Bewertungssystem.
5. Neben den Zuständen des Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt sollte auch die Veränderung zwischen den Zeiträumen betrachtet werden, weil die Stärke und Geschwindigkeit der Änderungen zwischen Gegenwart und naher Zukunft erste Einschätzungen für die ferne Zukunft erlauben (trifft nicht zu auf Schwellenwert-Situationen und Kipp-Punkte).
6. Für die Verschneidung quantitativer Informationen zu Klimasignal und Sensitivität empfiehlt sich eine Normalisierung über eine dimensionslose Skala zwischen 0 und 1; vor allem dann, wenn es um grundsätzliche strategische Fragen zur Anpassung an den Klimawandel geht. Dabei sollte die Bestimmung des für einen Kennwert jeweils kleinsten und größten Wertes über alle betrachteten Zeiträume vorgenommen werden, um die Aussagen über die verschiedenen Zeiträume vergleichbar zu machen.
7. Sofern klare Grenz- oder Schwellenwerte bei den Klimafolgen definiert werden können, ist die Darstellung von absoluten Werten sinnvoll.
8. Wenn der Zweck der Studie nicht darin besteht, flächendeckend vergleichbare Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels zu treffen, sondern detailliert Wirkungszusammenhänge zu ermitteln, bietet es sich an, zunächst überall Expertengespräche zu führen. Wichtig ist dabei, einen strukturiert geführten Interviewleitfaden zu entwickeln. Auch ist eine ausreichend große und repräsentative Anzahl an Experten anzustreben.

### Fragen zur Diskussion

1. Unter welchen Umständen ist eine quantitative Vulnerabilitätsabschätzung sinnvoll? Welche Möglichkeiten bestehen bezüglich einer semi-quantitativen Zusammenführung?
2. Können allgemeine Richtwerte empfohlen werden, wie viele Experten für eine qualitativ einzuschätzende Klimawirkung hinzugezogen werden sollten?

### Anpassungskapazität

Die Anpassungskapazität (adaptive capacity) ist die Fähigkeit eines Systems, sich an den Klimawandel anzupassen und potenziellen Schaden zu mindern. Sie bezieht sich definitorisch immer auf die Zukunft beziehungsweise die Möglichkeit, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. In der

Vergangenheit bereits getroffene Anpassungsmaßnahmen wie die Errichtung eines Bewässerungssystems, um sich vor klimatischer Trockenheit zu schützen, fließen in die Bewertung der Sensitivität mit ein.

#### **Empfehlungen: Anpassungskapazität**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Eine besondere Herausforderung bei einer Vulnerabilitätsbewertung ist die Tatsache, dass die Anpassungskapazität über technische und finanzielle Möglichkeiten hinaus von einer Vielzahl schwierig zu messender Faktoren beeinflusst ist. Um solche Faktoren berücksichtigen zu können, wird empfohlen, die sektorenunabhängigen und die sektorspezifischen beziehungsweise klimawirkungsspezifischen Rahmenbedingungen der Anpassungskapazität der verschiedenen Akteure an den Klimawandel getrennt zu untersuchen.
2. Wenn es in einer Studie darum gehen soll, mögliche Anpassungsoptionen als Grundlage für die Auswahl von Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren, werden in der Regel qualitative Abschätzungen zur Anpassungskapazität ausreichen. Bei den Klimawirkungen jedoch, bei denen eindeutige Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Klimasignal und Sensitivität einerseits sowie zwischen Klimawirkung und Anpassungsmaßnahmen andererseits bestehen und gleichzeitig eindeutige Schwellen- oder Grenzwerte existieren, kann eine quantitative Abschätzung empfohlen werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn beispielsweise Zielvereinbarungen über Anpassungserfolge zwischen verschiedenen Akteuren getroffen werden sollen.
3. Anpassungskapazität sollte auch getrennt von den Ergebnissen zu Klimawirkungen kommuniziert werden, da die (theoretische) Anpassungskapazität nur dann wirklich die Klimawirkung reduziert, wenn sie in Maßnahmen umgesetzt wird.

#### **Vulnerabilität**

Die Vulnerabilität ergibt sich aus einer Gegenüberstellung und Zusammenschau der Elemente „Klimawirkung“ und „Anpassungskapazität“.

#### **Empfehlungen: Vulnerabilität**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Wenn klar definierte Kenngrößen für die Anpassungskapazität bestehen und der Effekt von Anpassungsmaßnahmen abgeschätzt werden soll, sollte Vulnerabilität quantitativ bewertet werden.
2. Wenn die Identifikation räumlicher Schwerpunkte der Vulnerabilität Ziel der Studie ist und die Vulnerabilität nur verbal-qualitativ eingeschätzt werden kann, wird empfohlen, mit Hilfe der räumlichen Dimension der Klimawirkung indikativ-verbal Aussagen zur räumlichen Verteilung von Vulnerabilitäten zu treffen.

#### **Zeitbezug der Systemelemente**

#### **Empfehlungen und Diskussionsfragen: Zeitbezug**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Es wird empfohlen, wo immer möglich, auch für die Abschätzung der Sensitivitätsentwicklung Projektionen zu verwenden.

2. Da Sensitivitäts- und Klimaprojektionen mit Unsicherheit behaftet sind, wird angeregt, im Ergebnis von Vulnerabilitätsszenarien zu sprechen.

#### **Fragen zur Diskussion**

1. Vulnerabilitätsszenarien beinhalten die Multiplikation der Unsicherheiten von Sensitivität und Klimasignal-Projektionen. Wie kann damit umgegangen werden?

### **Szenarien des starken und schwachen Wandels**

#### **Empfehlungen: Szenarien**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Klimasignal und Sensitivitätsszenarien sollten zu Szenariokombinationen zusammengefasst werden.
2. Sofern möglich wird die Betrachtung von mindestens zwei alternativen Szenariokombinationen (starker und schwacher Wandel) empfohlen, da auf diese Weise die Bandbreite möglicher Entwicklungen abgebildet werden kann. Dies ist eine der wesentlichen Möglichkeiten, mit den bestehenden Unsicherheiten umzugehen.
3. Die Auswahl einer Kombination „mittlerer Wandel“ wird sich dann nicht lohnen, wenn die Abgrenzung zu den beiden anderen Szenariokombinationen nicht deutlich genug ist und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse durch die hohe Zahl von Ergebniskarten eingeschränkt würde.

### **Einheitliche Datengrundlagen und räumliche Auflösung**

#### **Empfehlungen: Datengrundlage**

##### **Zentrale Empfehlungen**

1. Das Klimamodell-Ensemble sollte den gesamten Untersuchungsraum flächendeckend abbilden, aus ausreichend vielen Modellläufen bestehen und auf einem oder mehreren zuvor festgelegten Emissionsszenarien basieren.
2. Es wird empfohlen, eine einheitliche Datenbasis für alle Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien des Bundes zu wählen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse herzustellen.
3. Es wird empfohlen, einheitliche Daten für die Sensitivität sowie die Anpassungskapazität verfügbar zu machen, insbesondere dort, wo kommunale oder Länderzuständigkeiten bestehen (Bevölkerungsschutz, Katastrophenschutz, Bildungsinformationen, Regionalplanung).

#### **(Integrierte) Bewertung**

Eine integrierte Bewertung kann über verschiedene Ansätze geschehen:

1. quantitativ anhand von wirkungsspezifischen Maßstäben (Schwellenwerte),
2. qualitativ durch Experten auf Grundlage der Analyseergebnisse oder
3. über gemeinsame Bezugsgrößen, beispielsweise durch Normalisierung oder Monetarisierung.

### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Integrierte Bewertung

#### Zentrale Empfehlungen

1. Wenn der Zweck der Analyse darin besteht, langfristig und großräumig und unabhängig von einzelnen Handlungsfeldern Ressourcen zur Anpassung an den Klimawandel zu allokalieren und mit Förderstrategien zu kombinieren, bietet sich eine integrierte Betrachtung über mehrere oder alle Klimawirkungen oder Handlungsfelder an.
2. Eine quantitative Bewertung wird empfohlen, wenn entsprechende Schwellenwerte für die Klimawirkungen bekannt sind oder die Klimawirkungen in gemeinsame Bezugsgrößen umgerechnet werden können.
3. Ist dies nicht möglich, wird eine qualitative Bewertung unter Einbezug fachlicher Experten empfohlen.

#### Fragen zur Diskussion

1. Aggregation der Daten pro Raumeinheit: Welche Vorteile und Nachteile bestehen? Grundsätzlich besteht die Schwierigkeit übergreifende Bewertungskriterien festzulegen sowie ein Maß für die Gewichtung der Einzelbewertungen zu ermitteln – denn auch eine Gleichgewichtung ist immer auch willkürlich und kann letztlich nur normativ begründet werden.
2. Übergreifende Bewertungskriterien: Es ist schwierig sektorenübergreifende Bewertungskriterien festzulegen. Kann es hier etwas anderes als Bauch-Entscheidungen geben?

## 5.2 Umsetzung einer Klimawirkungs- oder Vulnerabilitätsstudie

### Beteiligung

#### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Beteiligung

#### Zentrale Empfehlungen

1. Die Analyse und Bewertung von Klimawirkungen und Vulnerabilitäten sollten mit einem Netzwerk von Fachakteuren (und eventuell externen Experten) durchgeführt werden.
2. Die Entscheidungsgrundlagen und Analyseschritte sollten von der Projektbearbeitung vorbereitet werden; die Abstimmung über das Vorgehen sollte mit den beteiligten Fachakteuren erfolgen.
3. Die beteiligten Fachakteure sollten mit Daten, Modellergebnissen und Expert/innenwissen zur Analyse beitragen, um eine gute Integration der Ergebnisse in ihre Arbeit zu ermöglichen.
4. Diese Arbeitsweise setzt ausreichend Ressourcen seitens der beteiligten Fachakteure, eine stetige und kontinuierliche Kommunikation, sowie verbindliche Absprachen hinsichtlich Abstimmungsterminen voraus. Diese muss von der Projektleitung und vom Auftraggeber aktiv befördert und organisiert werden.
5. Für deutschlandweite Studien wird empfohlen, die Bundesländer frühzeitig einzubinden und zu informieren (etwa über den Ständigen Ausschuss zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels).

#### Fragen zur Diskussion

1. In welchen Fällen ist die Trennung von Arbeits- und Entscheidungsebene auch in Persona zu empfehlen?

## Datensammlung und quantitative Analyse

### Empfehlungen: Datensammlung und quantitative Analyse

#### Zentrale Empfehlungen

1. Eine frühzeitige Anfrage bei den entsprechenden Behörden oder Forschungseinrichtungen ist zu empfehlen, da zum Teil ein sehr hoher zeitlicher (und personeller) Aufwand besteht, um die angefragten Daten zusammenzustellen.
2. Die frühzeitige Identifikation von Datenlücken ermöglicht eine Entscheidung darüber, ob Klimawirkungen über qualitative Interviews abgeschätzt oder aus der Analyse herausgenommen werden.

## Erheben qualitativer Informationen

### Empfehlungen: Erheben qualitativer Informationen

#### Zentrale Empfehlungen

1. Sowohl im Zuge der Operationalisierung einzelner Klimawirkungen als auch im Rahmen der Einschätzung der sektoralen Anpassungskapazität sollten leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt werden.
2. Hierzu sind strukturierte Interviewleitfäden zu verwenden, die narrative Informationen erheben, aber auch die Überführung in ein semi-quantitatives Bewertungsschema enthalten.

## Aggregation

Erfahrungen mit Ansätzen zur Aggregation von Klimawirkungen und Anpassungskapazität zu einer (sektorenübergreifenden) Vulnerabilität fehlen gegenwärtig noch. Prinzipiell kann die Aggregation von Daten aber dazu beitragen, sektorenübergreifende und zusammenfassende Aussagen zu treffen.

Es sollte berücksichtigt werden, dass eine Aggregation immer nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtergebnis darstellen kann, da die Aggregation stets unter einem bestimmten Blickwinkel durchgeführt werden muss (Auswahl der zu aggregierenden Klimawirkungen, Gewichtung).

### Empfehlungen und Diskussionsfragen: Aggregation

#### Zentrale Empfehlungen

1. Eine operationelle Aggregation von Ergebnissen auf der Grundlage von Datensätzen erfordert geeignete Einheiten oder eine Normalisierung sowie eine ähnliche räumliche Auflösung und flächendeckende Datenverfügbarkeit.
2. Auf der Ebene von bewerteten Ergebnissen können Aggregationen bei gleichem Raumbezug und gleicher Bewertungsskala über Mittelwertbildung vorgenommen werden.
3. Die Aggregation ist in der Regel ein normativer Vorgang und sollte entsprechend mit den beteiligten Fachakteuren abgestimmt werden.

#### Fragen zur Diskussion

1. Welche zusätzliche Aussagequalität wird durch die Aggregation gewonnen? Wie hoch sollte man Ergebnisse aggregieren?

## Aussagen zum Grad der Gewissheit

Sowohl die berechneten als auch die über Experteninterviews erfragten Ergebnisse sind mit Unsicherheit behaftet.

### Empfehlungen: Gewissheit

#### Zentrale Empfehlungen

1. Um die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern, wird empfohlen, auf Ebene der Klimawirkungen die Gewissheit der Ergebnisse einzuschätzen.
2. Empfohlen wird, den Grad der Gewissheit für jeden Indikator und jede Klimawirkung auf einer Skala von „gering“ über „mittel“ bis „hoch“ zu bewerten. Für Klimawirkungen, die über mehrere Indikatoren abgebildet werden, sollte textlich ein Fazit gezogen werden.
3. Da die Bewertung der Gewissheit zum Teil normativer Natur ist, sollte sie von der Gesamtheit der beteiligten Fachakteure gemeinsam vorgenommen werden.

### 5.3 Darstellung der Analyseergebnisse, Zusammenführung mit dem aktuellem Stand der Forschung und Review

Im Einzelnen lassen sich aus dem Netzwerk Vulnerabilität heraus folgende zentrale Empfehlungen für die Dokumentation zukünftiger Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien aussprechen:

- ▶ **Zweck der Studie:** Eine regionale Analyse verfolgt in der Regel einen anderen Zweck (nämlich die Anpassungsplanung) als eine nationale (Herstellung von Vergleichbarkeit, Strategieentwicklung) und eine wissenschaftlich getriebene (methodische Weiterentwicklung) folgt einem anderen Zweck als eine politisch beauftragte (Identifikation Hot Spots).
- ▶ **Primär- oder Sekundärstudie:** Es sollte stets transparent gemacht werden, ob die getroffenen Aussagen in erster Linie direkt aus einer eigenen Forschungsarbeit abgeleitet wurden („Primärstudie“) oder ob hauptsächlich Aussagen aus anderen Quellen zusammengetragen wurden („Sekundärstudie“, manchmal auch „Metastudie“, bei der Primärstudien ausgewertet, zusammengefasst und neue Schlüsse gezogen werden).
- ▶ **Methodisches Vorgehen (Modelle, quantitativ, qualitativ):** Das methodische Vorgehen hängt häufig von den zur Verfügung stehenden Ressourcen, aber auch von verfügbaren Daten und Modellen ab. In jedem Fall sollte der verwendete methodische Ansatz genau beschrieben und alle zur Bestimmung von Klimawirkungen verwendeten Modelle und Modellketten benannt und charakterisiert werden (inklusive der Klimamodelle und -ensembles).
- ▶ **Verwendete Daten:** Es sollte stets angegeben werden, auf welchen Klimadaten (Exposition), aber insbesondere auch auf welchen sozio-ökonomischen Daten (Sensitivität) die Abschätzung beruht und welche Szenarien für die Klimaentwicklung sowie für die Entwicklung der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen angelegt wurden.
- ▶ **Betrachteter Zeitraum:** Besonders wichtig ist auch ein Hinweis, für welchen Zeitpunkt die Aussagen getroffen werden sowie auf welches Referenzjahr sich die Abschätzung der Veränderungen bezieht.
- ▶ **Verwendung von im Voraus definierten und allgemein anerkannten Vorgaben:** Die Bewertung der Ergebnisse sollte über im Voraus definierte und (wenn möglich) anerkannte Vorgaben erfolgen, ähnlich wie es der IPCC für Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens zukünftiger Ereignisse vorgenommen hat. Diese Vorgaben sollten in allen Klimastudien einheitlich verwendet werden und sich auf folgende Aussagenbereiche beziehen:
  - ▶ **Wahrscheinlichkeit des Eintretens:** Abstufung, wann die abgeschätzten Klimaauswirkungen „sicher“, „wahrscheinlich“, „sehr unwahrscheinlich“ usw. eintreten werden (beim IPCC:

Virtually certain > 99% probability of occurrence, Extremely likely > 95%, Very likely > 90%, Likely > 66%, More likely than not > 50%, Unlikely < 33%, Very unlikely < 10%, Extremely unlikely < 5%).

- ▶ **Stärke der Veränderung:** Abstufung, wann die Änderung einer Klimawirkung als „gering“, „moderat“ oder „stark“ eingeschätzt wird. Darüber hinaus gehende, eher unspezifische Formulierungen („drastisch“, „enorm“ usw. sollten vermieden werden). Hier besteht Forschungsbedarf, um allgemeingültige Bewertungssysteme zu entwickeln.
- ▶ **Häufigkeit:** Insbesondere wenn es um das verstärkte Auftreten von Ereignissen (zum Beispiel Extremwetterereignissen) geht, sollte klar definiert sein, was „selten“, „häufig“ oder „sehr häufig“ bedeutet, und dieses Wording entsprechend konsistent verwendet werden.
- ▶ **Normative Entscheidungen:** Auch normative Entscheidungen können über ein festgelegtes Vokabular deutlich gemacht werden. Zum Beispiel sollte der Begriff „Bewertung“ nur für solche normative Bewertungen genutzt werden. Sinnvoll kann auch sein, eine Textbox oder ein anderes grafisch abgesetztes Element zu nutzen, um alle für die Studie zentralen Annahmen und Entscheidungen, wie die Wahl des Emissionsszenarios, zentral zu dokumentieren.
- ▶ **Beteiligte Expert/innen:** Es ist zu empfehlen, alle beteiligten Fachakteure, Interviewpartner und Expert/innen zu nennen.
- ▶ **Grafische Abbildung der Ergebnisse:** Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Ergebnisse von Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien grafisch abzubilden. Für räumliche Analysen bieten sich Kartendarstellungen an. Dabei erleichtert es die Interpretation von Klimawirkungskarten, wenn die in die Analyse eingeflossenen Klima- und Sensitivitätsparameter ebenfalls in Kartenform mit abgebildet werden. Um Entwicklungen aufzuzeigen, sollten dabei alle betrachteten Zeitpunkte nebeneinander dargestellt werden. Für nicht räumlich differenzierte Angaben eignen sich Diagramme, etwa Säulendiagramme, die die Stärke der Klimawirkung über die Länge der Säule abbilden.
- ▶ **Grafische Abbildung des Prozesses:** Um die Transparenz hinsichtlich des Vorgehens zu erhöhen, kann der Prozess der Analyse in Form eines Schaubildes abgebildet werden. Wird dies gemacht, ist zu empfehlen, dass die Grafik verdeutlicht, an welchen Stellen die beteiligten Fachakteure sowie externe Experten einbezogen wurden, wo das betrachtete System definiert wurde (zum Beispiel Auswahl der betrachteten Klimawirkungen) und wann Ergebnisse aggregiert wurden, um zusammenfassende Aussagen treffen zu können.
- ▶ **Qualitätssicherung:** Für jede Studie sollte kenntlich gemacht werden, wie die Qualitätssicherung durchgeführt wurde, zum Beispiel ob und in welcher Form es ein Review-Verfahren gegeben hat.

Überschrift/Titel:	Grußwort Vulnerabilitätsanalyse
Untertitel:	
Redner/in:	Thomas Stratenwerth
Anlass:	Fachtagung Vulnerabilität
Ort:	Berlin, BMVI

Sehr geehrter Herr Holzmann,  
sehr geehrter Herr Becker,  
sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Kolleginnen und Kollegen!

Im Namen des BMUB begrüße ich Sie herzlich zur heutigen Fachtagung „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“, die die Ergebnisse des mehrjährigen Vorhabens zur Erarbeitung einer einheitlichen, handlungsfeldübergreifenden und flächendeckenden Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland präsentiert und zur Diskussion stellt.

Nur wenige Tage nach der Veröffentlichung des indikatorenge-  
stützten Monitoringberichts zu den beobachteten Auswirkungen  
des Klimawandels und den Wirkungen von ergriffenen Anpas-  
sungsmaßnahmen stellen wir damit heute die Ergebnisse eines  
weiteren, vom Bundeskabinett als Teil des Aktionsplans Anpas-  
sung an die Folgen des Klimawandels 2011 beauftragten, hand-  
lungsfeldübergreifenden Vorhabens von zentraler Bedeutung  
für die Weiterentwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie  
an den Klimawandel vor. Beide Vorhaben – Monitoringbericht  
und Vulnerabilitätsanalyse - haben methodisches Neuland be-  
treten, letztere nicht zuletzt durch die Berücksichtigung sozio-  
ökonomischer Szenarien, und wichtige Grundlagen für die Ein-  
schätzung und Bewertung der Folgen des Klimawandels in  
Deutschland sowie der Fähigkeiten, sich an die eingetretenen  
und noch eintretenden Veränderungen anzupassen, geliefert.  
Mit diesem Paket können wir uns auch im europäischen und in-  
ternationalen Kontext sehr gut sehen lassen.

In beiden Vorhaben ging es um eine systematische und nüchterne Analyse, um eine Basis für das Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels, den Handlungsbedarf und damit für die Planung von Anpassungsmaßnahmen zu legen.

Als wir 2007 damit begonnen haben, die Deutsche Anpassungsstrategie zu erarbeiten, die dann 2008 von der Bundesregierung verabschiedet wurde, fehlte uns eine solche, auf der Basis einer einheitlichen Methodik erarbeitete und damit konsistente Grundlage. Deshalb haben wir uns in der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel, der IMA Anpassung darauf verständigt, die beiden genannten Vorhaben in den Aktionsplan aufzunehmen. Und auch während der Durchführung der beiden Vorhaben hat sich die IMA immer wieder eingebracht.

Ausdruck dieser engen Anbindung an die IMA war dann insbesondere bei der Vulnerabilitätsanalyse die von den Ministerien

gewollte und unterstützte intensive Mitwirkung zahlreicher Bundesoberbehörden im Netzwerk Vulnerabilität unter der Koordination des Umweltbundesamts. Dafür an dieser Stelle mein ausdrücklicher Dank, vor allem – und das möchte ich besonders hervorheben – an Frau Dr. Schauser, die verantwortliche Projektbegleiterin.

Die Ergebnisse, die Ihnen hier heute vorgestellt werden, sind bereits in die Vorbereitung des Fortschrittsberichts zur Deutschen Anpassungsstrategie eingeflossen, den die IMA aktuell erarbeitet und der im Dezember diesen Jahres dem Bundeskabinett vorgelegt werden soll. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird einen Teil des Fortschrittsberichts bilden. Darüber hinaus haben uns die Ergebnisse dabei geholfen, die von den einzelnen Ministerien für die Fortschreibung des Aktionsplan Anpassung vorgeschlagenen Maßnahmen daraufhin zu bewerten, ob sie die in der Vulnerabilitätsanalyse herausgearbeiteten

wesentlichen Klimawirkungen und deren Auswirkungen adressieren.

Die Vulnerabilitätsanalyse – wie auch der Monitoringbericht – stellen also nicht nur eine wissenschaftliche Leistung der beteiligten Forschungsinstitute und wissenschaftlichen Oberbehörden dar, sondern sie bilden eine wichtige Basis für die Weiterentwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie, die Planung von Anpassungsmaßnahmen und für die Kommunikation von Anpassungserfordernissen in der Öffentlichkeit.

Das geschaffene methodische Rüstzeug muss gepflegt und weiterentwickelt und vor allem genutzt werden, dasselbe gilt für die mit diesem Rüstzeug erzielten Ergebnisse.

Es ist uns daher ein Anliegen, dass künftige regionale und sektorale Vulnerabilitätsanalysen sich an der mit diesem Vorhaben entwickelten Vorgehensweise ausrichten und damit die Kompa-

tibilität und Vergleichbarkeit deutschlandweit und handlungsfeldübergreifend gewährleistet bleibt.

Der Bund stellt hier wichtige Bausteine für Klimadienste zur Verfügung, sowohl für seine eigenen operativen Aufgaben als auch für andere Verwaltungsebenen sowie Nutzer außerhalb der öffentlichen Verwaltung. Das gilt sowohl für die Bereitstellung von konsistenten Information und Daten hinsichtlich bereits beobachtbarer und prognostizierter Veränderungen wichtiger Klimaparameter – Herr Becker wird darauf gleich sicher noch näher eingehen - als auch im Hinblick auf die Analyse von Wirkungsketten zum besseren Verständnis der zu erwartenden Folgen dieser Veränderungen sowie auf die sich daraus ergebenden Ansatzpunkte für die Identifizierung von Maßnahmen.

„Verstetigung“ ist daher ein wichtiges Stichwort für die kommenden Jahre. Der erste Monitoringbericht und die nun vorliegende Vulnerabilitätsanalyse wurden im Rahmen aufwändiger

Forschungsprojekte erarbeitet. Die spannende Frage wird nun sein, wie es gelingen kann, die Nutzung, Pflege und Weiterentwicklung als kontinuierliche Aufgabe zu etablieren und hierfür Strukturen und Ressourcen bereit zu stellen. Das mit dem jetzt zu Ende gehenden Vorhaben aufgebaute Netzwerk der wissenschaftlichen Oberbehörden des Bundes könnte dabei eine wichtige Rolle spielen. Dazu muss das Thema Anpassung an den Klimawandel aber verstärkt als Daueraufgabe der Oberbehörden anerkannt werden.

Ergänzend wird natürlich auch weiterhin Forschung, insbesondere auch Ressortforschung, notwendig sein, um gezielt die identifizierten Lücken und Vertiefungsbedarfe zu bearbeiten.

Der Abschlussbericht des Vulnerabilitätsvorhabens benennt hier eine ganze Reihe von Themen.

Sehr geehrte Damen und Herrn, liebe Kolleginnen und Kollegen,

die Ergebnisse der vorliegenden Vulnerabilitätsanalyse zeigen, dass wir in Deutschland zwar in den kommenden Jahren und Jahrzehnten mit Auswirkungen des Klimawandels in vielen Lebens- und Politikbereichen zu rechnen haben, diese Auswirkungen aber zumindest in den nächsten 20 bis 25 Jahren aber keinen Anlass für Alarmismus geben, wenn wir uns angemessen darauf einstellen. Für die längere Frist zeigen die Ergebnisse aber, dass durchaus erhebliche Klimafolgen eintreten können, insbesondere wenn die angestrebte Begrenzung der Erderwärmung durch die notwendige drastische Reduzierung der Treibhausgasemissionen nicht oder nicht schnell genug erreicht werden sollte. Gerade in den Bereichen, in denen die Anpassung an die möglichen Folgen z. B. auf Grund langer Investitionszyklen wie im Bereich der Infrastrukturen nur in längeren Zeitschritten möglich ist, ist daher eine Stärkung der Resilienz gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels ein Gebot vorsorgender Politik. Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des schon jetzt unvermeidbaren Klimawandels werden damit mehr und

mehr sich ergänzende Elemente einer integrierten Klimapolitik. Hierfür die notwendige Wissensbasis zu legen und weiterzuentwickeln, wird eine Daueraufgabe werden, und die Bereitstellung der erforderlichen Informationen für Entscheidungsträger ebenso wie für die Bevölkerung ist, wenn man so will, ein Stück „Daseinsvorsorge“.

Ich freue mich auf eine spannende Veranstaltung heute und wünsche Ihnen interessante Diskussionen und Gespräche.

Vielen Dank.



Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

auch ich heiße Sie willkommen zu unserer Fachkonferenz, auf der wir zum ersten Mal Ergebnisse eines Projektes präsentieren, an dem wir im engen Schulterschluss mit vielen Ressortforschungseinrichtungen des Bundes vier Jahre lang erfolgreich gearbeitet haben. Doch mehr dazu etwas später.

Vor kurzem hat das UBA, gemeinsam mit der Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMA) Anpassung, den Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel veröffentlicht. Er zeigt auf, dass

1. die Folgen des Klimawandels auch in Deutschland – in allen Lebensbereichen – bereits messbar sind – beispielweise gibt es bereits deutlich mehr Hitzetage (Mitte letzten Jahrhunderts: 3 Tage; Anfang dieses Jahrhunderts: 8 Tage) – und

## Begrüßung

Rede  
von

Holzmann, Thomas

Vize-Präsident des Umweltbundesamtes,  
auf der Fachkonferenz

„Vulnerabilität Deutschlands gegenüber  
dem Klimawandel.“

Sektorenübergreifende Analyse  
des Netzwerks Vulnerabilität“

am 01. Juni 2015

in Berlin, BMVI

– Es gilt das gesprochene Wort –

So nicht gelies / Hen !

2. Deutschland bereits dabei ist, sich an den Klimawandel anzupassen – so dass es heute beispielsweise weniger Waldbrände gibt als früher trotz steigender Waldbrandgefahr.

Aber – wie Sie hier alle wissen – die weltweiten Treibhausgasemissionen steigen kontinuierlich und somit verändert sich das Klima immer stärker. Gegenwärtig folgen die globalen Emissionen dem worst case Szenario des IPCC, welches – schaffen wir es nicht, diesen Trend durch anspruchsvollen Klimaschutz zu brechen – unseren Globus um etwa weitere 4 Grad erwärmt. Das heißt:

Der Klimawandel und damit verbundene Auswirkungen sind also nicht nur gegenwärtig schon zu beobachten, sondern dieser Trend wird anhalten. Die Auswertung vieler Klimafolgenstudien über die möglichen Entwicklungen in der Zukunft zeigt, dass die Folgen des

Klimawandels, wie Hochwasser, Hitzewellen, bereits Mitte dieses Jahrhunderts auch in Deutschland deutlich stärker werden können.

Dies ist ein Ergebnis einer umfassenden, übergreifenden und deutschlandweiten Studie, die für eine Weiterentwicklung der Deutschen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel erstellt wurde: Ich rede von der Vulnerabilitätsanalyse des „Netzwerks Vulnerabilität“.

Ein sehr modischer Titel: Netzwerken ist in aller Munde und überall wichtig, nicht nur für Behörden, man baut Sicherheits- oder Telekommunikationsnetze in unserem Falle identifiziert man Vulnerabilitäten ....

– Das Netz bringt in jedem Falle einen Mehrwert, denn das vernetzte Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.

Bei Fragen um unsere Vulnerabilität geht es im Kern um: was macht uns verletzlich,

wogegen sind wir verletzlich? Dies sind zentrale Fragen der Risikoversorge. Sie leiten das Vorsorgeprinzip, eine der Säulen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes. Unsere Studie lehrt uns: Wetter und Klimawandel sind nur für einen Teil der Verletzlichkeit Deutschlands verantwortlich. Doch durch ein extremes Wetterereignis – wie die Hitzewelle 2003 – können Verluste schnell extrem hoch schießen. Es gibt ja auch noch Finanzkrisen, eine alternde Bevölkerung oder streikende Lokführer. Aber ich sehe, der Saal ist voll, die Anfahrt scheint für Sie alle ohne größere Probleme verlaufen zu sein. Das ist gut nach den Schwierigkeiten der letzten Woche mit dem Mobilitätsnetz.

Was haben wir getan? Für die Vulnerabilitätsanalyse wurde eine konsistente und nachvollziehbare Methodik entwickelt und angewandt: Eine wichtige

Voraussetzung für diese Methodik war die enge Zusammenarbeit zwischen Forschenden aus dem Wissenschaftsbetrieb und aus Ressortforschungseinrichtungen im Netzwerk Vulnerabilität.

Hintergrund: Das Umweltbundesamt, FG 1.6 KomPass, hat 2011 im Auftrag der Bundesregierung (s. Aktionsplan Anpassung), das Netzwerk Vulnerabilität zusammen mit dem Deutschen Wetterdienst, dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe sowie dem Technischen Hilfswerk gegründet. Heute besteht das Netzwerk Vulnerabilität aus 16 Bundesbehörden und – institutionen aus 9 Ressorts und einem wissenschaftlichen Konsortium, finanziert durch BMUB und koordiniert durch das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im UBA.

Im Netzwerk Vulnerabilität wurden gemeinsam – wie bei der Herstellung eines Netzes – die vielfältigen bestehenden Erkenntnisse zum Klimawandel zusammengetragen und in einer einheitlich strukturierten Weise ausgewertet. Man kann sagen: Das Netz wurde aus vielen Wissenssträngen – den unterschiedlichen Klimawirkungen in den verschiedensten Lebensbereichen – geknüpft. Diese Seile mussten zum Einen dick genug sein, d.h. die Klimawirkungen mussten aus Sicht der Behörden eine Relevanz für Deutschland haben. Die Seile sollten zum Zweiten möglichst gleich lang sein, d.h. sie mussten deutschlandweite Aussagen ermöglichen. Und sie sollten zum Dritten möglichst stabil sein, d.h. es musste ein wissenschaftlich nachvollziehbares Vertrauen in ihre Aussagekraft bestehen. Daher wurden nur jene Folgen des Klimawandels berücksichtigt, die dieses Netz in robuster Art tragfähig machen. Im Umkehrschluss

folgt, dass es weiterhin einen Bedarf an sektorspezifischen und räumlich detaillierten Analysen der Folgen des Klimawandels gibt: Entsprechende Lücken werden benannt und gehen in Forschungsempfehlungen ein. Hier wurde also von Forschenden aus Bundesbehörden und Wissenschaftsbetrieb im Schulterschluss eine innovative Methodenarbeit geleistet, die es ermöglichte, die wichtigsten, sektoralen und sektorenübergreifenden Folgen des Klimawandels – wie städtische Hitzebelastungen und Hochwassergefahren durch Flussüberschwemmungen oder Sturzfluten – für Deutschland herauszufiltern und zu bewerten. Basis dafür waren die im Netzwerk Vulnerabilität entwickelten Wirkungsketten, die den Zusammenhang zwischen Klimaänderung und Klimawirkung darstellen, sowie die

Klimaprojektionsdaten vom DWD und die sozioökonomischen Szenarien einer zukünftigen Entwicklung vom BBSR.

Übrigens:

Die Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, einer der 16 Netzwerkpartner, hat diese Methodik für eine Anwendung in Entwicklungsländern weiterentwickeln lassen. Ergebnisse hierzu werden morgen auf einem Side-Event der Klimakonferenz in Bonn diskutiert und mittels Videokonferenz nach Berlin übertragen.

Unsere Ergebnisse, von denen wir erste Teile bereits wissenschaftlich publiziert haben, zeigen die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit des Behördennetzwerks als einer Institution der Ressortforschung des Bundes. Wir haben mit dieser sektorenübergreifenden Zusammenarbeit sehr gute Erfahrungen gemacht und würden sie gern fortführen.

Weil wir auch in Zukunft eine starke Ressortforschung brauchen, freuen wir uns darauf, weitere Bundesbehörden in unserem Netzwerk zu begrüßen, um sich mit ihrem Wissen einzubringen und um im Schulterschluss eine forschungsbasierte Politikberatung für die Weiterentwicklung der Deutschen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel zu leisten.

Neben den wissenschaftlichen Ergebnissen haben wir die Erfahrung gemacht

„Zusammenarbeit und Kompetenzverknüpfung lohnt sich“: so wurden Daten- und Methoden ausgetauscht, eine gemeinsame Sprache und Vorstellung im Bereich Vulnerabilitätsanalyse entwickelt, Sektoren übergreifende Themen und Forschungsbedarf identifiziert sowie persönliche Kontakte geknüpft:

Die Ergebnisse werden gleich vorgestellt werden, daher möchte ich hier nur einen Punkt besonders hervorheben:

Der Klimawandel in der Zukunft wird auf andere sozioökonomische Bedingungen wie heute treffen, was zu teils geringerer teils höherer Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel führt

Daher reichen Klimaprojektionen und (naturwissenschaftliche) Klimafolgenmodelle allein für eine Anpassungspolitik nicht aus, man muss auch die sozioökonomische Entwicklung mit im Blick haben: konkret den Flächen-, Energie- oder Materialverbrauch, die Resilienz von Infrastrukturen, die Struktur der Bevölkerung und deren Freizeit- und Arbeitsverhalten. In den heute vorgestellten Ergebnissen wurden erstmals für Deutschland sozioökonomische Szenarien (Landnutzung, ökonomische und der demographische Entwicklung)

berücksichtigt. Sie als Fachleute wissen. Das ist – im Vergleich zu bisherigen Vulnerabilitätsanalysen – eine der großen Stärken dieser Studie.

Das Netzwerk Vulnerabilität wurde durch den Bund beauftragt, aber – wie uns Nachfragen aus Bayern und Niedersachsen zeigen – unsere Arbeiten können auch andere Organisationen oder Institutionen, die an komplexen, sektorenübergreifenden Analysen arbeiten, unterstützen.

Daher sehen wir die heutige Fachkonferenz vor allem als Möglichkeit zur weiteren Vernetzung. Wir wünschen uns, dass wissenschaftliche Diskussionen die Sektor- und Ebenen übergreifende fachliche Zusammenarbeit stärkt.

Wir hoffen darüber hinaus, dass die Netzwerk – Ergebnisse von anderen Forschungsgruppen als Gute-Praxis Beispiel im Bereich Vulnerabilitätsanalysen verwendet werden, um zur

wissenschaftlichen Qualitätssicherung und  
zur Vergleichbarkeit solcher komplexer  
Analysen beizusteuern.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen einen  
interessanten Tag mit anregenden  
Diskussionen.



A) z.d.A. (22/4/15)  
S 42250-1/1

**Schoenberg, Eric**

**Von:** Hempen, Susanne  
**Gesendet:** Mittwoch, 22. April 2015 10:27  
**An:** Schoenberg, Eric  
**Betreff:** WG: Dokumentation des 8. Netzwerktreffens  
**Anlagen:** Ergebnisdokumentation\_8\_Netzwerktreffen\_2014\_12\_03.pdf;  
Gruppenfoto\_Netzwerk\_Vulnerabilitaet.jpg

**Kennzeichnung:** Zur Nachverfolgung  
**Kennzeichnungsstatus:** Gekennzeichnet

Lieber Herr Schoenberg,

bitte die Dokumentation ausdrucken und in die Akten geben.

Danke!

Liebe Grüße

*Susanne Hempen*

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)  
Referat WR I 1  
Allgemeine, grundsätzliche sowie internationale  
und europäische Angelegenheiten der Wasserwirtschaft

Postfach 12 06 29  
53048 Bonn  
+49 (0)228 3052588  
E-Mail: [Susanne.Hempen@bmub.bund.de](mailto:Susanne.Hempen@bmub.bund.de)  
Internet: [www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de)



Please consider the environment before printing the email!

**Von:** Netzwerkpartner - Netzwerk-Vulnerabilität [<mailto:netzwerkpartner@netzwerk-vulnerabilitaet.de>]  
**Gesendet:** Dienstag, 21. April 2015 10:47  
**An:** Hempen, Susanne  
**Betreff:** Dokumentation des 8. Netzwerktreffens

Sehr geehrte Netzwerkpartner,

anbei sende ich Ihnen die Dokumentation des achten Netzwerktreffens. Sie ist zudem im Log-in-Bereich der Webseite [redacted] zu finden, wo auch die Präsentationen der Veranstaltung heruntergeladen werden können.

Darüber hinaus finden Sie im Anhang das Gruppenfoto, das wir während des Treffens gemacht haben.

Mit freundlichen Grüßen

[redacted]

[redacted]

Project Manager



Web: <http://www.adelphi.de>

[Twitter.com/adelphi\\_berlin](https://twitter.com/adelphi_berlin)

[Linkedin.com/company/adelphi-berlin](https://www.linkedin.com/company/adelphi-berlin)

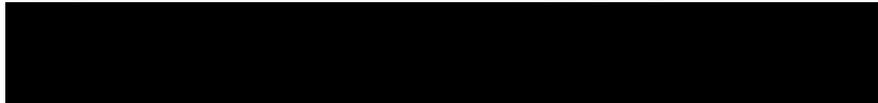
[Facebook.com/adelphi.de](https://www.facebook.com/adelphi.de)



adelphi consult GmbH

Caspar-Theyß-Straße 14a, 14193 Berlin

Geschäftsführer:



# Netzwerk Vulnerabilität



## 8. Netzwerktreffen des Netzwerks Vulnerabilität

am 03.12.2014, bei der BGR in Berlin



## Ergebnisdokumentation

Autoren:

[Redacted] (adelphi)

## Ergebnisdokumentation 8. Netzwerktreffen Vulnerabilität

### Veranstaltungsort

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)  
Wilhelmstr. 25-30  
13593 Berlin

### Programm 03.12.2014

Dauer 09:15 – 17:00 Uhr

Wann	Was	Wer
09:15	Begrüßung	Dr. Peter Buchholz (BGR)
09:30	Stand des Vorhabens und Gliederung Abschlussbericht	██████████ (adelphi)
09:45	Ergebnisse Clusteranalyse und Klima t <sub>2</sub>	██████████ (PRC)
10:00	Diskussion	
10:20	Kaffeepause	
10:50	Ergebnisse zur generischen Anpassungskapazität	██████████ (PRC)
11:10	Diskussion	
11:30	Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Umwelt und primärer Sektor“	██████████ (EURAC)
11:45	Diskussion und Abstimmung	
12:05	Mittagspause	
13:00	Abschlussfoto	
13:10	Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Wasser und Fischerei“	██████████ (PRC)
13:25	Diskussion und Abstimmung	
13:45	Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Siedlung, Verkehr und menschliche Gesundheit“	██████████ (PRC)
14:00	Diskussion und Abstimmung	
14:20	Kaffeepause	
14:50	Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Produktion und Dienstleistung“	██████████ (adelphi)

## Ergebnisdokumentation 8. Netzwerktreffen Vulnerabilität

Wann	Was	Wer
15:05	Diskussion und Abstimmung	
15:25	Sektorenübergreifende Auswertung	██████████ (adelphi) / ██████████ (EURAC)
16:00	Ausblick und offene Fragen	██████████ (adelphi)
16:20	Abschluss des Vorhabens	Dr. Inke Schauer (UBA)
17:00	Ende der Veranstaltung	

Moderation: ██████████ (IKU)

### Ergebnisse

#### **Begrüßung und Einführung, Dr. Peter Buchholz, BGR**

Herr Buchholz, Leiter der deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), eröffnet das 8. Netzwerktreffen und begrüßt die Teilnehmenden in den Räumlichkeiten der BGR in Berlin-Spandau.

Er berichtet, dass der Standort in Berlin-Spandau eine alte preußische Kaserne ist, die nach dem Zweiten Weltkrieg von der britischen Armee genutzt wurde. Heute befindet sich hier unter anderem das nationale Bohrkernlager, in dem z.B. Seesedimente gelagert werden.

Herr Buchholz wünscht allen Teilnehmenden eine erfolgreiche Veranstaltung.

#### **Begrüßung und Einführung, [REDACTED] IKU**

[REDACTED] begrüßt die Teilnehmenden des 8. Netzwerktreffens im Namen des Konsortiums. Er stellt die Tagesordnung und die Ziele des Treffens vor. Dabei unterstreicht er, dass Teile des Abschlussberichtes des Vorhabens bis zum 31.12.2014 fertiggestellt werden müssen und es daher besonders wichtig ist, die Kernaussagen zu den Auswirkungen gemeinsam abzustimmen.

Frau Schauer stellt [REDACTED] einen Praktikanten des UBA, vor. Eine von [REDACTED] Aufgaben sei es, die Schnittstellen zwischen dem Policy Mix-Projekt und dem Netzwerk Vulnerabilität zu identifizieren.

#### **Stand des Vorhabens und Gliederung Abschlussbericht, [REDACTED] adelphi**

Zu Beginn seiner Präsentation gibt [REDACTED] einen kurzen Rückblick auf die Entwicklung und die bisherigen Treffen des Netzwerks Vulnerabilität, das seit nunmehr drei Jahren zusammenarbeitet.

Anschließend stellt er die Ziele und Inhalte des heutigen Netzwerktreffens vor:

- Vorstellung und Diskussion erster Ergebnisse der Clusteranalyse
- Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse zur generischen Anpassungskapazität
- Abstimmung der Ergebnisse und Kernaussagen zu den vier Clustern (inkl. Aussagen zur fernen Zukunft)
- Erste Ergebnisse der sektorenübergreifenden Auswertung

Er erläutert, dass sich die Gliederung des Abschlussberichts geändert hat:

- Das Kapitel „Generische Anpassungskapazität und Anpassungskapazität der Raumplanung“ wurde nach vorne verschoben.
- Die Struktur von Kapitel 7 „Klimawirkungen und Vulnerabilität in den Handlungsfeldern“ wurde geändert.
- Das Kapitel 8 „Integrierte Betrachtung“ wurde anders untergliedert:
  - Vergleich der zentralen Aussagen der Handlungsfelder
  - Verknüpfung der Handlungsfelder
  - Implikationen für die Klimaraumtypen
  - Gesamtbewertung

Eine weitere Neuerung sind die Kernaussagen, die das Konsortium für alle Auswirkungen erstellt und teilweise schon mit den Netzwerkpartnern abgestimmt hat. Die Kernaussagen dienen der strukturierten Zusammenfassung jeder Auswirkung, der Aggregation von Auswirkungen innerhalb eines Handlungsfelds und der sektorenübergreifenden Auswertung

Die Kernaussagen werden im Abschlussbericht in Textboxen dargestellt und bis zum 19.12.2014 mit den Netzwerkpartnern abgestimmt.

Darüber hinaus berichtet [REDACTED] dass die sektorale Anpassungskapazität teils ausgewertet wurde, die Ergebnisse zur generischen Anpassungskapazität und zur Anpassungskapazität der Raumplanung vorliegen, die Anpassungskapazität des Bevölkerungsschutzes aber nicht operationalisiert werden konnte. Die Auswertung der fernen Zukunft, so Herr Kahlenborn, findet gerade statt.

[REDACTED]

### Ergebnisse Klima $t_2$ und Clusteranalyse, [REDACTED] PRC

In seinem ersten Vortrag präsentiert [REDACTED] die Ergebnisse der Modellierung der Klimasignale für die ferne Zukunft und die Ergebnisse der Clusteranalyse. [REDACTED] stellt Klimasignalkarten für  $t_2$  vor, auf denen zu erkennen ist, dass die Aussagen zur Jahresmitteltemperatur, heißen Tagen, Tropennächten und Frosttagen relativ sicher sind. Die Karten zu Niederschlägen in Sommer- und Wintermonaten, Trockentagen in Sommer- und Wintermonaten, Starkregentagen sowie der mittleren Abflusshöhe weisen hingegen (teilweise) gegenläufige Trends auf.

Außerdem stellt [REDACTED] Methodik und Ergebnisse der Clusteranalyse vor. Dabei unterstreicht er, dass die Grundlage der Clusterung die Klimasignaldaten sind, deren 50. Perzentils geclustert wurde. [REDACTED] begründet dieses Vorgehen damit, dass sich die räumlichen Muster zwischen den Perzentilmitgliedern nicht wesentlich unterscheiden und über die drei Zeitscheiben recht stabil bleiben. Außerdem betont er, dass das methodische Vorgehen durch die statistische Fakultät der TU Dortmund abgesichert ist.

Im Ergebnis der Clusteranalyse ergeben sich sechs gut differenzierbare Cluster für Deutschland:

- Rotes Cluster: warme Klimaregion
- Grünes Cluster: ozeanisch geprägtes Klima
- Violettes Cluster: Mittelgebirgsklima
- Blaues Cluster: Gebirgsklima
- Gelbes Cluster: Voralpenterassen
- Oranges Cluster: Kontinentales Klima

Die räumlichen Muster der Cluster bleiben über die Zeitscheiben relativ konstant, mit Ausnahme des roten Clusters, das sich in der Zukunft merklich ausbreiten könnte. Es zeigen sich allerdings keine neuen „Hotspots“, die sich erst in  $t_2$  manifestieren.

[REDACTED]

### Fragen/Diskussion

Die anschließende Diskussion beschäftigt sich vor allem mit der Auswahl des 50. Perzentils für die Clusterung. Frau Schauer fragt nach, wie man die Ergebnisse der Clusterung z.B. in Bezug auf Niederschlag interpretieren könne. Da die Projektionen für Niederschlag (15. und 85. Perzentil) keine einheitliche Tendenz aufweisen, könne man nicht sagen, ob es in einer Region nasser oder trockener werde. [REDACTED] und [REDACTED] antworten, dass die Cluster nicht absolut interpretiert werden könnten. Man könne aber ablesen, wie sich die Cluster im Verhältnis zueinander entwickelten. [REDACTED] regt an, die Clusterung basierend auf dem 50. Perzentil beizubehalten, aber die von [REDACTED] gezeigte Tabelle, die die Merkmalsausprägungen der Cluster im Detail zeigt, um Informationen zum 15. und 85. Perzentil zu ergänzen.

Herr Dosch empfindet die Karten als stark temperaturgetrieben und fragt nach, ob die Berechnungen auch getrennt für Temperatur und Niederschlag und getrennt für das 15. und 85. Perzentil gemacht wurden. Er findet in der Clusterung nur wenige niederschlagsabhängige Variablen wieder. [REDACTED] weist darauf hin, dass die Karten nicht nur temperaturgetrieben sind. Das Cluster 2 (alpiner Raum) sei beispielsweise vor allem durch Niederschläge getrieben. Dieses Muster bleibe auch bei Betrachtung des 15. oder 85. Perzentil bestehen.

■■■■■ findet die Ergebnisse der Clusteranalyse plausibel und die Verwendung des 50. Perzentils in Ordnung. Er sieht die Auflistung weiterer Perzentile in der Tabelle eher kritisch, da dies eine Scheingenauigkeit simulieren würde. Auch Herr Namyslo findet die Karten auf den ersten Blick ok, will sich die Ergebnisse der Clusteranalyse aber noch einmal genauer anschauen.

■■■■■ führt aus, es sei eine interessante Erkenntnis der Clusteranalyse, dass es unerschwellige Faktoren wie die Topographie gibt, die es trotz der Unsicherheit über die Entwicklung des Klimas zulässt, Raumtypen abzugrenzen. ■■■■■ schlägt vor, die räumlichen Muster genau zu überprüfen, da beispielsweise ein Cluster „Küste“ fehlt. Außerdem hält er es für wissenschaftlich fragwürdig, gegenläufige Trends (Plus- und Minuswerte) zu mitteln. Dieser Meinung schließt sich Frau Sanders an. ■■■■■ betont, dass es bei der Clusteranalyse, um die Bestimmung von räumlichen Mustern ginge. Daher hält er es für legitim, das 50. Perzentil zu verwenden, wenn die räumlichen Muster in den verschiedenen Perzentilen stabil bleiben.

Herr Kofalk findet, dass die Clusteranalyse gut gelungen ist und die Ergebnisse für die Zielgruppe adäquat aufbereitet. Er schlägt vor, die Darstellung um weitere Informationen zu ergänzen, z.B. um einen Balken, der die Bandbreite der Ergebniswerte angibt.

Frau Schauer fasst die bisherige Diskussion zusammen und unterstreicht, dass die Ergebniskarten der Clusteranalyse nur aufzeigen, welche Gebiete ähnlich sind, aber nichts über die konkrete Entwicklung des Klimasignals (z.B. ob es mehr oder weniger Niederschlag geben wird) aussagt. Die Information über die Bandbreite der Entwicklung des Klimasignals könnte jedoch in Form eines Balkens dargestellt werden. Außerdem fragt Frau Schauer, ob die Überschwemmungsgebiete einen Trend aufweisen und ob man sie in die Analyse integrieren sollte.

■■■■■ antwortet, dass die Versuche, Überschwemmungsgebiete zu integrieren, keine sinnvollen Ergebnisse lieferten. Ein Grund dafür sei, dass LISFLOOD keine Deiche berücksichtige. Daher zeige das Ergebnis große Überschwemmungsgebiete in Norddeutschland, was allerdings nicht plausibel sei. Die Küstengebiete (Sturmfluten) haben ausscheiden müssen, da keine Klimasignaldaten für  $t_1$  und  $t_2$  vorlägen, sondern nur die Näherung über  $HQ_{\text{extrem}}$  und  $HQ_{100}$ . ■■■■■ stimmt zu, dass es sinnvoll scheint, die Küsten aus der Analyse herauszunehmen. Außerdem unterstreicht er, dass die Topographie einen entscheidenden Einfluss auf das Klima hat und er daher die Ergebnisse der Clusteranalyse sinnvoll findet.

Frau Sanders fragt, ob die Farben der Cluster noch geändert werden könnten, um die Interpretation zu erleichtern. Dies wird von ■■■■■ aus arbeitsökonomischen Gründen verneint.

■■■■■ wiederholt, dass sein Hauptkritikpunkt an der Clusteranalyse die Mittelung des 15. und 85. Perzentils ist. Wenn dies allerdings textlich deutlich erläutert würde, könne er das Vorgehen mittragen. Das Ergebnis der Clusterung sei plausibel. Frau Sanders merkt an, dass die Leser sich wahrscheinlich eher die Karten anschauen, anstatt lange Erklärungen zu lesen, und daher eine Erklärung, die in die Darstellung der Karten integriert ist, sehr wichtig sei.

Herr Dosch fragt nach, ob PRC bei der Clusteranalyse die Anzahl der Cluster variiert hat. Außerdem merkt er an, dass man anstatt des Klimasignals „Starkregen“ auch „extreme Starkregenereignisse“ verwenden könne. ■■■■■ bestätigt, dass PRC bei der Clusteranalyse die Anzahl der Cluster zwischen zwei und neun variiert hat und sich die Anzahl von sechs Clustern als optimal erwiesen habe. Außerdem betont er, dass die Verwendung des Klimasignals „Starkregen“ mit dem DWD abgestimmt sei und es aus zeitlichen Gründen nicht mehr möglich sei, weitere Klimasignale zu berücksichtigen, auch wenn dies interessant wäre.

Am Ende der Diskussion wird festgehalten, dass eine gute Erläuterung zu der methodischen Vorgehensweise und den Ergebnissen der Clusterung für deren Verständnis von hoher Bedeutung ist.

Außerdem erinnert Frau Hempen daran, dass die Ergebnisse des Netzwerks Vulnerabilität dringend für den Fortschrittsbericht benötigt würden und dass das Vorhaben zu einem Ende kommen müsse. Wo weiterer Forschungsbedarf bestünde, sollte er deutlich gekennzeichnet werden. Sie erkennt an, dass vom Netzwerk Vulnerabilität sehr viel Arbeit geleistet wurde.

Im zweiten Teil der Diskussion erkundigt sich Frau Schauer, ob man die Cluster, die auf den Klimasignaldaten basieren, den sozioökonomischen Daten gegenüberstellen könne. ■■■■■ erinnert daran, dass für  $t_2$  keine sozioökonomischen Daten vorliegen. Er unterstreicht, dass es interessante Zielkonflikte bei der Gegenüberstellung der Klimawandelraumtypen (Cluster) und der sozioökonomischen Entwicklung geben könne.

Herr Dosch merkt an, dass es Karten für die sozioökonomischen Daten gibt, aber keine Clusterung der Daten vorläge. Er hält eine Anpassung der bestehenden sozioökonomischen Karten an die Auflösung der Klimakarten für methodisch schwierig, regt aber an, dass man die Karten, in der jetzigen Form neben den Klimakarten betrachten könnten. Für ein nächstes Vorhaben wäre eine tiefergehende Beschäftigung mit der Gegenüberstellung sozioökonomischer und klimatischer Entwicklungen von Interesse. Herr Dosch und [REDACTED] werden sich diesbezüglich austauschen.

### Ergebnisse zur generischen Anpassungskapazität, [REDACTED] PRC

Zu Beginn seines Vortrags fasst [REDACTED] zusammen, dass es keine integrierte (quantitative) Darstellung der Anpassungskapazität geben wird, da die sektorale Anpassungskapazität qualitativ erhoben und kein geeigneter Indikator für die Anpassungskapazität des Bevölkerungsschutzes gefunden wurde.

Hinsichtlich der generischen Anpassungskapazität, konnten nicht alle vorgeschlagenen und mit dem Netzwerk abgestimmten Indikatoren berechnet werden. Abgebildet wird die generische Anpassungskapazität über:

- Ausgaben Bildung (auf Länderebene)
- BIP (auf Kreisebene)
- Verfügbares Einkommen der Privathaushalte (auf Kreisebene)
- Haushalte mit Breitbandanschluss (auf Länderebene)
- Verein pro Bewohner in den Bundesländern

Die Ergebniskarten zeigen eine hohe generische Anpassungskapazität in den Großstädten und dicht besiedelten Gebieten. Insgesamt aber beschreibt [REDACTED] die Aussagekraft der generischen Anpassungskapazität als begrenzt, da „nur“ die potentielle Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel abbildet wird, nicht aber der Anpassungswille. Den Anpassungswillen betrachte man allerdings in dem Indikator zur Anpassungskapazität der Raumplanung, da dieser zeige, von welchen Möglichkeiten zur Anpassung die Regionen Gebrauch machten.

Nachdem beim letzten Netzwerktreffen bereits die Ergebnisse der Anpassungskapazität der Raumplanung auf regionaler Ebene vorgestellt wurden, präsentiert [REDACTED] beim jetzigen Netzwerktreffen die Ergebnisse auf lokaler Ebene. Die Anpassungskapazität der Raumplanung auf lokaler Ebene wurde durch die Auswertung von geförderten kommunalen Projekten (z.B. im Rahmen von ExWoSt oder des Teilkonzepts Klimaanpassung des BMUB) operationalisiert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich nur eine geringe Anzahl der Kreise mit Anpassung beschäftigt. Die Großstädte stechen dabei positiv heraus.

Die Ergebnisse auf regionaler Ebene zeigen, dass es kein klares Nord-Süd-Gefälle gibt. Brandenburg ist komplett rot eingefärbt, da dort keine Regionalpläne erstellt werden. Die Verschneidung der Ergebnisse auf lokaler und auf regionaler Ebene ergibt schließlich die Anpassungskapazität der Raumplanung.

Die Ergebniskarte der Anpassungskapazität der Raumplanung könnte man in einem weiteren Schritt mit der Karte der generischen Anpassungskapazität verschneiden.

### Fragen/Diskussion

Herr Dosch merkt an, dass es neben den offiziellen Regionalplänen auch eine informelle Regionalplanung bzw. andere Zugänge zum Thema Anpassung an den Klimawandel gibt. Man müsse klar darstellen, dass die Analyse „nur“ auf Regionalplänen basiert und damit Limitationen aufweist, andernfalls könnte die politische Diskussion angefeuert werden. Er wirft ein, dass man Brandenburg eventuell ausgrauen sollte, anstatt der roten Einfärbung.

[REDACTED] antwortet, dass die informelle Regionalplanung nicht differenziert analysiert werden könne, da planungsrelevante Dokumente (ausgenommen der Regionalpläne) in der Regel schwer vergleichbar sind. Man hätte nur dichotom auswerten können, ob bestimmte Dokumente vorliegen,

aber nicht, ob sie die Handlungserfordernisse ausfüllen. Regionalpläne sind relativ standardisiert und daher gut auswertbar.

Auf Nachfrage von Frau Sanders wiederholt [REDACTED] dass in Brandenburg keine integrierten Regionalpläne erstellt werden und er es deshalb gerechtfertigt findet, Brandenburg in der Kartendarstellung rot einzufärben.

[REDACTED] ist beeindruckt von der methodischen Entwicklung und den Ergebnissen. Er fragt [REDACTED] wie er die Methodik auf einer Skala von 1-10 einschätzen würde. Darauf antwortet [REDACTED] dass er die formelle Auswertung der Regionalpläne mit der vollen Punktzahl benoten würde. Es gäbe zwar auch eine informelle Regionalplanung, die nicht abgebildet werden konnte, allerdings können durch die entwickelte Methode sehr valide Aussagen zum Anpassungswillen der Landkreise abgeleitet werden. Außerdem fügt [REDACTED] hinzu, dass bei der Auswertung der lokalen Ebene Bauleitpläne nicht berücksichtigt wurden. Stattdessen wurde dichotom bewertet, ob eine Kommune an einem Förderprogramm teilnimmt oder nicht. Irgendwo müsse man aber die Grenzen einer solchen Auswertung ziehen.

Als interessantes Ergebnis hebt [REDACTED] den Küstenschutz hervor. Küstenschutz würde relativ wenig in den Regionalplänen behandelt, die Klimasignalkarten zeigten allerdings, dass es zu starken Auswirkungen kommen könne. [REDACTED] stimmt [REDACTED] zu, dass der Küstenschutz ein wenig entwickeltes Handlungsfeld ist.

Frau Sanders schlägt vor, Brandenburg aus der Betrachtung auszuschließen, da der Eindruck erweckt würde, dass Brandenburg gar keinen Anpassungswillen habe, was sie nicht bestätigen könne.

Frau Hempfen findet die Vorgehensweise des Konsortiums (Brandenburg in der Ergebniskarte rot einzufärben) legitim und hält es für angemessen, eine solche Karte in die politische Diskussion aufzunehmen. Auch wenn die Karte vermutlich nicht in den Fortschrittsbericht aufgenommen würde, könnte sie gewisse Defizite aufzeigen. [REDACTED] weist darauf hin, dass die fehlende Erstellung von Regionalplänen in Brandenburg ein temporärer Zustand ist, der in den nächsten Jahren wahrscheinlich geändert wird.

Frau Schauser fragt nach, warum von den zwölf ursprünglich vorgesehenen Indikatoren zur Beschreibung der generischen Anpassungskapazität nur fünf übrig geblieben sind. Darauf antwortet [REDACTED] dass die verfügbaren Daten nicht ausgereicht hätten, um alle Indikatoren zu operationalisieren. Frau Schauser weist darauf hin, dass das Methodenprojekt des PIK sieben bis acht Datensätze zur Beschreibung der generischen Anpassungskapazität nutzt. Inhaltlich gehen die Indikatoren aber eher in die Richtung soziale Ungleichheit/sozial schwache Räume.

Im weiteren Verlauf der Diskussion wird beschlossen, dass Frau Schauser [REDACTED] die Datensätze des PIK übermittelt und [REDACTED] sie auf ihre Verwendbarkeit für das Netzwerk Vulnerabilität prüft – unter der Maßgabe, dass aus zeitlichen Gründen nur wenig Arbeitsaufwand damit verbunden sein darf.

Abschließend merkt Herr Dosch an, dass er die Aussagen zum Anpassungswillen (Anpassungskapazität der Raumplanung) für eine bedeutendere Aussage hinsichtlich der Anpassungskapazität hält, als die Aussagen zur potentiellen Anpassungsfähigkeit (generische Anpassungskapazität).

### Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Umwelt und primärer Sektor“, [REDACTED]

#### [REDACTED] EURAC

[REDACTED] präsentieren die Kernaussagen und Ergebnisse für die Handlungsfelder „Boden“, „Biologische Vielfalt“, „Landwirtschaft“ und „Forstwirtschaft“.

**Handlungsfeld „Boden“:** [REDACTED] berichtet, dass die Arbeiten zum Handlungsfeld „Boden“ weitestgehend abgeschlossen sind. Das Handlungsfeld „Boden“ sei eines der wenigen Handlungsfelder, in denen eine absolute Bewertung der Auswirkung möglich ist, da es klare Klassengrenzen (in absoluten Zahlen) gibt.

**Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“:** [REDACTED] berichtet, dass die Auswertung im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ abgeschlossen ist. Der Draft wurde an die Netzwerkpartner versandt, kommentiert und bereits überarbeitet.

**Handlungsfeld „Landwirtschaft“:** [REDACTED] beschreibt am Beispiel des Silomais, dass Modellergebnisse nicht unbedingt der Experteneinschätzung entsprechen müssen. Während das Modell von einem Rückgang der Erträge ausgeht, nehmen Experten an, dass der Klimawandel die Wachstumsbedingungen des Mais eher positiv beeinflussen könnte.

**Handlungsfeld „Forstwirtschaft“:** Die Arbeit zum Handlungsfeld „Forstwirtschaft“ ist weitestgehend abgeschlossen. Ergebnisse zur Veränderung der Holzzuwächse sind derzeit noch in Arbeit, da die Berechnungen sehr komplex sind.

### Fragen/Diskussion

Die anschließende Diskussion beschäftigt sich mit zwei Themen: zum einen mit der Frage, wie (und ob) die Bedeutung der einzelnen Auswirkungen bestimmt werden soll und zum anderen, wie man die Sicherheit der Aussagen in die Kernaussagen integrieren kann. Die Diskussion nimmt dabei vor allem Bezug auf die vom Konsortium erstellte Tabelle mit den Kernaussagen.

Frau Schauer hält es nicht für sinnvoll, die Einstufung der Experten, die zu Beginn des Vorhabens zur Auswahl der Auswirkungen getroffen wurde, nun – am Ende des Vorhabens – in den Kernaussagen zu verwenden, um die Bedeutung der Auswirkung zu bestimmen. Sie schlägt vor, nur jene Auswirkungen als bedeutend zu bewerten, die von den Experten im Laufe des Vorhabens als so eingestuft wurden.

[REDACTED] unterstreicht, dass klar formuliert werden müsse, wie die Kategorie „Bedeutung“ definiert ist und wie das Konsortium die Bedeutung der Auswirkungen bestimmt hat. [REDACTED] erläutert, dass „Bedeutung“ auf drei Aspekten beruhe: a) der ursprünglichen Priorisierung/Auswahl der Auswirkungen, b) den Aussagen der interviewten Experten und c) den Aussagen der Netzwerkpartner auf den bisherigen Netzwerktreffen. Er unterstreicht, dass das Konsortium auf die Aussagen der Netzwerkpartner zur Bestimmung der Bedeutung einzelner Auswirkungen angewiesen ist.

Frau Hempen fügt hinzu, dass es wichtig ist, Kernaussagen zu extrahieren, die man in die politische Diskussion hineinbringen könne. Dabei müsse klar definiert sein, was eine „relevante“ und was eine „bedeutsame“ Auswirkung ist. [REDACTED] fragt, ob der Begriff „Bedeutung“ nicht besser durch den Begriff „Bewertung“ ersetzt werden könne.

Frau Schauer schlägt vor, in der Tabelle der Kernaussagen eine Spalte „Änderungssignal“ zu ergänzen, die mit den Ausprägungen „gering“, „mittel“ und „hoch“ bewertet werden kann. Sie wiederholt, dass die Vorauswahl der Klimafolgen zu Beginn des Vorhabens an dieser Stelle unbedingt herausgelassen werden sollte. Außerdem ergänzt sie, dass die Auswahl der Klimawirkungen für  $t_2$  auf einer normativen Entscheidung beruht und dass man diese nutzen könne, um die Bedeutung der Klimawirkungen zu bestimmen.

[REDACTED] fragt, warum man nicht auf die Kategorie „Bedeutung“ verzichten könne. Die Bestimmung der Bedeutung sei sehr komplex und lasse sich nur schwer vermitteln. [REDACTED] und Frau Schauer widersprechen und betonen, dass man eine gewisse Aussage bzw. Priorisierung auf jeden Fall für den Abschlussbericht benötige. Auch [REDACTED] betont, dass das Konsortium eine Einschätzung der Experten und Netzwerkpartner brauche, ob Auswirkungen des Klimawandels als besonders bedeutend für Deutschland wahrgenommen werden. [REDACTED] ergänzt, dass das Konsortium diese Einschätzung für sechs Handlungsfelder bereits hat. Die Einschätzung fehlt allerdings für weitere acht Handlungsfelder.

Frau Sanders empfindet den Begriff „Bedeutung“ als schwierig. Es sei unklar worauf sich die Bedeutung beziehe. Zum Beispiel seien Schädlinge in der Forstwirtschaft sehr problematisch, allerdings hängt ihr Vorkommen nicht nur bzw. nicht hauptsächlich vom Klimawandel ab. [REDACTED] antwortet, dass es seiner Ansicht nach darum geht, eine Bewertung des Klimaänderungssignals für die jeweilige Spalte der Kernaussagen-Tabelle (d.h. für jede Klimawirkung) vorzunehmen. Frau Schauer fügt hinzu, dass die Kernaussagen-Tabelle noch um eine Spalte „Klimaänderungssignal“ ergänzt werden müsse. Die Bewertung bezieht sich auf die Klimawirkung und die Frage ob die Änderung der Klimawirkung für Deutschland relevant ist. Frau Hempen ergänzt, dass vor allem in den Textboxen zu den Kernaussagen Platz sei, um die Bedeutung der Klimawirkungen zu erläutern.

Frau Schauer regt außerdem an, eine weitere Spalte in die Kernaussagen-Tabelle einzufügen: „Bedeutung für  $t_2$ “. [REDACTED] antwortet, dass das Netzwerk sich auf drei Kriterien zur Auswahl

der Klimawirkungen für  $t_2$  verständigt habe: a) Zeiträume der Anpassung, b) starke Veränderung der Klimawirkung von  $t_0$  zu  $t_1$ , c) starke Veränderung des Klimasignals von  $t_1$  zu  $t_2$ . Er erklärt, dass das Konsortium versucht hat, diese Kriterien zu operationalisieren, aber dass es zu dem Entschluss gekommen ist, bei einer qualitativen Abgrenzung zu bleiben und die Kriterien nicht quantitativ zu bestimmen.

■■■■ fasst zusammen, dass die Auswahl von bedeutenden Klimawirkungen notwendig ist und seitens des Konsortiums der Wunsch besteht, die Bewertung mit den Netzwerkpartnern abzustimmen. Auch die Auswahl der Klimawirkungen, die für  $t_2$  bedeutend seien, müsse begründet erfolgen. Das Konsortium müsse daher zeitnah einen Vorschlag für die Auswahl von bedeutenden Klimaauswirkungen für den Fortschrittsbericht und für  $t_2$  machen. ■■■■ antwortet, dass das Konsortium die überarbeiteten Kernaussagen am 09.12.2014 an die Netzwerkpartner verschicken wird. Zu diesem Termin wird zudem eine Abfrage der Bedeutung der Auswirkungen vorbereitet.

Im zweiten Teil der Diskussion geht es um die Frage, wie man die Sicherheit der Aussagen bestimmen kann. Frau Schauer regt an, dass nur die Auswirkungen des Klimawandels hervorgehoben werden sollten, bei denen sich das Netzwerk sicher ist. ■■■■ erklärt, dass in der Tabelle der Kernaussagen keine Kategorie „Sicherheit“ besteht, da man für die einzelnen Operationalisierungsverfahren (Modelle, Proxy-Indikatoren, Experteninterviews) keine einheitliche Aussage zur Sicherheit treffen könne. Man könne zwar für die einzelnen Verfahren die Sicherheit bewerten (wobei dies für Proxy-Indikatoren sehr schwer sei), allerdings seien diese Aussagen untereinander nicht vergleichbar.

Frau Hempen erläutert, dass allen beteiligten Behörden des Netzwerks die verwendete Methodik und Vorgehensweise zur Berechnung der Klimafolgen bekannt sei und dass diese in der Lage sein müssten, die Sicherheit der Aussagen einzuschätzen.

■■■■ betont, dass es unterschiedliche Ursachen für Unsicherheit gibt. Es müsse eine Trennung der Sach- und der Werteebene geben. Auf der Werteebene müssten Politiker eine Entscheidung treffen. Frau Hempen antwortet, dass die Politik für die Fortführung der politischen Arbeit im Bereich Klimaanpassung dringend die Aussagen des Behördennetzwerks braucht.

■■■■ unterstreicht, dass es wichtig ist, dass das Konsortium bezüglich der Sicherheit der Aussagen über alle Operationalisierungsverfahren eine Benchmark erstelle. Bezüglich der Bedeutung von Klimawirkungen bräuchten die Netzwerkpartner eine Definition. Dann könnten sie sich einbringen.

### Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Wasser und Fischerei“, ■■■■

#### ■■■■ PRC

■■■■ stellt in seinem ersten Vortrag die Ergebnisse und Kernaussagen des Clusters „Wasser und Fischerei“ vor.

Handlungsfeld „Wasser/Wasserwirtschaft“: Er berichtet, dass es im August einen kleinen Wasser-Workshop gab, bei dem eine Abstimmung mit den Netzwerkpartnern stattfand, die zum Thema Wasser arbeiten. Er hebt hervor, dass bei den Ergebnissen auffällig sei, dass in den Experteninterviews viel mehr bzw. differenziertere Sensitivitäten genannt wurden, als in den Modellen oder Proxyindikatoren verwendet wurden. Bezüglich der LISFLOOD-Daten habe es einen kleinen Berechnungsfehler gegeben, der nun berichtigt worden sei.

Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“: Die Aussagen im Handlungsfeld „Küsten- und Meeresschutz“ basieren ausschließlich auf Expertenaussagen. Es gab keine Änderungen der Ergebnisse seit dem letzten Netzwerktreffen.

Handlungsfeld „Fischereiwirtschaft“: Bezüglich des Handlungsfelds „Fischereiwirtschaft“ erläutert ■■■■ ■■■■ dass die Experten Schwierigkeiten hatten, regionale Schwerpunkte festzulegen.

## Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Siedlung, Verkehr und menschliche Gesundheit“, [REDACTED] PRC

Anschließend stellt [REDACTED] die Ergebnisse und Kernaussagen des Clusters „Siedlung, Verkehr und menschliche Gesundheit“ vor. Er erläutert, dass es gegenüber dem Stand des 7. Netzwerktreffens nur kleine Änderungen gab.

Handlungsfeld „Bauwesen“: Im Handlungsfeld „Bauwesen“ liegen nun die Ergebnisse für den Indikator „Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Stürme“ vor.

Handlungsfeld „Verkehr“: Im Handlungsfeld „Verkehr“ gibt es keine großen Änderungen gegenüber dem Stand des letzten Netzwerktreffens. Der Indikator frost- und hitzebedingte Schäden wurde in zwei Indikatoren getrennt: Frostbedingte Schäden und hitzebedingte Schäden.

Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“: Im Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ gab es keine Änderungen seit dem letzten Netzwerktreffen.

### Fragen und Diskussion zu den Präsentationen von [REDACTED]

Herr Kofalk gibt ein Feedback zu den Kernaussagen (in den Textboxen): Er schlägt vor, die Aussagen zur Gegenwart in den Textaussagen wegzulassen, da das Ziel des Vorhabens sei, Aussagen über die Zukunft zu treffen. Er empfiehlt den Begriff „Sensitivität“ zu definieren und die Karten zusammen mit den Textboxen auf einer Seite darzustellen, da er den Zusammenhang zwischen beiden sehr wichtig findet. Außerdem kritisiert er, dass die jetzigen Aussagen zu „Hotspots“ wenige Informationen enthalten und konkretisiert werden müssten. Bezüglich der Kernaussagen, die die BfG betreffen, erläutert er, dass man bei Auswirkungen, die auf LISFLOOD basieren nicht zwischen Klimasignal und Sensitivität unterscheiden könne. Außerdem solle man nicht nur von „einer Modellkette“ sprechen, sondern von mehreren Modellketten (bzw. Modellensembles).

Frau Schauer erklärt, dass sie es gut findet, wenn in den Kernaussagen bereits Aussagen zur Gegenwart enthalten sind, um aufzuzeigen, dass es bereits jetzt schon Probleme geben kann. Allerdings empfiehlt sie, den Begriff „Hotspot“ durch „räumliche Schwerpunkte“ zu ersetzen.

Herr Kofalk und [REDACTED] machen detaillierte Anmerkungen zu den Kernaussagen in den Handlungsfeldern „Wasser/Wasserwirtschaft“ und „Küsten- und Meeresschutz“. Darauf unterstreicht [REDACTED] dass die Kernaussagen am 19.12.2014 an die Netzwerkpartner geschickt werden mit der Bitte um Kommentierung.

## Ergebnisse und Kernaussagen zum Cluster „Produktion und Dienstleistung“, [REDACTED] adelphi

[REDACTED] präsentiert die Ergebnisse und Kernaussagen des Clusters „Produktion und Dienstleistung“, das aus den Handlungsfeldern Energiewirtschaft, Industrie und Gewerbe, Tourismuswirtschaft und Finanzwirtschaft besteht. Er stellt die Indikatoren „Bedarf an Heizenergie“, „Beeinträchtigung des Landverkehrs durch Sturm“ und „durchschnittliche Anzahl der Badetage pro Saison“ genauer vor. Außerdem erklärt er, dass das Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ ausschließlich auf Experteninterviews basiert und die Auswirkung des Klimawandels auf das Geschäftsmodell der Versicherungswirtschaft als nicht bedeutend eingestuft werde.

### Fragen/Diskussion

[REDACTED] hält es für unwahrscheinlich, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungswirtschaft gering sind. Er erklärt, dass gerade die Versicherungswirtschaft auf eine Anpassung an den Klimawandel dringt, damit die Schäden durch den Klimawandel möglichst gering bleiben. [REDACTED] erläutert, dass sich die Aussage darauf bezieht, ob der Klimawandel das Geschäftsmodell der Versicherungswirtschaft beeinflusst. Der interviewte Experte des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft habe erklärt, dass der Klimawandel für die Versicherungswirtschaft ein

weiteres Risiko sei, aber nichts grundsätzlich Neues. Versicherungen hätten im Allgemeinen eine relativ gute Anpassungskapazität, da sie z.B. sehr gut wieder aus Versicherungsverträgen herauskämen. Ausgenommen davon sind kleinere, sehr spezialisierte Versicherungen.

Frau Schauer erklärt, dass die politische Diskussion anders geführt wird. Zwar könnten z.B. Sturmschäden das Geschäftsmodell der Versicherung nicht empfindlich treffen, allerdings könnte der Klimawandel dazu führen, dass die Versicherungsprämien für Haushalte und Unternehmen stark ansteigen. [REDACTED] ergänzt, dass der Klimawandel große Auswirkungen auf private Haushalte in Gebieten haben könnte, die häufig von Extremereignissen betroffen sind. Für sie sei es zum Teil nicht mehr möglich, eine Versicherung abzuschließen. [REDACTED] antwortet, dass bei den Klimawirkungen im Handlungsfeld „Finanzwirtschaft“ zwar das Geschäftsmodell der Versicherungswirtschaft (und der Bankenwirtschaft) im Vordergrund steht, die gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Folgen im Abschlussbericht aber ebenfalls diskutiert würden. Herr Namyslo fügt hinzu, dass es für die Münchener Rück nicht unbedingt zutrefe, dass die „Auswirkungen des Klimawandels derzeit und in Zukunft nicht bedeutend sei“.

[REDACTED] fragt, warum in der Ergebniskarte zum Indikator „Bedarf an Heizenergie“ Hannover hervorsteicht. [REDACTED] antwortet, dass sich dieses Muster aus der Verschneidung von Siedlungsdichte und Klimasignal ergibt. Herr Namyslo fragt nach, ob bei diesem Indikator PIK-Daten verwendet wurden. [REDACTED] antwortet, dass dieser Indikator auf DWD-Daten beruhe. Es gäbe aber drei Indikatoren im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“, die auf einem PIK-Modell beruhten und PIK-Klimadaten verwendeten. Frau Schauer fügt hinzu, dass in die PIK-Modelle grundsätzlich die STAR-Klimadaten einfließen.

[REDACTED] erläutert, dass Stürme eine hohe Variabilität aufweisen und es bei der Analyse wichtig sei, welchen Sturmzyklus man betrachtet. [REDACTED] regt an, Informationen zum Klimasignal Sturm/Starkwind in das Kapitel über die DWD-Klimadaten aufzunehmen. Frau Schauer erinnert daran, bei der Benennung des Indikators „Beeinträchtigung des Landverkehrs durch Sturm“ den Begriff „Sturm“ durch den Begriff „Starkwind“ zu ersetzen.

### Sektorenübergreifende Auswertung, [REDACTED] EURAC

[REDACTED] stellt die sektorenübergreifende Auswertung auf Ebene der Handlungsfelder vor. Dabei wurden die Wechselwirkungen und Querverbindungen zwischen den Handlungsfeldern mit Hilfe einer Kreuztabelle analysiert. Die Kreuztabelle ist auf Ebene der Handlungsfelder konzipiert, allerdings sieht man in jedem Feld der Tabelle über welche Klimawirkung die Verbindung zwischen den Handlungsfeldern besteht.

Die Kreuztabelle wird durch mehrere Netzwerkgrafiken visualisiert: Anhand der Verbindungen, die in ein Handlungsfeld eingehen, anhand der Verbindungen, die von einem Handlungsfeld ausgehen, und durch eine Verschneidung von beiden. Die Pfeile zwischen den Handlungsfeldern sind dicker, je mehr Verbindungen zwischen den Handlungsfeldern bestehen. Der Durchmesser der Kreise um die Handlungsfelder wird davon bestimmt, wie oft das jeweilige Handlungsfeld andere Handlungsfelder beeinflusst bzw. wie oft das Handlungsfeld beeinflusst wird.

Die Visualisierung zeigt, dass die Handlungsfelder Biodiversität, Boden, Wasser, Energie, Industrie und Gewerbe sowie Raumordnung sehr stark vernetzt sind.

[REDACTED]

Im Anschluss daran gibt [REDACTED] einen Überblick über die weitere sektorenübergreifende Auswertung. Er erläutert, dass sie in drei Schritten erfolgt:

- a) **Auf Basis der Kernaussagen:** Die Kernaussagen werden in tabellarischer Form miteinander verglichen, um unter anderem zu analysieren, welche Klimasignale besonders häufig in die Klimafolgen einfließen, welche Art von Klimafolgen besonders bedeutsam ist, etc.
- b) **Die Verknüpfung der Handlungsfelder untereinander** [REDACTED] Hierbei soll analysiert werden, welche Handlungsfelder eine besonders große Rolle spielen.
- c) **Räumliche Dimension:** Bei der Betrachtung der räumlichen Dimension geht es darum, Aussagen zu den Auswirkungen auf die Klimaraumtypen abzuleiten.

Diese drei Aspekte werden anschließend in einer Gesamtbewertung zusammengefasst.

### Fragen/Diskussion

Frau Schauer fragt nach der Berücksichtigung von sozioökonomischen Einflüssen und ob auch eine sektorenübergreifende Auswertung hinsichtlich der Sensitivitäten erfolge. [REDACTED] antwortet, dass es zu den Sensitivitäten zu wenig Daten gäbe und an dieser Stelle zukünftig weiterer Forschungsbedarf bestünde. Frau Schauer erinnert daran, dass [REDACTED] zu Beginn des Vorhabens betont habe, dass bis 2050 vor allem die sozioökonomische Entwicklung und nicht das Klimasignal die Veränderungen bestimmt. Dies sei allerdings in den Ergebnissen nicht sichtbar. [REDACTED] bestätigt die Einschätzung von Frau Schauer und wiederholt, dass aufgrund der Datenlage nicht alle Sensitivitäten berücksichtigt werden konnten. Frau Schauer schlägt vor, diesen Aspekt im Abschlussbericht aufzugreifen.

### Ausblick und offene Fragen, [REDACTED] adelphi

In seinem zweiten Vortrag gibt [REDACTED] einen Ausblick auf die kommenden Arbeitsschritte:

- Abstimmung der Kernaussagen und Auswahl der Klimawirkungen für  $t_2$ : Die Abfrage wird am 09.12.2014 versandt. Die Deadline für die Antwort ist der 19.12.2014.
- Abstimmung des Kapitels 7 (Klimaauswirkungen und Vulnerabilität in den Handlungsfeldern): Das Kapitel wird im Dezember fertiggestellt und soll im Dezember und Januar von den Netzwerkpartnern kommentiert werden.
- Kapitel 8 (Integrierte Bewertung): Die Kommentierung durch die Netzwerkpartner soll im Januar 2015 erfolgen.
- Erstellung des Anhangs des Fortschrittsberichts im Januar 2015
- Erstellung weiterer Policy Paper im Laufe des nächsten Jahres
- Abschlusskonferenz im Mai/Juni 2015
- Evtl. Organisation eines weiteren Netzwerktreffens

### Abschluss des Vorhabens, Dr. Inke Schauer, UBA

Zum Abschluss des Netzwerktreffens gibt Frau Schauer einen Ausblick. Sie berichtet, dass das Vorhaben „Netzwerk Vulnerabilität“ bis zum 30.06.2015 verlängert wurde. Der Anhang zum Fortschrittsbericht muss bis Ende Januar fertig sein. Die Netzwerkpartner werden im Januar diesbezüglich kontaktiert und um Zuarbeiten gebeten.

Es wird wahrscheinlich keinen weiteren IMA-Workshop mit dem Konsortium und den Netzwerkpartnern geben, sondern eine Vorstellung der Ergebnisse bei der IMA in einem kleineren Rahmen. Frau Hempfen bittet in diesem Zusammenhang die Netzwerkpartner, Kontakt zu ihren Ressortvertretern aufzunehmen, um diese über die Ergebnisse des Vorhabens zu informieren bzw. beratend tätig zu sein. Wenn die Kommunikation zwischen Behördennetzwerk und Ministerien funktioniere, bräuhete man keinen umfangreichen IMA-Workshop. Sie fordert die Netzwerkpartner auf, Feedback zu geben, wo noch Klärungsbedarf seitens der Ministerien bestehe. Falls Bedarf bestünde, könne auch ein IMA-Workshop organisiert werden, aber aufgrund der zeitlichen Limitationen werde ein weiterer IMA-Workshop nicht favorisiert.

Frau Schauer weist darauf hin, dass das Netzwerk für den Fortschrittsbericht im Januar gemeinsam „Kernbotschaften“ formulieren müsse ( $\neq$  Kernaussagen). Außerdem sei noch ein Policy Paper offen. Inhaltlich werde es darum gehen, methodische Empfehlungen für weitere Vulnerabilitätsanalysen abzuleiten.

Darüber hinaus berichtet Frau Schauer, dass sie eine Session bei der European Climate Change Adaptation Conference (im Mai 2015 in Kopenhagen) angemeldet habe, auf der das Netzwerk seine

Ergebnisse vorstellen könne. Es sei allerdings noch nicht klar, ob die Anmeldung angenommen würde.

Anschließend stellt Frau Schauer das Konzept der geplanten Abschlusskonferenz zur Diskussion. Die Konferenz sei in zwei Teile gegliedert: Fachvorträge und Diskussionsforen. Außerdem sei man mit der GIZ im Gespräch, die einen internationalen Teil der Konferenz organisieren wolle. Frau Hempen betont, dass es sehr wichtig sei, das Netzwerk und seine Ergebnisse vorzustellen. Da sich der Fortschrittsbericht im Mai/Juni 2015 noch im Abstimmungsprozess befinden werde, sei die Konferenz aber auch ein Balance-Akt. Daher richte sich die geplante Konferenz eher an Fachleute. Das BMUB plane eine eigene Veranstaltung zur Veröffentlichung des Fortschrittsberichts. Diese könne allerdings frühestens 2016 stattfinden, da der Fortschrittsbericht erst Ende 2015 im Kabinett behandelt werde.

Frau Schauer erläutert, dass die Zielgruppe der Konferenz vor allem die Wissenschaft sei. Es solle aber auch darum gehen, wie das Netzwerk fortgeführt werden könne. Es werde 2016 ein neues UFOPLAN-Vorhaben „Behördenetzwerk“ geben. Die Konferenz diene daher auch dazu, Bedarfe für eine Fortführung des Netzwerks zu identifizieren. [REDACTED] weist darauf hin, dass man sich klar darüber sein sollte, mit welcher Botschaft eine solche Konferenz enden solle. Es könne durchaus auch kontroverse Meinungen dazu geben.

Herr Kofalk empfiehlt, die Zielgruppe „Entscheider in den Ressorts“ noch aktiver in die Konferenz einzubinden. Frau Hempen antwortet, dass sie nicht davon ausgehe, dass sich die IMA bei der Abschlusskonferenz stärker positionieren werde, da sich der Fortschrittsbericht zu diesem Zeitpunkt noch in Abstimmung befände.

[REDACTED] fände es gut, die Präsentation der Ergebnisse des Netzwerks von der Diskussion der IMA und Gesprächen zur Fortführung des Netzwerks zu trennen. Ziel der Veranstaltung sei, das Vorgehen und die Ergebnisse des Netzwerks vorzustellen sowie weiteren Forschungsbedarf aufzuzeigen. [REDACTED]

[REDACTED] ergänzt, dass für ihn die Botschaft sei, dass das Behördenetzwerk seit drei Jahren gut zusammenarbeite und dieselbe Sprache spreche und somit gezeigt würde, wie und das der Austausch und die Zusammenarbeit der Behörden funktioniert habe.

Auf die Frage, ob es ein weiteres Netzwerktreffen geben soll, einigen sich die Anwesenden, dass kein weiteres Treffen mehr nötig sei, sondern die weitere Abstimmung bilateral stattfinden könne.

### Abschluss der Veranstaltung

Zum Abschluss der Veranstaltung und auch zum Abschluss der Netzwerktreffen im Rahmen des Netzwerks Vulnerabilität dankt [REDACTED] im Namen des Konsortiums allen Netzwerkpartnern für die hervorragende Zusammenarbeit.

Auch Frau Schauer bedankt sich im Namen des UBA beim Konsortium und den Netzwerkpartnern für ihr Engagement, ihr eingebrachtes Wissen und die zielorientierten und konstruktiven Diskussionen. Sie lobt den Prozess und die Ergebnisse und dankt dem Konsortium für die Organisation der Netzwerktreffen.

Das letzte Wort hat [REDACTED] der sich ebenfalls bei allen Teilnehmenden und bei der BGR als Gastgeberin des Netzwerktreffens bedankt.

Teilnehmerliste

Nr.	Vorname	Nachname	Institution
1	Dr. Rainer	Baritz	BGR
2			IKU
3	Dr. Peter	Buchholz	BGR
4			adelphi
5	Dr. Fabian	Dosch	BBSR
6	Harald	Dünfelder	BfN
7			PRC
8	Dr. Horst	Gömann	Thünen-Institut
9			PRC
10	Dr. Hartmut	Heinrich	BSH
11	Susanne	Hempfen	BMUB
12			adelphi
13	Dr. Sebastian	Kofalk	BfG
14			EURAC
15	Joachim	Namyslo	DWD
16	Dr. Hildegard	Niemann	RKI
17	Dr. Tanja	Sanders	Thünen-Institut
18			adelphi
19	Dr. Inke	Schauser	UBA
20			EURAC
21			adelphi
22			UBA
23			EURAC







A. D. A

11/18/14



42250-1/14



Federal Ministry for the  
Environment, Nature Conservation,  
Building and Nuclear Safety

## German Statement on the COM Amended Adaption Preparedness Scoreboard (June 2014)

August 2014

Germany appreciates the Commission's efforts to consider the various MS' comments in the revision of the draft scoreboard. The intention to test the suitability of the scoreboard by way of two country fiches followed by a discussion of the findings at an additional WG6 meeting in October this year is highly welcomed.

Under these circumstances, Germany is prepared to participate in constructive debates on the development of the scoreboard based on the current proposal of the Commission.

Germany would nevertheless like to highlight some aspects that could be reflected in the discussions to come.

- Initially, the adaption preparedness scoreboard was also intended to determine if legally-binding instruments are needed in order to secure the preparedness of MS regarding the current and projected impacts of climate change. Given the wide range of activities and approaches in the area of climate adaption already in place or under development in MS we consider the scoreboard more as a knowledge tool which could facilitate the information exchange among MS as well as between the Commission and MS rather than as a analytical tool for ranking MS and assessing the need for legal instruments. It is therefore suggested to clearly unlink the development, testing and use of the scoreboard from the discussion whether additional legal instruments at EU level could become relevant or not. In our view, this would increase the acceptance of the scoreboard and allow using the instrument as a common knowledge base and information tool.
- It should be noted, that at present there is no common understanding of many technical terms and there are no standardized methodologies (vulnerability and risk assessments, approaches for prioritization, indicators) across the EU. In consequence, the comparability of descriptions of national adaption policies and their implementation processes is a highly complex issue. Hence a comparison and assessment of approaches is still not really possible. Due to the needed and ongoing scientific development for the

establishment of approaches and tools in depth knowledge is required about the current processes in the different MS in order to allow a sensible interpretation. Achieving a common understanding or even an agreement on terms, methodologies and tools on a voluntary basis is regarded as crucial for a fruitful exchange of experiences on the implementation of adaption strategies and instruments as well as their further development. We would like WG 6 to become a platform for working towards such a common understanding and we are prepared to present the work carried out nationally in this area.

- Furthermore we see a need for initiating a discussion on how to establish an efficient system for collecting data and information regarding MS' adaption processes which can serve different purposes in an integrated way while avoiding parallel reporting processes. In this context the requirements of the EU Monitoring Mechanism Regulation, the UNFCCC Guidelines for National Communications on adaptation- which are currently under revision – and the information requirements for the scoreboard as well as the information provided by MS via Climate Adapt should be looked at with the aim of streamlining the reporting activities as much as possible.

42250-1/14

## Stanneck, Regina

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Dienstag, 6. Mai 2014 13:43  
**An:** Stotzem, Hans-Georg  
**Cc:** Stratenwerth, Thomas; Hempfen, Susanne; Stanneck, Regina  
**Betreff:** AW: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Anlagen:** AE [REDACTED] Beitrag WR I 1 zu Frage 1\_28042014.xlsx (3).docx  
**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stotzem,

anbei übersende ich den Beitrag von Referat WR I 1 zu Frage 1 z.w.V..

Viele Grüße  
Im Auftrag  
Regina Stanneck

2) z. l. g. 19/5. Ja.

---

**Von:** Stotzem, Hans-Georg  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:00  
**An:** Alda, Helmut; Z I 1; Weigand, Reinhold; Laux, Reinhold; Z I 4; Fuentes Hutfilter, Ursula; KI I 1; Gorißen, Norbert; KI II 7; Arens, Georg; RS III 2; Stratenwerth, Thomas; WR I 1; Delbrück, Kilian; N I 1; [jochen.lang@bmvbs.bund.de](mailto:jochen.lang@bmvbs.bund.de); [swi4@bmvi.bund.de](mailto:swi4@bmvi.bund.de); [Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de](mailto:Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de); [swi5@bmvi.bund.de](mailto:swi5@bmvi.bund.de); [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
**Cc:** Püschel, Klaus; Eisenbarth, Siegfried; Thomas, Franziska  
**Betreff:** Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Die Berichts-anforderung von [REDACTED] leite ich Ihnen mit der Bitte um Beantwortung der folgenden Fragen zu:

- Frage 1: Referat WR I 1
- Fragen 2 – 7: Referat K II 7 (Bei der Beantwortung der Frage 6 stelle die Beteiligung des BMZ anheim.)
- Frage 8: Referat K I 1
- Frage 9: Referat KI II 7
- Frage 10: Referat N I 1
- Frage 11: Referat SW I 5
- Frage 13: Referat RS III 2
- Fragen 14 + 15: Bundesamt für Strahlenschutz (Bitte um Beteiligung von BMUB - Referat RS III 2- bei der Beantwortung.)
- Fragen 16 + 17: Referat SW I 4
- Fragen 18 + 19: Arbeitsgruppe Z I 1
- Frage 20: Arbeitsgruppe Z I 1 (zu Titeln 422 01, 442 01, 427 09, 428 01), Referat Z I 4 (zu Titeln 527 01, 712 01)

Ihren Antwortbeitrag bitte ich mir bis



**8. Mai 2014 (DS)**

zuzuleiten.

- Im Auftrag
- Hans-Georg Stotzem



Kap. 1602 685 05

**Frage 1:**

Wie hoch war in den Jahren 2008 bis 2013 der Anteil der Fördermittel, die im Rahmen der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel jeweils an die Bundesländer, die Kommunen, private Akteure und Forschungseinrichtungen gezahlt wurde (aufgeschlüsselt nach Empfänger und Jahr)?

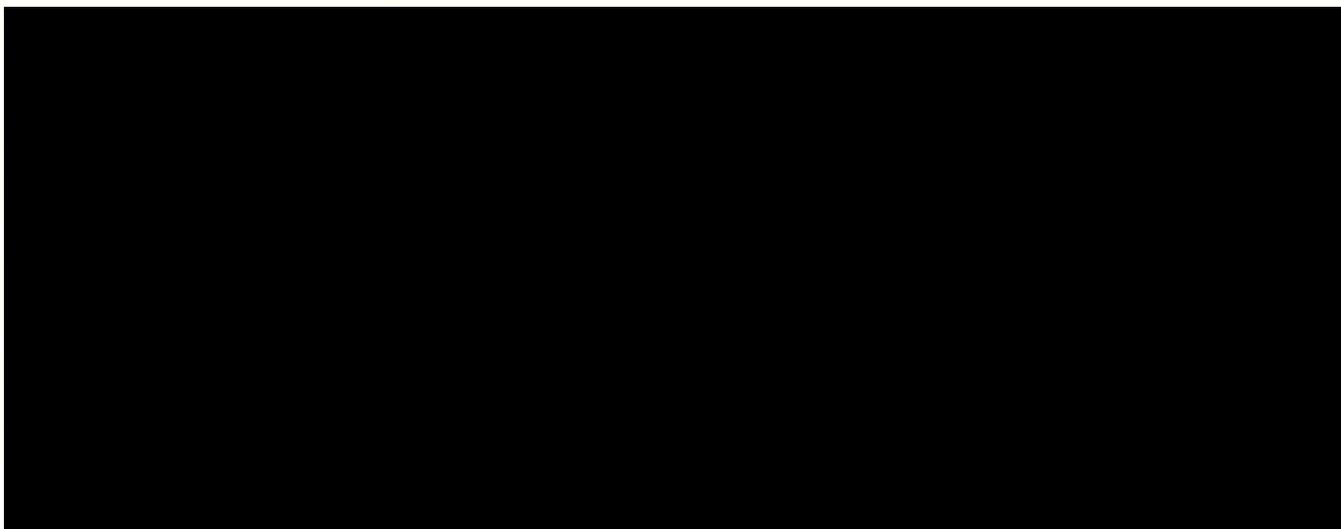
**Antwort zu Frage 1:**

Es handelt sich bei diesem Förderprogramm um ein erst im Aufbau befindliches Förderprogramm mit vorwiegend über- bzw. mehrjährigen Projekten zur Entwicklung und Umsetzung von Konzepten zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Kommunen, durch regionale Zusammenschlüsse und Netzwerke, Unternehmen, Kammerorganisationen etc. Einbezogen sind darüber hinaus Maßnahmen der begleitenden Evaluierung des Programms, der Vernetzung zwischen den geförderten Projekten sowie zur Kommunikation der Ergebnisse (Multiplikatorfunktion). Mit der Umsetzung der Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Förderprogramm DAS) ist das Forschungszentrum Jülich, Projektträger Jülich (PtJ) beauftragt.

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden 18 Projekte in den Förderbereichen „Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung“ und „Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen“ mit einem Fördermitteln in Höhe von insgesamt [REDACTED] gefördert (s. nachstehende Tabellen).

**Tabelle:****Ist-Ausgaben nach Jahren**

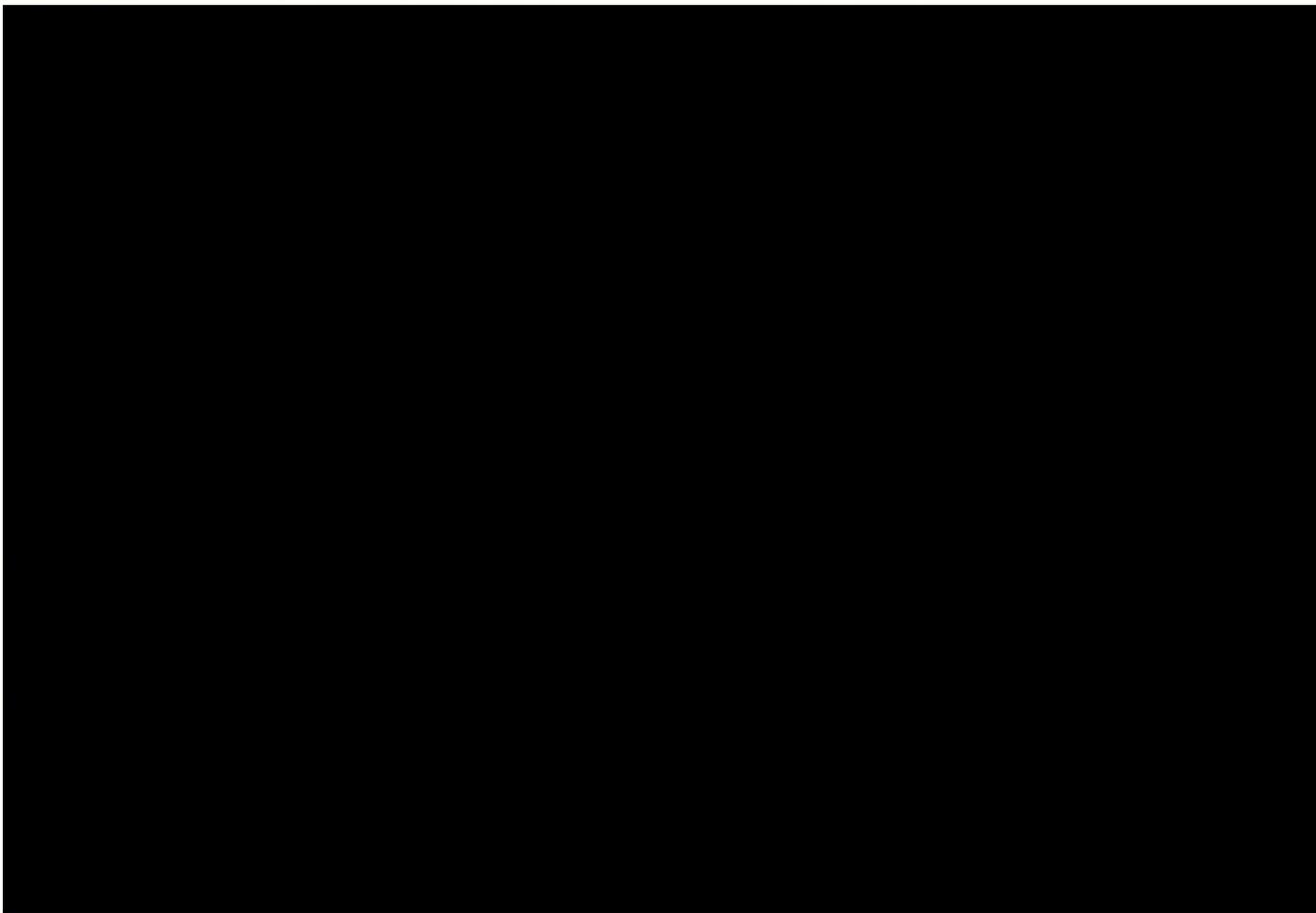
2011	[REDACTED]
2012	[REDACTED]
2013	[REDACTED]

**Tabelle :****Projekte im Förderbereich „Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung“**



**Tabelle 2**

**Projekte im Förderbereich „Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen“**

A large black rectangular redaction box covers the entire content area of the table, obscuring all data and text that would otherwise be present.



## Stanneck, Regina

---

**Von:** Stratenwerth, Thomas  
**Gesendet:** Montag, 5. Mai 2014 07:38  
**An:** Stanneck, Regina  
**Betreff:** AW: AKTION; Ergänzung WG: Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

**Kennzeichnung:** Zur Nachverfolgung  
**Fällig:** Mittwoch, 7. Mai 2014 16:00  
**Kennzeichnungsstatus:** Gekennzeichnet

Okay. Danke.  
Gruß  
TS

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Montag, 5. Mai 2014 07:21  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** WG: AKTION; Ergänzung WG: Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Lieber Herr Stratenwerth,

das ist im Text vor den Tabellen berücksichtigt:

Projekte im Förderbereich „Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung“: 6  
Projekte im Förderbereich „Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen“: 12

Viele Grüße  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stratenwerth, Thomas  
**Gesendet:** Freitag, 2. Mai 2014 18:34  
**An:** Stanneck, Regina  
**Betreff:** WG: AKTION; Ergänzung WG: Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Liebe Frau Stanneck,

bitte nochmal den Text vor den Tabellen prüfen Da müssen doch vermutlich jetzt die Zahlen auch angepasst werden, es sind doch jetzt mehr Projekte.

Bitte den Text wie von mir bearbeitet zugrunde legen. Anlage  
Danke\*Gruß  
TS

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Freitag, 2. Mai 2014 14:44  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** AKTION; Ergänzung WG: Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED]

█ Frist: 8.5.2014 (DS)

**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

bei den Leuchtturmvorhaben habe ich noch 2 Ergänzungen (Regionalkonferenzen – in blauer Schrift gekennzeichnet) vorgenommen und die Summen in der kleinen Tabelle entsprechend angepasst.

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Freitag, 2. Mai 2014 08:04  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung █ Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Dienstag, 29. April 2014 10:19  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Cc:** Hempen, Susanne; Stanneck, Regina  
**Betreff:** AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung █ Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

ich habe unter Einbeziehung der von PtJ übermittelten Angaben beigefügte Antwort zu Frage 1 von █ entworfen.

Haben Sie Änderungen/Korrekturen?

Frist bei Herrn Stotzem ist Donnerstag, der 08.05.2014.

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:55  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Cc:** Hempen, Susanne; Stanneck, Regina  
**Betreff:** AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung █ Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

ich schlage vor, diese detaillierten Angaben zu Frage 1 bei PtJ abzufragen.

Einverstanden?

Gruß  
Regina Stanneck

**Von:** Stotzem, Hans-Georg

**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:00

**An:** Alda, Helmut; Z I 1; Weigand, Reinhold; Laux, Reinhold; Z I 4; Fuentes Hutfilter, Ursula; KI I 1; Gorißen, Norbert; KI II 7; Arens, Georg; RS III 2; Stratenwerth, Thomas; WR I 1; Delbrück, Kilian; N I 1; [jochen.lang@bmvbs.bund.de](mailto:jochen.lang@bmvbs.bund.de); [swi4@bmvi.bund.de](mailto:swi4@bmvi.bund.de); [Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de](mailto:Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de); [swi5@bmvi.bund.de](mailto:swi5@bmvi.bund.de); [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

**Cc:** Püschel, Klaus; Eisenbarth, Siegfried; Thomas, Franziska

**Betreff:** Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Die Berichts-anforderung von [REDACTED] leite ich Ihnen mit der Bitte um Beantwortung der folgenden Fragen zu:

- Frage 1: Referat WR I 1
- Fragen 2 – 7: Referat K II 7 (Bei der Beantwortung der Frage 6 stelle die Beteiligung des BMZ anheim.)
- Frage 8: Referat KI I 1
- Frage 9: Referat KI II 7
- Frage 10: Referat N I 1
- Frage 11: Referat SW I 5
- Frage 13: Referat RS III 2
- Fragen 14 + 15: Bundesamt für Strahlenschutz (Bitte um Beteiligung von BMUB - Referat RS III 2- bei der Beantwortung.)
- Fragen 16 + 17: Referat SW I 4
- Fragen 18 + 19: Arbeitsgruppe Z I 1
- Frage 20: Arbeitsgruppe Z I 1 (zu Titeln 422 01, 442 01, 427 09, 428 01), Referat Z I 4 (zu Titeln 527 01, 712 01)

Ihren Antwortbeitrag bitte ich mir bis

**8. Mai 2014 (DS)**

zuzuleiten.

Im Auftrag

Hans-Georg Stotzem



## Stanneck, Regina

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Freitag, 2. Mai 2014 14:44  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** AKTION; Ergänzung WG: Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Anlagen:** [REDACTED] Epl\_16.pdf; AE MdB Kindler BE EKF Beitrag WR I 1 zu Frage 1\_28042014.xlsx.docx; AE MdB Kindler BE BMUB\_HH Beitrag WR I 1 zu Frage 1\_28042014.xlsx.docx

**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

bei den Leuchtturmvorhaben habe ich noch 2 Ergänzungen (Regionalkonferenzen – in blauer Schrift gekennzeichnet) vorgenommen und die Summen in der kleinen Tabelle entsprechend angepasst.

[REDACTED]

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Freitag, 2. Mai 2014 08:04  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** Erinnerung WG: AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Dienstag, 29. April 2014 10:19  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Cc:** Hempten, Susanne; Stanneck, Regina  
**Betreff:** AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

ich habe unter Einbeziehung der von Ptlj übermittelten Angaben beigefügte Antwort zu Frage 1 von [REDACTED] entworfen.

Haben Sie Änderungen/Korrekturen?

Frist bei Herrn Stotzem ist Donnerstag, der 08.05.2014.

Gruß  
Regina Stanneck



---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:55  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Cc:** Hempen, Susanne; Stanneck, Regina  
**Betreff:** AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

ich schlage vor, diese detaillierten Angaben zu Frage 1 bei PtJ abzufragen.

Einverstanden?

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stotzem, Hans-Georg  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:00  
**An:** Alda, Helmut; Z I 1; Weigand, Reinhold; Laux, Reinhold; Z I 4; Fuentes Hutfilter, Ursula; KI I 1; Gorißen, Norbert; KI II 7; Arens, Georg; RS III 2; Stratenwerth, Thomas; WR I 1; Delbrück, Kilian; N I 1; [jochen.lang@bmvbs.bund.de](mailto:jochen.lang@bmvbs.bund.de); [swi4@bmvi.bund.de](mailto:swi4@bmvi.bund.de); [Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de](mailto:Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de); [swi5@bmvi.bund.de](mailto:swi5@bmvi.bund.de); [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
**Cc:** Püschel, Klaus; Eisenbarth, Siegfried; Thomas, Franziska  
**Betreff:** Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Die Berichts-anforderung von [REDACTED] leite ich Ihnen mit der Bitte um Beantwortung der folgenden Fragen zu:

- Frage 1: Referat WR I 1
- Fragen 2 – 7: Referat K II 7 (Bei der Beantwortung der Frage 6 stelle die Beteiligung des BMZ anheim.)
- Frage 8: Referat K I 1
- Frage 9: Referat KI II 7
- Frage 10: Referat N I 1
- Frage 11: Referat SW I 5
- Frage 13: Referat RS III 2
- Fragen 14 + 15: Bundesamt für Strahlenschutz (Bitte um Beteiligung von BMUB - Referat RS III 2- bei der Beantwortung.)
- Fragen 16 + 17: Referat SW I 4
- Fragen 18 + 19: Arbeitsgruppe Z I 1
- Frage 20: Arbeitsgruppe Z I 1 (zu Titeln 422 01, 442 01, 427 09, 428 01), Referat Z I 4 (zu Titeln 527 01, 712 01)

Ihren Antwortbeitrag bitte ich mir bis

**8. Mai 2014 (DS)**

zuzuleiten.



Im Auftrag

Hans-Georg Stotzem



Kap. 1602 685 05

**Frage 1:**

Wie hoch war in den Jahren 2008 bis 2013 der Anteil der Fördermittel, die im Rahmen der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel jeweils an die Bundesländer, die Kommunen, private Akteure und Forschungseinrichtungen gezahlt wurde (aufgeschlüsselt nach Empfänger und Jahr)?

**Antwort zu Frage 1:**

Es handelt sich bei diesem Förderprogramm um ein erst im Anfangsstadium befindliches Förderprogramm mit vorwiegend überjährigen Projekten.

Gegenstand der zu fördernden Projekte sollen die Entwicklung und Umsetzung von Konzepten zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Kommunen, durch regionale Zusammenschlüsse und Netzwerke, Unternehmen, Kammerorganisationen etc. sein. Einbezogen sind darüber hinaus Maßnahmen der begleitenden Evaluierung des Programms, der Vernetzung zwischen den geförderten Projekten sowie zur Kommunikation der Ergebnisse (Multiplikatorfunktion).

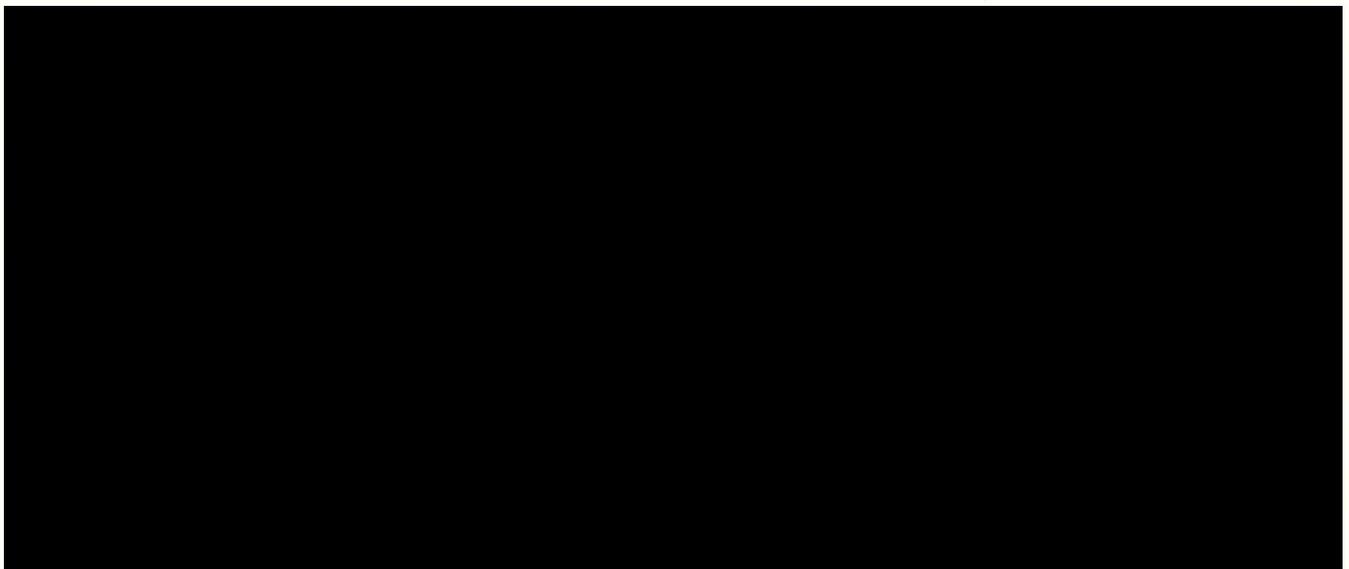
Mit der Umsetzung der Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Förderprogramm DAS) ist das Forschungszentrum Jülich, Projektträger Jülich (PtJ) beauftragt.

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden 18 Projekte zur „Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung“ und „Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen“ mit einem Fördermittelanteil in Höhe von [REDACTED] gefördert (s. nachstehende Tabellen).

**Tabelle:**  
**Ist-Ausgaben Fördermittelanteil nach Jahren**

2011	[REDACTED]
2012	[REDACTED]
2013	[REDACTED]

**Tabelle :**  
**Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung**

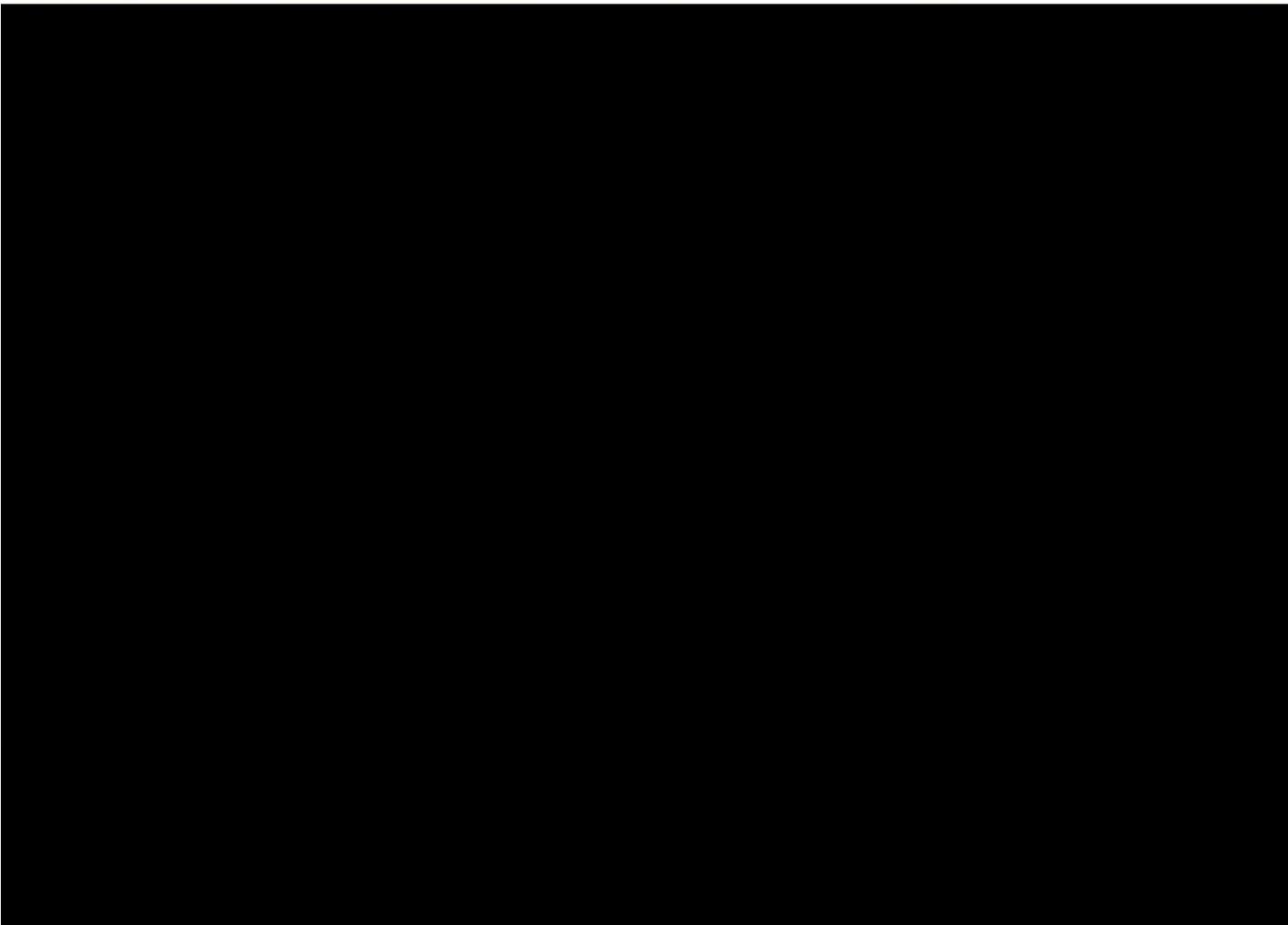






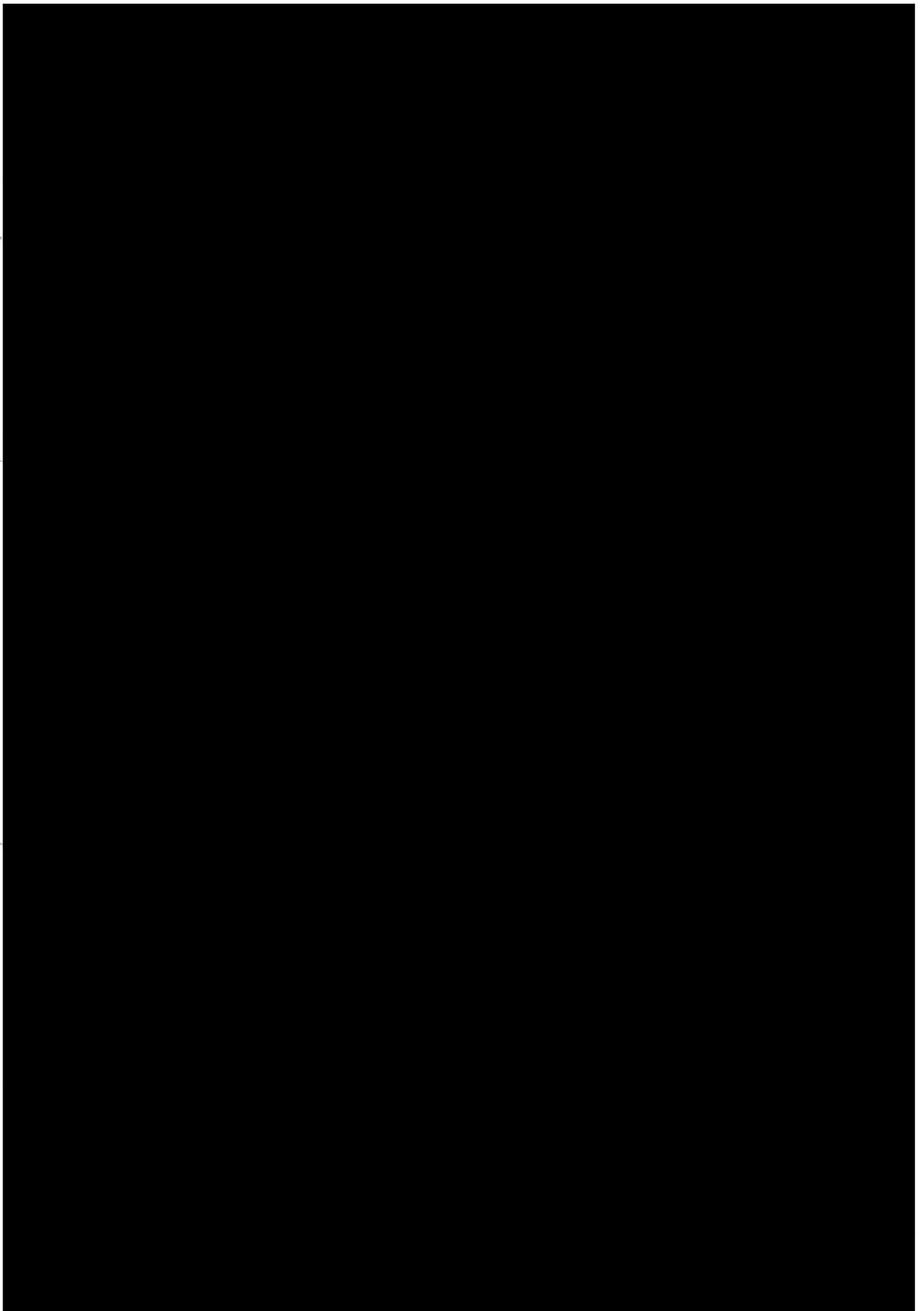
**Tabelle 2**

**Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen**

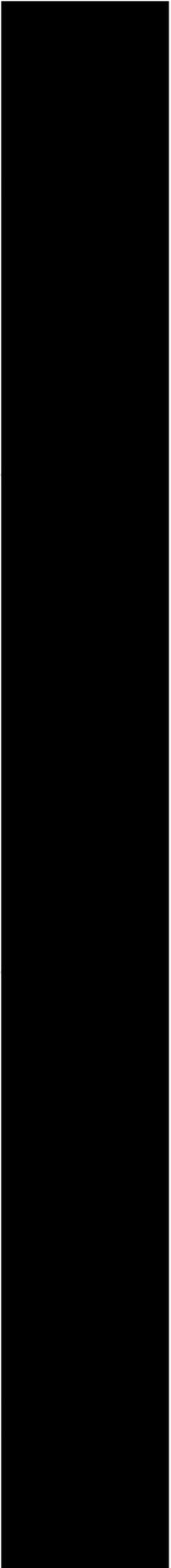


Aufgrund der bisherigen Erfahrungen bei der Antragsbearbeitung durch den Projektträger ist vorgesehen, das künftige Förderprogramm DAS für den Förderzeitraum 2014 bis 2017 von einem einstufigen auf ein zweistufiges Antragsverfahren umzustellen. In einem zweistufigen Verfahren werden seitens des Antragsstellers zunächst Projektskizzen und keine vollständigen Förderanträge eingereicht. In einem weiteren Schritt erfolgt nach Sichtung der Anträge durch den Projektträger in Absprache mit dem BMUB eine Aufforderung zur Antragstellung.











## Stanneck, Regina

---

**Von:** Stratenwerth, Thomas  
**Gesendet:** Montag, 28. April 2014 18:34  
**An:** Delbrück, Kilian; Galas, Holger  
**Cc:** Schwarz, Katharina  
**Betreff:** AW: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Lieber Herr Delbrück,  
ich rege eine kleine Ergänzung an (siehe unten im Text).  
Gruß  
Thomas Stratenwerth

---

**Von:** Delbrück, Kilian  
**Gesendet:** Montag, 28. April 2014 17:36  
**An:** Stratenwerth, Thomas; Galas, Holger  
**Betreff:** WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

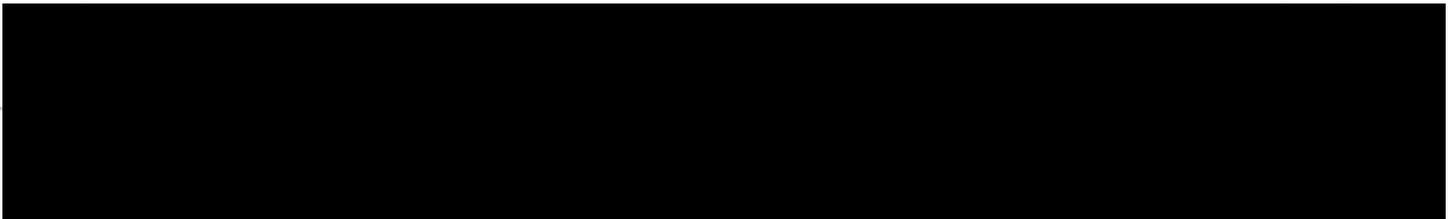
Lieber Herr Stratenwerth, lieber Herr Galas,  
auf die Frage Nr. 10 möchte ich wie folgt antworten. Einverstanden?

„Frage:

Kap. 1604 - Naturschutz

Sind 2014 zusätzliche Mittel für den präventiven Hochwasserschutz geplant? Wenn ja, in welcher Höhe und wo werden die entsprechenden Mittel etatisiert?

Antwort:



Viele Grüße

Kilian Delbrück

---

**Von:** Stotzem, Hans-Georg  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:00  
**An:** Alda, Helmut; Z I 1; Weigand, Reinhold; Laux, Reinhold; Z I 4; Fuentes Hutfilter, Ursula; KI I 1; Gorißen, Norbert; KI II 7; Arens, Georg; RS III 2; Stratenwerth, Thomas; WR I 1; Delbrück, Kilian; N I 1; [jochen.lang@bmvbs.bund.de](mailto:jochen.lang@bmvbs.bund.de); [swi4@bmvi.bund.de](mailto:swi4@bmvi.bund.de); [Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de](mailto:Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de); [swi5@bmvi.bund.de](mailto:swi5@bmvi.bund.de); [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
**Cc:** Püschel, Klaus; Eisenbarth, Siegfried; Thomas, Franziska  
**Betreff:** Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Die Berichts-anforderung von [REDACTED] leite ich Ihnen mit der Bitte um Beantwortung der folgenden Fragen zu:



- Frage 1: Referat WR I 1
- Fragen 2 – 7: Referat K II 7 (Bei der Beantwortung der Frage 6 stelle die Beteiligung des BMZ anheim.)
- Frage 8: Referat K I 1
- Frage 9: Referat KI II 7
- Frage 10: Referat N I 1
- Frage 11: Referat SW I 5
- Frage 13: Referat RS III 2
- Fragen 14 + 15: Bundesamt für Strahlenschutz (Bitte um Beteiligung von BMUB - Referat RS III 2- bei der Beantwortung.)
- Fragen 16 + 17: Referat SW I 4
- Fragen 18 + 19: Arbeitsgruppe Z I 1
- Frage 20: Arbeitsgruppe Z I 1 (zu Titeln 422 01, 442 01, 427 09, 428 01), Referat Z I 4 (zu Titeln 527 01, 712 01)

Ihren Antwortbeitrag bitte ich mir bis

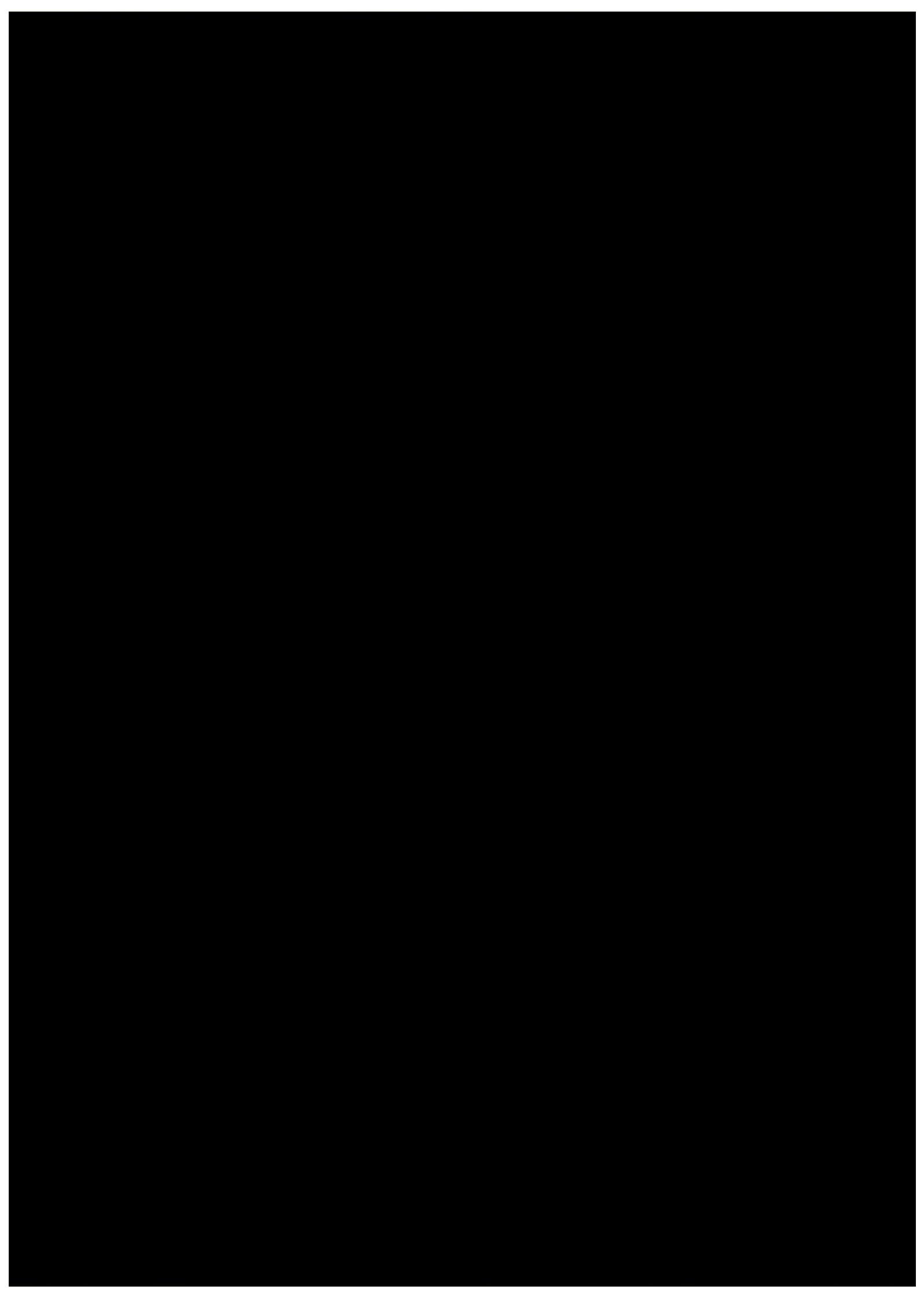
**8. Mai 2014 (DS)**

zuzuleiten.

Im Auftrag

Hans-Georg Stotzem







Auswertung Förderung DAS-Programm nach Bundesland, **Förderschwerpunkt und Institution** aufgeschlüsselt nach Jahren 2008 bis 2013





## Stanneck, Regina

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 17:16  
**An:** [REDACTED]  
**Cc:** [REDACTED]; Hempen, Susanne; Stanneck, Regina; Stratenwerth, Thomas  
**Betreff:** Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED]

**Wichtigkeit:** Hoch

Liebe Frau Eichler,

uns liegt eine Berichts-anforderung von [REDACTED] mit der Bitte um Beantwortung vor. Unser Referat ist betroffen bei der Beantwortung der folgenden Frage:

**Kap. 1602 685 05**

1. Wie hoch war in den Jahren 2008 bis 2013 der Anteil der Fördermittel, die im Rahmen der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel jeweils an die Bundesländer, die Kommunen, private Akteure und Forschungseinrichtungen gezahlt wurde (aufgeschlüsselt nach Empfänger und Jahr)?

Ich wäre dankbar, wenn Sie mir die entsprechenden Zahlen - aufgeschlüsselt nach Empfänger und Jahr- zukommen lassen könnten.

Viele Grüße  
Im Auftrag  
Regina Stanneck

---

Referat WR I 1

Allgemeine, grundsätzliche sowie internationale und europäische Angelegenheiten der Wasserwirtschaft

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Robert-Schuman-Platz 3, 53175 Bonn  
Telefon: 0228 99305-2546  
Fax: 0228 99305-2396  
E-Mail: [regina.stanneck@bmub.bund.de](mailto:regina.stanneck@bmub.bund.de)  
Internet: [www.bmub.de](http://www.bmub.de)



## Stanneck, Regina

---

**Von:** Stanneck, Regina  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:55  
**An:** Stratenwerth, Thomas  
**Cc:** Hempen, Susanne; Stanneck, Regina  
**Betreff:** AKTION WG: Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)  
**Anlagen:** [REDACTED] Epl\_16.pdf  
**Wichtigkeit:** Hoch

Lieber Herr Stratenwerth,

ich schlage vor, diese detaillierten Angaben zu Frage 1 bei PtJ abzufragen.

Einverstanden?

Gruß  
Regina Stanneck

---

**Von:** Stotzem, Hans-Georg  
**Gesendet:** Donnerstag, 24. April 2014 16:00  
**An:** Alda, Helmut; Z I 1; Weigand, Reinhold; Laux, Reinhold; Z I 4; Fuentes Hutfilter, Ursula; KI I 1; Gorißen, Norbert; KI II 7; Arens, Georg; RS III 2; Stratenwerth, Thomas; WR I 1; Delbrück, Kilian; N I 1; [jochen.lang@bmvbs.bund.de](mailto:jochen.lang@bmvbs.bund.de); [swi4@bmvi.bund.de](mailto:swi4@bmvi.bund.de); [Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de](mailto:Thomas.Hartmann@bmvbs.bund.de); [swi5@bmvi.bund.de](mailto:swi5@bmvi.bund.de); [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
**Cc:** Püschel, Klaus; Eisenbarth, Siegfried; Thomas, Franziska  
**Betreff:** Antwortbeitrag zur Berichts-anforderung [REDACTED] Frist: 8.5.2014 (DS)

Die Berichts-anforderung von [REDACTED] Kindler leite ich Ihnen mit der Bitte um Beantwortung der folgenden Fragen zu:

- Frage 1: Referat WR I 1
- Fragen 2 – 7: Referat K II 7 (Bei der Beantwortung der Frage 6 stelle die Beteiligung des BMZ anheim.)
- Frage 8: Referat K I 1
- Frage 9: Referat KI II 7
- Frage 10: Referat N I 1
- Frage 11: Referat SW I 5
- Frage 13: Referat RS III 2
- Fragen 14 + 15: Bundesamt für Strahlenschutz (Bitte um Beteiligung von BMUB - Referat RS III 2- bei der Beantwortung.)
- Fragen 16 + 17: Referat SW I 4
- Fragen 18 + 19: Arbeitsgruppe Z I 1
- Frage 20: Arbeitsgruppe Z I 1 (zu Titeln 422 01, 442 01, 427 09, 428 01), Referat Z I 4 (zu Titeln 527 01, 712 01)

Ihren Antwortbeitrag bitte ich mir bis



**8. Mai 2014 (DS)**

zuzuleiten.

- Im Auftrag
- Hans-Georg Stotzem



42250-1/14

Abg. \_\_\_\_\_

17.04.2014

Datum

**Berichts-anforderung**

- Bis zum 05.05.2014.....
- bis zur Sitzung am .....
- bis zur nächsten Ausschusssitzung.....

erbitte ich von der Bundesregierung einen Bericht zur Klärung offener Fragen, die beim Haushaltsentwurf 2014 zum Einzelplan 16 bestehen.

**Kap. 1602 - Klimaschutz**

## Titel 685 05

1.) Wie hoch war in den Jahren 2008 bis 2013 der Anteil der Fördermittel, die im Rahmen der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel jeweils an die Bundesländer, die Kommunen, private Akteure und Forschungseinrichtungen gezahlt wurde (aufgeschlüsselt nach Empfänger und Jahr)?

## Titel 896 05

2.) Werden die Verpflichtungsermächtigungen in Höhe von 1,23 Mrd. Euro, die 2013 im Energie- und Klimafonds (EKF) für den internationalen Umwelt- und Klimaschutz eingestellt waren (Titel 687 01) vollständig in die Einzelpläne 16 und 23 umgesetzt? Wenn nein, in welcher Höhe werden die Verpflichtungsermächtigungen umgesetzt und was sind die Gründe für die nur teilweise Umsetzung der Verpflichtungsermächtigen?

3.) Bleibt die Höhe der mehrjährigen Zusagen an (a) an den Green Climate Fund, (b) bilaterale und (c) multilaterale Klimaschutzabkommen in den Einzelplänen 16 und 23 im Vergleich zum EKF konstant oder sind



in einem/ mehreren Bereich/en Kürzungen, Umschichtungen oder Aufstockungen vorgesehen (bitte Umfang und Grund eventueller Veränderungen angeben)?

4.) Ist ein Teil des Barmittelansatzes des Titels 896 05 für den Green Climate Fund veranschlagt? Wenn ja, in welcher Höhe und sollen diese Mittel auch in Zukunft dort etatisiert werden?

5.) Entfällt ein Teil der Verpflichtungsermächtigungen des Titels 896 05 auf den Green Climate Fund? Wenn ja, in welcher Höhe und bis wann gelten diese Zusagen?

6.) Der Barmittelansatz des Titels 687 01 (EKF) betrug im Haushalt 2013 372 Millionen. Von diesem Barmittelansatz wurden nur 328 Millionen Euro in die Einzelpläne 16 und 23 umgesetzt. Werden die verbleibenden 44 Millionen Euro, die als Differenzbetrag zwischen dem Barmittelansatz im EKF und dem Ansatz in den Einzelplänen 16 und 23 verbleiben, beim internationalen Klimaschutz eingespart oder an anderer Stelle zu klimaschutzrelevanten Zwecken verwendet? Wenn ja, wo?

7.) Welche konkreten Projekte zum Schutz der Biodiversität wurden 2013 mit wie viel Geld unterstützt?

8.) Soll das von Ministerin Hendricks angekündigte Klimasofortprogramm aus dem Titel 896 05 finanziert werden? Wenn ja, in welcher Höhe sind Mittel für das Klimasofortprogramm in Titel 896 05 eingestellt? Wenn nein, aus welchem Titel ist die Finanzierung des Sofortprogramms in welcher Höhe geplant?

9.) Wird erwogen, die internationale Klimaschutzfinanzierung in den EKF zurück zu verlagern sofern sich die Einnahmesituation des EKF durch einen höheren CO2-Zertifikatspreis stabilisiert, oder soll der internationale Umwelt- und Klimaschutz unabhängig vom Zertifikatehandel dauerhaft im ordentlichen Haushalt etatisiert werden?

#### **Kap. 1604 – Naturschutz**

10.) Sind 2014 zusätzliche Mittel für den präventiven Hochwasserschutz geplant? Wenn ja, in welcher Höhe und wo werden die entsprechenden Mittel etatisiert?



## **Kap. 1606 – Wohnungswesen und Städtebau**

Titel 622 02

11.) Bei Titel 622 02 besteht ein Ausgaberesst von 9,2 Millionen Euro. Über welchen Zeitraum sollen die offenen Bewilligungen abfinanziert werden und wann endet dementsprechend die Entlastung der Wohnungsunternehmen nach der Verordnung zum Altschuldenhilfegesetz (AHGV)?

## **Kap. 1614 – Bundesamt für Naturschutz**

Titel F 531 01\_331

12.) Warum werden im Haushaltsentwurf 2014 keine Mittel mehr für die Verleihung des Deutschen Naturschutzpreises eingestellt (Titel entfällt)?

## **Kap. 1615 – Bundesamt für kerntechnische Entsorgung**

Titel 981 01\_890

13.) Wie sind die zunächst vorgesehenen 40 Stellen, die mit 799.000 Euro veranschlagt sind, konkret ausgestaltet und zu welchem Zeitpunkt soll die Ausschreibung der Stellen bzw. ihre Besetzung erfolgen?

## **Kap. 1616 – Bundesamt für Strahlenschutz**

Titel 712 23

14.) Wie hoch wären die Kosten, die durch eine Rücknahme des Planfeststellungsantrages für Gorleben anfallen würden und wie setzt sich die entsprechende Summe zusammen?

15.) Welche Möglichkeiten bestehen, um zu verhindern, dass der Staat die für die Rücknahme des Planfeststellungsverfahrens anfallenden Kosten vollständig tragen müsste und nicht refinanzieren könnte?



### **Ausgabeüberreste 2013 (flexibilisierter Bereich)**

16.) Wie sollen die Ausgabereste in Höhe von 267,6 Millionen Euro, die laut Übersicht der Ausgabereste für die Städtebauförderung aufgelaufen sind, sinnvoll abfinanziert werden (bitte Höhe und Zeitraum der Abfinanzierung angeben)?

17.) Wann bzw. über welchen Zeitraum sind die Ausgabereste im Bereich der Städtebauförderung aufgelaufen und warum wurde die Abfinanzierung nicht frühzeitig angegangen?

18.) Wie kommt der hohe Mehrbedarf bei Titel 427 09 (Haushaltsstelle alt: 1601 427 09) zur Finanzierung befristeter Stellen zustande? Handelt es sich (da zu erwartende Mehrausgabe) um einen kurzfristigen (projektbezogenen) oder einen dauerhaften Mehrbedarf?

19.) Wie viele der aktuell beschäftigten Zeitkräfte haben einen Arbeitsvertrag, der 2014 bzw. 2015 ausläuft, und bei vielen dieser Beschäftigten ist eine Weiterbeschäftigung geplant?

20.) Ist im Haushalt 2014 eine vollständige oder teilweise Verausgabung der Ausgabereste der Titel 442 01, 427 09, 428 01, 527 01, 712 01, 422 01 und 428 01 geplant? Und wenn ja, zulasten welcher Titel soll diese Verausgabung erfolgen?



Unterschrift



Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit  
Eing.: 05. MAI 2014  
Abt./Ref.: WZ-1  
Az.:

42250-1/14

DIW BERLIN

1. V. K 5/5

DIW Berlin, 10108 Berlin

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Referat WAI 1  
Frau Almut Nagel  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

*Handwritten notes:*  
Frau Kempe  
1, Frau Lehmann  
Deriv. 18/15  
2 id A

Abteilung Entwicklung und Sicherheit  
Kommissarische Abteilungsleiterin

DIW Berlin – Deutsches Institut  
für Wirtschaftsforschung e.V.  
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin  
Postanschrift:  
DIW Berlin, 10108 Berlin  
T +49 30 897 89 -0  
F +49 30 897 89 -200  
www.diw.de

Berlin, den 30.04.2014 | Seite 1/1

BMBF-Förderprogramm:  
Projekt:  
Förderkennzeichen:  
Betreff:



Vorstand

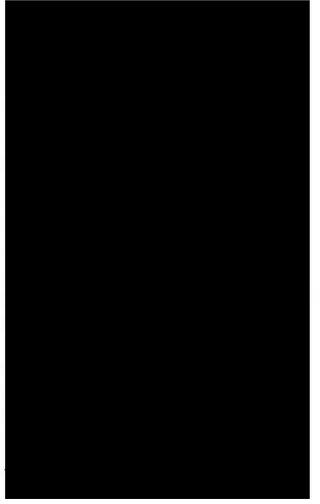
Kuratorium

Sehr geehrte Frau Nagel,

ich freue mich, Ihnen als Anlage zu diesem Schreiben den Zwischenbericht für das Jahr 2013 für das Projekt [redacted] zu übersenden.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen jederzeit sehr gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,



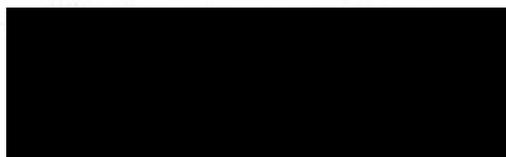


# Zwischenbericht

zum Vorhaben

## **Ökonomie des Klimawandels: Die Bewältigung von Klima-Schocks in der Mongolei – Vulnerabilität, Vermögen und Migration**

FKZ:  
Laufzeit:  
Berichtszeitraum:



### **Projektleiter des Vorhabens:**

Name:   
Institution: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin)  
Adresse: Abteilung Entwicklung und Sicherheit  
Mohrenstr. 58  
10117 Berlin  
Telefon:   
Email: 

## **1. Bisherige wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und wichtige Ereignisse, die Einfluss auf das Vorhaben haben könnten**

Ziel des Vorhabens "Coping with Shocks in Mongolia" ist es, aufzuzeigen, welche Kosten und Risiken für Haushalte in der Mongolei durch Klimaschocks anfallen. Dazu wird eine Längsschnitt-Haushaltsbefragung zu Klimaschocks und sozioökonomischer Vulnerabilität in der westlichen Mongolei durchgeführt. Die erhobene Datenbasis stellt – zusammen mit bereits existierenden Haushaltsdaten aus dem Jahr 2003 – die Grundlage für die Forschungspapiere des Projekts dar.

Der Arbeitsplan des Vorhabens besteht aus zwei Paketen (siehe Anhang 1): Die Datenerhebung in der westlichen Mongolei (Paket 1) und die Erstellung von neun Forschungspapieren (Paket 2). Im Folgenden werden der bisherige planmäßige Stand der Arbeitspakete aufgeschlüsselt und weitere wichtige Ereignisse im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt beschrieben. Des Weiteren wird dargestellt, wie die im Projektplan vorgesehenen Meilensteine erreicht wurden.

### **1.1 Arbeitspaket 1: Erhebung der Längsschnitt-Haushaltsbefragung in der Mongolei**

Zu Beginn des zweiten Erhebungsjahrs der Haushaltsbefragung reisten Katharina Lehmann, Leoni Linek und Uuriintuya Batsaikhan vom 23.05.2013 bis 16.06.2013 in die Mongolei (Meilenstein F3). Hauptanliegen dieser Reise waren eine gezielte Schulung der mongolischen Projektmitarbeiter zum Wiederauffinden der Haushalte aus dem ersten Erhebungsjahr sowie die Vorstellung und Erläuterung der neu entwickelten Abschnitte des Fragebogens.

In den ersten beiden Tagen fanden in Ulaanbaatar Treffen mit Herrn Mendsaikhan (Präsident des National Statistical Office of Mongolia, NSO) und Herrn Erdenesuren (Vizepräsident des NSO) statt. Diese wurden für einen intensiven Austausch über die bisher sehr positiven Ergebnisse der Zusammenarbeit zwischen dem DIW Berlin und dem NSO (insbesondere die sehr gute Qualität der im ersten Jahr erhobenen Daten wurde dabei betont), über Möglichkeiten der Intensivierung der Kooperation beider Institute, sowie über die Herausforderungen der Erhebung eines Paneldatensatzes im nomadischen Kontext genutzt.

Das einwöchige Training mit den mongolischen Projektmitarbeitern (neun Interviewer und drei Supervisoren) aus den drei Provinzen sowie den Projektverantwortlichen aus dem Hauptstadtbüro des NSO wurde in Zavkhan (einer der Erhebungsprovinzen) durchgeführt. Die Eröffnung des Trainings durch den Gouverneur der Provinz bekräftigte noch einmal das Interesse und die Bedeutung des Projekts für die Entscheidungsträger vor Ort. Zu Beginn des Trainings wurde ein Überblick über die Themen gegeben, die wir mithilfe der erhobenen Daten untersuchen wollen. Des Weiteren wurden die dafür genutzten Methoden vorgestellt, um das Verständnis der Interviewer für die Ziele der Fragestellungen zu stärken und die Qualität der Datenerhebung damit noch weiter zu verbessern. Ausführliche Erläuterungen und Übungen zum Wiederauffinden (Tracking) der Erhebungshaushalte im zweiten Jahr bildeten den ersten Hauptbestandteil des Trainings. Attrition (das Ausscheiden von Haushalten aus einer Panelbefragung) kann die Qualität der erhobenen Daten stark beeinträchtigen, weshalb das Tracking von Haushalten enorm wichtig ist, auch wenn es in Entwicklungsländern und ganz

besonders im nomadischen Kontext eine große Herausforderung darstellt. Gute Unterstützung erhalten die Interviewer dabei von den lokalen Verwaltungen, die meist sehr gut über die Aufenthaltsorte der Haushalte informiert sind. Des Weiteren wurde eine Liste eingeführt, in welche die zu interviewenden Haushalte und der Status der Befragung (insbesondere da einige Haushalte nur für einen begrenzten Zeitraum abwesend sind und zu einem späteren Zeitpunkt interviewt werden können) in jeder der drei Provinzen eingetragen und monatlich ans DIW Berlin geschickt werden. Dies ermöglicht uns einen direkten Überblick über Erfolge und eventuell auftretende Probleme bei dem Wiederfinden der Haushalte und erleichtert den Supervisoren in den Provinzen die Koordination der Haushaltsbefragungen.

Zweiter Hauptbestandteil des Trainings war die schrittweise Erläuterung der neuen Bestandteile des Fragebogens. Mehrere neue Abschnitte untersuchen verschiedene Aspekte der Erfahrungswelt der Haushalte (Berufserfahrung in verschiedenen Sektoren, Bildung und Berufswege der Eltern der Haushalte, Ereignisse während der Transitionsphase nach Ende der Sowjetunion). Diese Informationen werden uns bei der Analyse der unterschiedlichen Fähigkeiten der Haushalte im Umgang mit Schocks von großer Hilfe sein. Weitere neue Fragen beschäftigen sich mit dem Verständnis der von Weltbank und Regierung angebotenen Viehversicherung. Wie die Analyse der Daten aus dem ersten Erhebungsjahr ergeben hat, werden weit weniger Versicherungen als erwartet abgeschlossen. Die neuen Fragen versuchen zu erfassen, ob ein Grund dieser „Unterversicherung“ in mangelndem oder fehlerhaftem Verständnis der Haushalte dieser sehr komplexen Indexversicherung liegen könnte. Auch zu Kaschmirziegen und dem Verhalten der Nomaden bei hypothetischen Preisanstiegen von Kaschmir wurde ein weiterer Abschnitt in den Fragebogen eingefügt. Kaschmirziegen spielen eine ambivalente Rolle, da sie einerseits Haushalten eine gute Einkommensquelle bieten, andererseits aber durch ihr Weideverhalten zur Degradierung der Böden führen. Die Fragen zu den sozialen Netzwerken der Haushalte und erlebter negativer Ereignisse wurden mithilfe der Daten aus dem ersten Jahr erweitert und verbessert und versprechen nun detaillierte Auskunft über diese beiden sehr wichtigen Aspekte der Lebenswirklichkeit der Haushalte zu geben. Schließlich wurde den Interviewern auch der veränderte Bonuszahlungsmodus erläutert, der nicht nur Wert auf das Wiederfinden von Haushalten sondern auch auf die Qualität der erhobenen Daten legt.

Das im Vorfeld erstellte Handbuch mit Anweisungen zu jeder einzelnen Frage fasst die Trainingsinhalte noch einmal zusammen und bietet den Interviewern gute Orientierungsmöglichkeiten bei der Implementierung des Fragebogens. Insgesamt wurde das Training sehr interaktiv gestaltet. Neben einem Field Day, an welchem jeder Interviewer einen Haushalt zur Probe mit anschließender gemeinsamer Auswertung befragte, haben auch die Interviewer miteinander kleine Befragungen durchgeführt, wodurch Herausforderungen gleich erkannt werden konnten und die Interviewer in der Position der Befragten auf für die Haushalte möglicherweise schwierige Fragen aufmerksam wurden. Zum Abschluss jedes Trainingstages wurde ein kurzer Test mit offener Auswertung durchgeführt um Fragen und eventuelle Missverständnisse gleich zu beheben. Dabei kam es oft zu einem sehr engagierten Erfahrungsaustausch zwischen den Interviewern und Supervisoren der drei Provinzen.

Im Anschluss an das Training haben die drei Teams aus Interviewern und Supervisoren in ihren jeweiligen Provinzen die Haushaltsbefragungen für den ersten Monat der zweiten Welle der Datenerhebung durchgeführt. Dabei wurden sie von einem der Mitarbeiter aus dem DIW Berlin

gemeinsam mit einem Projektverantwortlichen aus dem NSO Hauptstadtbüro begleitet, um umfassende Unterstützung und Hilfestellungen bei etwaigen Fragen sowie Monitoring der Interviewer zu gewährleisten. Besonders nützlich war dabei der rege Austausch zwischen den drei Teams, um Unklarheiten die in einer der anderen Provinzen aufgetreten sind mit allen Interviewern zu besprechen und damit Fehlern bei der Datenerhebung vorzubeugen. Die wichtigsten Fragen und Antworten wurden abschließend als Ergänzung zum Handbuch und Nachschlagemöglichkeit für die Interviewer verschriftlicht.

Die Motivation und das Engagement der Supervisoren und Interviewer sowohl während des Trainings als auch während der Haushaltsbefragungen haben uns sehr zuversichtlich gestimmt, dass die Qualität der erhobenen Daten auch weiterhin ausgezeichnet sein wird.

<b>Übersicht über Feldaufenthalte in der Mongolei</b>			
<b>Mitarbeiter des DIW Berlin</b>	<b>Zeitraum der Reise</b>	<b>Zweck der Reise</b>	<b>Finanzierung</b>
Katharina Lehmann	23.05.-16.06.2013	Meilenstein F3	Projektmittel
Leoni Linek	23.05.-16.06.2013	Meilenstein F3	Projektmittel
Uuriintuya Batsaikhan	23.05.-16.06.2013	Meilenstein F3	Projektmittel

Die Digitalisierung der handschriftlich ausgefüllten Fragebögen erfolgt nach höchsten internationalen Standards. Jeder Fragebogen wird separat von zwei verschiedenen Personen in der jeweiligen Erhebungsprovinz in eine IT-Maske eingegeben. Die Software veranlasst einen automatischen Abgleich der beiden Datensätze und produziert Fehlermeldungen, wenn die eingegebenen Daten voneinander abweichen. In diesem Fall zieht der Supervisor die original ausgefüllten Fragebögen heran. Die digitalisierten Datensätze werden an das NSO-Team in der Hauptstadt übermittelt, die automatisierte Konsistenz-Prüfungen durchführen. Bei auffälligen Werten – beispielsweise überdurchschnittlich hohen oder geringen Ausgaben für Lebensmittel oder Bildung – werden die Haushalte persönlich kontaktiert und die Angaben korrigiert. Alle Korrekturen werden in einem Excel-Dokument vermerkt und an das DIW Berlin geschickt. Diese ungewöhnlich präzise Vorgehensweise des NSO ist ein weiteres Element der Qualitätssicherung. Die Anzahl von Haushalten, die vollständige und plausible Informationen für kontinuierliche Variablen aufweisen, ist unerwartet hoch. Dadurch kann ein typisches Problem in der Auswertung von Haushaltsdaten aus Entwicklungsländern – die Reduzierung des Stichprobenumfangs aufgrund eines relativ hohen Prozentsatzes von Haushalten mit fehlenden oder suspekten Werten – vermieden werden. Der Stichprobenumfang, den das DIW Berlin Team als Basis für ökonometrische Schätzungen verwenden kann, ist erfreulich groß. Der Nachteil dieser ausführlichen Datenbereinigung liegt in der hohen Arbeitsintensität für unseren Projektpartner. Für 2013 waren im Projektplan vier Datenlieferungen vorgesehen (Meilensteine D4-D7). Die Datenpakete D4 und D5 wurden wie vereinbart an das DIW Berlin geliefert. Datenpakete D6 und D7 wurden mit Verspätung im Frühling 2014 geliefert (die Auszahlung an das NSO erfolgte erst nach Erhalt der Daten in Berlin). Der Arbeitsplan ist von dieser Verzögerung nicht betroffen.

Die zweite technische Evaluierung (Meilenstein T2) erfolgte im Juni 2013. Eine Delegation des NSO, darunter der Präsident des NSO, Herr Mendsaikhan, und Frau Oyunchimeg, Leiterin des Social Statistics Department, besuchte am 14.06.2014 das DIW Berlin. An dem Arbeitstreffen nahmen Prof. Wagner (Vorstandsmitglied des DIW Berlin) und Kati Schindler (Projektleiterin)

teil. Auf der Agenda stand die Frage, mit welchen Techniken und Methoden Attrition – das Ausscheiden der Haushalte aus der Stichprobe nach dem ersten Erhebungsjahr – reduziert werden kann. Prof. Wagner hat dabei seine langjährige Erfahrung als Leiter des Sozio-oekonomischen Panels am DIW Berlin eingebracht. Das produktive Treffen diente der weiteren Vertiefung der Kooperation zwischen beiden Instituten.

## 1.2 Arbeitspaket: Forschung

Im Projektjahr 2013 entstand die erste Fassung des Projektoutputs 2b (Meilenstein P2).

### *The impact of extreme weather events on child health: Evidence from Mongolia (Valeria Groppo und Kati Schindler)*

Das Forschungspapier untersucht die Auswirkungen eines extremen Wetterereignisses auf anthropometrische Indikatoren von Kindern. Der Fokus liegt auf dem außergewöhnlich harten Winter von 2009/2010, der ein massenhaftes Sterben von Vieh in der Mongolei verursachte. Dem Winter fielen etwa 8,8 Millionen Vieh zum Opfer, rund 20 Prozent des nationalen Bestands. Die mongolische Regierung rief im Januar 2010 den nationalen Notstand aus und erbat Nothilfe von der internationalen Gemeinschaft. Dieses extreme Wetterereignis – im Mongolischen *Dzud* genannt – ist Resultat von verschiedenen ungünstigen Wetterbedingungen. Dazu zählen früh einsetzender Schnee im Oktober 2009, starke Temperaturschwankungen im Oktober und November 2009, extrem kalte Temperaturen zwischen Dezember 2009 und Februar 2010, ungewöhnlich starker Schneefall im Frühling 2010 und eine außergewöhnlich lange Dauer des Winters. Seit dem Beginn der Wetteraufzeichnungen in der Mongolei um 1950 treten Dzuds im Durchschnitt alle acht Jahre auf. Mit fortschreitendem Klimawandel ist jedoch zu erwarten, dass die Häufigkeit und Intensität von solchen extremen Wetterereignissen in Zukunft zunehmen wird. Das Forschungspapier fokussiert damit auf ein Ereignis, das mit großer Wahrscheinlichkeit erneut in der Zukunft auftreten wird.

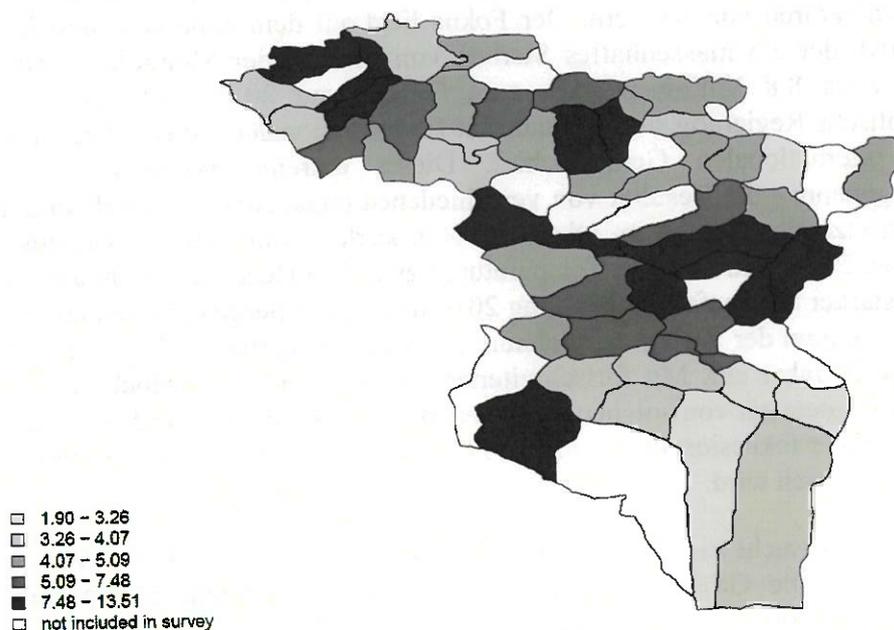
Das Forschungspapier untersucht vier Fragestellungen: Erstens werden die Auswirkungen des Dzud von 2009/2010 auf die Größe von Kindern quantifiziert. Zweitens untersuchen wir, welchen Einfluss sozio-ökonomische Charakteristika auf die Größe von vom Dzud-betroffenen Kindern haben. Drittens wird analysiert, inwieweit Zugang zu Hilfe und Infrastruktur die negativen Folgen des Dzud abmildern. Und viertens wird beleuchtet, welchen Einfluss die Strategien haben, die Haushalte während des Dzud anwenden.

Die Datengrundlage des Forschungspapiers ist die „Households Coping with Shocks“ Längsschnittbefragung, die im Rahmen des Projekts in der westlichen Mongolei erhoben wird. Insbesondere verwenden wir anthropometrische Daten von 829 Kindern im Alter von 0-6 Jahren. Der verwendete Haushaltsfragebogen erfasst die Migrationsgeschichte aller Haushaltsmitglieder, so dass der genaue Standort (Distrikt) bekannt ist, in dem Kinder zu Beginn des Dzud gewohnt haben. Die abhängige Variable in allen Regressionen ist der *height-for-age z-score (HAZ)*, ein standardisiertes Maß für die Größe von Kindern. Dabei wird die tatsächlich gemessene Größe von Kindern in der mongolischen Stichprobe ins Verhältnis gesetzt zu einem internationalen

Referenzdatensatz der World Health Organization, der das Größenwachstum von Kindern unter optimalen Umweltbedingungen weltweit beschreibt.

Die Intensität des Dzud von 2009/2010 wird anhand von historischen Viehzensusdaten modelliert. Seit 1970 liegen digitalisierte jährliche Daten zum Gesamtbestand und Mortalität von Vieh auf Distriktebene vor, die das NSO im Rahmen des jährlichen Viehzensus erhebt. Wir definieren Dzud-Intensität als Differenz zwischen der Viehsterblichkeit pro Distrikt in 2010 und der langjährigen durchschnittlichen Viehsterblichkeit im Zeitraum 1970-2008, geteilt durch die Standardabweichung der Viehsterblichkeit im Zeitraum 1970-2008. Dieses standardisierte Maß für die Intensität des Dzud erlaubt es, die verschiedenen Risiken für das Auftreten des Dzud in verschiedenen ökologischen Zonen zu berücksichtigen. Das Dzud-Intensitäts-Maß ist für jeden der 49 in der Befragung enthaltenen Distrikte über dem langjährigen Durchschnitt – was erneut das Ausmaß des Dzuds im Jahr 2010 verdeutlicht, wie die folgende Abbildung zeigt.

### Spatial variation in the dzud-intensity index across survey districts



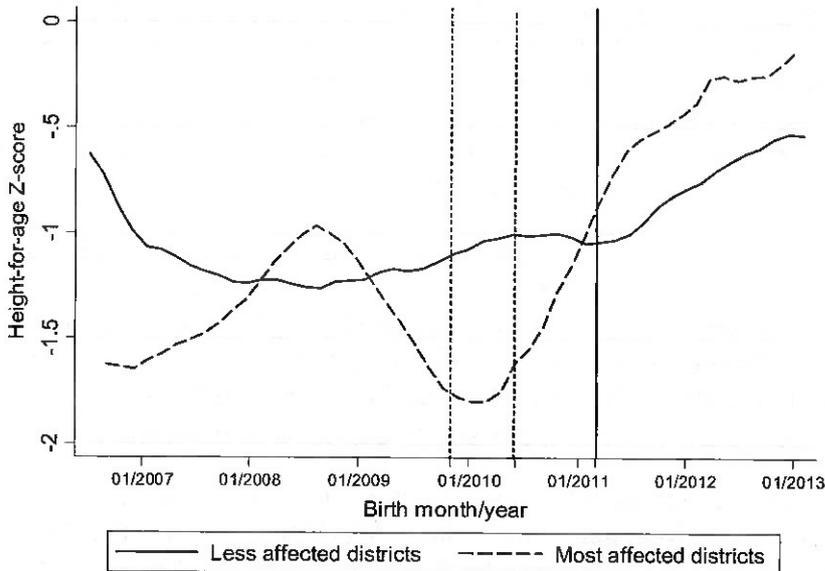
Source: Livestock Census 1970-2010.

Dennoch gibt es Nicht-Linearität innerhalb der Verteilung der Dzud-Intensität: Einige der 49 Distrikte waren besonders stark betroffen, während andere Distrikte weit weniger stark betroffen waren. Um diese Verteilung zu berücksichtigen, transformieren wir das Dzud-Intensitätsmaß in eine Indikator-Variable *most affected district*, die den Wert eins annimmt, wenn ein Distrikt über dem 85. Perzentil der Verteilung liegt. Diese Variable wird den Kinder-Daten zugespielt.

Unsere ökonometrische Identifikationsstrategie ist eine Diff-in-Diff-Schätzung. Dabei nutzen wir einerseits exogene Variation im räumlichen Auftreten des Dzud. Andererseits nutzen wir exogene Variation im Alter von Kindern: Kinder, die dem Dzud von 2010 im Kleinkindalter

oder als ungeborene Babys ausgesetzt waren, sind unsere *treatment group*. Als Kontrollgruppe dienen uns Kinder, die neun Monate nach Ende des Dzud und später geboren wurden (nach März 2011). Die folgende Abbildung veranschaulicht die Schätzstrategie.

**Children's height-for-age z-scores over time in districts that were most affected and less affected by the 2010 dzud**



Note: Most affected districts are defined as districts with a dzud intensity index above the 85<sup>th</sup> percentile of the distribution. The vertical dotted lines indicate the start (November 2009) and the end (June 2010) of the dzud. The vertical solid line indicates the time threshold used to define dzud-exposed cohorts (exposed alive or in utero). Source: Coping with Shocks in Mongolia Household Survey and Livestock Census 1970-2010.

Deskriptive Ergebnisse weisen auf ein relativ hohes Vorkommen von Mangelernährung hin. Im Durchschnitt liegt der HAZ der Kinder aus der mongolischen Stichprobe 1,05 Standardabweichungen unter dem Median des internationalen Referenzdatensatzes. Dieser Wert ist vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Ernährungsstudien aus der Mongolei.

Die Ergebnisse der ökonometrischen Schätzungen liefern ein klares Bild: Für Kinder aus Viehhalter-Haushalten hat der Dzud eine signifikante und negative Wirkung auf das Wachstum. Das Ausmaß der negativen Wirkung ist dabei im Vergleich zu Studien aus anderen empirischen Kontexten und Schocks sehr prägnant. Für Kinder, die dem Dzud zu Lebzeiten oder als ungeborene Babys ausgesetzt waren und die in einem stark vom Dzud betroffenen Distrikt lebten, verringert sich der HAZ um 1,9 Standardabweichungen. Dieses Ergebnis ist robust hinsichtlich der Definition des Dzud-Intensitätsmaßes. Im Gegensatz dazu sind Kinder aus nicht-Viehhalterhaushalten nicht signifikant vom Dzud betroffen. Dies weist darauf hin, dass der Dzud nicht durch extreme Wetterbedingungen per se wirkt (denen alle Kinder ausgesetzt sind), sondern spezifisch mit dem Verlust von Vieh von Haushalten zusammenspielt.

Hinsichtlich der sozio-ökonomischen Einflussfaktoren finden wir signifikante Geschlechterunterschiede: Sowohl Jungen als auch Mädchen sind durch den Dzud negativ in ihrem Wachstum beeinträchtigt. Jedoch ist dieser negative Effekt weniger stark ausgeprägt bei

Mädchen – ein unerwartetes Ergebnis. Des Weiteren profitieren Kinder davon, wenn sie in einem Haushalt leben, dessen Vorstand älter ist; möglicherweise handelt es sich hier um einen positiven Effekt von Erfahrung. Überraschenderweise gibt es keine Evidenz dafür, dass Wohlstand die Auswirkungen des Dzud auf Kinder reduziert.

Zugang zu externer Hilfe kann die Auswirkungen des Dzud lindern. Die Verteilung von Nahrungsmittelhilfe auf der Distrikt-Ebene lindert die Auswirkungen des Dzud signifikant. Allerdings muss dieses Ergebnis mit Vorsicht betrachtet werden, da nicht bekannt ist, nach welchen Auswahlkriterien Distrikte mit Nahrungsmittelhilfe beliefert wurden. Die vorhandene Gesundheitsinfrastruktur in einem Distrikt kann die negativen Auswirkungen des Dzuds nicht lindern. Auch enge Beziehungen zum Distrikt-Gouverneur und zum Sub-Distrikt-Gouverneur (beides Maße für den Zugang zu Informationen über Hilfsprogramme) haben überraschenderweise keine Auswirkungen auf die Folgen des Dzud für Kinder.

Zuletzt wird der Einfluss von Bewältigungsstrategien beleuchtet, die Haushalte während des Dzud anwenden. Unter den verschiedenen Strategien – wie der Verkauf von Vieh, Migrationsbewegungen während des Dzud, Hilfe von Familienmitgliedern, Investitionen in Viehunterstände – ist allein der Zugang zu Krediten signifikant: Kinder, die vom Dzud betroffen sind, in einem stark vom Dzud betroffenen Distrikt lebten und deren Haushalte Kredite während des Dzud aufnehmen sind weniger stark von den negativen Folgen des Dzud betroffen.

Aus den Ergebnissen lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass der extreme Winter von 2009/2010 starke negative Auswirkungen auf das Wachstum von Kindern aus Viehhalterhaushalten hat. Diese Auswirkungen sind drei Jahre nach dem Dzud messbar. Studien auf Basis von Langzeitdaten aus anderen empirischen Kontexten haben gezeigt, dass Einbußen im Wachstum einhergehen mit geringerer Schulbildung, geringeren kognitiven Fähigkeiten und geringerem Lebenseinkommen. Ähnliches ist für die Kohorte von Dzud-betroffenen mongolischen Kindern zu erwarten. Scheinbar sind die Strategien von Haushalten allein nicht ausreichend, um Kinder vor den negativen Folgen solcher extremer Wetterereignisse zu schützen. Für das zukünftige Auftreten von extremen Wetterereignissen ist es daher geboten, Unterstützungsprogramme für Viehhalterfamilien mit kleinen Kindern aufzulegen.

Das Forschungspapier wurde auf folgenden Veranstaltungen dem wissenschaftlichen Fachpublikum vorgestellt: „Climate Shocks and Household Behavior“-Workshop am DIW Berlin (siehe unten), Entwicklung und Sicherheit-Seminar am DIW Berlin, Entwicklungsökonomisches Seminar am Institut für Weltwirtschaft in Kiel. Darüber hinaus wurde das Papier nach einem peer-reviewed Verfahren für folgende Konferenzen zur Präsentation angenommen: European Economic Association 2014 in Toulouse, European Society for Population Economics 2014 in Braga, Entwicklungsausschuss des Verein für Socialpolitik 2014 in Passau.

Es ist geplant, das Forschungspapier im Juni 2014 als Diskussionspapier zu veröffentlichen und im Sommer 2014 bei einer entwicklungsökonomischen Fachzeitschrift einzureichen. Ein DIW Wochenbericht mit den Ergebnissen des Forschungspapiers wird im Oktober 2014 erscheinen (Meilenstein B1).

## 1.3 Wichtige Ereignisse

### 1.3.1 Personelle Veränderungen

Kati Schindler hat zum 01.03.2013 die kommissarische Leitung der Abteilung Entwicklung und Sicherheit im DIW Berlin übernommen und war vom 01.05.2013 bis 10.07.2013 im Mutterschutz. Des Weiteren wurde Frau Groppo vom 01.07.2013 bis 31.03.2015 als Post Doc im Projekt eingestellt. Frau Lehmann lies sich vom 01.10.2013 bis 30.09.2014 beurlauben, da sie in dieser Zeit im Rahmen des strukturierten Doktorandenprogrammes des DIW Berlin Kurse besucht und über ein Promotionsstipendium finanziert wird. Ab dem 01.10.2014 wird sie mit einer halben Stelle als Doktorandin wieder in das Projekt einsteigen. Die personellen Veränderungen haben keine Auswirkungen auf die weitere erfolgreiche Durchführung des Vorhabens.

### 1.3.2 Projektworkshop

Am 03.12.2013 fand ein Projektworkshop (Meilenstein W2) zum Thema "Climate Shocks and Household Behavior" am DIW Berlin statt (siehe Workshop Programm im Anhang 2). Ein Call for Papers wurde auf der Webseite des DIW Berlin sowie auf INOMICS publiziert. Außerdem wurden ausgewählte Wissenschaftler per Email über den Workshop informiert. Zehn Forschungspapiere von Wissenschaftlern aus Deutschland, Frankreich, Italien, UK und Chile wurden eingereicht. Aus diesen wurden fünf Papiere auf Grund ihrer Qualität und thematischer Eignung für Präsentationen ausgewählt. Darunter war auch ein Beitrag von Daniel Osberghaus und Jan Kühling, der als Output eines Projekts aus der gleichen BMBF-Förderlinie entstand ("Direct and Indirect Effects of Weather Experiences on Life Satisfaction. Which Role for Climate Change Expectations?").

Der Workshop ermöglichte die Diskussion über den neusten Stand der Forschung zum Einfluss von Klimaschocks aus einer mikroökonomischen Perspektive. Die vorgetragenen Studien analysierten den Einfluss von Klimaschocks auf verschiedene Resultate von Haushalten, wie Gesundheitszustand und Erwerbstätigkeit. Jedes Papier beinhaltete eine empirische Analyse und kombinierte Daten aus Haushaltsbefragungen mit regionalen Klimadaten, die durch Satelliten oder lokale Wetterstationen erhoben wurden. Insbesondere wurden die folgenden Themen diskutiert:

- Methoden zur Konstruktion von Indikatoren zur Schock-Intensität: Die meisten vorgestellten Indikatoren waren modelliert als Abweichungen von historischen Durchschnittswerten. Es wurden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, diese Abweichungen zu konstruieren.
- Ökonometrische Methoden zur Identifikation der kausalen Wirkung von Schocks: Beispielsweise wurden Panel-Analysen, die mehrere Beobachtungen des gleichen Haushalts im Laufe der Zeit heranziehen, betrachtet.
- Die Analyse der Kanäle, über die die Auswirkungen von Schocks realisiert werden: Zum Beispiel wurde die Rolle von Straßenanbindungen und Infrastruktur nach einem Schock als möglicher Kanal diskutiert, durch den sich der Schock auf Haushalte auswirkt.

## **2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen Planung**

Das Vorhaben ist im Rahmen der im Projektantrag vorgesehenen Arbeitsplanung.

Wie bereits im Zwischenbericht 2012 erläutert, hat sich der Beginn der Datenerhebung in der Mongolei – und somit die Zeitplanung des Vorhabens – leicht verzögert (von April 2012 auf Juni 2012). Erst im letzten Jahr der Projektlaufzeit (2015) wird sich die Verzögerung voraussichtlich bemerkbar machen, da die letzten Daten (Meilenstein D13) ebenfalls mit einer Verzögerung zur Verfügung stehen werden.

Die Zusatzkosten, die durch die im Zwischenbericht 2012 beschriebene notwendige Erhöhung der Gehälter der mongolischen Projektmitarbeiter entstanden sind, können nicht, wie vorerst geplant, über den ergänzenden Drittmittelantrag bei der Volkswagenstiftung aufgefangen werden. Durch das mit dem Zuwendungsgeber abgesprochene Vorziehen von Mitteln wird dem DIW Berlin 2015 daher eine Finanzierungslücke entstehen, die zu einem vorzeitigen Abbruch der Datenerhebung führen würde. Daher würde das DIW Berlin gerne wie bereits besprochen im Mai 2014 einen Aufstockungsantrag an den Zuwendungsgeber stellen mit der Bitte um Erhöhung des Projektbudgets um 43.700 Euro, damit alle Projektziele wie geplant erreicht werden können.

## **3. Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens im angegebenen Berichtszeitraum**

Die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens haben sich im Berichtszeitraum nicht geändert.

## **4. Relevante Ergebnisse von dritter Seite**

Es sind, über den wissenschaftsüblichen Diskurs in Aufsätzen hinaus, keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

## **5. Notwendige Änderungen in der Zielsetzung**

Es sind keine Änderungen in der Zielsetzung notwendig.

## **6. Fortschreibung des Verwertungsplans**

Das Vorhaben untersucht die Auswirkungen von Klimaschocks auf der Mikroebene aus der Perspektive von betroffenen Haushalten. Mit fortschreitendem Klimawandel wird es wahrscheinlicher, dass extreme Wetterereignisse häufiger und mit höherer Intensität auftreten. Entwicklungsländer werden dabei am stärksten betroffen sein. Die Ergebnisse des Vorhabens sind daher relevant für andere Entwicklungsländer, in denen ein Großteil der Bevölkerung stark von klimatischen Bedingungen abhängig ist. Das Projekt generiert neue Erkenntnisse in drei

Bereichen: Erstens werden Handlungsoptionen für die Politik identifiziert, um die Kosten von Klima-Wandel für Haushalte zu reduzieren. Zweitens wird der Wissensstand in der empirischen Mikro-Entwicklungsökonomie weiterentwickelt. Drittens wird eine neue Datenbasis zu Klimaschocks und sozioökonomischer Vulnerabilität geschaffen.

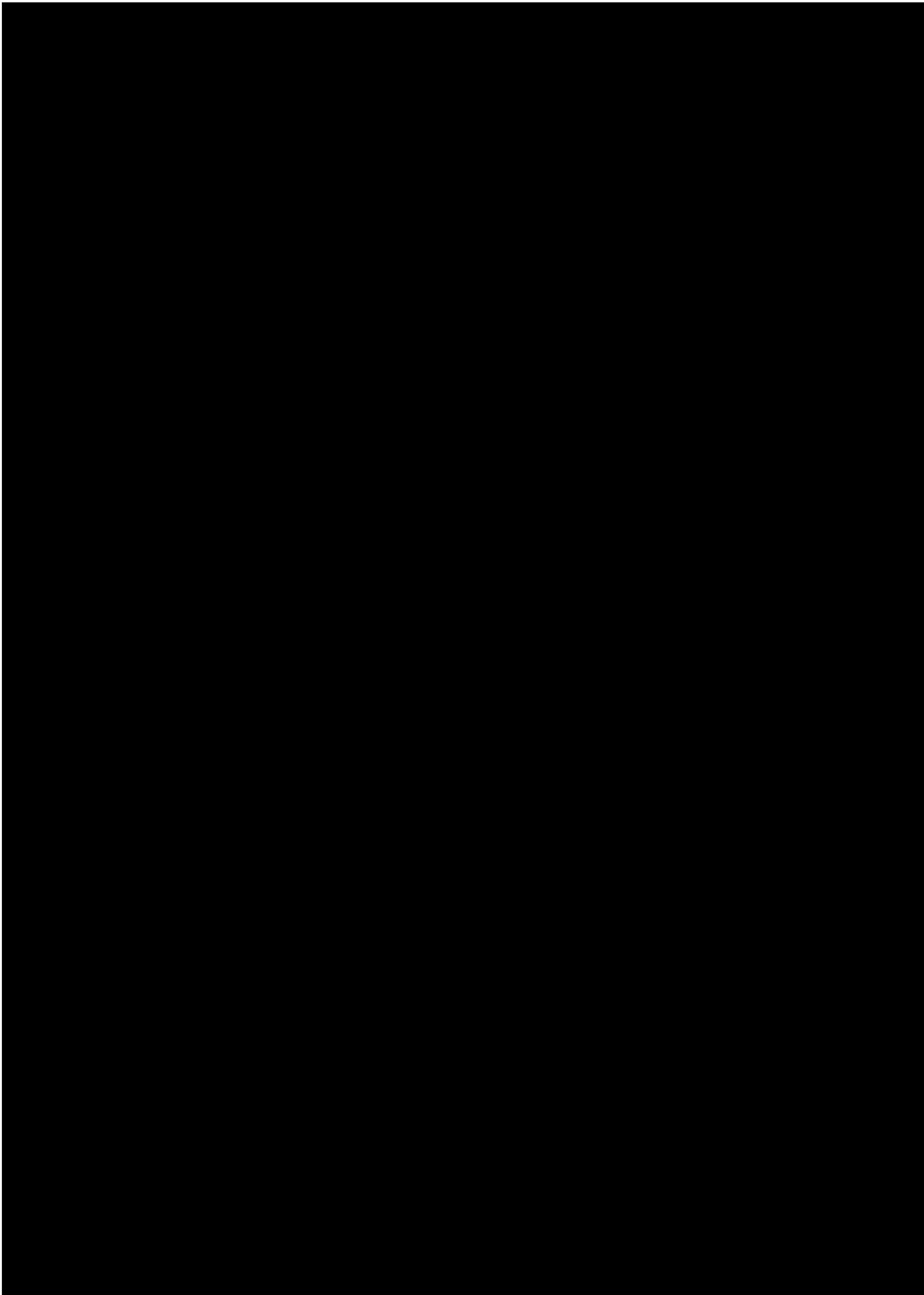
Bislang gab es überaus positive Resonanz zum Projekt – sowohl zu den erhobenen Haushaltsdaten in der Mongolei als auch zu den Forschungspapieren. Über die Projektwebseite ([www.diw.de/mongolia](http://www.diw.de/mongolia)) sind bereits mehrfach Anfragen nach Projektergebnissen und Politikberatung in der Mongolei an das DIW Berlin herangetragen worden. Beispielsweise erbat die Weltbank im Oktober 2013 Rat, welche Politikmaßnahmen für den ländlichen Sektor auf Basis der im Projekt erhobenen Daten sinnvoll erscheinen. Des Weiteren steht das Projektteam am DIW Berlin in engem Kontakt mit Wissenschaftlern der Weltbank, die 2008 eine Indexbasierte Wetterversicherung in der Mongolei eingeführt haben. Der Fragebogen beinhaltet ein ausführliches Modul zu dieser Viehversicherung. Mehrfach hat das Projektteam am DIW Berlin vorläufige Ergebnisse zu der Viehversicherung an die Weltbank geschickt. Ein Forschungspapier (Projektoutput P3) zur Rolle der Viehversicherung während des Dzud von 2009/2010 ist in Bearbeitung.

Ebenso steht das Projektteam in engem Kontakt mit dem mongolischen Ministerium für Landwirtschaft, das an Ergebnissen der Haushaltsbefragung – und insbesondere hinsichtlich der Vulnerabilität von Viehhaltern gegenüber Wetterereignissen – interessiert ist. Weiterhin besteht regelmäßiger Austausch mit Mitarbeitern der Asian Development Bank, die ein *food stamps program* und eine Krankenversicherung für sehr arme Haushalte in der Mongolei eingeführt haben.

Wie mit dem BMBF und Projektträger abgesprochen und bereits im Zwischenbericht 2012 genauer beschrieben, wurde im August 2013 ein ergänzender Drittmittelantrag bei der VolkswagenStiftung eingereicht, um die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit des Vorhabens zu nutzen. Die eingereichte Projektskizze wurde positiv begutachtet; im Januar 2014 wurde ein Vollantrag gestellt. Im Rahmen des Antrags bei der VolkswagenStiftung soll eine zusätzliche und eigenständige Komponente zum laufenden Vorhaben hinzugefügt werden. Die neue Komponente soll mithilfe von GPS-Technologie einen neuen Datensatz zur Mobilität von nomadischen Haushalten in der Mongolei und Kirgisien erheben. Anhand der Mobilitätsdaten wird untersucht, welche Rolle die Mobilität von Haushalten beim Vermeiden und Überwinden von Naturgefahren (insbesondere extreme Wetterereignisse) spielt. In der Mongolei wird die Migrationsbewegung von 400 nomadischen Haushalten (aus der gesamten Stichprobe von 1768 Haushalten) aufgezeichnet, die bereits im Rahmen des laufenden BMBF-Projekts befragt werden. Lokaler Kooperationspartner in der Mongolei in dem beantragten Projekt ist nicht mehr das NSO (das in der Erhebung und Verarbeitung von Geodaten keine Erfahrung hat), sondern die National University of Mongolia. Aus diesem Grund ist es leider nicht möglich, über das beantragte Projekt bei der VolkswagenStiftung die im Rahmen des laufenden Projekts erhöhten Personalkosten der mongolischen Mitarbeiter von 43.700 Euro abzudecken.

Die ausgesprochen positiven Rückmeldungen zum Datensatz und den Forschungsoutputs zu den Auswirkungen von extremen Wetterereignissen auf der Mikroebene – sowohl von Wissenschaftlern als auch von Politikakteuren aus der Mongolei und internationalen Organisationen – bekräftigen uns in dem Ziel, die Längsschnittbefragung nach Projektende um

weitere drei Jahre fortzusetzen. Dies würde es uns ermöglichen, die mittelfristigen Konsequenzen des extremen Wetterereignisses von 2009/2010 zu verfolgen. Des Weiteren würden wir auf Themen fokussieren, die in der laufenden Befragung aus Zeitgründen ausgespart wurden – wie die Verteilung von Ressourcen und Entscheidungsmacht innerhalb des Haushalts (insbesondere nach extremen Wetterereignissen), die Anpassung von Fertilität an extreme Wetterereignisse und die Nutzung (und das Verständnis von) Finanz- und Versicherungsprodukten als Absicherung gegen Schocks.



## Anhang 2: Programm des Projekt-Workshops (Meilenstein W2)

Workshop "Climate Shocks and Household Behavior", December 3, 2013 - DIW Berlin

### Programme

Time frame for papers: 20 min presentation, 5 min statement by discussant, 10 min discussion

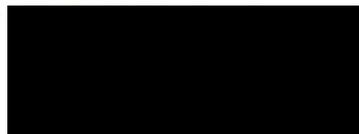
- 10:00 – 10:30 Welcome and Introduction of Project [REDACTED]
- 10:30 – 11:05 [REDACTED] (DIW Berlin). "Extreme Weather Events and Children's Health: Evidence from Mongolia"  
Discussant: [REDACTED]
- 11:05 – 11:25 Coffee break
- 11:25 – 12:00 [REDACTED] (Luiss Guido Carli University, Italy). "Impact of Climate Shocks on Sectorial Labour Income: Empirical Evidence from US Counties Data"  
Discussant: [REDACTED]
- 12:00 – 12:35 [REDACTED] (University of Siena, Italy). "Can Fishers in Developing Countries Pass the Climate Test?"  
Discussant: [REDACTED] (DIW Berlin)
- 12:35 – 13:30 Lunch break
- 13:30 – 14:05 [REDACTED] (ZEW Mannheim) & [REDACTED] (Universität Oldenburg). "Direct and Indirect Effects of Weather Experiences on Life Satisfaction. Which Role for Climate Change Expectations?"  
Discussant: [REDACTED]
- 14:05 – 14:40 [REDACTED] (Helmut Schmidt Universität, Hamburg). "Natural Disasters and the Savings Rate. Some Micro-Evidence from a Natural Experiment"  
Discussant: [REDACTED]
- 14:40 – 15:00 Coffee break
- 15:00 – 15:35 [REDACTED] (World Bank) & [REDACTED] (University of Goettingen). "The Effect of Drought on Health Outcomes and Health Expenditures in Rural Vietnam"  
Discussant: [REDACTED]
- 15:35 – 16:00 Concluding remarks
- 18:00 Workshop dinner

## Zwischenbericht

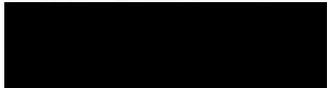
zum Vorhaben

### **Ökonomie des Klimawandels: Die Bewältigung von Klima-Schocks in der Mongolei – Vulnerabilität, Vermögen und Migration**

FKZ:  
Laufzeit:  
Berichtszeitraum:



#### **Projektleiter des Vorhabens:**

Name:   
Institution: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin)  
Adresse: Abteilung Entwicklung und Sicherheit  
Mohrenstr. 58  
10117 Berlin  
Telefon:   
Email: 

## **1. Bisherige wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und wichtige Ereignisse, die Einfluss auf das Vorhaben haben könnten**

Ziel des Vorhabens "Coping with Shocks in Mongolia" ist es, aufzuzeigen, welche Kosten und Risiken für Haushalte in der Mongolei durch Klimaschocks anfallen. Dazu wird eine Längsschnitt-Haushaltsbefragung zu Klimaschocks und sozioökonomischer Vulnerabilität in der westlichen Mongolei durchgeführt. Die erhobene Datenbasis stellt – zusammen mit bereits existierenden Haushaltsdaten aus dem Jahr 2003 – die Grundlage für die Forschungspapiere des Projekts dar.

Der Arbeitsplan des Vorhabens besteht aus zwei Paketen (siehe Anhang 1): Die Datenerhebung in der westlichen Mongolei (Paket 1) und die Erstellung von neun Forschungspapieren (Paket 2). Im Folgenden werden der bisherige planmäßige Stand der Arbeitspakete aufgeschlüsselt und weitere wichtige Ereignisse im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt beschrieben. Des Weiteren wird dargestellt, wie die im Projektplan vorgesehenen Meilensteine erreicht wurden.

### **1.1 Arbeitspaket 1: Erhebung der Längsschnitt-Haushaltsbefragung in der Mongolei**

Zu Beginn des zweiten Erhebungsjahrs der Haushaltsbefragung reisten Katharina Lehmann, Leoni Linek und Uuriintuya Batsaikhan vom 23.05.2013 bis 16.06.2013 in die Mongolei (Meilenstein F3). Hauptanliegen dieser Reise waren eine gezielte Schulung der mongolischen Projektmitarbeiter zum Wiederauffinden der Haushalte aus dem ersten Erhebungsjahr sowie die Vorstellung und Erläuterung der neu entwickelten Abschnitte des Fragebogens.

In den ersten beiden Tagen fanden in Ulaanbaatar Treffen mit Herrn Mendsaikhan (Präsident des National Statistical Office of Mongolia, NSO) und Herrn Erdenesuren (Vizepräsident des NSO) statt. Diese wurden für einen intensiven Austausch über die bisher sehr positiven Ergebnisse der Zusammenarbeit zwischen dem DIW Berlin und dem NSO (insbesondere die sehr gute Qualität der im ersten Jahr erhobenen Daten wurde dabei betont), über Möglichkeiten der Intensivierung der Kooperation beider Institute, sowie über die Herausforderungen der Erhebung eines Paneldatensatzes im nomadischen Kontext genutzt.

Das einwöchige Training mit den mongolischen Projektmitarbeitern (neun Interviewer und drei Supervisoren) aus den drei Provinzen sowie den Projektverantwortlichen aus dem Hauptstadtbüro des NSO wurde in Zavkhan (einer der Erhebungsprovinzen) durchgeführt. Die Eröffnung des Trainings durch den Gouverneur der Provinz bekräftigte noch einmal das Interesse und die Bedeutung des Projekts für die Entscheidungsträger vor Ort. Zu Beginn des Trainings wurde ein Überblick über die Themen gegeben, die wir mithilfe der erhobenen Daten untersuchen wollen. Des Weiteren wurden die dafür genutzten Methoden vorgestellt, um das Verständnis der Interviewer für die Ziele der Fragestellungen zu stärken und die Qualität der Datenerhebung damit noch weiter zu verbessern. Ausführliche Erläuterungen und Übungen zum Wiederauffinden (Tracking) der Erhebungshaushalte im zweiten Jahr bildeten den ersten Hauptbestandteil des Trainings. Attrition (das Ausscheiden von Haushalten aus einer Panelbefragung) kann die Qualität der erhobenen Daten stark beeinträchtigen, weshalb das Tracking von Haushalten enorm wichtig ist, auch wenn es in Entwicklungsländern und ganz

besonders im nomadischen Kontext eine große Herausforderung darstellt. Gute Unterstützung erhalten die Interviewer dabei von den lokalen Verwaltungen, die meist sehr gut über die Aufenthaltsorte der Haushalte informiert sind. Des Weiteren wurde eine Liste eingeführt, in welche die zu interviewenden Haushalte und der Status der Befragung (insbesondere da einige Haushalte nur für einen begrenzten Zeitraum abwesend sind und zu einem späteren Zeitpunkt interviewt werden können) in jeder der drei Provinzen eingetragen und monatlich ans DIW Berlin geschickt werden. Dies ermöglicht uns einen direkten Überblick über Erfolge und eventuell auftretende Probleme bei dem Wiederfinden der Haushalte und erleichtert den Supervisoren in den Provinzen die Koordination der Haushaltsbefragungen.

Zweiter Hauptbestandteil des Trainings war die schrittweise Erläuterung der neuen Bestandteile des Fragebogens. Mehrere neue Abschnitte untersuchen verschiedene Aspekte der Erfahrungswelt der Haushalte (Berufserfahrung in verschiedenen Sektoren, Bildung und Berufswege der Eltern der Haushalte, Ereignisse während der Transitionsphase nach Ende der Sowjetunion). Diese Informationen werden uns bei der Analyse der unterschiedlichen Fähigkeiten der Haushalte im Umgang mit Schocks von großer Hilfe sein. Weitere neue Fragen beschäftigen sich mit dem Verständnis der von Weltbank und Regierung angebotenen Viehversicherung. Wie die Analyse der Daten aus dem ersten Erhebungsjahr ergeben hat, werden weit weniger Versicherungen als erwartet abgeschlossen. Die neuen Fragen versuchen zu erfassen, ob ein Grund dieser „Unterversicherung“ in mangelndem oder fehlerhaftem Verständnis der Haushalte dieser sehr komplexen Indexversicherung liegen könnte. Auch zu Kaschmirziegen und dem Verhalten der Nomaden bei hypothetischen Preisanstiegen von Kaschmir wurde ein weiterer Abschnitt in den Fragebogen eingefügt. Kaschmirziegen spielen eine ambivalente Rolle, da sie einerseits Haushalten eine gute Einkommensquelle bieten, andererseits aber durch ihr Weideverhalten zur Degradierung der Böden führen. Die Fragen zu den sozialen Netzwerken der Haushalte und erlebter negativer Ereignisse wurden mithilfe der Daten aus dem ersten Jahr erweitert und verbessert und versprechen nun detaillierte Auskunft über diese beiden sehr wichtigen Aspekte der Lebenswirklichkeit der Haushalte zu geben. Schließlich wurde den Interviewern auch der veränderte Bonuszahlungsmodus erläutert, der nicht nur Wert auf das Wiederfinden von Haushalten sondern auch auf die Qualität der erhobenen Daten legt.

Das im Vorfeld erstellte Handbuch mit Anweisungen zu jeder einzelnen Frage fasst die Trainingsinhalte noch einmal zusammen und bietet den Interviewern gute Orientierungsmöglichkeiten bei der Implementierung des Fragebogens. Insgesamt wurde das Training sehr interaktiv gestaltet. Neben einem Field Day, an welchem jeder Interviewer einen Haushalt zur Probe mit anschließender gemeinsamer Auswertung befragte, haben auch die Interviewer miteinander kleine Befragungen durchgeführt, wodurch Herausforderungen gleich erkannt werden konnten und die Interviewer in der Position der Befragten auf für die Haushalte möglicherweise schwierige Fragen aufmerksam wurden. Zum Abschluss jedes Trainingstages wurde ein kurzer Test mit offener Auswertung durchgeführt um Fragen und eventuelle Missverständnisse gleich zu beheben. Dabei kam es oft zu einem sehr engagierten Erfahrungsaustausch zwischen den Interviewern und Supervisoren der drei Provinzen.

Im Anschluss an das Training haben die drei Teams aus Interviewern und Supervisoren in ihren jeweiligen Provinzen die Haushaltsbefragungen für den ersten Monat der zweiten Welle der Datenerhebung durchgeführt. Dabei wurden sie von einem der Mitarbeiter aus dem DIW Berlin

gemeinsam mit einem Projektverantwortlichen aus dem NSO Hauptstadtbüro begleitet, um umfassende Unterstützung und Hilfestellungen bei etwaigen Fragen sowie Monitoring der Interviewer zu gewährleisten. Besonders nützlich war dabei der rege Austausch zwischen den drei Teams, um Unklarheiten die in einer der anderen Provinzen aufgetreten sind mit allen Interviewern zu besprechen und damit Fehlern bei der Datenerhebung vorzubeugen. Die wichtigsten Fragen und Antworten wurden abschließend als Ergänzung zum Handbuch und Nachschlagemöglichkeit für die Interviewer verschriftlicht.

Die Motivation und das Engagement der Supervisoren und Interviewer sowohl während des Trainings als auch während der Haushaltsbefragungen haben uns sehr zuversichtlich gestimmt, dass die Qualität der erhobenen Daten auch weiterhin ausgezeichnet sein wird.

<b>Übersicht über Feldaufenthalte in der Mongolei</b>			
<b>Mitarbeiter des DIW Berlin</b>	<b>Zeitraum der Reise</b>	<b>Zweck der Reise</b>	<b>Finanzierung</b>
Katharina Lehmann	23.05.-16.06.2013	Meilenstein F3	Projektmittel
Leoni Linek	23.05.-16.06.2013	Meilenstein F3	Projektmittel
Uuriintuya Batsaikhan	23.05.-16.06.2013	Meilenstein F3	Projektmittel

Die Digitalisierung der handschriftlich ausgefüllten Fragebögen erfolgt nach höchsten internationalen Standards. Jeder Fragebogen wird separat von zwei verschiedenen Personen in der jeweiligen Erhebungsprovinz in eine IT-Maske eingegeben. Die Software veranlasst einen automatischen Abgleich der beiden Datensätze und produziert Fehlermeldungen, wenn die eingegebenen Daten voneinander abweichen. In diesem Fall zieht der Supervisor die original ausgefüllten Fragebögen heran. Die digitalisierten Datensätze werden an das NSO-Team in der Hauptstadt übermittelt, die automatisierte Konsistenz-Prüfungen durchführen. Bei auffälligen Werten – beispielsweise überdurchschnittlich hohen oder geringen Ausgaben für Lebensmittel oder Bildung – werden die Haushalte persönlich kontaktiert und die Angaben korrigiert. Alle Korrekturen werden in einem Excel-Dokument vermerkt und an das DIW Berlin geschickt. Diese ungewöhnlich präzise Vorgehensweise des NSO ist ein weiteres Element der Qualitätssicherung. Die Anzahl von Haushalten, die vollständige und plausible Informationen für kontinuierliche Variablen aufweisen, ist unerwartet hoch. Dadurch kann ein typisches Problem in der Auswertung von Haushaltsdaten aus Entwicklungsländern – die Reduzierung des Stichprobenumfangs aufgrund eines relativ hohen Prozentsatzes von Haushalten mit fehlenden oder suspekten Werten – vermieden werden. Der Stichprobenumfang, den das DIW Berlin Team als Basis für ökonometrische Schätzungen verwenden kann, ist erfreulich groß. Der Nachteil dieser ausführlichen Datenbereinigung liegt in der hohen Arbeitsintensität für unseren Projektpartner. Für 2013 waren im Projektplan vier Datenlieferungen vorgesehen (Meilensteine D4-D7). Die Datenpakete D4 und D5 wurden wie vereinbart an das DIW Berlin geliefert. Datenpakete D6 und D7 wurden mit Verspätung im Frühling 2014 geliefert (die Auszahlung an das NSO erfolgte erst nach Erhalt der Daten in Berlin). Der Arbeitsplan ist von dieser Verzögerung nicht betroffen.

Die zweite technische Evaluierung (Meilenstein T2) erfolgte im Juni 2013. Eine Delegation des NSO, darunter der Präsident des NSO, Herr Mendsaikhan, und Frau Oyunchimeg, Leiterin des Social Statistics Department, besuchte am 14.06.2014 das DIW Berlin. An dem Arbeitstreffen nahmen Prof. Wagner (Vorstandsmitglied des DIW Berlin) und Kati Schindler (Projektleiterin)

teil. Auf der Agenda stand die Frage, mit welchen Techniken und Methoden Attrition – das Ausscheiden der Haushalte aus der Stichprobe nach dem ersten Erhebungsjahr – reduziert werden kann. Prof. Wagner hat dabei seine langjährige Erfahrung als Leiter des Sozio-ökonomischen Panels am DIW Berlin eingebracht. Das produktive Treffen diente der weiteren Vertiefung der Kooperation zwischen beiden Instituten.

## 1.2 Arbeitspaket: Forschung

Im Projektjahr 2013 entstand die erste Fassung des Projektoutputs 2b (Meilenstein P2).

### *The impact of extreme weather events on child health: Evidence from Mongolia (Valeria Groppo und Kati Schindler)*

Das Forschungspapier untersucht die Auswirkungen eines extremen Wetterereignisses auf anthropometrische Indikatoren von Kindern. Der Fokus liegt auf dem außergewöhnlich harten Winter von 2009/2010, der ein massenhaftes Sterben von Vieh in der Mongolei verursachte. Dem Winter fielen etwa 8,8 Millionen Vieh zum Opfer, rund 20 Prozent des nationalen Bestands. Die mongolische Regierung rief im Januar 2010 den nationalen Notstand aus und erbat Nothilfe von der internationalen Gemeinschaft. Dieses extreme Wetterereignis – im Mongolischen *Dzud* genannt – ist Resultat von verschiedenen ungünstigen Wetterbedingungen. Dazu zählen früh einsetzender Schnee im Oktober 2009, starke Temperaturschwankungen im Oktober und November 2009, extrem kalte Temperaturen zwischen Dezember 2009 und Februar 2010, ungewöhnlich starker Schneefall im Frühling 2010 und eine außergewöhnlich lange Dauer des Winters. Seit dem Beginn der Wetteraufzeichnungen in der Mongolei um 1950 treten Dzuds im Durchschnitt alle acht Jahre auf. Mit fortschreitendem Klimawandel ist jedoch zu erwarten, dass die Häufigkeit und Intensität von solchen extremen Wetterereignissen in Zukunft zunehmen wird. Das Forschungspapier fokussiert damit auf ein Ereignis, das mit großer Wahrscheinlichkeit erneut in der Zukunft auftreten wird.

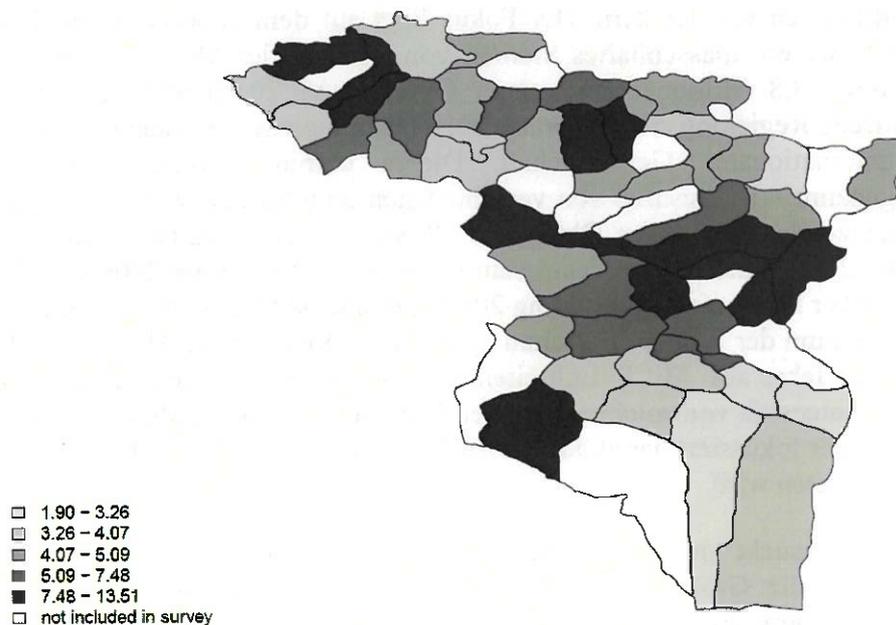
Das Forschungspapier untersucht vier Fragestellungen: Erstens werden die Auswirkungen des Dzud von 2009/2010 auf die Größe von Kindern quantifiziert. Zweitens untersuchen wir, welchen Einfluss sozio-ökonomische Charakteristika auf die Größe von vom Dzud-betroffenen Kindern haben. Drittens wird analysiert, inwieweit Zugang zu Hilfe und Infrastruktur die negativen Folgen des Dzud abmildern. Und viertens wird beleuchtet, welchen Einfluss die Strategien haben, die Haushalte während des Dzud anwenden.

Die Datengrundlage des Forschungspapiers ist die „Households Coping with Shocks“ Längsschnittbefragung, die im Rahmen des Projekts in der westlichen Mongolei erhoben wird. Insbesondere verwenden wir anthropometrische Daten von 829 Kindern im Alter von 0-6 Jahren. Der verwendete Haushaltsfragebogen erfasst die Migrationsgeschichte aller Haushaltsmitglieder, so dass der genaue Standort (Distrikt) bekannt ist, in dem Kinder zu Beginn des Dzud gewohnt haben. Die abhängige Variable in allen Regressionen ist der *height-for-age z-score (HAZ)*, ein standardisiertes Maß für die Größe von Kindern. Dabei wird die tatsächlich gemessene Größe von Kindern in der mongolischen Stichprobe ins Verhältnis gesetzt zu einem internationalen

Referenzdatensatz der World Health Organization, der das Größenwachstum von Kindern unter optimalen Umweltbedingungen weltweit beschreibt.

Die Intensität des Dzud von 2009/2010 wird anhand von historischen Viehzensusdaten modelliert. Seit 1970 liegen digitalisierte jährliche Daten zum Gesamtbestand und Mortalität von Vieh auf Distriktebene vor, die das NSO im Rahmen des jährlichen Viehzensus erhebt. Wir definieren Dzud-Intensität als Differenz zwischen der Viehsterblichkeit pro Distrikt in 2010 und der langjährigen durchschnittlichen Viehsterblichkeit im Zeitraum 1970-2008, geteilt durch die Standardabweichung der Viehsterblichkeit im Zeitraum 1970-2008. Dieses standardisierte Maß für die Intensität des Dzud erlaubt es, die verschiedenen Risiken für das Auftreten des Dzud in verschiedenen ökologischen Zonen zu berücksichtigen. Das Dzud-Intensitäts-Maß ist für jeden der 49 in der Befragung enthaltenen Distrikte über dem langjährigen Durchschnitt – was erneut das Ausmaß des Dzuds im Jahr 2010 verdeutlicht, wie die folgende Abbildung zeigt.

### Spatial variation in the dzud-intensity index across survey districts



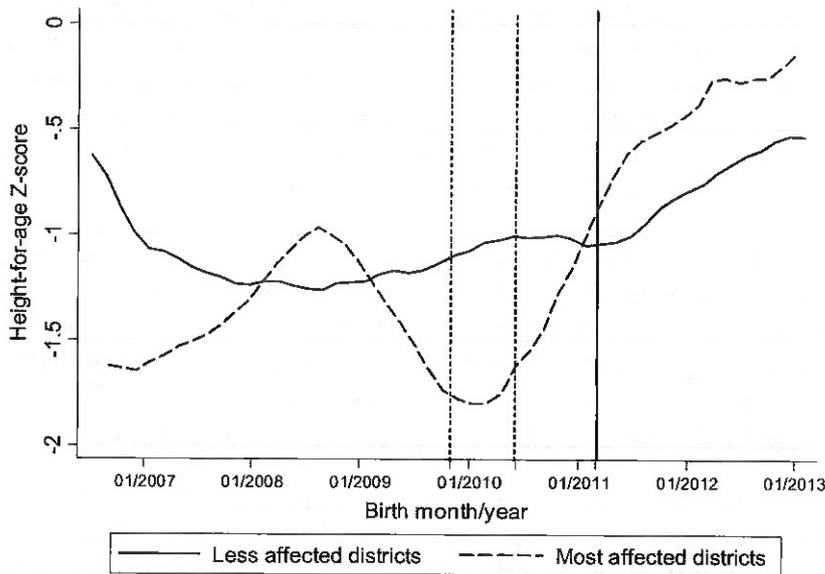
Source: Livestock Census 1970-2010.

Dennoch gibt es Nicht-Linearität innerhalb der Verteilung der Dzud-Intensität: Einige der 49 Distrikte waren besonders stark betroffen, während andere Distrikte weit weniger stark betroffen waren. Um diese Verteilung zu berücksichtigen, transformieren wir das Dzud-Intensitätsmaß in eine Indikator-Variable *most affected district*, die den Wert eins annimmt, wenn ein Distrikt über dem 85. Perzentil der Verteilung liegt. Diese Variable wird den Kinder-Daten zugespielt.

Unsere ökonometrische Identifikationsstrategie ist eine Diff-in-Diff-Schätzung. Dabei nutzen wir einerseits exogene Variation im räumlichen Auftreten des Dzud. Andererseits nutzen wir exogene Variation im Alter von Kindern: Kinder, die dem Dzud von 2010 im Kleinkindalter

oder als ungeborene Babys ausgesetzt waren, sind unsere *treatment group*. Als Kontrollgruppe dienen uns Kinder, die neun Monate nach Ende des Dzud und später geboren wurden (nach März 2011). Die folgende Abbildung veranschaulicht die Schätzstrategie.

**Children's height-for-age z-scores over time in districts that were most affected and less affected by the 2010 dzud**



Note: Most affected districts are defined as districts with a dzud intensity index above the 85<sup>th</sup> percentile of the distribution. The vertical dotted lines indicate the start (November 2009) and the end (June 2010) of the dzud. The vertical solid line indicates the time threshold used to define dzud-exposed cohorts (exposed alive or in utero). Source: Coping with Shocks in Mongolia Household Survey and Livestock Census 1970-2010.

Deskriptive Ergebnisse weisen auf ein relativ hohes Vorkommen von Mangelernährung hin. Im Durchschnitt liegt der HAZ der Kinder aus der mongolischen Stichprobe 1,05 Standardabweichungen unter dem Median des internationalen Referenzdatensatzes. Dieser Wert ist vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Ernährungsstudien aus der Mongolei.

Die Ergebnisse der ökonometrischen Schätzungen liefern ein klares Bild: Für Kinder aus Viehhalter-Haushalten hat der Dzud eine signifikante und negative Wirkung auf das Wachstum. Das Ausmaß der negativen Wirkung ist dabei im Vergleich zu Studien aus anderen empirischen Kontexten und Schocks sehr prägnant. Für Kinder, die dem Dzud zu Lebzeiten oder als ungeborene Babys ausgesetzt waren und die in einem stark vom Dzud betroffenen Distrikt lebten, verringert sich der HAZ um 1,9 Standardabweichungen. Dieses Ergebnis ist robust hinsichtlich der Definition des Dzud-Intensitätsmaßes. Im Gegensatz dazu sind Kinder aus nicht-Viehhalterhaushalten nicht signifikant vom Dzud betroffen. Dies weist darauf hin, dass der Dzud nicht durch extreme Wetterbedingungen per se wirkt (denen alle Kinder ausgesetzt sind), sondern spezifisch mit dem Verlust von Vieh von Haushalten zusammenspielt.

Hinsichtlich der sozio-ökonomischen Einflussfaktoren finden wir signifikante Geschlechterunterschiede: Sowohl Jungen als auch Mädchen sind durch den Dzud negativ in ihrem Wachstum beeinträchtigt. Jedoch ist dieser negative Effekt weniger stark ausgeprägt bei

Mädchen – ein unerwartetes Ergebnis. Des Weiteren profitieren Kinder davon, wenn sie in einem Haushalt leben, dessen Vorstand älter ist; möglicherweise handelt es sich hier um einen positiven Effekt von Erfahrung. Überraschenderweise gibt es keine Evidenz dafür, dass Wohlstand die Auswirkungen des Dzud auf Kinder reduziert.

Zugang zu externer Hilfe kann die Auswirkungen des Dzud lindern. Die Verteilung von Nahrungsmittelhilfe auf der Distrikt-Ebene lindert die Auswirkungen des Dzud signifikant. Allerdings muss dieses Ergebnis mit Vorsicht betrachtet werden, da nicht bekannt ist, nach welchen Auswahlkriterien Distrikte mit Nahrungsmittelhilfe beliefert wurden. Die vorhandene Gesundheitsinfrastruktur in einem Distrikt kann die negativen Auswirkungen des Dzuds nicht lindern. Auch enge Beziehungen zum Distrikt-Gouverneur und zum Sub-Distrikt-Gouverneur (beides Maße für den Zugang zu Informationen über Hilfsprogramme) haben überraschenderweise keine Auswirkungen auf die Folgen des Dzud für Kinder.

Zuletzt wird der Einfluss von Bewältigungsstrategien beleuchtet, die Haushalte während des Dzud anwenden. Unter den verschiedenen Strategien – wie der Verkauf von Vieh, Migrationsbewegungen während des Dzud, Hilfe von Familienmitgliedern, Investitionen in Viehunterstände – ist allein der Zugang zu Krediten signifikant: Kinder, die vom Dzud betroffen sind, in einem stark vom Dzud betroffenen Distrikt lebten und deren Haushalte Kredite während des Dzud aufnehmen sind weniger stark von den negativen Folgen des Dzud betroffen.

Aus den Ergebnissen lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass der extreme Winter von 2009/2010 starke negative Auswirkungen auf das Wachstum von Kindern aus Viehhalterhaushalten hat. Diese Auswirkungen sind drei Jahre nach dem Dzud messbar. Studien auf Basis von Langzeitdaten aus anderen empirischen Kontexten haben gezeigt, dass Einbußen im Wachstum einhergehen mit geringerer Schulbildung, geringeren kognitiven Fähigkeiten und geringerem Lebenseinkommen. Ähnliches ist für die Kohorte von Dzud-betroffenen mongolischen Kindern zu erwarten. Scheinbar sind die Strategien von Haushalten allein nicht ausreichend, um Kinder vor den negativen Folgen solcher extremer Wetterereignisse zu schützen. Für das zukünftige Auftreten von extremen Wetterereignissen ist es daher geboten, Unterstützungsprogramme für Viehhalterfamilien mit kleinen Kindern aufzulegen.

Das Forschungspapier wurde auf folgenden Veranstaltungen dem wissenschaftlichen Fachpublikum vorgestellt: „Climate Shocks and Household Behavior“-Workshop am DIW Berlin (siehe unten), Entwicklung und Sicherheit-Seminar am DIW Berlin, Entwicklungsökonomisches Seminar am Institut für Weltwirtschaft in Kiel. Darüber hinaus wurde das Papier nach einem peer-reviewed Verfahren für folgende Konferenzen zur Präsentation angenommen: European Economic Association 2014 in Toulouse, European Society for Population Economics 2014 in Braga, Entwicklungsausschuss des Verein für Socialpolitik 2014 in Passau.

Es ist geplant, das Forschungspapier im Juni 2014 als Diskussionspapier zu veröffentlichen und im Sommer 2014 bei einer entwicklungsökonomischen Fachzeitschrift einzureichen. Ein DIW Wochenbericht mit den Ergebnissen des Forschungspapiers wird im Oktober 2014 erscheinen (Meilenstein B1).

## 1.3 Wichtige Ereignisse

### 1.3.1 Personelle Veränderungen

Kati Schindler hat zum 01.03.2013 die kommissarische Leitung der Abteilung Entwicklung und Sicherheit im DIW Berlin übernommen und war vom 01.05.2013 bis 10.07.2013 im Mutterschutz. Des Weiteren wurde Frau Groppo vom 01.07.2013 bis 31.03.2015 als Post Doc im Projekt eingestellt. Frau Lehmann lies sich vom 01.10.2013 bis 30.09.2014 beurlauben, da sie in dieser Zeit im Rahmen des strukturierten Doktorandenprogrammes des DIW Berlin Kurse besucht und über ein Promotionsstipendium finanziert wird. Ab dem 01.10.2014 wird sie mit einer halben Stelle als Doktorandin wieder in das Projekt einsteigen. Die personellen Veränderungen haben keine Auswirkungen auf die weitere erfolgreiche Durchführung des Vorhabens.

### 1.3.2 Projektworkshop

Am 03.12.2013 fand ein Projektworkshop (Meilenstein W2) zum Thema "Climate Shocks and Household Behavior" am DIW Berlin statt (siehe Workshop Programm im Anhang 2). Ein Call for Papers wurde auf der Webseite des DIW Berlin sowie auf INOMICS publiziert. Außerdem wurden ausgewählte Wissenschaftler per Email über den Workshop informiert. Zehn Forschungspapiere von Wissenschaftlern aus Deutschland, Frankreich, Italien, UK und Chile wurden eingereicht. Aus diesen wurden fünf Papiere auf Grund ihrer Qualität und thematischer Eignung für Präsentationen ausgewählt. Darunter war auch ein Beitrag von Daniel Osberghaus und Jan Kühling, der als Output eines Projekts aus der gleichen BMBF-Förderlinie entstand ("Direct and Indirect Effects of Weather Experiences on Life Satisfaction. Which Role for Climate Change Expectations?").

Der Workshop ermöglichte die Diskussion über den neusten Stand der Forschung zum Einfluss von Klimaschocks aus einer mikroökonomischen Perspektive. Die vorgetragenen Studien analysierten den Einfluss von Klimaschocks auf verschiedene Resultate von Haushalten, wie Gesundheitszustand und Erwerbstätigkeit. Jedes Papier beinhaltete eine empirische Analyse und kombinierte Daten aus Haushaltsbefragungen mit regionalen Klimadaten, die durch Satelliten oder lokale Wetterstationen erhoben wurden. Insbesondere wurden die folgenden Themen diskutiert:

- Methoden zur Konstruktion von Indikatoren zur Schock-Intensität: Die meisten vorgestellten Indikatoren waren modelliert als Abweichungen von historischen Durchschnittswerten. Es wurden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, diese Abweichungen zu konstruieren.
- Ökonometrische Methoden zur Identifikation der kausalen Wirkung von Schocks: Beispielsweise wurden Panel-Analysen, die mehrere Beobachtungen des gleichen Haushalts im Laufe der Zeit heranziehen, betrachtet.
- Die Analyse der Kanäle, über die die Auswirkungen von Schocks realisiert werden: Zum Beispiel wurde die Rolle von Straßenanbindungen und Infrastruktur nach einem Schock als möglicher Kanal diskutiert, durch den sich der Schock auf Haushalte auswirkt.

## **2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen Planung**

Das Vorhaben ist im Rahmen der im Projektantrag vorgesehenen Arbeitsplanung.

Wie bereits im Zwischenbericht 2012 erläutert, hat sich der Beginn der Datenerhebung in der Mongolei – und somit die Zeitplanung des Vorhabens – leicht verzögert (von April 2012 auf Juni 2012). Erst im letzten Jahr der Projektlaufzeit (2015) wird sich die Verzögerung voraussichtlich bemerkbar machen, da die letzten Daten (Meilenstein D13) ebenfalls mit einer Verzögerung zur Verfügung stehen werden.

Die Zusatzkosten, die durch die im Zwischenbericht 2012 beschriebene notwendige Erhöhung der Gehälter der mongolischen Projektmitarbeiter entstanden sind, können nicht, wie vorerst geplant, über den ergänzenden Drittmittelantrag bei der Volkswagenstiftung aufgefangen werden. Durch das mit dem Zuwendungsgeber abgesprochene Vorziehen von Mitteln wird dem DIW Berlin 2015 daher eine Finanzierungslücke entstehen, die zu einem vorzeitigen Abbruch der Datenerhebung führen würde. Daher würde das DIW Berlin gerne wie bereits besprochen im Mai 2014 einen Aufstockungsantrag an den Zuwendungsgeber stellen mit der Bitte um Erhöhung des Projektbudgets um 43.700 Euro, damit alle Projektziele wie geplant erreicht werden können.

## **3. Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens im angegebenen Berichtszeitraum**

Die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens haben sich im Berichtszeitraum nicht geändert.

## **4. Relevante Ergebnisse von dritter Seite**

Es sind, über den wissenschaftsüblichen Diskurs in Aufsätzen hinaus, keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

## **5. Notwendige Änderungen in der Zielsetzung**

Es sind keine Änderungen in der Zielsetzung notwendig.

## **6. Fortschreibung des Verwertungsplans**

Das Vorhaben untersucht die Auswirkungen von Klimaschocks auf der Mikroebene aus der Perspektive von betroffenen Haushalten. Mit fortschreitendem Klimawandel wird es wahrscheinlicher, dass extreme Wetterereignisse häufiger und mit höherer Intensität auftreten. Entwicklungsländer werden dabei am stärksten betroffen sein. Die Ergebnisse des Vorhabens sind daher relevant für andere Entwicklungsländer, in denen ein Großteil der Bevölkerung stark von klimatischen Bedingungen abhängig ist. Das Projekt generiert neue Erkenntnisse in drei

Bereichen: Erstens werden Handlungsoptionen für die Politik identifiziert, um die Kosten von Klima-Wandel für Haushalte zu reduzieren. Zweitens wird der Wissensstand in der empirischen Mikro-Entwicklungsökonomie weiterentwickelt. Drittens wird eine neue Datenbasis zu Klimaschocks und sozioökonomischer Vulnerabilität geschaffen.

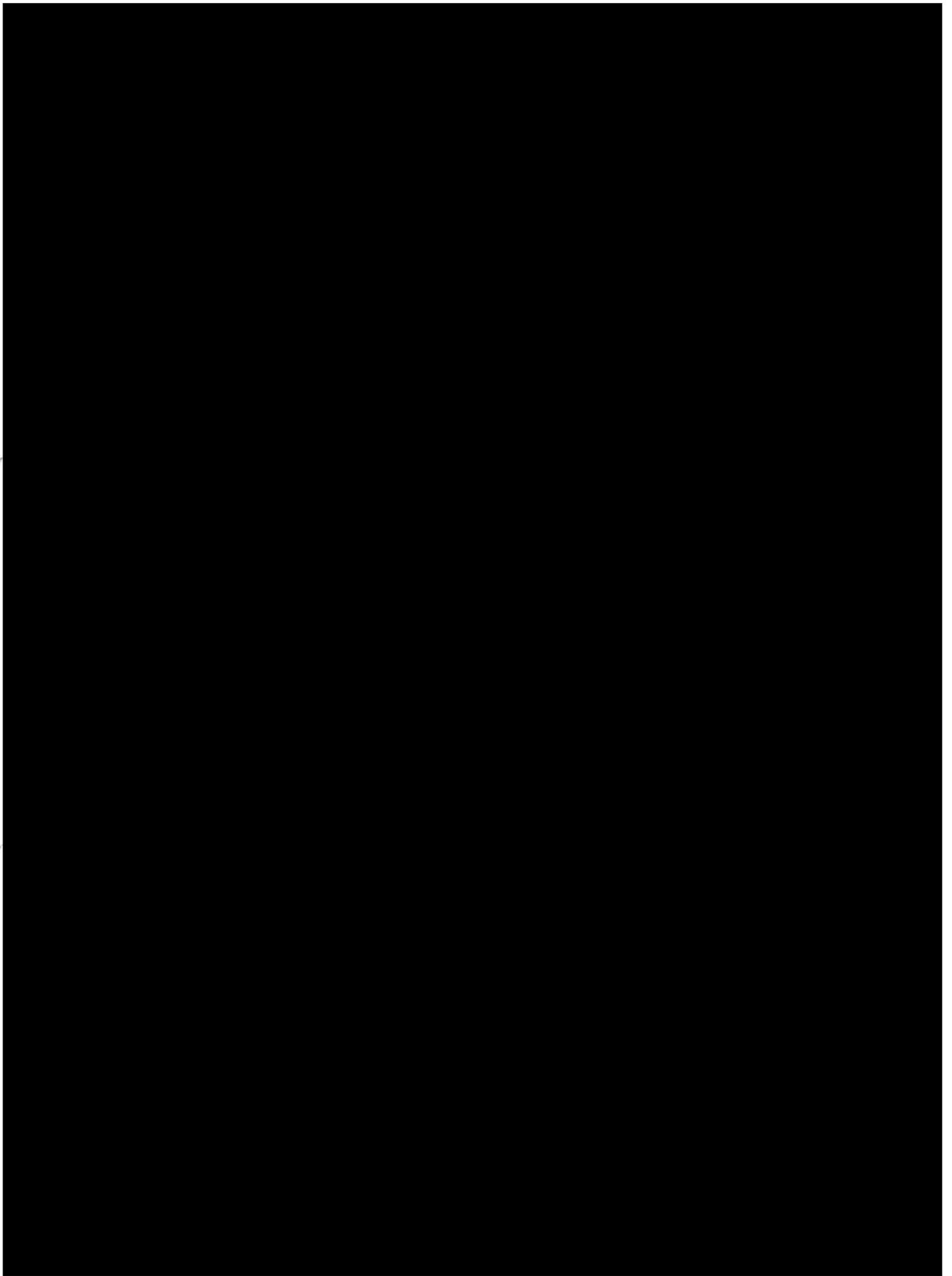
Bislang gab es überaus positive Resonanz zum Projekt – sowohl zu den erhobenen Haushaltsdaten in der Mongolei als auch zu den Forschungspapieren. Über die Projektwebseite ([www.diw.de/mongolia](http://www.diw.de/mongolia)) sind bereits mehrfach Anfragen nach Projektergebnissen und Politikberatung in der Mongolei an das DIW Berlin herangetragen worden. Beispielsweise erbat die Weltbank im Oktober 2013 Rat, welche Politikmaßnahmen für den ländlichen Sektor auf Basis der im Projekt erhobenen Daten sinnvoll erscheinen. Des Weiteren steht das Projektteam am DIW Berlin in engem Kontakt mit Wissenschaftlern der Weltbank, die 2008 eine Indexbasierte Wetterversicherung in der Mongolei eingeführt haben. Der Fragebogen beinhaltet ein ausführliches Modul zu dieser Viehversicherung. Mehrfach hat das Projektteam am DIW Berlin vorläufige Ergebnisse zu der Viehversicherung an die Weltbank geschickt. Ein Forschungspapier (Projektoutput P3) zur Rolle der Viehversicherung während des Dzud von 2009/2010 ist in Bearbeitung.

Ebenso steht das Projektteam in engem Kontakt mit dem mongolischen Ministerium für Landwirtschaft, das an Ergebnissen der Haushaltsbefragung – und insbesondere hinsichtlich der Vulnerabilität von Viehhaltern gegenüber Wetterereignissen – interessiert ist. Weiterhin besteht regelmäßiger Austausch mit Mitarbeitern der Asian Development Bank, die ein *food stamps program* und eine Krankenversicherung für sehr arme Haushalte in der Mongolei eingeführt haben.

Wie mit dem BMBF und Projektträger abgesprochen und bereits im Zwischenbericht 2012 genauer beschrieben, wurde im August 2013 ein ergänzender Drittmittelantrag bei der VolkswagenStiftung eingereicht, um die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit des Vorhabens zu nutzen. Die eingereichte Projektskizze wurde positiv begutachtet; im Januar 2014 wurde ein Vollantrag gestellt. Im Rahmen des Antrags bei der VolkswagenStiftung soll eine zusätzliche und eigenständige Komponente zum laufenden Vorhaben hinzugefügt werden. Die neue Komponente soll mithilfe von GPS-Technologie einen neuen Datensatz zur Mobilität von nomadischen Haushalten in der Mongolei und Kirgisien erheben. Anhand der Mobilitätsdaten wird untersucht, welche Rolle die Mobilität von Haushalten beim Vermeiden und Überwinden von Naturgefahren (insbesondere extreme Wetterereignisse) spielt. In der Mongolei wird die Migrationsbewegung von 400 nomadischen Haushalten (aus der gesamten Stichprobe von 1768 Haushalten) aufgezeichnet, die bereits im Rahmen des laufenden BMBF-Projekts befragt werden. Lokaler Kooperationspartner in der Mongolei in dem beantragten Projekt ist nicht mehr das NSO (das in der Erhebung und Verarbeitung von Geodaten keine Erfahrung hat), sondern die National University of Mongolia. Aus diesem Grund ist es leider nicht möglich, über das beantragte Projekt bei der VolkswagenStiftung die im Rahmen des laufenden Projekts erhöhten Personalkosten der mongolischen Mitarbeiter von 43.700 Euro abzudecken.

Die ausgesprochen positiven Rückmeldungen zum Datensatz und den Forschungsoutputs zu den Auswirkungen von extremen Wetterereignissen auf der Mikroebene – sowohl von Wissenschaftlern als auch von Politikakteuren aus der Mongolei und internationalen Organisationen – bekräftigen uns in dem Ziel, die Längsschnittbefragung nach Projektende um

weitere drei Jahre fortzusetzen. Dies würde es uns ermöglichen, die mittelfristigen Konsequenzen des extremen Wetterereignisses von 2009/2010 zu verfolgen. Des Weiteren würden wir auf Themen fokussieren, die in der laufenden Befragung aus Zeitgründen ausgespart wurden – wie die Verteilung von Ressourcen und Entscheidungsmacht innerhalb des Haushalts (insbesondere nach extremen Wetterereignissen), die Anpassung von Fertilität an extreme Wetterereignisse und die Nutzung (und das Verständnis von) Finanz- und Versicherungsprodukten als Absicherung gegen Schocks.



## Anhang 2: Programm des Projekt-Workshops (Meilenstein W2)

Workshop "Climate Shocks and Household Behavior", December 3, 2013 - DIW Berlin

### Programme

Time frame for papers: 20 min presentation, 5 min statement by discussant, 10 min discussion

- 10:00 – 10:30 Welcome and Introduction of Project "Coping with Shocks in Mongolia" [REDACTED]
- 10:30 – 11:05 [REDACTED] (DIW Berlin). "Extreme Weather Events and Children's Health: Evidence from Mongolia"
- 11:05 – 11:25 Coffee break
- 11:25 – 12:00 [REDACTED] (Luiss Guido Carli University, Italy). "Impact of Climate Shocks on Sectorial Labour Income: Empirical Evidence from US Counties Data"  
Discussant: [REDACTED]
- 12:00 – 12:35 [REDACTED] (University of Siena, Italy). "Can Fishers in Developing Countries Pass the Climate Test?"  
Discussant: [REDACTED] (DIW Berlin)
- 12:35 – 13:30 Lunch break
- 13:30 – 14:05 [REDACTED] (ZEW Mannheim) & [REDACTED] (Universität Oldenburg). "Direct and Indirect Effects of Weather Experiences on Life Satisfaction. Which Role for Climate Change Expectations?"  
Discussant: [REDACTED]
- 14:05 – 14:40 [REDACTED] (Helmut Schmidt Universität, Hamburg).  
"Natural Disasters and the Savings Rate. Some Micro-Evidence from a Natural Experiment"  
Discussant: [REDACTED]
- 14:40 – 15:00 Coffee break
- 15:00 – 15:35 [REDACTED] (World Bank) & [REDACTED] (University of Goettingen). "The Effect of Drought on Health Outcomes and Health Expenditures in Rural Vietnam"  
Discussant: [REDACTED]
- 15:35 – 16:00 Concluding remarks
- 18:00 Workshop dinner

1) z.d. A

19/11/13  
[Signature]

**Schoenenberg, Eric**

**Von:** Schauser, Inke <Inke.Schauser@uba.de>  
**Gesendet:** Montag, 18. November 2013 16:01  
**An:** Daschkeit, Achim; Mahrenholz, Petra; Hempten, Susanne  
**Betreff:** WG: Webtool\_Intro\_082013.docx

42250-1/14

Lieber Achim, liebe Petra, liebe Frau Hempten,

bitte schauen Sie sich das Tool kritisch an: ich würde es gern den Ländern zusenden, die es im Mai ja schon vorgeführt bekommen haben, es aber noch nicht selber nutzen konnten. Kann ich nach Eurer/Ihrer Einschätzung auf eine Zustimmung der Länder verzichten und sie nur um Verbesserungsvorschläge bitten? Dies würde den Prozess beschleunigen.

Bitte um Rückmeldung, möglichst bis Di abend (Mi ist Netzwerktreffen, dann wird über die Veröffentlichung gesprochen).

Danke  
Inke Schauser

---

**Von:** Schauser, Inke  
**Gesendet:** Montag, 18. November 2013 15:58  
**An:** [Redacted]  
**Cc:** [Redacted]  
**Betreff:** AW: Webtool\_Intro\_082013.docx

Lieber [Redacted]

bevor wir online gehen, möchte ich noch das okay der Länder haben, bzw. ihnen die Möglichkeit geben Ihre Verbesserungsvorschläge einzubringen. Ich gehe nicht davon aus, dass es jetzt noch ein Veto gibt, aber bitte Sie trotzdem darum das Passwort wieder einzuführen.

Vielen Dank  
Inke Schauser

---

**Von:** [Redacted]  
**Gesendet:** Montag, 18. November 2013 15:36  
**An:** Schauser, Inke  
**Cc:** [Redacted]  
**Betreff:** AW: Webtool\_Intro\_082013.docx

Liebe Frau Schauser,

wie versprochen, kommt hier noch (kurz) vor dem Netzwerktreffen das Update des AP2 Online-Tools. Wir haben jetzt eigentlich alle Kommentare ihrerseits aufgearbeitet und auch die verbliebenen Studien integriert. In Erwartung, dass wir in Kürze mit dem Tool ‚live‘ gehen können, habe ich auch schon mal den Kennwortschutz entfernt:

[Redacted]  
Beste Grüße  
[Redacted]

---

**Von:** Schauser, Inke [mailto:Inke.Schauser@uba.de]

**Gesendet:** Freitag, 18. Oktober 2013 15:03

**An:** [REDACTED]

**Cc:** [REDACTED]

**Betreff:** AW: Webtool\_Intro\_082013.docx

Lieber [REDACTED]

super, dann macht es auch Sinn, über die Veröffentlichung beim nächsten Netzwerktreffen zu sprechen. Werden dann auch bereits alle von den Ländern genannten Veröffentlichungen aufgenommen (aber nicht ausgewertet) sein?

SG

Inke Schauser

---

**Von:** [REDACTED]

**Gesendet:** Freitag, 18. Oktober 2013 09:56

**An:** Schauser, Inke

**Cc:** [REDACTED]

**Betreff:** AW: Webtool\_Intro\_082013.docx

Liebe Frau Schauser,

in Absprache mit [REDACTED] gehe ich davon aus, dass wir die gewünschten Überarbeitungen im Laufe der kommenden Woche durchführen können.

Beste Grüße

---

**Von:** Schauser, Inke [mailto:Inke.Schauser@uba.de]

**Gesendet:** Donnerstag, 17. Oktober 2013 13:09

**An:** [REDACTED]

**Cc:** [REDACTED]

**Betreff:** AW: Webtool\_Intro\_082013.docx

Lieber [REDACTED]

Wir hatten über meine Überarbeitungs- und Änderungsvorschläge im Sommer ja bereits telefoniert und verabredet, dass das Online-Tool damals keine Priorität hatte, es aber dennoch im Herbst den Ländern zur Abstimmung gegeben werden sollte. Bisher ist das Online-Tools noch nicht überarbeitet worden und es bestehen noch offene Punkte, die geklärt bzw. überarbeitet sein müssen, bevor das Tool veröffentlicht werden kann (s. Agenda Netzwerktreffen Herbst 2010). Bis ist mit einer Überarbeitung rechnen?

Offene Punkte zur Erinnerung:

1. Hinweise zur Nutzung: Bitte den von mir und Herrn Fleischhauer überarbeiteten Text einstellen, inkl. DAS Fußnote, damit klar wird, dass hier die Deutsche Anpassungsstrategie gemeint ist.
2. Überschrift: Bitte umbenennen in „Mögliche Klimawirkungen auf Deutschland: Auswertung der Literatur“ oder gibt es von Ihnen alternative Vorschläge? (s. email von Herrn Kofalk und Diskussion auf dem Länder-WS: Klimafolgen- und Vulnerabilitätsstudien in Deutschland)
3. Weiteres (s. meine Mail vom 15.8.):
  1. Legende: weißes Feld ist falsch beschriftet (nicht Anzahl der Aussagen, sondern Studien)

2. Optik des Eingangsbildes: Deutschlandkarte zu klein und an den Rand gequetscht, Interaktivität dieser Karte/Ampel wird nicht klar, Titel (Aussagen für Gesamtdeutschland) unvollständig, da ja auch Studienanzahl genannt wird
3. Anzahl der Studien: im Eingangstext wird von 157 (mit 68 wirklich ausgewerteten Studien???) gesprochen, aber auf Eingangsseite von 36 für D und 74 für Länder: inkonsistent
4. Anzahl der Aussagen: auf Eingangsseite nur für Länder angegeben - nicht aber für D?!?
5. Ampeldarstellung:
  - a. man kann nicht nur auf die negativen/positiven/unsicheren Aussagen tippen und sich nur diese Studien anzeigen lassen (geht vermutlich nicht anders ...) - Sie wollten noch prüfen, ob dies nicht möglich ist, da in der Metadatenbank die Bewertung ja den Studien zugeordnet worden sein müssten
  - b. völlig unklar, woher Anzahl der Aussagen kommt, z.B. Sachsen-Anhalt, Baden: nur eine Studie mit vielen Aussagen, aber nur 2 werden in der Ampel (1\* stark negativ, 1\* moderat negativ) erwähnt oder Niedersachsen, Küsten- und Meeresschutz: 3 Studien, 3 Aussagen, aber eine Studie hat bereits mehrere Aussagen
6. ist die Anzahl der Studien korrekt: bitte prüfen (entsprechen nicht immer der Anzahl der aufgelisteten Quellen, z.B. bei Auswahl „Alle Sektoren“!)
7. Länderseiten/Deutschlandseite:
  - a. Zahl der angegebenen Studien entsprechen nicht der Anzahl der Studien pro Land/Sektor in den weißen Feldern (fehlen noch Quellen???)
  - b. angegebene Studien bitte mit vollständiger Quelle angeben (wichtig: Datum, Bearbeiter und Herausgeber auf einen Blick zu sehen)
  - c. ESPON/KlimaMoro Links fehlen
8. Steckbrief Studie
  - a. Weitere Analysen (z.B. Vorhandensein von Ensembles ja/nein, Primärstudie ja/nein, IPCC oder DRR Ansatz)

SG  
Inke Schauser

-----Ursprüngliche Nachricht-----  
 Von: Schauser, Inke  
 Gesendet: Donnerstag, 22. August 2013 10:28  
 An: [REDACTED]  
 Cc: [REDACTED]  
 Betreff: AW: Webtool\_Intro\_082013.docx

Lieber [REDACTED]

hier der überarbeitete Text mit der Bitte um nochmaliges Gegenlesen (auch von [REDACTED]). Wie bereits besprochen schreiben Sie bitte noch einen 2. Text als Erläuterung zu der Kodierung, den ich auch gern gegenlesen möchte.

Ich möchte das Online-Tool im Herbst gern den Ländern zur Prüfung/Kommentierung übergeben: bis wann könnten Sie es überarbeitet haben?

Gruß  
Inke Schauser

-----Ursprüngliche Nachricht-----  
 Von: [REDACTED]  
 Gesendet: Montag, 19. August 2013 15:58  
 An: Schauser, Inke  
 Betreff: Webtool\_Intro\_082013.docx

Liebe Frau Schauser,

anbei sende ich Ihnen hiermit wie besprochen den Einleitungstext zum Webtool als Word-Dokument.

Gruß

1) 2d. A 29/10/11

4d/50 - 1/14

# Netzwerk Vulnerabilität



## Kontaktliste Netzwerkpartner und Projektträger (Stand 10.06.2013; nicht bestätigte Version)

Institution		Ansprechpartner	Kontakt	Email
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	Ulrich Sattler	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle  Abteilung 5 Klimaschutz  Frankfurter Straße 29 -35 65760 Eschborn  Tel: 06196 / 908 288 Fax: 06196 / 908 800	<a href="mailto:ulrich.sattler@bafa.bund.de">ulrich.sattler@bafa.bund.de</a>
		Gerhard Schallenberg (Vertretung)	Frankfurter Straße 29 – 35 65760 Eschborn  Tel: 06196 / 908 308	<a href="mailto:Gerhard.Schallenberg@bafa.bund.de">Gerhard.Schallenberg@bafa.bund.de</a>
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen	Dr. Markus Auerbach	Bundesanstalt für Straßenwesen  Projektgruppe Innovationen, Klimawandel  Brüderstraße 53 51427 Bergisch Gladbach  Tel: 02204 / 43 581 Fax: 02204 / 43 159	<a href="mailto:m.auerbach@bast.de">m.auerbach@bast.de</a>
		Beata Krieger	Bundesanstalt für Straßenwesen  Regierungsdirektorin  Referat S1 – Intelligenter Straßenaufbau, Regenerative Energie, Klimawandel  Brüderstraße 53, 51427 Bergisch Gladbach  Tel: 02204 / 43 730 Fax: 02204 / 43 159	<a href="mailto:beata.krieger@bast.de">beata.krieger@bast.de</a>

BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe	Susanne Krings	<p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe</p> <p>Referat II 3 - Grundsatzangelegenheiten Kritische Infrastrukturen</p> <p>Provinzialstraße 93 53127 Bonn - Lengsdorf</p> <p>Tel: 0228 / 99 550 3304 Fax: 0228 / 99 10 550 3304</p>	<a href="mailto:susanne.krings@bbk.bund.de">susanne.krings@bbk.bund.de</a>
		Susanne Lenz (Vertretung)	<p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe</p> <p>Referat II.1 - Grundsatzangelegenheiten des Bevölkerungsschutzes, Risikomanagement, Notfallvorsorge</p> <p>Provinzialstraße 93 53127 Bonn – Lengsdorf</p> <p>Tel: 0228 / 99 550 3102 Fax: 0228 / 99 10 550 3102</p>	<a href="mailto:susanne.lenz@bbk.bund.de">susanne.lenz@bbk.bund.de</a>
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung	Dr. Fabian Dosch	<p>Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung</p> <p>Referat I 5 - Verkehr und Umwelt</p> <p>Deichmanns Aue 31-37 53179 Bonn</p> <p>Tel: 0228 / 99 401 2307 Fax: 0228 / 99 401 2260</p>	<a href="mailto:Fabian.Dosch@bbr.bund.de">Fabian.Dosch@bbr.bund.de</a>

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Dr. Sebastian Kofalk	Bundesanstalt für Gewässerkunde  Mainzer Tor 1 56068 Koblenz  Tel: 0261 / 1306 5330	<a href="mailto:kofalk@bafg.de">kofalk@bafg.de</a>
BfN	Bundesamt für Naturschutz	Dr. Horst Korn	Bundesamt für Naturschutz  Insel Vilm - Außenstelle  18581 Putbus/Rügen  Tel: 038301 / 86 130 Fax: 038301 / 86 150	<a href="mailto:horst.korn@bfn-vilm.de">horst.korn@bfn-vilm.de</a>
		Dr. Reinhard Piechocki	Bundesamt für Naturschutz  Insel Vilm - Außenstelle  18581 Putbus/Rügen  Tel: 038301 / 86132	<a href="mailto:reinhard.piechocki@bfn-vilm.de">reinhard.piechocki@bfn-vilm.de</a>
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	Dr. Rainer Baritz	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  Stilleweg 2 30655 Hannover  Tel: 0511 / 643 2409	<a href="mailto:rainer.baritz@bgr.de">rainer.baritz@bgr.de</a>
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	Susanne Hепен	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  Referat WA   1 - Allgemeine, grundsätzliche sowie internationale und europäische Angelegenheiten der Wasserwirtschaft  Robert-Schuman-Platz 3 53175 Bonn  Tel: 0228 / 3052588	<a href="mailto:susanne.hепен@bmu.bund.de">susanne.hепен@bmu.bund.de</a>

BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	Dr. Hartmut Heinrich	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  Referat M2 - Physik des Meeres  Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg  Tel: 040 / 3190 3200 Fax: 040 / 3190 5000	<a href="mailto:hartmut.heinrich@bsh.de">hartmut.heinrich@bsh.de</a>
DWD	Deutscher Wetterdienst	Joachim Namyslo	Deutscher Wetterdienst  Abteilung Klima- und Umweltberatung  Postfach 10 04 65 63004 Offenbach  Tel: 069 / 8062 2967	<a href="mailto:joachim.namyslo@dwd.de">joachim.namyslo@dwd.de</a>
		Dr. Thomas Deutschländer (Vertretung)	Deutscher Wetterdienst  Abteilung Klima- und Umweltberatung  Postfach 10 04 65 63004 Offenbach  Tel: 069 / 8062 2962	<a href="mailto:thomas.deutschlaender@dwd.de">thomas.deutschlaender@dwd.de</a>
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	[REDACTED]	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  Leiter des Sektorvorhabens "Climate Protection Programme for Developing Countries"  Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5 65760 Eschborn  [REDACTED]	[REDACTED]

			<p>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH</p> <p>Abteilung Umwelt &amp; Klima Kompetenz-Center Klima</p> <p>Postfach 5180 65726 Eschborn</p>	
KfW	KfW		<p>KfW Entwicklungsbank</p> <p>Kompetenzcenter Landwirtschaft &amp; Naturressourcen LGa2 Länderbereich Grundsätze / Lateinamerika</p> <p>Palmengarten 5-9 60325 Frankfurt / M</p>	
			<p>KfW Entwicklungsbank</p> <p>Geschäftsbereich KfW Mittelstandsbank MBb2 Produktentwicklung Umweltschutz und Erneuerbare Energien</p> <p>Palmengartenstraße 5-9 60325 Frankfurt am Main</p>	
PT-DLR	Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt		<p>Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.</p> <p>Umwelt, Kultur, Nachhaltigkeit</p> <p>Heinrich-Konen-Straße 1 53227 Bonn</p>	

			Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  Heinrich-Konen-Straße 1 53227 Bonn  	
RKI	Robert Koch-Institut	Dr. Hildegard Niemann	Robert-Koch-Institut  Fachgebiet 22  Postfach 65 02 61 13302 Berlin  Tel: 030 / 18754 3950	<a href="mailto:NiemannH@rki.de">NiemannH@rki.de</a>
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk	Tobias Nothhelfer	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk  Referat E 1 Grundsatz  Provinzialstraße 93 53127 Bonn  Tel: 0228 / 940 1133	<a href="mailto:Tobias.Nothhelfer@thw.de">Tobias.Nothhelfer@thw.de</a>
Thünen- Institut	Johann Heinrich von Thünen-Institut	Dr. Nicole Wellbrock	Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei  Institut für Waldökologie und Waldinventuren (WOI)  Alfred-Möller-Str. 1 16225 Eberswalde  Tel: 03334 / 3820 304 Fax: 03334 / 3820 354	<a href="mailto:nicole.wellbrock@vti.bund.de">nicole.wellbrock@vti.bund.de</a>

<p>Tanja Sanders (Vertretung)</p>	<p>Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei</p> <p>Institut für Waldökologie und Waldinventuren (WOI)</p> <p>Alfred-Möller-Straße 1 16225 Eberswalde</p> <p>Tel: 03334 / 3820-339</p>	<p><a href="mailto:tanja.sanders@vti.bund.de">tanja.sanders@vti.bund.de</a></p>
<p>Dr. Horst Gömann</p>	<p>Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei</p> <p>Institut für Ländliche Räume</p> <p>Bundesallee 50 38116 Braunschweig</p> <p>Tel: 0531 / 596 5513 oder: 0228 / 620 8787 Fax: 0531 / 596 5599</p>	<p><a href="mailto:horst.goemann@ti.bund.de">horst.goemann@ti.bund.de</a></p>
<p>Prof. Dr. Hans-Joachim Weigel</p>	<p>Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei</p> <p>Institut für Biodiversität</p> <p>Bundesallee 50 38116 Braunschweig</p> <p>Tel: 0531 / 596 2501 Fax: 0531 / 596 2599</p>	<p><a href="mailto:hans.weigel@ti.bund.de">hans.weigel@ti.bund.de</a></p>
<p>Dr. Heino Fock</p>	<p>Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei</p> <p>Institut für Seefischerei</p> <p>Palmaille 9 22767 Hamburg</p> <p>Tel: 040 / 38905 169 Fax: 040 / 38905 263</p>	<p><a href="mailto:heino.fock@vti.bund.de">heino.fock@vti.bund.de</a></p>

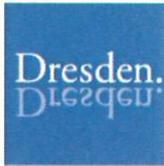
UBA	Umweltbundesamt	Dr. Inke Schauser	Umweltbundesamt Fachgruppe I 1.7 KomPass - Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung  Postfach 1406 06813 Dessau-Roßlau  Tel: 0340 / 2103 2463 Fax: 0340 / 2104 2463	<a href="mailto:Inke.Schauser@uba.de">Inke.Schauser@uba.de</a>
-----	-----------------	-------------------	---	--

42250-1/14  
2. d. A  
ff  
28.10.13



United Nations  
University  
**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security



MARTIN-  
LUTHER-UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG



## V. Zwischenbericht

# INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen

*- am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen -*

Project  
Interim  
Report



Ein Forschungsprojekt gefördert vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe



Bundesamt für Bevölkerungsschutz  
und Katastrophenhilfe

## KONTAKT



United Nations  
University  
**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security

Herr Dr.-Ing. Jörn Birkmann (Projektleitung)  
Frau Susanne Krings  
UNU-EHS  
UN Campus, Hermann-Ehlers-Str. 10  
53113 Bonn, Germany  
Phone: ++49-228-815-0208  
E-mail: birkmann@ehs.unu.edu



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-  
WITTENBERG

Herr Prof. Dr.-Ing. Wilfried Kühling  
Frau Kathleen Liese  
FG Raum- und Umweltplanung  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Geowissenschaften  
Von-Seckendorff-Platz 4  
Raum 4.4.25  
06120 Halle/Saale  
Phone: ++49-345-55-260-66  
E-mail: wilfried.kuehling@geo.uni-halle.de



Herr Dr. Achim Roth  
Herr Michael Wurm  
DFD - DLR  
Münchner Straße 20  
D-82234 Weßling

In Zusammenarbeit mit den Praxispartnern



Stadtentwässerungs-  
betriebe Köln, AöR

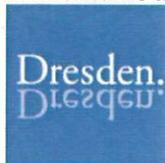


Frau Sabine Mertsch  
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR  
Hochwasserschutzzentrale Köln

Postanschrift:  
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR  
Hochwasserschutzzentrale Köln  
Ostmerheimer Str. 555  
51109 Köln

Büroanschrift:  
Willy-Brandt-Platz 2  
50679 Köln

Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden



Herr Dr. Horst Ullrich  
Umweltamt Stadt Dresden  
Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden  
Grunaer Straße 2  
01069 Dresden

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1 Zielsetzung des 5.Zwischenberichts	6
1.2 Überblick über die Aktivitäten der vergangen Projektphase	7
1.3 Ausblick: Vorbereitung des Expertenworkshops	8
<b>2. Fortschritt im Projektbereich <i>Landwirtschaft und Umwelt</i></b>	<b>10</b>
2.1 Theoretischer Rahmen	10
2.1.1 Systemtherorie	10
2.1.2 Vulnerabilitätsbegriff	13
2.2 Methodische Herangehensweise	14
2.3 Ermittlung der Vulnerabilität der Landwirtschaft	18
2.3.1 Vulnerabilitätsmodell	18
2.3.2 Systemmodell	23
2.3.2.1 Einzelfallbezogene Vulnerabilitätsermittlung	23
2.3.2.1.1 Betroffenen- und Experteninterviews	23
2.3.2.1.2 Systemmodell der Vulnerabilität der Gartenbaubetriebe	32
2.3.2.1.3 Systemmodell der Vulnerabilität der Acker- und Grünlandwirtschaft	35
2.3.2.1.4. Datengrundlage	38
2.3.2.2 Kommunale flächenbasierte Vulnerabilitätsanalyse	
2.3.3 Bewertungs- und Aggregationsmodell	43
2.3.3.1 Einzelfallbezogene Vulnerabilitätsermittlung	43
2.3.3.2. Kommunale flächenbasierte Vulnerabilitätsermittlung	47
2.4 Ermittlung der Vulnerabilität der Umwelt	52
2.4.1 Experteninterviews	52
2.4.2 Vulnerabilitätsmodell	60
2.4.3 Systemmodell	67
2.4.4 Bewertungs- und Aggregationsmodell	74
2.5 Übertragbarkeit	85
<b>3. Fortschritt im Projektbericht <i>Kritische Infrastruktur</i></b>	<b>88</b>
3.1 Überblick über Aktivitäten seit August 2008	88
3.1.1 Aufnahme der Zusammenarbeit mit Radebeul und Andernach	88
3.1.2 Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse beim ,9. Forum Katastrophenvorsorge',20./21. November, Offenbach	89
3.2 Indikatoren und Assessmentmethoden zur Verwundbarkeitsabschätzung Kritischer Infrastrukur	89
3.2.1 Gegenstandsspezifik von Vulnerabilitätsbegriff und Assessmentmethode	90
3.2.2 Adressatenbezogenheit der Assessmentmethode	94
3.3 Grundannahmen und Grundstruktur der Methode	97
3.3.1 Bewertung der Verwundbarkeit der Einzelkomponenten bzw. der Teilprozesse	97
3.3.2 Betrachtung der Verwundbarkeit gegenüber Stromausfall	104
3.3.3 Ranking der einzelnen Teilprozesse – Betrachtung der Systemebene	104
3.4 Ableitung von Handlungsempfehlungen	107
3.5 Ausblick und offene Fragen	109
3.6 Entwurf eines Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment Kritischer Infrastrukturen auf kommunaler Ebene	110
<b>4. Fortschritt im Projektbereich <i>Bevölkerung/Soziales</i></b>	<b>111</b>
4.1 Überblick über die Aktivitäten seit August 2008	111
4.1.1 Auswertung weiterer Daten der Haushaltsbefragung	
4.1.2 Vorstellung und Diskussion der Befragungsergebnisse in Köln bei der Bürgerinitiative Hochwasser am 27. Januar 2009	111
4.1.3 Vorstellung und Diskussion der Befragungsergebnisse in Dresden beim Praxispartner dem Landesumweltamt Dresden am 21. Januar 2009	112
4.2 Indikatoren und Assessmentmethoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit des Bereichs Bevölkerung/Soziales	116
4.2.1 Gegenstandsspezifik von Vulnerabilitätsbegriff und Assessmentmethode	117

4.2.2 Adressaten- und Nutzerorientierung der Kriterien und Indikatoren	119
4.3 Präsentation ausgewählter Ergebnisse und Ableitung von Fragen für den Expertenworkshop im AKNZ	123
4.4 Exposition	124
4.5 Anfälligkeit	128
4.6 Bewältigungskapazität	136
<b>5. Beitrag der Fernerkundung zur Vulnerabilitätsabschätzung</b>	<b>154</b>
5.1 Datengrundlage	155
5.2 Klassifikation	160
5.3 Ableitung der Indikatoren	165
5.3.1 Gebäudedichteanalyse	165
5.3.2 Gebäudehöhen	166
5.3.3 Exposition	169
5.4 Bevölkerungsabschätzung	170
<b>6. Ergänzende Angaben</b>	<b>172</b>
<b>7. Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>174</b>
<b>Anhang</b>	<b>177</b>
Anhang zu Kapitel 2	177
Anhang zu Kapitel 3	191
Anhang zu Kapitel 5	202

## **1. Einleitung**

Im Folgenden wird zuerst die Zielsetzung des 5. Zwischenberichts skizziert, anschließend wird ein Überblick über die geleistete Arbeit und nachfolgend ein Ausblick auf den in Kürze stattfindenden Expertenworkshop (Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz (AKNZ), Bad Neuenahr/Ahrweiler, 24.2.2009) gegeben werden.

### **1.1 Zielsetzung des 5. Zwischenberichts**

Das Forschungsvorhaben 'Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen' hat das Ziel, die Verwundbarkeit von Kommunen in Bezug auf Hochwasserereignisse in den Schlüsselbereichen Bevölkerung/Soziales, Wirtschaft, Landwirtschaft und Umwelt, sowie Kritische Infrastruktur systematisch erfassbar zu machen. Im weiteren Verlauf wurde vor allem aus Gründen der Datenverfügbarkeit der Schwerpunkt auf die Bereiche Bevölkerung/Soziales, Landwirtschaft und Umwelt sowie Kritische Infrastruktur gelegt. An der Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts arbeiten die wissenschaftlichen Einrichtungen, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt und United Nations University, Institut für Umwelt und menschliche Sicherheit in enger Kooperation mit den Praxispartnern, dem Umweltmat der Stadt Dresden und der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln. Die Projektlaufzeit begann im August 2006 und geht mit der Abgabe dieses 5. Zwischenberichts in die letzte Phase (Ende des Projekts: 31.7.2009).

Angesichts der fortgeschrittenen Projektlaufzeit soll der vorliegende 5. Zwischenbericht neben der Dokumentierung der Ergebnisse und Aktivitäten der letzten sechs Monate bereits einen Ausblick auf die aus der Arbeit hervorgehenden Produkte geben – einerseits eine wissenschaftliche Publikation zu den im Projekt erarbeiteten Ergebnissen, andererseits ein Leitfadensystem, welches Kommunen zur Verfügung gestellt werden soll. Ein besonderer Schwerpunkt liegt nach der relativ ausführlichen Beschreibung der konzeptionellen und methodischen Vorgehensweisen innerhalb der einzelnen Themenfelder im 4. Zwischenbericht (August 2008) auf der schrittweisen Anwendung der Assessment-Kriterien und

Methoden im Sinne der zu entwickelnden Leitfäden. Die im Folgenden dargelegten Ansätze sind als erste Entwürfe zur Entwicklung eines Leitfadens zu verstehen und können in keinem Fall als fertige Produkte betrachtet werden. Vielmehr bieten die Beiträge einen Überblick über die verschiedenen Assessment-Methoden, die für die drei zentralen Themenfelder erarbeitet wurden. Die Darstellung ausgewählter Beispiele gibt auch einen Eindruck der Anwendungsmöglichkeiten der Methoden.

## **1.2 Überblick über die Aktivitäten der vergangenen Projektphase**

In der vergangenen Projektphase fanden empirische Erhebungen schwerpunktmäßig noch im Bereich Kritische Infrastruktur statt. Insbesondere die Einbindung der Städte Andernach und Radebeul zur Ergänzung der in den Großstädten Köln und Dresden gesammelten Erkenntnisse, erforderten weitere Expertengespräche. Die Zusammenarbeit mit den beiden Städten stellte sich als sehr wertvoll für den Fortgang der Arbeiten und für die Überprüfung der Übertragbarkeit bereits entwickelter Ansätze heraus. Die Hoffnung in kleineren Kommunen auf eine größere Offenheit der Versorgungsunternehmen zu stoßen, wurde teilweise erfüllt. Zwar konnten umfangreiche Informationen hinsichtlich der Wasserversorgung gewonnen werden; Gespräche mit den Energieversorgern stehen in einem Fall noch aus (Termin am 12. Februar). Im anderen Fall, gestaltet allerdings sich schon die Kontaktaufnahme als ausgesprochen schwierig.

Die Bearbeitung aller Themenbereiche konzentrierte sich auf die Auswertung bzw. auf die Validierung der Grundannahmen und der daraus entwickelten Methoden und Verwendbarkeitskriterien. Aus diesem Grund wurden die Arbeiten in Abhängigkeit von den thematischen Schwerpunkten der jeweiligen Teilbereiche wiederholt einer Fachöffentlichkeit, einzelnen Experten oder betroffenen Bürgern präsentiert und zur Diskussion gestellt. Von besonderer Bedeutung für den Projektbereich Bevölkerung/Soziales waren beispielsweise die Präsentation vorläufiger Ergebnisse vor den Mitgliedern der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen im November und die im Januar stattfindende fokussierte Gruppendiskussion, sowie Gespräche mit den Praxispartnern in Dresden. Diese Termine konnten einen wichtigen Beitrag zur Interpretation und zur qualitativen Validierung der auf der Basis quantitativer Daten ermittelten Ergebnisse leisten. Im Bereich Kritische Infrastruktur konnten zum einen die Gespräche mit den Experten aus den

Versorgungsunternehmen der Städte zur Überprüfung der Methodik beitragen. Zum anderen ist die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse im Rahmen des 9. Forums Katastrophenvorsorge (veranstaltet vom Deutschen Komitee für Katastrophenvorsorge (DKKV) und dem Deutschen Wetterdienst (DWD), 20.-21. November 2008 in Offenbach) als wichtiger Termin in diesem Zusammenhang zu nennen.

Darüberhinaus konnten die engen Beziehungen zu themenverwandten Forschungsprojekten und Arbeitsgruppen (beispielsweise zur Arbeitsgruppe ‚Indikatorensystem zur Bewertung der Hochwasservorsorge‘ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA oder der Arbeitsgruppe ‚Objektschutz‘ der Stad Köln) weiter ausgebaut werden. Über die Teilnahme an einer vom Grundwasserforschungszentrum Dresden ausgerichteten Veranstaltung (30. Oktober 2008), die dem Erfahrungsaustausch und der Vernetzung hochwasserbezogener Forschungsprojekte dienen sollte, konnte darüber hinaus Kontakt zu den RIMAX Projekten MEDIS und MULTISURE hergestellt werden .

Zur internen Abstimmung trafen sich die Projektmitarbeiter Anfang Dezember in Bonn. Weitere Gespräche im kleineren Rahmen fanden in Dresden (Oktober 2008 und Januar 2009) statt.

### **1.3 Ausblick: Vorbereitung des Expertenworkshops**

(AKNZ, Bad Neuenahr/Ahrweiler, 24.2.09)

Neben der Dokumentation der Projektarbeit, soll der 5. Zwischenbericht gleichzeitig als Diskussionsgrundlage für einen am 24. Februar geplanten Expertenworkshop dienen, im Rahmen dessen die (vorläufigen) Ergebnisse in einem Expertenforum zur Diskussion gestellt werden sollen. Aus diesem Grund liegt ein inhaltlicher Schwerpunkt auf der Darstellung der einzelnen Methoden, ausgewählter Ergebnisse und möglicher Kriterien für den Leitfaden. Die Texte sind als Hintergrundinformation zur Methodenentwicklung zu verstehen.

Der Expertenworkshop möchte Fachleute aus den Bereichen des Bevölkerungsschutzes, der Naturgefahrenforschung, der räumlichen Planung und der Katastrophenvorsorge mit Vertretern der Kommunen und der betroffenen Bürger zusammenbringen, um aus möglichst vielfältigen Perspektiven Kritik, Ratschläge und

Vorschläge für die letzte Projektphase aufzunehmen (vgl. Teilnehmerliste im Anhang).

Besonders wichtig erscheint es, im Interesse einer Anwendbarkeit und Benutzerfreundlichkeit der im weiteren Projektverlauf zu entwickelnden Leitfäden die Bedürfnisse und Interessen der Kommunen aufzunehmen als die Adressaten dieser Produkte aufzunehmen. Auch die Belange der betroffenen Bürger sollen berücksichtigt werden. Aus der Perspektive der fachwissenschaftlichen Vertreter wäre im Rahmen der Diskussion die methodische Stringenz des Vorgehens im Projekt zu betrachten. Leitfragen, die sich von unserer Seite an die eingeladenen Experten stellen, sind:

- Wurden die aus Sicht einer Kommune wichtigsten Gesichtspunkte in den einzelnen Themenbereichen erfasst?
- Wenn nicht, welche Aspekte sollten stärker beleuchtet werden?
- In welcher Form muss ein Fragebogen/Leitfaden präsentiert werden, um für eine Kommune anwendbar zu sein?
- Ist das methodische Vorgehen nachvollziehbar und schlüssig?
- Wird die Abgrenzung der einzelnen Themen und Sachbereiche hinreichend deutlich?
- Ist die Darstellung der Analysemethoden, Kriterien und Indikatoren für die Assessments hinreichend transparent?
- Ist die Interpretation der dargestellten Ergebnisse verständlich?



## **2. Fortschritt im Projektbereich *Landwirtschaft und Umwelt***

Seit Abgabe des Zwischenberichtes (August 2008) wurden bedingt durch die intensive Auseinandersetzung und anschließender Überarbeitung der Systemmodelle in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt die Vulnerabilitätsmodelle überarbeitet und angepasst. Im Bereich der Landwirtschaft wurde nach der intensiven Auswertung der Betroffenen- und Experteninterviews deutlich, dass die bestehenden Systemmodelle der Acker- und Grünlandwirtschaft (incl. Viehhaltung) sowie der Gärtnereien dem realen Geschehen bei Hochwasser nicht ausreichend gerecht werden. Hier erfolgte eine Überarbeitung. Auf dieser Grundlage konnten die Fragebögen zur Ermittlung der individuellen Vulnerabilität der Landwirte in der Acker- und Grünlandwirtschaft sowie in den Gartenbaubetrieben ergänzt werden. Sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Umwelt wurden Bewertungs- und Aggregationsverfahren entwickelt, um die aus den Systemmodellen abgeleiteten Kriterien zu einer Vulnerabilitätsaussage zu verknüpfen.

### **2.1 Theoretischer Rahmen**

#### **2.1.1 Systemtheorie**

Als theoretische Grundlage für die Ermittlung der Vulnerabilität in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt wird die Allgemeine Systemtheorie verwendet. Demnach werden die Landwirtschaft und die Umwelt als Systeme betrachtet.

Das Wort System leitet sich aus dem griechischen „*to systeme*“ ab und bedeutet „*etwas Zusammengeordnetes, Geordnetes*“. Systeme bilden sich, in dem zusammengehörende Elemente gegenüber der Umwelt<sup>1</sup> abgegrenzt werden. Innerhalb der Systeme besteht, durch die Wirkbeziehungen, die die zusammengehörenden Systemelemente untereinander eingehen, eine Ordnung. Durch diese Ordnung werden andere Elemente aus der umgebenden Umwelt abgegrenzt. Systeme bestehen also aus untereinander verknüpften Elementen, durch deren Steuerung Operationen und Prozesse ausgeführt werden können. Mit der Abgrenzung eines Systems und der Ordnung der Systemelemente zu einem Beziehungsgefüge erfolgt gleichzeitig eine Reduktion der Komplexität (KRIEGER, 1998:12).

---

<sup>1</sup> Umwelt ist hier nicht im ökologischen Sinn zu verstehen, sondern als Systemumwelt. Sie bezeichnet alles das, was nicht zu einem System gehört.

Für Vester stellen Systeme Gebilde dar, die in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinander stehen. Sie sind zu einem Wirkungsgefüge vernetzt. Um sinnvolle Lösungen für Probleme zu finden, ist es wichtig, die vernetzten Zusammenhänge zur Kenntnis zu nehmen und sich über lineare Denkweisen hinweg zu setzen. Mit der Darstellung eines Systems in einem Wirkungsgefüge gelingt es, die Komplexität zu reduzieren, in dem die unübersehbare Zahl der beteiligten Systemelemente durch wenige Schlüsselgrößen repräsentiert werden. Sie stellen die Knotenpunkte eines Systems dar (VESTER, 2004: 18, 29, 55). Auch Moser gibt an, dass systemtheoretische Abstraktionen es erleichtern, komplexe Annahmen begreiflich, praktisch vorstellbar und methodisch handhabbar zu machen. Die Darstellung von Systemen in Systemmodellen ermöglichen demnach die praktische Vorstellung von Wirkungsgefügen (MOSER, 2001: 48, 53).

Nach Vester besteht das Hauptziel von Systemen darin, ihre Lebensfähigkeit zu erhöhen und zu sichern. Die Lebensfähigkeit eines Systems richtet sich vorwiegend nach deren Fähigkeit zur kybernetischen Selbststeuerung (VESTER, 2004: 33, 49). Für Malik sind Systeme lebensfähig, wenn sie die Eigenschaften adaptiv, lernfähig und selbstregulierend besitzen (MALIK, 2006: 80).

Die kybernetische Selbststeuerung stellt Vester in folgend beschriebenen Regelkreis dar (siehe auch Abbildung 1). Der Regelkreis besteht aus den Komponenten: Störgröße, Messfühler, Regelgröße, Istwert, Regler, Führungsgröße, Sollwert, Stellglied. Der Regler misst über den Messfühler den momentanen Zustand der Regelgröße, den Istwert. Ist der Zustand durch einen Störfaktor verändert, weicht der Istwert von einem von der Führungsgröße definierten Sollwert ab, so gibt der Regler eine entsprechende Anweisung an ein Stellglied, die Störung zu beheben, d. h. den Istwert auf den gewünschten Sollwert zu „regeln“. Auf diese Weise ist das System mit sich selbst rückgekoppelt. Ein System, das nach dem Prinzip des Regelkreises funktioniert, ist somit in der Lage auftretende Störungen aufzufangen und selbstregulierend auszugleichen (VESTER, 2004: 43, 154f). Über diesen beschriebenen negativen Rückkopplungsprozess stabilisiert sich das System nach der aufgetretenen Störung wieder (KRIEGER, 1998: 26; MALIK, 2006: 384; LASZLO, 1998: 56; MOSER, 2001: 216).

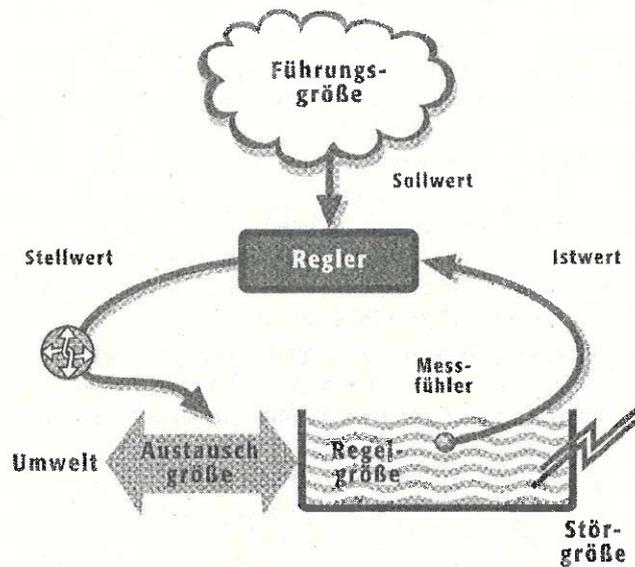


Abbildung 1: klassischer Regelkreis mit den gängigen kybernetischen Bezeichnungen, Quelle: Vester, 2004: 43.

In unserem konkreten Fall stellt die Vulnerabilität die Regelgröße und das Hochwasserereignis die Störgröße dar. Nach einem Hochwasserereignis wird anhand des Schadensausmaßes die Vulnerabilität ersichtlich. Hat das Hochwasser tatsächlich zu einer Störung mit Schäden im System geführt, so zeigt der Istwert eine hohe Vulnerabilität an. Eine Führungsgröße definiert in diesem Fall als Reaktion auf diesen Schaden einen Sollwert der Vulnerabilität. Über Gesetze, Richtlinien und Handlungsempfehlungen werden Vorgaben darüber gemacht, wie dieser Sollwert zu erreichen ist, während der Stellwert in der Praxis für die Umsetzung dieser Vorgaben sorgt. Im Bereich der Landwirtschaft stellt der Landwirt den Stellwert dar. Über die Art und Weise seiner Bewirtschaftung (z. T. durch Vorgaben beeinflusst, z. T. basierend auf eigenen Entscheidungen) beeinflusst er seine Vulnerabilität. Ist der Landwirt vulnerabel, entsteht ihm also bei einem Hochwasser ein Schaden, wird er neben den infolge des Hochwassers für die Allgemeinheit aufgestellten Regelungen zur Minimierung der Hochwasserschäden, zusätzlich in Eigeninitiative Maßnahmen ergreifen, etwa seine Bewirtschaftung in einer Weise verändern, um künftige Schäden zu vermeiden, so dass der gewünschte Sollwert, nämlich eine geringe Vulnerabilität, erreicht wird. Im Bereich der Umwelt hält sich das System nach der „Registrierung“ von Schäden selbstregulierend durch Anpassungsstrategien stabil. So werden sich beispielsweise Arten, die auf trockenen Standorten leben, zurückziehen, während Feuchte liebende Arten die Landschaft besiedeln. Sind

Populationszahlen durch ein Hochwasserereignis zurückgegangen, kann ein verändertes Fortpflanzungsverhalten dazu führen, die Populationsschwankung wieder auszugleichen. Bewirken vom Menschen sekundär ausgelöste Schäden in der Umwelt (z. B. Kontamination bei Hochwasser) auch eine Beeinträchtigung der menschlichen Lebensgrundlagen, so muss die Gesellschaft über Vorgaben die Verhaltensweisen so steuern, dass die Lebensgrundlagen in Zukunft erhalten bleiben. Schaffen es System nicht, eine Störung selbstregulierend abzufangen und auszugleichen, sind sie nicht mehr lebensfähig.

Besteht das Ziel darin, die Vulnerabilität in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt auf ein geringes Maß zu reduzieren, sollten die Landwirtschaft und Umwelt als Systeme betrachtet und in einem Systemmodell dargestellt werden. Erst mit der Erstellung von Systemmodellen werden systemimmanente Wirkbeziehungen deutlich, die vermutlich bei anderen Ansätzen, die der Komplexität des realen Geschehens nicht gerecht werden, unentdeckt blieben. Gerade das Erkennen sämtlicher Wechselwirkungen ist beim Ableiten von Kriterien zur Bestimmung der Vulnerabilität als auch bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Vulnerabilität notwendig. Hingegen könnten infolge sektoraler Sichtweisen empfohlene Maßnahmen, z. B. zur Erhöhung der Bewältigungskapazität zu unbeabsichtigten negativen Nebenwirkungen führen, wenn sie die Systemzusammenhänge nicht umfassend berücksichtigen.

### **2.1.2 Vulnerabilitätsbegriff**

Der dem Projekt und den Bereichen Umwelt und Landwirtschaft zugrunde gelegte Vulnerabilitätsbegriff ist aus dem BBC-Framework von Birkmann, Bogardi und Cardona abgeleitet. Hierbei wird die Vulnerabilität in exponierte und vulnerable Elemente und Bewältigungskapazität unterschieden. Das BBC-Konzept basiert ebenfalls auf einem Regelkreiskonzept. Die Vulnerabilität wird als dynamische Größe verstanden, die über eingeleitete Vorsorgemaßnahmen, aber auch ein effektives Katastrophenmanagement reduziert werden kann (BIRKMANN, 2006: 35). Für das Projekt und die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt schien es sinnvoll, den Vulnerabilitätsbegriff des BBC-Frameworks abzuwandeln. Vulnerabilität setzt sich danach aus der Exposition, der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität zusammen.

### 2.2.2 Methodische Herangehensweise

Die Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte zur Ermittlung der Vulnerabilität orientiert sich an der Theorie und den Prinzipien der allgemeinen Systemtheorie. Die konkreten Verfahren der Vulnerabilitätsermittlung in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt werden in Anlehnung an die Arbeit von Villa & McLeod erstellt. Villa & McLeod bestimmen die Vulnerabilität über die Erstellung eines Vulnerabilitätsmodells, eines Sach- bzw. Systemmodells und eines mathematischen Modells<sup>2</sup>. Werden diese Schritte systematisch abgearbeitet, aber auch in Rückkopplung immer wieder angepasst, können valide Vulnerabilitätsaussagen erzeugt werden (VILLA & McLEOD, 2002: 337).

In einem ersten Schritt gilt es nach, Villa & McLeod, innerhalb des Vulnerabilitätsmodells den Vulnerabilitätsbegriff zu definieren und für den jeweiligen Untersuchungsgegenstand zu konkretisieren. In einem zweiten Schritt wird ein Systemmodell erstellt. Das Systemmodell beschreibt eine hierarchische Zerlegung eines Systems, in dem einzelne Systemdefinitionen in ein großes System eingepasst sind und eine gemeinsame Berechnung und Aggregation der daraus Indikatoren erlaubt. Die Zerlegung muss so erfolgen, dass das gesamte komplexe Wirkungsgefüge des Systems wiedergegeben wird und es so generell-abstrakt ist, dass es nicht nur die ortstypische Situation wiedergibt, sondern auch auf andere System übertragen werden kann. Die Erstellung des Systemmodells muss entsprechend der Vulnerabilitätsdefinitionen des Vulnerabilitätsmodells erfolgen. Im mathematischen Modell werden die aus dem Systemmodell abgeleiteten Sachinformationen bewertet und zu einer Vulnerabilitätsaussage aggregiert (VILLA & McLEOD, 2002: 337ff).

Das Verfahren von Villa & McLeod wird innerhalb des Projektes für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt in zweierlei Hinsicht erweitert. Zum einen wird das Verständnis des Vulnerabilitätsmodells modifiziert. Unter dem Vulnerabilitätsmodell wird hier die abstrakte Darstellung des gesamten Verfahrens zur Ermittlung der Vulnerabilität verstanden (Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn). Die Definition des Vulnerabilitätsbegriffes und die Konkretisierung für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt erfolgt im Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn, welches in das Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn, also in das Verfahren zur

---

<sup>2</sup> Scholles definierte Modelle mit: Modelle bilden die Realität ab, in dem sie Komplexität zweckgerichtet reduzieren (SCHOLLES, 2008: 522).

Vulnerabilitätsermittlung, eingebettet ist. Das Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn umfasst also auch die nachfolgend aufgeführten Arbeitsschritte der Systemmodellierung und der Bewertung und Aggregation.

Das Systemmodell konkretisiert thematisch die abstrakte Darstellung des Vulnerabilitätsmodells im engeren Sinn, d. h. es stellt die Elemente der Vulnerabilität, die Exposition, die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität im Wirkungsgefüge dar. Hierbei werden die wesentlichen Komponenten der Systeme Landwirtschaft und Umwelt und die untereinander bestehenden Beziehungen dargestellt. Die Darstellung solcher Wirkungsgefüge basiert auf den Vorgaben zur Systemmodellierung von VESTER 2004. In den Systemmodellen wird aufgezeigt, wie sich die Systeme Landwirtschaft und Umwelt vor, während und nach einem Hochwasser verhalten. Es ist der Versuch, diese Realität abstrakt und vereinfacht abzubilden. Die Erstellung eines Systemmodells führt zu einem vertieften Systemverständnis. Im Laufe dieses Erstellungsprozesses können so zum einen die wesentlichen vulnerablen Systemelemente, die Wechselwirkungen untereinander und folglich die systemrelevanten Indikatoren/ Kriterien abgeleitet werden, zum anderen kann in Rückkopplung das Vulnerabilitätsmodell angepasst werden. Erkenntnisse über das Systemverhalten werden über Literaturstudium, Experten- und Betroffeneninterviews erlangt. Die Experten- und Betroffeneninterviews erfolgten als mündliche Befragung in Form qualitativer Interviews. Die Durchführung qualitativer Interviews bietet sich dann an, wenn es um die Erschließung neuen Wissens wie z. B. die Aufdeckung von Zusammenhängen, Strukturen und Abläufen geht (POHL, 1998: 98; DIEKMANN, 1996: 444). Besteht das Ziel ein genaueres Abbild der Realität zu gewinnen, sollte die Befragung so offen und flexibel wie möglich gehalten werden (POHL, 1998: 102). Da es in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt darum ging, neues Wissen über die Abläufe bei einem Hochwasser zu akquirieren, d. h. die Geschehen im Hochwasserfall zu rekonstruieren und abzubilden, um die wesentlichen vulnerablen Aspekte zu identifizieren, wurden die qualitativen Interviews in offener Form durchgeführt. Dabei wird nur ein Gesprächsleitfaden mit thematischen Schwerpunkten verwendet, welche angepasst an den Gesprächsverlauf, ohne feste Reihenfolge, abgefragt werden (DIEKMANN, 1996: 450). So besteht genügend Freiheit für neue bisher nicht bedachte Aspekte. Unter den Verfahren der qualitativen Interviews eignete sich das problemzentrierte Interview,

welches sich auf einen Problemschwerpunkt fokussiert - in dem konkreten Fall die Folgen eines Hochwassers. (MAYRING, 1999: 50).

Im dritten Schritt werden mit Hilfe eines Bewertungs- und Aggregationsmodells Algorithmen und Verfahren aufgezeigt, um Ausprägungen der aus den Systemmodellen abgeleiteten Indikatoren/ Kriterien zu bewerten und zur Vulnerabilitätsaussage zu aggregieren.

Bewertungsmethoden dienen der Entscheidungsvorbereitung bei komplexen Entscheidungsgegenständen mit vielen Elementen und vielfältigen Beziehungen. Sie sind regelhafte Verknüpfungen von Sachinformationen und Wertmaßstäben zu einem Werturteil (SCHOLLES, 2008: 516, 519). Kriterien/ Indikatoren lassen sich nicht ohne Bewertungsmaßstäbe beurteilen. Problematisch ist dabei, dass verschiedene Akteure unterschiedliche Werthaltungen besitzen. Bei jeder Bewertung sind also subjektive Entscheidungselemente enthalten (KÜHLING, 2003: 128). Die komplexen Informationen der Realität (Sachinformationen) in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt, die die Vulnerabilität bestimmen, müssen nach möglichst fachlich begründbaren Wertmaßstäben einer Wertstufe zugeordnet werden um eine Aussage der Vulnerabilität treffen zu können. Erst auf Basis dieser Aussage können Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Vulnerabilität gegeben werden. Bewertungsverfahren sollen Komplexität reduzierend, objektiv, reliabel, valide, transparent und nachvollziehbar sein (BECHMANN, 1989: 16ff, 20; SCHOLLES, 2008: 518). Die Bewertung und Aggregation der Indikatoren/ Kriterien im Bereich Landwirtschaft und Umwelt erfolgt in Anlehnung an die Ökologische Risikoanalyse nach Bachfischer. Der Ökologischen Risikoanalyse liegt ein Systemansatz zu Grunde. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass Indikatoren/ Kriterien unterschiedlichem Genauigkeitsniveau einbezogen werden können. Sie werden dann auf eine ordinale Skalierung transformiert. Damit sind mathematische Operationen wie Addition oder Multiplikation nicht mehr anwendbar. Nur über logische Verknüpfungen dürfen die ordinal skalierten Indikatoren/ Kriterien zur Endaussage aggregiert werden (BACHFISCHER, 1978: 73,98). Entscheidungsbäume und Präferenzmatrizen stellen Aggregationsformen der logischen Verknüpfung in der Ökologischen Risikoanalyse dar. Der Nachteil des Verfahrens liegt in der Tendenz zu Ergebnissen mit geringer Aussagekraft, da Aggregationen mit Entscheidungsbäumen und Präferenzmatrizen nur grob klassifizierte Ergebnisse liefern (RUNGE, 1989:16, 19). Damit wird deutlich, dass die Klassifizierung ebenfalls ein Problem in der

Bewertung darstellt. Die Einstufung der Indikatoren- oder Kriterienausprägung darf nicht beliebig erfolgen. Jede gewählte Klasse muss fachlich begründet und jede Klassenbezeichnung eindeutig und nachvollziehbar mit einer Wertzuordnung verbunden sein (SCHOLLES, 2008: 406). Die Erfahrungen zeigen, dass Ordinalskalen nicht mehr als 5-7 Stufen haben sollten (BACHFISCHER, 1978: 178). Die Anzahl der Klassen sollte sich nach dem Sachverhalt richten. Je genauer ein Sachverhalt wissenschaftlich untersucht ist, je besser also die Datengrundlage ist, desto mehr Klassen können gegründet werden. 9 Klassen stellen allerdings die Obergrenze dar, da der Mensch nicht mehr differenzieren kann (SCHOLLES, 2008: 411). Bei nur 3 Klassen besteht allerdings die Gefahr, dass die Aussagekraft des Ergebnisses zu gering ist. Innerhalb des Forschungsprojektes wird eine 5-stufige Darstellung der Vulnerabilität von sehr gering bis sehr hoch angestrebt. Zum einen wird so im Vergleich zur drei-stufigen Bewertung von gering über mittel bis hoch eine höhere Aussagekraft des Ergebnisses erzielt, zum anderen ist eine stärkere Differenzierung als in 5 Klassen durch die vorhandene Datenbasis nicht möglich.

Für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt wird als Methode der logischen Verknüpfung die Sonderform der Booleschen Algebra, die Fuzzy-Logic, verwendet. Fuzzy-Logic wird mit „unscharfer Logik“ übersetzt. Sie ist näher am menschlichen Denken, da sie mit unscharfen Zwischenstufen arbeitet so wie es der menschliche Verstand auch tut. Sie wurde zum ersten Mal 1965 von Lotfi A. Zadeh zur Beschreibung von Verknüpfungen unscharfer Mengen erwähnt (BOTHE, 1993: S.VII Vorwort). Reale Systeme lassen sich schwer in genauen Systemgleichungen darstellen. Viele Systeme in der Natur und Gesellschaft entziehen sich aufgrund der Komplexität dem Bemühen, sie wissenschaftlich genau zu beschreiben. Die Anwendung der Fuzzy-Logic eignet sich für die Fälle, in denen exakt formulierte mathematische Modelle nicht aufstellbar sind. Systemzusammenhänge lassen in diesen Fällen besser in Worten, also mit linguistischen Variablen beschreiben (WOLF, 1998: 70f; BOTHE, 1993: 2). Die Ausprägungen der verbal formulierten Indikatoren/ Kriterien werden einer unscharf formulierten Menge (z. B. gering, hoch, sehr hoch etc.) zugeordnet und dann über die Operationen NICHT/ UND/ ODER logisch miteinander verknüpft.

Der methodische Rahmen von Villa & McLeod 2002 wird zum anderen für das Projekt um einen vierten Schritt erweitert. Aus der Systemanalyse mittels Systemmodell und den getroffenen Aussagen zur Vulnerabilität lassen sich

Handlungsempfehlungen ableiten. Diese können allerdings in diesem Zwischenbericht noch nicht gegeben werden.

## 2.2.3 Ermittlung der Vulnerabilität der Landwirtschaft

### 2.2.3.1 Vulnerabilitätsmodell

Die Erstellung des Vulnerabilitätsmodells im Bereich der Landwirtschaft war ein Prozess, der auch rückwirkend bei der Erarbeitung und Analyse des Systemmodells fortwährte.

Zunächst sollte definiert werden, was unter dem Begriff Landwirtschaft verstanden wird. Aufgrund der unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen wird bei der Ermittlung der Vulnerabilität eine Trennung zwischen landwirtschaftlicher Nutzung im engeren Sinn, das ist die Ackerland- und Grünlandnutzung (einschließlich Viehwirtschaft)<sup>3</sup> und der landwirtschaftlichen Nutzung im weiteren Sinn, der gärtnerischen Nutzung, notwendig (siehe Abbildung 2).

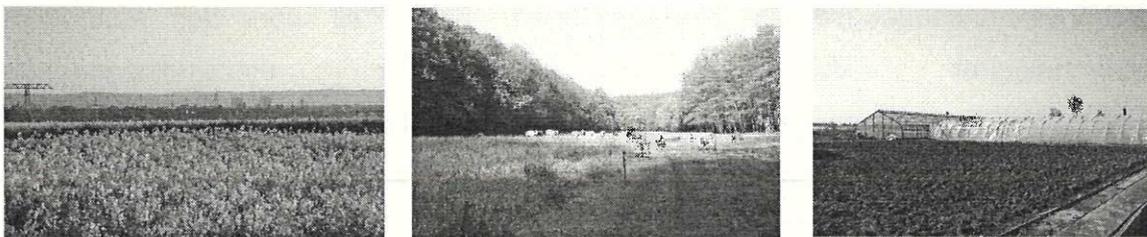


Abbildung 2: Rapsfläche (li.), beweidetes Grünland (Mi.), Gartenbaubetrieb (re.) in Dresden, Quelle: eigene Fotos

Abbildung 3 stellt das Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn, also das Verfahren zur Ermittlung der Vulnerabilität dar. Es besteht aus zwei Verfahren: der einzelfallbezogenen und der kommunal flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung. Mit der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung besteht für den einzelnen Landwirt die Möglichkeit, seine individuelle Vulnerabilität zu bestimmen. Da die Landwirtschaft von einzelnen Landwirten getragen wird, ergibt sich die Vulnerabilität der Landwirtschaft aus der individuellen Vulnerabilität des Landwirts. Bei einem Hochwasser bestimmt er über seine Exposition, seine Anfälligkeit und seine

<sup>3</sup> Da in einigen Betrieben sowohl eine ackerbauliche Nutzung als auch Grünlandbewirtschaftung incl. Viehhaltung erfolgt, wird die Ackerland – und die Grünlandnutzung als ein System betrachtet.

Bewältigungskapazität das Ausmaß des Schadens. Er muss im Hochwasserfall um seine Existenz bangen, deshalb ist davon auszugehen, dass er im Rahmen seiner Möglichkeiten, Maßnahmen zur Verringerung seiner Vulnerabilität einleiten wird.

Mit dem Verfahren der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsmittlung kann die Kommune bestimmen, wie vulnerabel die landwirtschaftlichen Flächen innerhalb ihrer kommunalen Grenzen sind. Um einen Überblick darüber zu bekommen, sollte sie mit einfachen, zur Verfügung stehenden Daten die Vulnerabilität ermitteln können. Grundlage dafür sind die Daten der Landwirtschaftsbehörden, die diese von den Landwirten im Rahmen der EU-Beihilfezahlungen erhalten. Es handelt sich dabei um feldblockbezogene Flächenbewirtschaftungsdaten. Damit wird es den Kommunen ermöglicht, flächenbasierte Vulnerabilitätsaussagen zu treffen. Der Pfeil von der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsmittlung zur kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsmittlung verdeutlicht die Abhängigkeit der kommunalen Vulnerabilitätsaussagen von der Vulnerabilität der einzelnen Landwirte. Die individuellen Maßnahmen des einzelnen Landwirts zur Verringerung der Vulnerabilität führen zu einer verringerten kommunalen Vulnerabilitätseinschätzung, sofern sich die individuell eingeleiteten Maßnahmen auch in den feldblockbezogenen Flächenbewirtschaftungsdaten niederschlagen. Der Pfeil von der kommunal flächenbasierter Vulnerabilitätsmittlung zur einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsmittlung verdeutlicht die Einflussmöglichkeit der Kommune (Landwirtschaftsbehörden) auf den einzelnen Landwirt, z. B. in Form von Beratungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes.

Beide Verfahren gliedern sich in eine vorab geschaltete Expositionsanalyse als Filterfrage und die eigentliche Vulnerabilitätsanalyse.

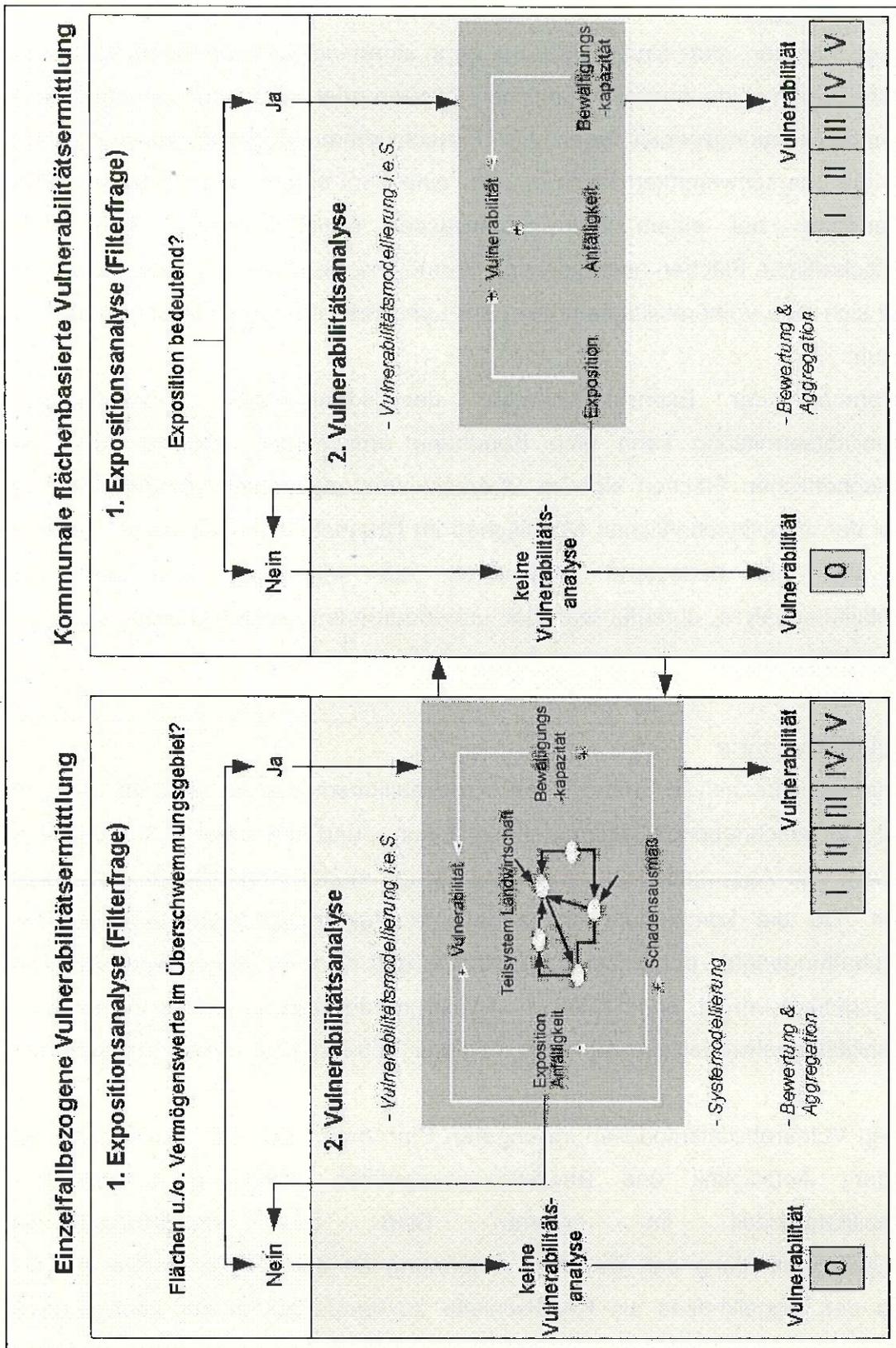


Abbildung 3: Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn - Gesamtverfahren zur Ermittlung der Vulnerabilität

### Expositionsanalyse

Es ist anzunehmen, dass ein Landwirt nur dann einen individuellen Vulnerabilitätstest durchführt, wenn seine landwirtschaftlichen Flächen oder sonstigen Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet liegen. Als Überschwemmungsgebiet gelten in diesem Projekt die überschwemmten Flächen, zum einen bei einem HQ 100-Szenario und zum anderen bei einem Extremhochwasser (EHQ)-Szenario. Sind weder landwirtschaftliche Flächen noch sonstige Vermögenswerte des Landwirts exponiert, erübrigt sich eine Vulnerabilitätsanalyse. Der Landwirt wird damit als nicht vulnerabel eingestuft.

Im Rahmen der Expositionsanalyse der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsmittlung kann eine Kommune entscheiden, welcher Anteil der landwirtschaftlichen Flächen sich im Überschwemmungsgebiet befindet. Liegt ein Großteil der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet, wird der Anteil also als bedeutend angesehen, so wird ggf. Kommune eine Vulnerabilitätsanalyse durchführen. Bei unbedeutendem Anteil erübrigt sich eine Vulnerabilitätsanalyse.

### Vulnerabilitätsanalyse

Die Vulnerabilitätsanalyse umfasst das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn, die unter 2.3.2 beschriebene Systemmodellerstellung und die unter 2.3.3 erläuterte Bewertung und Aggregation der aus dem Systemmodell abgeleiteten Indikatoren/ Kriterien. Da die kommunale flächenbasierte Vulnerabilitätsmittlung auf den Bewirtschaftungsdaten der einzelnen Landwirte und nicht auf einem eigenständigen Wirkungsgefüge beruht, entfällt hier die Systemmodellerstellung. Das Ergebnis der Vulnerabilitätsanalyse ist eine Einschätzung der Vulnerabilität in den Klassen von I bis V.

In beiden Vulnerabilitätsmodellen im engeren Sinn ergibt sich die Vulnerabilität aus Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität. Abbildung 4 stellt das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsmittlung dar. Es ist in Anlehnung an den Systemtheorie und des Prinzips des Regelkreises als Regelschleife zu verstehen, in der über negative Rückkopplungen das Maß der Vulnerabilität reguliert wird und sich somit im Idealfall auf ein gewünschtes Maß (Sollwert) stabilisiert. Das Modell enthält die für das Forschungsprojekt definierten Vulnerabilitätskriterium Exposition, Anfälligkeit und

Bewältigungskapazität. Während eine hohe Exposition und eine hohe Anfälligkeit des Landwirts die Vulnerabilität erhöhen, reduziert eine hohe Bewältigungskapazität die Vulnerabilität. Sie entscheidet über das Ausmaß der Schäden. Ist ein großer Schaden eingetreten, setzen in der Regel Lerneffekte ein, die dazu führen, dass die Exposition und die Anfälligkeit reduziert und/ oder die Bewältigungskapazität erhöht und somit die Vulnerabilität gesenkt wird. Das wirkungsvollste Mittel, Vulnerabilität zu senken, liegt in der Vermeidung der Exposition beispielsweise durch die Nutzung von Alternativflächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes. Die Lerneffekte können aber auch durch Beratungen der zuständigen Landwirtschaftsbehörden gefördert werden. Setzen keine Lerneffekte ein, so wird das System bei anhaltender Störung nach der allgemeinen Systemtheorie langfristig nicht bestehen bleiben.

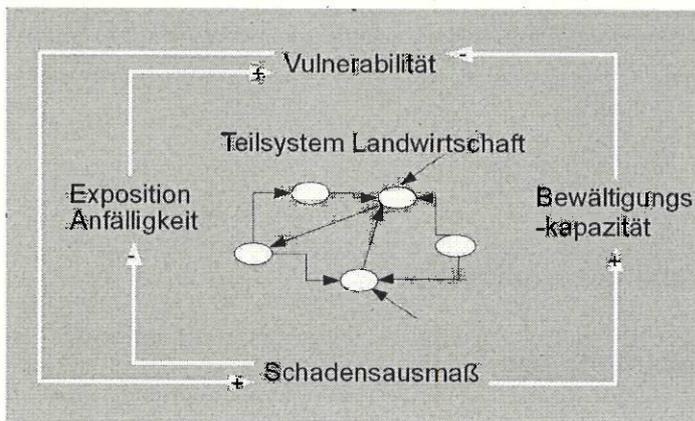


Abbildung 4: Vulnerabilitätsmodell i. e. S. der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsmittlung

Abbildung 5 stellt das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn für die kommunalen flächenbasierte Vulnerabilitätsmittlung dar. Dieses Vulnerabilitätsmodell der kommunal flächenbasierten Vulnerabilitätsmittlung ist anders als das der Landwirte nicht als Regelschleife zu verstehen. Die Vulnerabilitätsmittlung innerhalb der Kommune über die Größen der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität basiert auf den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsdaten, also auf der Zusammenstellung der Bewirtschaftung der einzelnen Landwirte. Da die Kommune selber kein direkter Akteur im Sinne eines Bewirtschafters in der Landwirtschaft ist und somit keinen direkten Einfluss auf die Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität hat, befinden sich diese Vulnerabilitätskomponenten in keiner Rückkopplung zueinander. Der Regelkreis entsteht erst bei der Betrachtung beider Verfahren zur Vulnerabilitätsmittlung über die Nutzung der Bewirtschaftungsdaten

der Landwirte zur Ermittlung der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilität und der kommunalen Beratung des Landwirten im Fall einer als zu hoch eingeschätzten kommunalen Vulnerabilität, die im Idealfall zu einer veränderten Bewirtschaftung des einzelnen Landwirts führt. Dennoch sind Aussagen wie - Während eine hohe Exposition und eine hohe Anfälligkeit die Vulnerabilität erhöhen, reduziert eine hohe Bewältigungskapazität die Vulnerabilität – möglich.

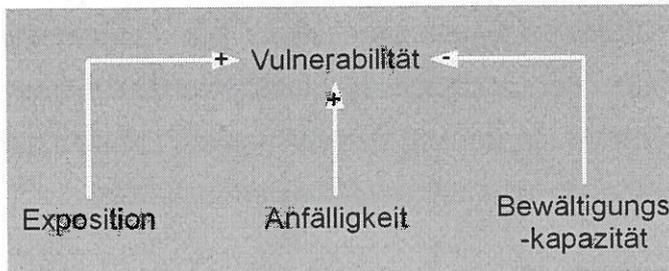


Abbildung 5: Vulnerabilitätsmodell i. e. S. der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsmittlung

## 2.3.2 Systemmodell

### 2.3.2.1 Einzelfallbezogene Vulnerabilitätsmittlung

#### 2.3.2.1.1 Betroffenen- und Experteninterviews

Wie unter 2.2 beschrieben, wird mit der Erstellung des Systemmodells das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn, also die Größen Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität und deren Wechselwirkung zueinander thematisch konkretisiert. Aus oben aufgeführten Gründen erfolgt eine Systemmodellierung nur für die einzelfallbezogene Vulnerabilitätsmittlung. Mit Hilfe des Systemmodells soll die Vulnerabilität der Landwirtschaft in einem Wirkungsgefüge dargestellt werden. Ineinander verschachtelte Regelkreise sollen das Verhalten der Landwirte vor, während und nach einem Hochwasser abstrakt aufzeigen und deren Vulnerabilität dabei verdeutlichen. Ein erster Entwurf eines Systemmodells wurde nach dem Literaturstudium und den ersten Vor-Ort-Begehungen erstellt. Da nur wenige Literaturquellen zu dem speziellen Thema „Vulnerabilität der Landwirtschaft gegenüber Hochwasser“ vorhanden sind und bei Hochwasserschadensberichten der Fokus auf dem Bevölkerungsschutz und dem Schutz öffentlicher Sachgüter liegt, mussten die erforderlichen Informationen zur Erstellung eines Verfahrens zur

Vulnerabilitätsermittlung über die Befragung der zuständigen Landwirtschaftsbehörden (Experten) und betroffener Landwirte gesammelt (Betroffene) werden. Mit den Ergebnissen aus den Betroffenen- und Experteninterviews konnte der erste Entwurf eines Wirkungsgefüges ergänzt und überarbeitet werden. Es bestand das Ziel, stellvertretend für alle vom Hochwasser betroffenen Landwirte und im Bereich der Landwirtschaft in das Hochwassergeschehen Involvierten, je mindestens einen Repräsentanten zu interviewen, um alle Perspektiven zu erfassen. Wie unter 2.2 beschrieben, wurden die qualitativen Interviews offen und in Form der problemzentrierten Befragung durchgeführt. Da den meisten Befragten das Hochwasser der Elbe im Sommer 2002 noch klar im Gedächtnis war, bezogen sich die Aussagen hauptsächlich auf dieses Hochwasserereignis. In dem Gesprächsleitfaden wurden folgende thematische Schwerpunkte abgefragt:

- Hochwasserschadensbilder der Landwirtschaft, um vulnerable Bereiche zu identifizieren
- die Rolle der Exposition
- die Existenz unterschiedlicher Anfälligkeiten
- die Existenz unterschiedliche Bewältigungskapazitäten.

## **Dresden**

In Dresden wurden folgende Experten befragt<sup>4</sup>:

- Leiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; zur Befragungszeit, vor der Umstrukturierung der Verwaltung, Leiter des Staatliches Amtes für Landwirtschaft und Gartenbau in Großenhain
- Mitarbeiterin der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; zur Befragungszeit Mitarbeiterin des Staatliches Amtes für Landwirtschaft und Gartenbau in Großenhain, tätig im Fördervollzug
- Mitarbeiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; zur Befragungszeit Mitarbeiter des Staatliches Amtes für Landwirtschaft und Gartenbau in Großenhain, zuständig für den Bereich Gartenbau

---

<sup>4</sup> Die interviewten Personen sollen anonym bleiben.

- Mitarbeiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; zur Befragungszeit Mitarbeiter des Staatliches Amtes für Landwirtschaft und Gartenbau in Großenhain, zuständig für den Bereich Acker- und Grünlandwirtschaft
- Mitarbeiter des Sächsischen Landesbauernverbands, zuständig für Hochwasser
- Mitarbeiter des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, Zuständig für Fördergelderausgabe

In Dresden wurden folgende betroffene Landwirte im weiteren Sinn befragt<sup>5</sup>:

- zwei Gartenbaubetriebe
- ein ehemaliger Gartenbaubetrieb, der zum Hochwasser 2002 noch betrieben wurde

In Dresden wurden folgende betroffene Landwirte im engeren Sinn befragt<sup>6</sup>:

- eine Repräsentantin für Ackerlandwirtschaft im Vollerwerb
- ein Repräsentant für Ackerlandwirtschaft im Nebenerwerb
- ein Repräsentant für Acker- und Grünlandwirtschaft mit Mutterkuhhaltung

Zusammenfassend können die **Schadensbilder der Landwirtschaft im weiteren Sinn**, also der Gartenbaubetriebe so beschreiben werden:

Waren die Betriebe von der Überschwemmung betroffen, also exponiert, so mussten sie alle noch nicht geernteten Kulturen abschreiben. Die Gewächshäuser einschließlich der Technik, welche in der Wiederbeschaffung sehr kostspielig ist, wurden zerstört. Durch das schlechte Katastrophenmanagement<sup>7</sup> bestand für die Gartenbaubetriebe nicht einmal die Möglichkeit noch Wertsachen zu evakuieren. Das größte Problem nach dem Hochwasser stellte die Beräumung der enormen Müll- und Schlammablagerungen dar. Die befürchteten starken Kontaminationen des Bodens blieben aus, so dass nur vereinzelt Boden abgetragen werden musste. Auf den nur kleinen Freiflächen der Gartenbaubetriebe<sup>8</sup> spielten erosive Prozesse keine Rolle.

<sup>5</sup> Die interviewten Personen sollen anonym bleiben.

<sup>6</sup> Die interviewten Personen sollen anonym bleiben.

<sup>7</sup> Die Menschen wurden Vorwarnung evakuiert, so dass für sie nicht die Möglichkeit bestand noch Dinge in Sicherheit zu bringen.

<sup>8</sup> Die meisten Flächen befinden sich unter Glas.

Da sich die meisten Gartenbaubetriebe auf Beet- und Balkonpflanzen<sup>9</sup> spezialisiert haben, konnte der größte Anteil der Einnahmen des Jahres schon verbucht werden. Durch die staatlichen Hilfszahlungen und die große Hilfsbereitschaft der Mitmenschen blieben lange Betriebsruhen aus. Aus den Schadensbildern wird deutlich, dass die Exposition eine wesentliche Rolle für die Vulnerabilität spielt, da sie darüber entscheidet, ob das Hochwasser das Grundstück potenziell überschwemmt oder nicht. Die Sorge der Gartenbaubetriebe über die kostspielige Wiederbeschaffung der Technik in den Gewächshäusern lässt vermuten, dass die Bauvorsorge und Hochwasserschutzmaßnahmen in den Gewächshäusern bei der Vulnerabilität eine Rolle spielen. Es dürfte ebenfalls für die Vulnerabilität von Belang sein, inwieweit Wertsachen evakuiert werden können. Da sich der Müll und der Schlamm überall in den überfluteten Bereichen ablagerte, kann keine spezifische Vulnerabilität dafür für die Landwirte abgeleitet werden. Auch wenn die starken Kontaminationen ausgeblieben sind, so ist es doch für die Vulnerabilität von Bedeutung, ob sich im Umfeld Kontaminationsgefahren<sup>10</sup> befinden. Kontaminationen verursachen nicht nur Kosten bei der Beseitigung, sondern auch Bewirtschaftungsausfälle. Zudem lässt sich aus den beschriebenen Schadensbildern erkennen, dass der Anbau einer große Vielfalt an Kulturen über das ganze Jahr verteilt die Vulnerabilität senkt, denn im Fall des Hochwassers 2002 war es nur Glück, dass der größte Umsatz mit den Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr und -sommer für das Jahr bereits erfolgte. Bei der Befragung zur die Rolle der Exposition waren sich alle Experten und Betroffenen einig, dass der Exposition die größte Bedeutung bei der Einschätzung der Vulnerabilität zukommt.

Bei dem Themenschwerpunkt „Existenz unterschiedlicher Anfälligkeiten“ zeigte sich, dass jene Gartenbaubetriebe im Vorteil, also weniger anfällig sind, die ein großes Angebot an Kulturen, über das ganze Jahr verteilt, vorweisen und die zudem zusätzliche Einnahmequellen, z. B. ein Blumengeschäft besitzen. Somit ist die Abhängigkeit von einer Ernte und damit einer Einnahmequelle reduziert und das Risiko, einen Verlust durch Hochwasser zu erleiden, verteilt.

In den Gesprächen über den Themenschwerpunkt „Existenz unterschiedlicher Bewältigungskapazitäten“ wurde deutlich, dass die Gartenbaubetriebe in Dresden durch die vorgegebenen kleinen Strukturen kaum Rücklagen haben und sie dadurch

---

<sup>9</sup> Beet- und Balkonpflanzen werden im Frühjahr bis Frühsommer verkauft.

<sup>10</sup> Kontaminationsgefahren können der eigene Öltank oder umgebende Anlagen nach 12. BImSchV oder nach § 19 g WHG sein.

vulnerabel sind. Neben den Rücklagen messen die Betroffenen und Experten den Versicherungen eine große Bedeutung zu. Da sie die große finanzielle staatliche Unterstützung von 2002 als einmalig ansehen, sind sie der Meinung, dass die Fähigkeit, einen Hochwasserschaden zu bewältigen, hauptsächlich von der Höhe der Rücklagen und/ oder dem Abschluss einer Versicherung abhängt. Zudem wurde von den Betroffenen und Experten erwähnt, wie wichtig die Möglichkeit zur Evakuierung von Sachwerten ist. Nach dem Hochwasser 2002 haben die Gartenbaubetriebe darauf geachtet, dass ein Großteil der Arbeitsausstattung mobil und evakuierbar ist. Zudem wird der Bauvorsorge auch eine Bedeutung in der Hochwasservorsorge beigemessen. So haben die Gartenbaubetriebe beim Wiederaufbau nach dem Hochwasser 2002 versucht, die kostspielige Technik in den Gewächshäusern so weit oben wie möglich und jederzeit transportabel anzubringen. Dazu rieten ihnen auch die Experten in den Landwirtschaftsbehörden. In den Gesprächen wurde auch deutlich, dass eine starke Bindung an den Beruf mit einer höheren Belastbarkeit verbunden ist. Der Besitzer eines Gartenbaubetriebes gab an, dass er sich mit seiner Tätigkeit so stark identifiziert und eine Verantwortung für seine Mitarbeiter empfindet, dass er seinen Betrieb immer wieder aufbauen würde.

Für die Landwirtschaft im weiteren Sinn, also die Ackerland- und Grünlandbewirtschaftler (incl. Viehhaltung), können folgende Schadensbilder zusammengefasst werden:

Waren auf den überschwemmten Feldern die Kulturen noch nicht geerntet, so konnten diese nur noch entsorgt werden. Glück hatten jene Landwirte, die Kulturen angebaut hatten, die im August bereits geerntet waren. Somit war das Einkommen über die saisonale Ernte gesichert. Der überflutete Grünlandaufwuchs, der zur Beweidung oder zur Mahd genutzt werden sollte, verblieb beim Sommerhochwasser 2002 ohne Nutzung auf den Flächen. Erst im nächsten Jahr standen diese Flächen wieder in Nutzung. Für das Vieh bestand zusammenfassend gesehen kaum Gefahr, da es noch auf höhere gelegene Bereiche evakuiert werden konnte. Nur eine Schafherde wurde isoliert und konnte sich nicht mehr retten. Große Verluste gab es im Falle von überschwemmten mit Technik und Maschinen bestanden Wirtschaftsgebäuden. Laut der Betroffenen und Experten hätten viele Landwirte ohne die staatliche finanzielle Hilfe, ihre Bewirtschaftung aufgeben müssen. So waren sie aber in der Lage, Schritt für Schritt wieder ihren Betrieb aufzubauen. Durch das schlechte Katastrophenmanagement 2002, das erst kurz vor Eintreffen des

Hochwasserscheitels eine sofortige Evakuierung anordnete, bestand auch nicht die Möglichkeit Vermögenswerte in Sicherheit zu bringen.

Wie auch die Gartenbaubetriebe, klagten die Landwirte über die enormen Müll- und Schlammablagerungen, deren Beseitigung sich tagelang hinzog. Die befürchteten starken Kontaminationen blieben aus. Das größte Problem stellten Fäkalkeime auf einigen landwirtschaftlichen Flächen dar. Das Problem konnte aber mit Bodenbelüftung kurzfristig gelöst werden. In den Gesprächen wurde deutlich, dass der Abtrag von Böden durch das Hochwasser eine untergeordnete Rolle spielte, da die Fließgeschwindigkeit in den überschwemmten Bereichen sehr gering war und somit die Abtragskraft fehlte. Nur ein Landwirt klagte über Bodenverluste auf einer brach liegenden Fläche.

Aus den Schadensbildern wird deutlich, dass die Exposition für die Vulnerabilität die größte Rolle spielt. Wer keine landwirtschaftlichen Flächen oder Vermögenswerte in den Überschwemmungsbereichen besitzt, entgeht der Vulnerabilität. Klar ist aber auch, dass die Vulnerabilität offenbar gesenkt werden kann, indem die Landwirte die Abhängigkeit von einer saisonalen Einnahmequelle (Ernte) durch eine große Kulturenvielfalt reduzieren. Wie bedeutend die Möglichkeit für das Schadensausmaß ist, Vieh und sonstige Vermögenswerte zu evakuieren, wurde ebenfalls deutlich. Auch wenn die Kontamination kein schwerwiegendes Problem darstellte, so ist sie doch mit Ausfallzeiten verbunden. Damit erhöhen potenzielle Schadquellen die Vulnerabilität. Einer möglichen Erosion, selbst wenn sie beim Hochwasser 2002 nur vereinzelt auftrat, kann mit konservierender Bodenbearbeitung entgegengewirkt werden - auch wenn die betroffenen Landwirte und Experten aus der Landwirtschaftsbehörde eine stringente konservierende Bodenbearbeitung für nicht durchführbar halten. Wie bereits bei der Auswertung der Schadensbilder der Gartenbaubetriebe beschrieben, lässt sich aus dem Müll- und Schlammproblem keine spezifische Vulnerabilität für die Landwirte ableiten.

Im Themenschwerpunkt „Rolle der Exposition“ waren sich die betroffenen Landwirte und Experten auch für die Landwirtschaft im engeren Sinn einig, dass der Exposition die bedeutendste Faktor der Vulnerabilität ist.

In den Gesprächen zum Themenschwerpunkt „Existenz unterschiedlicher Anfälligkeiten“ wurde deutlich, dass die Art der angebauten Kulturen und die Vielfalt über die Höhe der Anfälligkeit bestimmen. Während einige Kulturen wie Grünland sehr überflutungstolerant sind - auch Getreide kann wenige Tage überflutet stehen -

sterben andere Arten wie Kartoffeln oder Raps schon bei kurzer Überflutung ab. Einige Arten weisen auch ein hohes Schadenspotenzial auf, d. h. hohe potenzielle Ertragsverluste. Im Vergleich zum Gemüse besitzt beispielsweise Grünland ein sehr geringes Schadenspotenzial. Auch wenn ökonomische Zwänge eher zu Monokulturen verführen, so ist eine Diversifizierung der Kulturen im Hinblick auf Hochwassergefahren eine sehr gute Möglichkeit der Risikoverteilung. Die Artenvielfalt reduziert die Abhängigkeit von einer saisonalen Ernte und damit von nur einer Einnahmequelle. Besonders die Gespräche mit den Experten machten deutlich, dass die konservierende Bodenbearbeitung die Anfälligkeit gegenüber erosiven Prozessen vermindert, auch wenn sie ursprünglich als Maßnahme gegen Bodenabtrag bei Starkniederschlägen empfohlen wurde. In einem Gespräch mit einem Experten der Landwirtschaft, zuständig für Fördergeldausgabe, wurde ersichtlich, dass es für die Vulnerabilität keine Rolle spielen dürfte, ob ein Landwirt im Haupt- oder Nebenerwerb wirtschaftet. Während bei der Hochwasserkatastrophe 2002 alle staatliche Unterstützung ausgezahlt bekamen, wurde bei dem schwächeren Hochwasser 2006 einige Nebenerwerbstätige nicht finanziell unterstützt. Die Richtlinie der Notstandsbeihilfe RL 67/ 2004 geht aufgrund von Erfahrung und Expertenwissen davon aus, dass im Nebenerwerb Tätige, die über 50 % ihres Einkommens aus anderen Quellen als der Landwirtschaft beziehen, finanziell nicht unterstützt werden müssen, da ihre Abhängigkeit von den Einnahmen aus der Landwirtschaft im Vergleich zu einem im Haupterwerb Tätigen geringer ist und die eher die Verluste in der Landwirtschaft über das andere berufliche Standbein ausgleichen kann. Nach der Richtlinie wird als Landwirtschaft im Nebenerwerb als weniger existenzgefährdet eingestuft.

Im Themenschwerpunkt „Existenz unterschiedlicher Bewältigungskapazitäten“ ergaben sich in den Gesprächen die gleichen Erkenntnisse wie bei den Gartenbaubetrieben. Ein finanzielles Polster über Rücklagen und abgeschlossene Versicherungen spielen bei der Bewältigung eines Hochwasserschadens die größte Rolle. Wesentlich für die Hochwasservorsorge ist die Bauvorsorge, also Maßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden (z. B. Kanalisationsrückstausicherung, Abdichtung, geschlossene Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen), um die Vermögenswerte in Form von Maschinen und Technik zu sichern. Zudem ist es für das Evakuierungsverhalten im Notfall wichtig, dass viele Vermögenswerte evakuiert werden können, d. h. ein Großteil der Vermögenswerte, so ergaben die Gespräche

mit den Betroffenen, mobil und transportabel sind. Auch die Interviews mit den Landwirten im engeren Sinn machten deutlich, dass eine starke Bindung an die ausgeübte Tätigkeit zu einer hohen Belastbarkeit führt. Jene Landwirte besitzen eine höhere Bewältigungskapazität.

## **Köln**

Für das Fallbeispiel Köln war die Suche nach kompetenten Gesprächspartnern sehr viel schwieriger als in Dresden. Es konnte nur ein Interviewpartner auf Behördenseite (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) gefunden werden, der ausführlich Auskunft geben konnte. Einige Schilderungen wurden in einem Kurztelefonat mit einem Mitarbeiter des Kreisverbandes geliefert. Da die Deiche in Köln auf ein Bemessungshochwasser von HQ 100 ausgelegt sind und gut gepflegt werden, konnten mir diese beiden Experten auch keine Betroffenen nennen.

Für Köln wurden interviewt<sup>11</sup>:

- Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, zuständig für Hochwasser in der Landwirtschaft
- Vorsitzender des Landwirtschaftskreisverbandes Köln Rhein-Erftkreis

Aus den Gesprächen mit den beiden Experten wurde deutlich, dass in Köln eine ganz andere Situation als in Dresden herrscht. In Köln und Umgebung hätten die Landwirte eine so große Lobby, dass fast alle landwirtschaftlichen Nutzflächen hinter den mindestens auf ein HQ 100 bemessenen Deichen liegen. Nur sehr schmale Grünlandstreifen liegen vor dem Deich. Bei Hochwasser werden diese zwar überschwemmt, führen aber zu keiner Nutzungseinschränkung. Da in den vergangenen Jahrzehnten die Deiche bei Hochwasser gehalten und nicht überspült wurden, gab es unter den Landwirten keine mit Dresden vergleichbaren Betroffenheiten. Dennoch kann nicht behauptet werden, dass die Kölner Landwirte nicht vulnerabel sind. Es bedarf nur eines mit Dresden vergleichbaren Extremereignisses um die Vulnerabilität der Landwirte sichtbar zu machen. Somit kann das Verfahren der Vulnerabilitätsermittlung auch in Köln angewendet werden. Allerdings konnten die aus den Gesprächen in Dresden erhaltenen Aussagen über die Vulnerabilität nicht an dem zweiten Fallbeispiel Köln überprüft und validiert werden.

---

<sup>11</sup> Die interviewten Personen sollen anonym bleiben.

Bei der Durchführung der Betroffenen- und Experteninterviews der Landwirtschaft wurde klar, dass die bedrohte Existenz der landwirtschaftlichen Unternehmen den Schwerpunkt bei der Vulnerabilitätsermittlung darstellen muss. Die Versorgung der Städte Köln und Dresden mit Frischprodukten wie Gemüse und anderen in der Landwirtschaft erzeugten Produkten ist eher nachrangig als vulnerabel zu betrachten, da durch die globalisierten Märkte Versorgungsengpässe jederzeit ausgeglichen werden können. Ökologische Funktionen, wie z. B. die Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen, finden nur bei der Ermittlung der Umweltvulnerabilität Berücksichtigung (siehe unter 2.4). Eine mögliche Kontamination der Bewirtschaftungsgrundlage Boden wird aber als ein Aspekt der Existenzbedrohung im Bereich Landwirtschaft betrachtet.

Aus den Schilderungen der Befragungen kristallisierten sich neben den in der Landwirtschaft existierenden vulnerablen Bereichen und Prozessen auch die Einflussgrößen, die über das Ausmaß des Schadens bestimmen und letztlich die Vulnerabilität ausmachen, heraus. Damit konnten die abstrakten Vulnerabilitätsbegriffe des Vulnerabilitätsmodells Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität mit realen Größen der Landwirtschaft hinterlegt werden. Mit diesen Erkenntnissen erfolgte die Überarbeitung der bestehenden Systemmodelle für die Gartenbaubetriebe und die Acker- und Grünlandbewirtschaftung. Über den Prozess der Vernetzung der als im System identifizierten Einflussgrößen und der Verflechtung zu Rückkopplungsschleifen (Regelkreisen), um möglichst treffend die Realität vereinfacht abzubilden, entstand ein vertieftes Systemverständnis. Somit konnten die aus den Gesprächen abgeleiteten Einflussgrößen auf die Vulnerabilität in ihrer Bedeutung erneut geprüft werden. Erst bei der ganzheitlichen Betrachtung des Systems und des Systemverhaltens über die Wechselwirkungen und die Rückkopplungen ist es möglich, die für die Vulnerabilität des Systems entscheidenden Indikatoren/Kriterien zu ermitteln. Zudem ist es über die Systemanalyse und die Analyse des Verhaltens des einzelnen Systemelementes im Gesamtsystem möglich, Handlungsempfehlungen für eine größere Stabilität und somit zur Reduktion der Vulnerabilität zu geben.

### 2.3.2.1.2 Systemmodell der Vulnerabilität der Gartenbaubetriebe

Die Systemtheorie, die hinter der Entwicklung eines Systemmodells steht, wurde unter 2.1.1 ausführlich erläutert. Vor der Erläuterung des Systemmodells sollten noch wenige Bemerkungen allgemeiner Art zur Erstellung des Systemmodells gemacht werden. Elemente, die thematisch zueinander gehören, und auch die gleichen Ein- und Auswirkungen aufweisen, müssen zu einem Systemelement zusammengefasst werden, um ein nicht der Realität angepasstes Übergewicht im System zu erzeugen. So wurde im nachfolgend erläuterten Systemmodell Gartenbaubetriebe die Elemente Versicherung und Rücklagen zum Element Risikovorsorge zusammengefasst. Für die spätere Systemanalyse ist es wichtig, die Stärke der Wechselwirkungen (Pfeilstärken) anzugeben. Diese zugemessenen Bedeutungen sollten allerdings kritisch im Hinblick auf die realen Verhältnisse hinterfragt werden, da von diesen Bewertungen die abzuleitenden Handlungsempfehlungen abhängen.

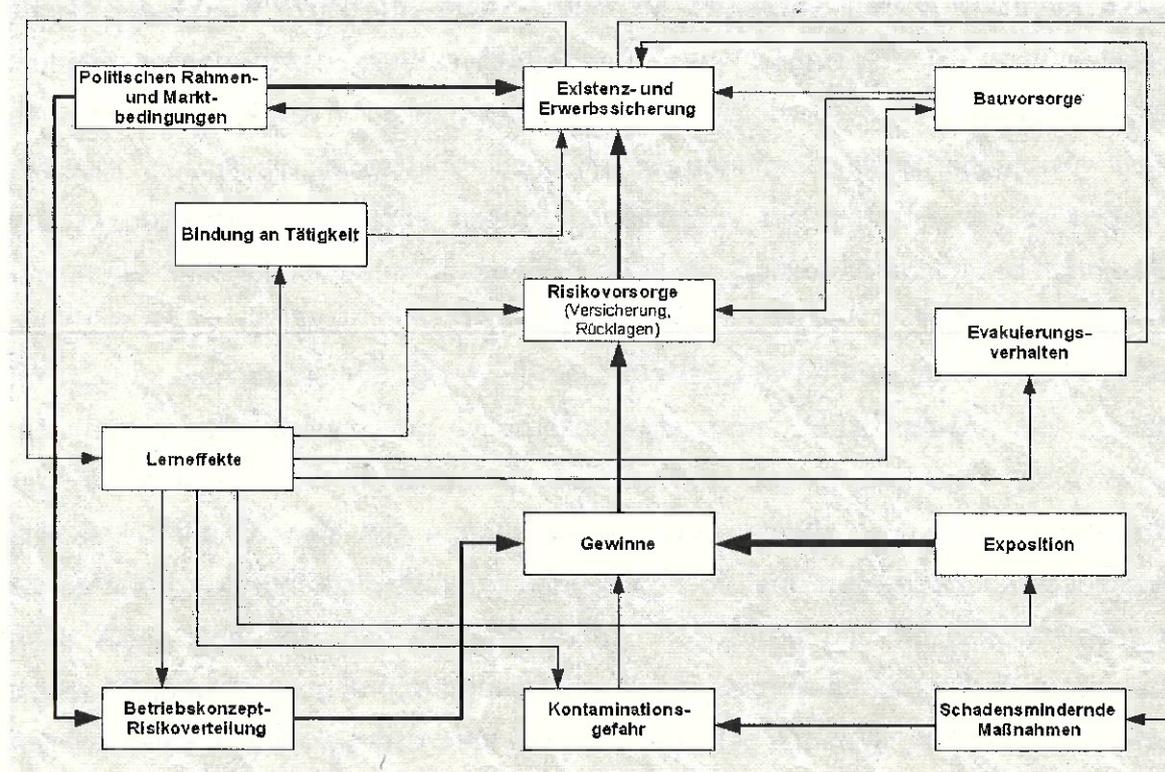


Abbildung 6: Systemmodell Vulnerabilität der Gartenbaubetriebe gegenüber Hochwasser

Im Systemmodell wird eine große Regelschleife sichtbar (siehe Abbildung 6). Diese ist bereits im Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn abstrakt dargestellt. Ist dem Gartenbaubetrieb durch das Hochwasser ein Schaden entstanden, der die Existenz

des Unternehmens mehr oder weniger stark bedroht, führen *Lerneffekte* i. d. R. dazu, Maßnahmen für einen besseren Hochwasserschutz z. B. der *Bau- oder Risikovorsorge* zutreffen. *Lerneffekte* können aber auch darin bestehen, zukünftig sein Evakuierungsverhalten verbessern zu wollen, in dem die vorhandenen Vermögenswerte so untergebracht sind, dass sie schnell gesichert werden können. Diese Maßnahmen zur Erhöhung der Bewältigungskapazität führen zu einer reduzierten Vulnerabilität und somit zu einer erhöhten *Sicherheit der Existenz* bei zukünftigen Hochwasserereignissen. Allerdings könnte nach mehrmaligen Erleben eines Hochwassers die *Bindung bzw. die Identifikation mit der Tätigkeit* und damit die Belastbarkeit, nach Schäden den Betrieb immer wieder neu aufzubauen, nachlassen. Die Existenzaufgabe wäre die Folge.

*Lerneffekte* könnten aber auch darin bestehen, seine Bewirtschaftung auf Flächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu verlagern, um einer *Exposition* zu entgehen. Würden die Flächen so in Zukunft nicht mehr überschwemmt, gäbe es keine Einbußen in den *Gewinnen*. Mit wachsenden *Rücklagen* wäre die *Existenz* gesichert und die Vulnerabilität besonders effektiv reduziert bzw. ganz gemieden. Diese Option ist allerdings mit Schwierigkeiten verbunden, da die Flächenverfügbarkeit in Kommunen zumeist beschränkt ist und die Nutzung bzw. der Neuerwerb von Flächen mit zusätzlichen Kosten einhergeht. Einbußen in den *Gewinnen* bedingt durch Ausfallzeiten des Betriebes könnten mit der Minimierung der *Kontaminationsgefahr* reduziert werden. Hat der Gartenbaubetrieb einen Schaden infolge Kontaminationen erlitten, könnte er im Falle der Selbstverschuldung, *gelernt* haben, seinen Öltank zu sichern oder auf alternative Heizmöglichkeiten umzurüsten. Gingen die Verschmutzungen von anderen potenziellen Schadquellen<sup>12</sup> in der Umgebung aus, so könnten die Auswirkungen in der Öffentlichkeit ein Handlungsdruck auslösen über vorzugebende schadensmindernde Maßnahmen die *Kontaminationsgefahr* zu reduzieren. *Lerneffekte* könnten sich aber auch darin äußern, dass das *Betriebskonzept* der Hochwassergefahr angepasst wird. So würde eine Diversifizierung in den angebauten Kulturen und/ oder der Aufbau eines zweiten Standbeines (z. B. Handel) die Abhängigkeit von nur einer Einnahmequelle senken und so die Wahrscheinlichkeit senken, Totalverluste zu erleiden. Da das Betriebskonzept allerdings an den *Markt- und politischen Rahmenbedingungen* ausgerichtet wird, ist es wahrscheinlich, dass die Gartenbaubetriebe wegen eines

---

<sup>12</sup> z. B. Anlagen nach der 12. BImSchV oder nach § 19 g WHG

relativ selten zu befürchtenden Hochwassers ihr Betriebskonzept nicht umstellen werden. In diesem wahrscheinlichen Fall würden die Gartenbaubetriebe die Chance nicht über eine minimierte Anfälligkeit die Vulnerabilität zu senken nutzen.

Bei einem erlittenen Schaden können auch die finanziellen Hilfen der Öffentlichkeit die Existenz retten. Allerdings haben die Gartenbaubetriebe keinen Einfluss darauf. Die Politik bestimmt, an wen und in welcher Höhe die Hilfen ausgezahlt werden. Sich darauf zu verlassen und die Maßnahmen, die in der eigenen Hand liegen, deshalb zu unterlassen, würde jedoch zu einer noch größeren Vulnerabilität führen.

### **Thesen der Vulnerabilität der Gartenbaubetriebe**

#### Exposition

- Liegt der Gartenbaubetrieb in einem Überschwemmungsgebiet, so ist er vulnerabel
- Je größer die Kontaminationsgefahr<sup>13</sup>, der er ausgesetzt ist, desto vulnerabler ist er

#### Anfälligkeit

- Ein Gartenbaubetrieb mit vielfältig angelegtem Betriebskonzept, der mehrere Kulturen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet werden, anbaut und neben der Produktion noch einen von der Jahreszeit unabhängigen Handel betreibt oder Einnahmen aus Vermietung etc. bezieht, ist weniger anfällig gegenüber einem Hochwasserschaden

#### Bewältigung

- Je mehr Risikovorsorge ein Gartenbaubetrieb leistet, desto besser kann er einen durch Hochwasser entstandenen Schaden bewältigen. Zur Risikovorsorge gehören Versicherung und erwirtschafteten Rücklagen.
- Je mehr Hochwasserschutzmaßnahmen zur Bauvorsorge getroffen wurden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden zu erleiden.
- Je besser das Evakuierungsverhalten, also je mehr Vermögenswerte ein Gartenbaubetrieb sichern kann, desto besser beugt er den Schadensentstehung vor.
- Je größer die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit ist, desto höher ist seine Belastbarkeit/ Widerstandsfähigkeit.

---

<sup>13</sup> Darunter sind Anlagen nach der 12. BImSchV und nach § 19 g WHG zu verstehen. Der eigene Öltank zählt mit dazu.

### **Kriterien der Vulnerabilität der Gartenbaubetriebe**

Aus den Interviews und dem daraus erstellten Systemmodell können lediglich Kriterien abgeleitet werden. Für die Ermittlung der einzelfallbasierten Vulnerabilität gelingt die Generierung von tatsächlichen Messgrößen nicht. Sie ist auch nicht sinnvoll. Zur Einschätzung der einzelfallbezogenen Vulnerabilität müssen die abgeleiteten Kriterien bei den gartenbaubetrieben einzeln abgefragt werden. Dazu bietet sich ein online verfügbarer-Fragebogen an.

#### Exposition

- Anteil der betrieblichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet
- Kontaminationsgefahr (fremde und eigene)

#### Anfälligkeit

- Betriebskonzept - Anzahl der Ernten (Risikoverteilung 1)
- Betriebskonzept - zusätzliche Einnahmequellen (Risikoverteilung 2)

#### Bewältigungskapazität

- Risikovorsorge - Rücklagen und Versicherungen
- Bauvorsorge
- Evakuierungsverhalten
- Bindung an die Tätigkeit

### **2.3.2.1.3 Systemmodell der Vulnerabilität der Acker- und Grünlandwirtschaft (incl. Viehhaltung)**

Ähnlich zu dem Systemmodell Vulnerabilität der Gartenbaubetriebe besteht auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung eine große Regelschleife, die die im Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn dargestellte Rückkopplung konkretisiert. Auch hier könnte ein erlittener Schaden, der die *Existenz* bedroht, zu *Lerneffekten* führen, die über das Treffen von Hochwasserschutzmaßnahmen (*Bau- und Risikovorsorge, verbessertes Evakuierungsverhalten*) die Bewältigungskapazität erhöhen, über ein verändertes *Betriebskonzept* die Anfälligkeit und über die Herausnahme von Vermögenswerten und die Verlegung der landwirtschaftlichen Nutzung aus dem Überschwemmungsgebiet die Exposition senken (siehe Abbildung 7). Die Aussagen zur Reduktion der *Kontaminationsgefahr* treffen neben den Gartenbaubetrieben auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung zu. Mit der so reduzierten Exposition und Anfälligkeit und der erhöhten Bewältigungskapazität wäre die Vulnerabilität gesenkt

und damit die *Existenz* und der *Erwerb* bei einem künftigen Hochwasser gesichert. Die bereits bei der Beschreibung des Systemmodells für die Gartenbaubetriebe erwähnten Schwierigkeiten, der *Exposition* durch Nutzung von Flächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu entgehen und das *Betriebskonzept* bei der bestehenden Abhängigkeit von den Markt- und politischen Rahmenbedingungen zu ändern, gelten ebenfalls für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung. Die Aussagen über die *Sicherung der Existenz* über staatliche Hilfen sowie die Existenzbedrohung durch nachlassende Bindung an die Tätigkeit treffen hier auch zu. Im Vergleich zu den Gartenbaubetrieben umfasst das *Betriebskonzept*, dass über die Höhe der Anfälligkeit entscheidet, mehr Komponenten<sup>14</sup>.

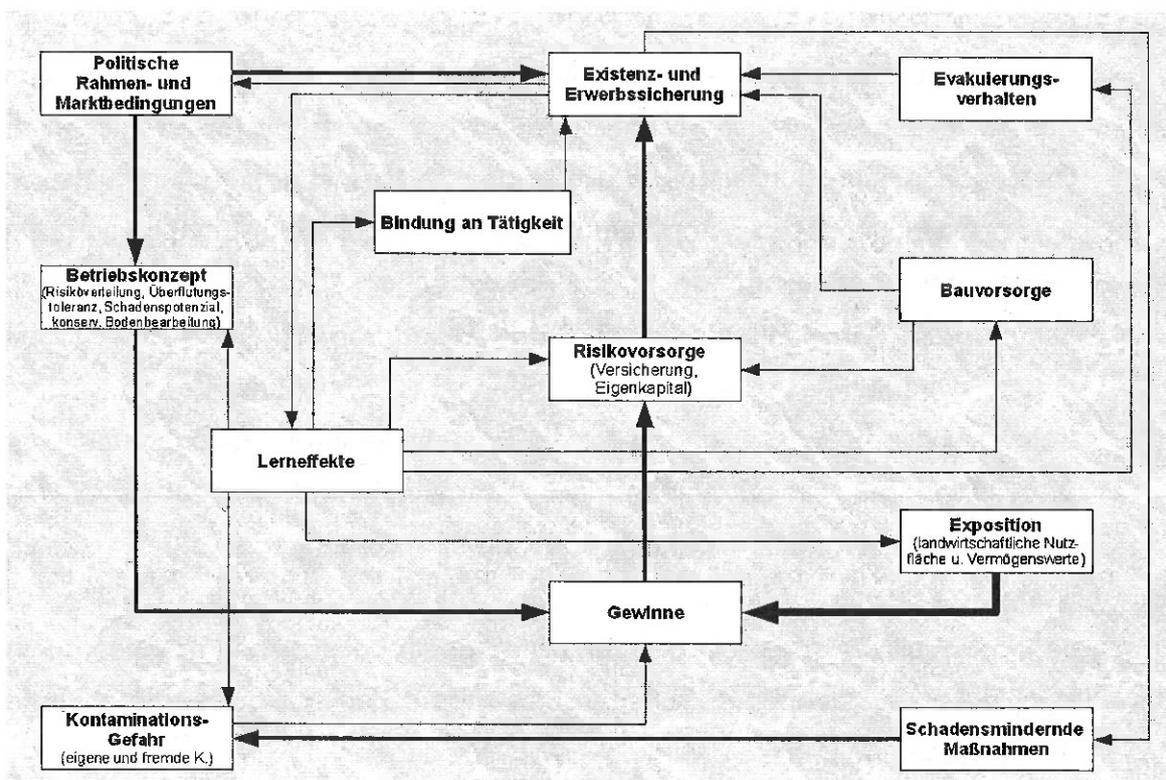


Abbildung 7: Systemmodell Vulnerabilität der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung) gegenüber Hochwasser

Nicht nur die Diversität an Kulturen und die Anzahl von verschiedenen Einnahmequellen (Risikoverteilung) bestimmen das Betriebskonzept und damit über die Anfälligkeit die Vulnerabilität, sondern auch die Wahl der Kulturen, die die

<sup>14</sup> Dem Systemelement „Betriebskonzept“ wurden die Elemente Risikoverteilung, Überflutungstoleranz, Schadenspotenzial und konservierende Bodenbearbeitung zusammengefasst, weil sie thematisch das Betriebskonzept darstellen und weil jedes einzelne Element von den politischen Rahmen- und Marktbedingungen und von Lerneffekten beeinflusst wird und alle Einfluss auf die zu erzielenden Gewinne haben.

Überflutungstoleranz und das Schadenspotenzial beeinflussen und die Entscheidung konservierende Bodenbearbeitung zu betreiben oder nicht.

### **Thesen der Vulnerabilität der Acker- und Grünlandwirtschaft (incl. Viehhaltung)**

#### Exposition

- Je größer die landwirtschaftliche Nutzfläche, die in einem Überschwemmungsgebiet liegt, desto vulnerabler ist der Betrieb.
- Je mehr Vermögenswerte sich in Form von Wirtschaftsgebäuden, Maschinen, Technik und Vieh im ÜG befinden, desto vulnerabler der Betrieb.
- Je größer die Kontaminationsgefahr, der der Betrieb ausgesetzt ist, desto vulnerabler ist er.

#### Anfälligkeit

- Ein landwirtschaftlicher Betrieb mit einem der Hochwassergefahr angepassten Betriebskonzept ist weniger anfällig gegenüber einem Hochwasserschaden. Dazu gehört eine günstige Risikoverteilung, z. B. mehrere Kulturen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet werden; zusätzliche Einnahmequellen neben der Produktion wie z. B. Handel oder Vermietung. Zu einem angepassten Wirtschaften zählt aber der Anbau von Kulturen mit möglichst hoher Überflutungstoleranz und geringem Schadenspotenzial. Zum Betriebskonzept gehört ebenfalls die konservierende Bodenbearbeitung: Betreibt ein Landwirt auf seinen Flächen konservierende Bodenbearbeitung, kann er möglichen Schäden durch Bodenerosion vorbeugen.

#### Bewältigung

- Je mehr Risikovorsorge ein Betrieb leistet, desto besser kann er einen durch Hochwasser entstandenen Schaden bewältigen. Zur Risikovorsorge gehören die Versicherung und die erwirtschafteten Rücklagen.
- Je mehr Hochwasserschutzmaßnahmen zur Bauvorsorge getroffen wurden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden zu erleiden.
- Je besser das Evakuierungsverhalten, also je mehr Vermögenswerte ein Gartenbaubetrieb sichern kann, desto besser beugt er den Schadensentstehung vor.
- Je größer die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit ist, desto höher ist seine Belastbarkeit/ Widerstandsfähigkeit.

### **Kriterien der Vulnerabilität der Acker- und Grünlandwirtschaft (incl. Viehhaltung)**

Aus den Interviews und dem daraus erstellten Systemmodell können lediglich Kriterien abgeleitet werden. Die abgeleiteten Kriterien des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz erscheinen ebenfalls in der Literatur (vgl. BRONSTERT, 2004:122; LFL, 2005: 58, 73,142; DITTRICH, 2005:7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC, 2004:11). Hier wird deren Verwendung zur Ermittlung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung empfohlen. Zur Einschätzung der individuellen Vulnerabilität müssen die nachfolgend aufgeführten Kriterien bei den Betrieben abgefragt werden (s. o. Gärtnereibetriebe).

#### Exposition

- Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Überschwemmungsgebiet
- Anteil der Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet
- Kontaminationsgefahr (eigene und fremde)

#### Anfälligkeit

- Betriebskonzept - Anzahl der verschiedenen Einnahmequellen (Risikoverteilung)
- Betriebskonzept - Überflutungstoleranz der Kulturen
- Betriebskonzept - Schadenspotenzial der Kulturen
- Betriebskonzept - konservierende Bodenbearbeitung

#### Bewältigungskapazität

- Risikovorsorge - Rücklagen und Versicherungen
- Bauvorsorge
- Evakuierungsverhalten
- Bindung an die Tätigkeit

### **2.3.2.1.4 Datengrundlage**

Wie bereits erwähnt, ist es geplant, die oben aufgeführten Kriterien zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Vulnerabilität der Landwirtschaft über einen Online-Fragebogen abzufragen. Der Fragebogen sollte auf der Homepage der jeweiligen den Landwirten betreuenden Einrichtung stehen. In eine benutzerfreundliche, anwenderorientierte Form gebracht, könnte somit jeder Landwirt einfach und schnell seine individuelle

Vulnerabilität über die Abfrage in den Bereichen Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität ermitteln.

Innerhalb des Forschungsprojektes besteht das Ziel zwei Überschwemmungsszenarien für die Fallbeispiele Dresden und Köln zu erstellen. Hinter dem bisher nur allgemein formulierten Begriff Überschwemmungsgebiet verbergen sich also zum einen ein HQ 100-Szenario und zum andern ein Extremhochwasser (EHQ)-Szenario. Die Fragebögen (siehe Anhang) können von den Landwirten für die beiden verschiedenen Szenarien ausgefüllt werden. Um die Fragen zur Exposition beantworten zu können, muss der Online-Fragebogen mit den entsprechenden Überschwemmungskarten verlinkt werden. Gartenbaubetriebe können den Fragebogen nur ausfüllen, wenn ihr Betrieb exponiert ist. Betriebe der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung) müssen als Voraussetzung zur Beantwortung der Fragen entweder landwirtschaftliche Nutzflächen oder sonstige Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet exponiert haben. Als Grundlage für die Einschätzung der Kontaminationsgefahr werden Schadquellen betrachtet, von denen bei Hochwasser potenziell eine Gefahr durch frei werdende Schadstoffe ausgeht. In Anlehnung an die Studie von Warm & Köppke sind das die Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach § 19 g WHG und die Betriebsbereiche und deren Anlagen, die in den Anwendungsbereich der 12. BImSchV fallen (WARM & KÖPPKE, 2007: 1). Für Dresden sind die Anlagen nach § 19 g WHG und 12. BImSchV als Punktquellen GIS-fähig vorhanden, wobei die Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nur innerhalb des HQ 100 – Bereichs und das bei dem Hochwasser 2002 überschwemmten Gebiet vollständig erfasst sind. Für die außerhalb dieser Überschwemmungsgebiete liegenden Anlagen gilt kein Anspruch auf Vollständigkeit. In Köln liegen die Anlagen nach § 19 g WHG und 12. BImSchV ebenfalls als Punktquellen GIS-fähig vor. Allerdings ist hier keine Unterscheidung möglich, ob es sich um eine Anlage handelt, die mit wassergefährdenden Stoffen umgeht oder die nach der 12. BImSchV genehmigt wurde. Als Grundlage für die Einschätzung des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz werden die Landwirte im engeren Sinn nach der derzeit angebauten Kultur gefragt. Das bedeutet, dass hier nur die aktuell angebauten Kulturen von Interesse sind. Es macht nach eigener Einschätzung keinen Sinn, nach einer Haupt- bzw. dominierenden Kultur der letzten Jahre zu fragen, da die Vulnerabilität eine dynamische Größe ist und jedes Jahr mit sich ändernden Kulturen

auch variiert. Es empfiehlt sich ohnehin, den individuellen Vulnerabilitätstest jedes Jahr neu zu machen.

### **2.3.2.2 Kommunale flächenbasierte Vulnerabilitätsanalyse**

Bei der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsanalyse wird nicht zwischen Landwirtschaft im engeren und weiteren Sinn unterschieden. Die Vulnerabilitätsaussagen gelten insgesamt für die Landwirtschaft, also sowohl für die Gärtnereiflächen als auch für das Acker- und Grünland.

Wie bereits erwähnt, ist es nicht möglich für die kommunale flächenbasierte Vulnerabilitätsanalyse ein Systemmodell zu erstellen, da die Vulnerabilität der Landwirtschaft in der Kommune über Flächenbewirtschaftungsangaben der einzelnen Landwirte, die die Kommune nicht direkt beeinflussen kann, eingeschätzt wird. Flächenbasierte räumliche Aussagen sind aber gerade, um eine erste Einschätzung der Vulnerabilität zu bekommen und zum Vergleich mit anderen Kommunen wünschenswert. Es stellte sich die Frage, ob es Daten gibt, mit denen die gewünschten Aussagen getroffen werden können. Es wurde nach Kriterien gesucht, die insgesamt auf der Fläche, die Vulnerabilität der Landwirtschaft widerspiegeln und die ohne zusätzliche empirische Ermittlung von Daten auskommen. Die Daten für die Kriterien sollten also bereits verfügbar sein und über ein einfaches Verfahren zur einer flächenbasierten Vulnerabilitätsaussage generiert werden können. Andererseits besteht die Anforderung, dass diese grobe Vulnerabilitätseinschätzung auch die in der Realität existierenden Vulnerabilität entspricht. Über die Nachfrage bei den Landwirtschaftsbehörden stellte sich heraus, dass jedes Jahr bei dem Antrag für die Auszahlung der Beihilfen die jeweilige Flächenbewirtschaftung, also die angebaute Kultur pro Fläche vom Landwirt angegeben werden muss. Andere den Behörden zur Verfügung stehenden statistischen Daten wie die Betriebsgrößen, Betriebsformen oder Größe des Viehbestandes spiegeln nach eigener Einschätzung nicht die Vulnerabilität wider. Zudem werden in der Literatur im Zusammenhang mit der Einschätzung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung zwei Größen, und zwar das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz, benannt, die beide auf Grundlage der existierenden Flächenbewirtschaftungsdaten, also der angebauten Kultur,

ermittelt werden können (vgl. BRONSTERT, 2004:122; LFL, 2005: 58, 73,142; DITTRICH, 2005:7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC, 2004:11).

Im Rahmen des Vulnerabilitätsmodells im engeren Sinn lässt sich das Schadenspotenzial als die Komponente der Anfälligkeit verstehen. Im Regelkreis des Vulnerabilitätsmodells führt die Senkung einer Anfälligkeitskomponente zu einer verminderten Vulnerabilität. Da die Reduzierung des Schadenspotenzials zu einer minimierten Vulnerabilität führt, wird das Schadenspotential als Größe der Anfälligkeit interpretiert. Die Überflutungstoleranz wird zur Bewältigungskapazität gezählt. Laut Modell besteht das Ziel für eine verminderte Vulnerabilität die Bewältigungskapazität zu erhöhen. Da mit dem Ziel die Überflutungstoleranz zu erhöhen gleichzeitig das Ziel der Reduktion der Vulnerabilität verfolgt wird, wird die Überflutungstoleranz anders als bei der einzelbezogenen Vulnerabilitätsermittlung zu der Bewältigungskapazität gerechnet<sup>15</sup>.

Bei der flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung spielt die Exposition für die Vulnerabilität ebenfalls eine große Rolle. Wie unter 3.1 beschrieben, stellen exponierte landwirtschaftliche Flächen die Voraussetzung dar, um eine Vulnerabilitätsanalyse durchzuführen. Die Vulnerabilitätsermittlung erfolgt auch hier für das HQ 100-Szenario und für das EHQ-Szenario. Wie auch bei der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung erhöht sich die Vulnerabilität, wenn von vorhandenen potenziellen Schadquellen eine Kontaminationsgefahr auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgeht.

## **Kriterien der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung**

### Exposition

- Im Überschwemmungsgebiet liegende Flächen: Anteil der exponierten landwirtschaftlichen Flächen im Überschwemmungsgebiet gemessen an den gesamtstädtischen landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Kontaminationsgefahr: Anteil der durch potenzielle Schadquellen gefährdeten landwirtschaftlichen Flächen, abgestuft in Anteil der Flächen, die hoher, mittlerer und geringer Kontaminationsgefahr ausgesetzt sind

---

<sup>15</sup> Bei der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung wird die Überflutungstoleranz mit zum Betriebskonzept gezählt und damit als Anfälligkeitskomponente betrachtet. Es erscheint aber sinnvoll, das Betriebskonzept eher der Anfälligkeit als der Bewältigung zuzuordnen.

### Anfälligkeit

- Schadenspotenzial: Anteil der landwirtschaftlichen Flächen mit Schadenspotenzial je der Wertstufen I, II, III, IV

### Bewältigungskapazität

- Überflutungstoleranz: Anteil der Flächen mit Überflutungstoleranz je der Wertstufen I, II, III

### Vulnerabilität

- Anteil der Flächen mit je der Wertstufen I-V

## **Datengrundlage**

Vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft liegen für Dresden feldblockbezogene Flächennutzungsdaten GIS-fähig vor. Es handelt sich um die beantragten Nutzungen für das Jahr 2008. Es kann nur je ein Antragsjahr als Grundlage für die Vulnerabilitätsbewertung genutzt werden. Eine Haupt- bzw. dominierende Kultur aus vergangenen Jahren zu ermitteln, macht keinen Sinn. Vielmehr empfiehlt es sich, die Vulnerabilität jedes Jahr entsprechend der beantragten Kulturen neu zu ermitteln (siehe Datengrundlage der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung). Die feldblockbezogenen Flächenbewirtschaftungsdaten umfassen allerdings nur die Flächen, für die eine Förderung (EU-Beihilfen) beantragt wurde. Sehr kleine Acker- oder Grünlandflächen oder die kleinstrukturierten Gartenbaubetriebe sind in diesen Daten nicht enthalten, da es sich für diese Betriebe nicht lohnt, die auf der Flächengröße beruhenden Beihilfen zu beantragen. Da gerade in Dresden die Gartenbaubetriebe nur sehr kleine Flächen bewirtschaften, wurde die Nutzungsart „Gärtnereien“ aus dem Objektartenkatalog der ATKIS Basis-DLM -daten extrahiert und den feldblockbezogenen Flächennutzungen hinzugefügt. Für Köln liegen ebenfalls feldblockbezogene Flächennutzungsdaten vor. Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen wollte jedoch die Daten nur für eine, nicht dem Projektbudget angemessene Gebühr herausgeben. Damit kann das Verfahren der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung nicht für das Fallbeispiel Köln demonstriert werden. Als Grundlage für die Einschätzung der Kontaminationsgefahr dienen die für Dresden und Köln existierenden Anlagen nach § 19 g WHG und nach der 12. BImSchV (siehe Datengrundlage der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung).

### **2.3.3 Bewertungs- und Aggregationsmodell**

Wie bereits unter 2.2 beschrieben, müssen die aus den Betroffenen- und Experteninterviews, aus den daraus erstellten Systemmodellen und aus der Literatur abgeleiteten Kriterien hinsichtlich ihrer Ausprägungen bewertet und zur Vulnerabilitätsaussage verknüpft werden. Da es sich sowohl bei der einzelfallbezogenen als auch bei der kommunalen, flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung um Kriterien mit ordinaler Ausprägung handelt, dürfen die Kriterien theoretisch nur über logische Verknüpfung aggregiert werden. Bereits unter 2.2 wurde erläutert, weshalb sich hierzu die Fuzzy-Logic eignet. Das Problem der Subjektivität der Bewertungsverfahren wurde ebenfalls unter 2.2 angesprochen. Über Literaturangaben und die Aussagen der Betroffenen und Experten sollen die Bewertungen so weit wie möglich versachlicht werden.

#### **2.3.3.1 Einzelfallbezogene Vulnerabilitätsermittlung**

Bei der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung müssen nun die individuellen Angaben des Landwirts aus den Fragebogen mit Hilfe eines Fuzzy-logic unterstützten Algorithmus sinnvoll zu Vulnerabilitätsaussagen verknüpft werden. Es erscheint sinnvoll, zunächst die Kriterien innerhalb der Vulnerabilitätskomponenten Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität zu verknüpfen. So kann der Landwirt über die drei getroffenen Einzeleinschätzungen sehen, in welchen Komponenten der Vulnerabilität Handlungsbedarf besteht. Erst in einem zweiten Schritt erfolgt dann die Aggregation der drei Einzelaussagen zur Vulnerabilitätsaussage. Eine Besonderheit ist noch für die Bewältigungskapazität zu erwähnen. Hier erfolgt zunächst eine getrennte Ermittlung der Bewältigungskapazität I, welche die Kriterien Risiko- und Bauvorsorge und Evakuierungsverhalten umfasst und der Bewältigungskapazität II, welche die Bindung an die Tätigkeit beinhaltet. Die getrennte Einschätzung ist für die Landwirte hilfreich. Die Bewältigungskapazität I kann der Landwirt aktiv über sein Verhalten verbessern, während die Bewältigungskapazität II zwar für eine treffende Aussage der Bewältigungskapazität insgesamt benötigt wird, aber kaum von den Landwirten beeinflusst werden kann, da er dazu seine Einstellung bzw. Mentalität ändern müsste.

Über die Stärke der Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen in den Systemmodellen ist eine Grundlage für die Gewichtungen der Angaben des Landwirts innerhalb des Algorithmus gegeben.

Wie in den Fragebögen (siehe Anhang) ersichtlich sind die Antwortmöglichkeiten so formuliert, dass sie rangskaliert bewertet werden können. Jede Antwortmöglichkeit bekam entsprechend ihrer Einreihung in die Rangskala eine Wertstufe zugeteilt. Die Wertstufen I bis III bzw. IV – es gab nicht mehr als drei bzw. vier Antwortmöglichkeiten – wurden entsprechend der Bedeutung für die Komponenten Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität verteilt. So bekommt beispielsweise die als letzte aufgeführte Antwortmöglichkeit „Es befinden sich mehr als 75 % meiner Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet“ im Fragebogen für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung die Wertstufe IV, welche für eine hohe Exposition steht, zugeteilt. Die Formulierung und die Anzahl der Antwortmöglichkeiten der im Fragebogen abgefragten Kriterien wurden nach logischen Gesichtspunkten vorgenommen. Eine formale Prüfung der Fragebögen hat bereits über Kollegen der Sozialgeographie der Martin-Luther-Universität Halle stattgefunden. Eine erneute Absprache mit dem Leiter der Außenstelle des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und ein Pretest werden zu einer weiteren Anpassung führen. Die Bewertungen für die Kriterien Schadenspotenzial und Überflutungstoleranz basierend auf der Kulturart richteten sich nach den Angaben von Bronstert, LFL, Dittrich und Emschergenossenschaft Hydrotec. Darin wurde die maximale Überflutungstoleranz in Tagen und die Schäden in € oder €/ ha angegeben. Die Zuordnung dieser Werte zu Wertstufen erfolgt nach eigener Einschätzung (siehe Tabelle 1). Als Grundlage für die Klassifikation der angebauten Kulturen diente die in den vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft zur Verfügung gestellten Daten vorgenommene Klassenbildung. Dort wurden alle Nutzungsarten eingeteilt in die Gruppen: Getreide, Hackfrüchte, Hülsenfrüchte, Ölsaaten, Ackerfutter, Dauergrünland, Gemüse- und sonstige Handelsgewächse, Dauerkulturen, stillgelegte Flächen, aus der Erzeugung genommene Flächen und sonstige Flächen. Da unter sonstige Flächen ganz unterschiedliche Nutzungen wie bewirtschaftete Gewässer oder Haus- und Nutzgärten gehören und diese nicht unter die projektinterne Definition von Landwirtschaft fallen, wird diese Klasse nicht berücksichtigt. Die von den ATKIS

Basis-DLM-Daten extrahierte Objektart „Gärtnereien“ wird der Klasse „Gemüse- und sonstige Handelsgewächse“ hinzugefügt.

Flächennutzungsklasse	Schadenspotenzial	Überflutungstoleranz
Getreide	II	II
Hackfrüchte	III	I
Hülsenfrüchte	I	I
Ölsaaten	II	I
Ackerfutter	II	I
Dauergrünland	I	III
Gemüse- und sonstige Handelsgewächse	IV	I
Dauerkulturen	IV	I
Stillgelegte Flächen	I	III
Aus Erzeugung genommene Flächen	I	III

*Tabelle 1: Bewertung des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz nach Nutzungsklassen, zusammengestellt aus BRONSTERT, 2004:122; LFL, 2005: 58, 73,142; DITTRICH, 2005:7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC, 2004:11*

Bei den ersten Versuchen, die Einzelkriterien zu den Expositions-, Anfälligkeit- und Bewältigungsaussagen zu verknüpfen, wurde deutlich, dass eine logische Verknüpfung über Fuzzy-Logic, die mathematische Operationen wie Addition und Multiplikation verbietet, sehr zeitaufwendig ist. Zudem erscheint es fast unmöglich, ein gewisses Maß an Objektivität zu bewahren. So bestehen beispielsweise im Bereich der Anfälligkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung) 4 Kriterien (siehe unter 2.3.2.3). Dabei weist ein Kriterium eine vierstufige und die anderen je eine dreistufige ordinale Ausprägung bzw. Rangskala auf. Das ergibt allein für die Anfälligkeit mit  $4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$  Ausprägungen 108 Kombinationsmöglichkeiten. Jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen der vier Kriterien, also jeder Fall müsste theoretisch individuell betrachtet werden, d.h. es müssen 108 logische Verknüpfungen durchgeführt werden.

Es muss beispielsweise dem Fall:

- eine verschiedene Einnahmequellen (Risikoverteilung)  
→ Wertstufe III (hoch)
- Überwiegend Gemüse auf den Flächen (Überflutungstoleranz)  
→ Wertstufe I (III) (hoch)<sup>16</sup>
- Überwiegend Gemüse auf den Flächen (Schadenspotenzial)  
→ Wertstufe IV (hoch)
- Keine konservierende Bodenbearbeitung  
→ Wertstufe III (hoch)

über die Gleichung III UND III UND IV UND III ein logisches Ergebnis zugeteilt werden. Dabei kommt erschwerend hinzu, dass die Kriterien eine unterschiedliche Anzahl der Wertstufen aufweisen, die bei deren Verknüpfung auf die gewünschte 5-stufige Ergebnisaussage transformiert werden müssen (vgl. 2.2 Anzahl der Klassen). Die nächste Schwierigkeit bei der logischen Verknüpfung besteht darin, dass den Kriterien, um bei dem Beispiel zubleiben, im Hinblick auf die Anfälligkeit ein unterschiedliches Gewicht zukommt, so dass bei dem Fall III UND III UND IV UND III nicht zwingend III herauskommen muss. Da III /IV immer für eine relativ hohe Anfälligkeit bei den drei- bis vierstufigen Antwortmöglichkeiten der vier Kriterien steht, könnte das Ergebnis unter Berücksichtigung der Gewichtung der Kriterien eine IV (hohe Anfälligkeit) oder V (sehr hohe Anfälligkeit) sein. Bei 108 möglichen Fällen ist es zudem schwer vergleichend zu sagen, ob ein Fall genauso anfällig zu bewerten ist wie ein anderer, also z. B. auch in die Wertstufe IV gehört.

Aus diesem Grund mussten das in der Theorie gemachte Verbot ordinalskalierte Kriterien über mathematische Operationen wie Addition und Multiplikation zu aggregieren, umgangen werden. Zur Rechtfertigung soll an der Stelle angebracht werden, dass auch in anderen wissenschaftlichen Studien ordinal vergebene Punktbewertungen addiert und multipliziert werden.

Es wurden zunächst die Kriterien pro Vulnerabilitätskomponenten Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität, so weit es möglich war, auf der Grundlage der Stärke der Wechselbeziehungen gewichtet. Unter Berücksichtigung der Gewichtung der Kriterien wurde dann für jede Kombinationsmöglichkeit der Mittelwert

---

<sup>16</sup> Zunächst steht „Überwiegend Gemüse auf den Flächen“ für eine geringe Überflutungstoleranz und damit für die Wertstufe I. Eine geringe Überflutungstoleranz bedeutet aber eine hohe Anfälligkeit, deshalb erfolgte eine Transformation der Wertstufen, so dass nun eine geringe Überflutungstoleranz die Wertstufe III und die Bedeutung hohe Anfälligkeit zugeordnet bekommt.

aus den Wertstufen ermittelt. In einem nächsten Schritt wurden pro Vulnerabilitätskomponente von allen Kombinationsmöglichkeiten der niedrigste und der höchste zu erzielende Wert betrachtet. Da in der 5-stufigen Klassifizierung der drei Teilergebnisse Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität von sehr gering bis sehr hoch die Klassen symmetrisch zur Mittelklasse (I und V, II und IV) ungefähr gleich stark vertreten sein sollte, wurde in der Spanne zwischen dem niedrigsten und höchsten Wert die Klassengrenzen so definiert, dass gleich große Klassen entstanden. In der Literatur wird zwar empfohlen, die Klassengrenzen über Schwellenwerte, die über die Wissenschaft oder über normative Vorgaben belegt sind, zu definieren (vgl. BACHFISCHER, 1978: 101), das ist jedoch in unserem Fall nicht möglich. In der Literatur gilt jedoch auch die Möglichkeit als zulässig, die Klassengrenzen über Expertenurteile festzulegen (BACHFISCHER, 1978: 101). Die errechneten Mittelwerte wurden anschließend entsprechend der festgelegten Klassengrenzen einer Wertstufe zugeordnet. Die Teilergebnisse Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität wurden darauf hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Vulnerabilität gewichtet. Als Grundlage diente ebenfalls die Stärke der Wechselwirkungen im Systemmodell. So wird in den Systemmodellen der Landwirtschaft deutlich, dass die Exposition mit der stärksten Auswirkung (dickste Pfeilstärke) ein größeres Gewicht im System hat als die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität. Die Berechnung der Vulnerabilität für jede Kombinationsmöglichkeit aus Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität erfolgte ebenfalls unter Berücksichtigung der Gewichtung über die Mittelwertbildung der Wertstufen.

Die Berechnungen zur Ermittlung der Vulnerabilität befinden sich getrennt für die Gartenbaubetriebe und die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung) im Anhang. Diese Berechnungsalgorithmen sind dem Online-Fragebogen hinterlegt, so dass, egal welche Antwortmöglichkeiten der Landwirt angibt, individuell die Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungskapazität und die Vulnerabilität ermittelt wird.

### **2.3.3.2 Kommunale flächenbasierte Vulnerabilitätsermittlung**

Bei der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung werden die Kriterien der Exposition (im Überschwemmungsgebiet liegende landwirtschaftliche Nutzflächen, Kontaminationsgefahr), der Anfälligkeit (Schadenspotenzial) und der Bewältigungskapazität (Überflutungstoleranz) über logische Verknüpfungen mit Hilfe

der Fuzzy-Logic zur Vulnerabilitätsaussage aggregiert. Das Verfahren der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung wird am Fallbeispiel Dresden demonstriert.

Es soll so verfahren werden, dass zunächst das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz basierend auf den für 2008 beantragten Kulturen je einzeln bewertet und für ganz Dresden dargestellt wird (siehe Karte 1, 2). Nach der logischen Verknüpfung beider Kriterien wird das Ergebnis ebenfalls für ganz Dresden in der Karte 3 präsentiert. Danach wird dieses Ergebnis mit den Überschwemmungsdaten überlagert, so dass Karte 4 die im HQ 100 und Karte 5 die EHQ liegenden vulnerablen landwirtschaftlichen Flächen zeigen. Im letzten Schritt werden die in Karte 4 und 5 dargestellten Flächen noch mit der Kontaminationsgefahr verschnitten. Dieser letzte Schritt ist gerade in Bearbeitung und wird daher noch nicht präsentiert. Zunächst müssen die landwirtschaftlichen Flächennutzungen entsprechend der vorgenommenen Klassenbildung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft klassifiziert und hinsichtlich des Anfälligkeitskriteriums Schadenspotenzial und der Bewältigungskomponente Überflutungstoleranz bewertet werden. Dieser Schritt erfolgte bereits unter 2.3.3.1, siehe Tabelle 1. Darauf folgt die logische Verknüpfung beider Kriterien. Dieser Prozess wird mit dem der Software ArcGIS 9.2 durchgeführt. Dabei werden die feldblockbezogenen Flächenbewirtschaftungsdaten, die als shape vorlagen, entsprechend der oben angegebenen Klassifizierung gruppiert. Danach erfolgt die Zuordnung der Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz je Nutzungsklasse in der Attributtabelle. Um beide Kriterien miteinander zu verknüpfen, müssen das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz einzeln als Thema (shape) dargestellt werden. In das neu angelegte Thema „Schadenspotenzial“ werden alle Klassen mit ihren Bewertungen des Schadenspotenzials kopiert und nach der Bewertung des Schadenspotenzials klassifiziert (siehe Karte 1). Um die Anzahl der Datensätze zu reduzieren und die anschließende Verknüpfung zu erleichtern, werden die Datensätze mit gleicher Bewertung über das Bewertungsfeld der ArcGIS-Funktion ‚Dissolve‘ zusammengeführt. Gleiches geschieht mit der Überflutungstoleranz. Vor der logischen Verknüpfung ist es sinnvoll, die Bedeutung der beiden Themen für die Vulnerabilität in Form einer Funktion darzustellen. Es wird angenommen, dass sich mit zunehmendem Schadenspotenzial die Vulnerabilität erhöht (siehe Abbildung 8), während mit zunehmender Überflutungstoleranz die

Vulnerabilität abnimmt. Um für beide Themen die Bedeutung für die Vulnerabilität gleich zu interpretieren und die Erstellung der Verknüpfungsmatrix zu erleichtern, wird die Bewertung der Überflutungstoleranz transformiert: Die Klasse I entspricht nun nicht mehr einer geringen Überflutungstoleranz, sondern einer hohen Überflutungstoleranz und damit einer geringen Vulnerabilität (siehe Abbildung 9).

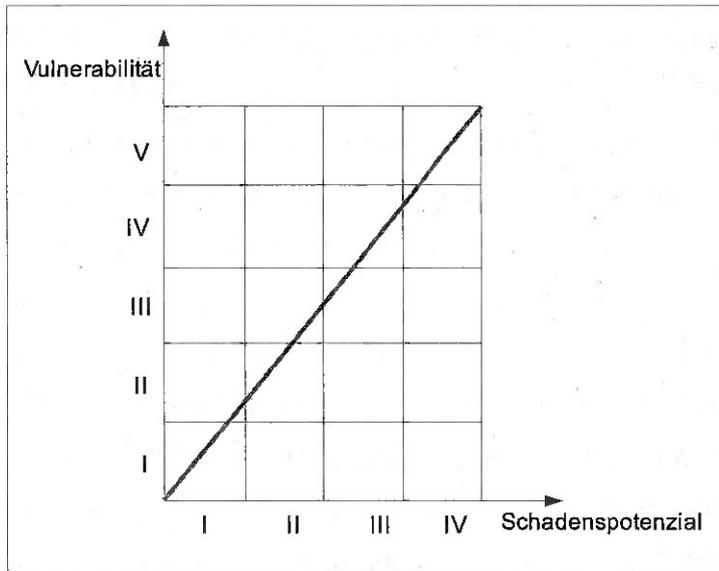


Abbildung 8: Vulnerabilitätsfunktion Schadenspotenzial

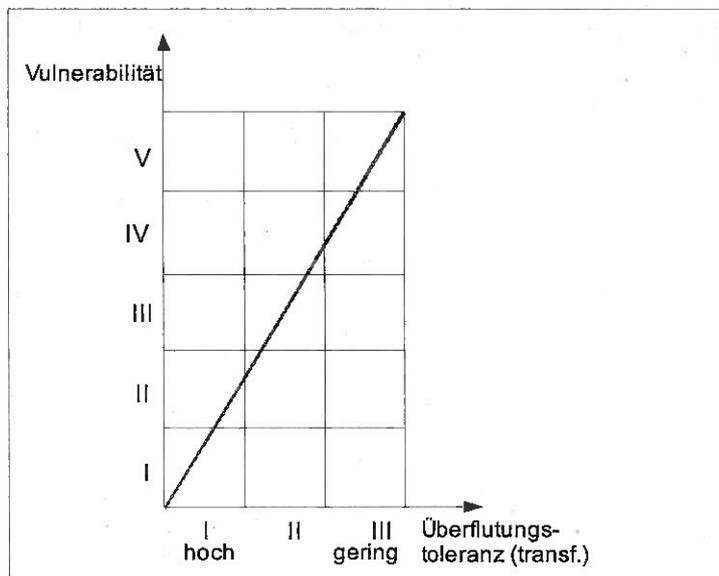


Abbildung 9: Vulnerabilitätsfunktion Überflutungstoleranz (transformiert)

Für beide Funktionen wird ein linearer Zusammenhang zu Grund gelegt<sup>17</sup>. Es handelt sich bei den dargestellten Zusammenhängen zwischen dem Schadenspotenzial bzw.

<sup>17</sup> Wie bereits erwähnt wurden die in der Literatur angegebenen Werte für das Schadenspotenzial (in € oder €/ha) und die Überflutungstoleranz (in Tagen) nach eigener Einschätzung Wertstufen zugeordnet. Aus den Literaturwerten wird kein komplizierterer Zusammenhang zwischen Schadenspotenzial bzw. Überflutungstoleranz und Vulnerabilität als ein linearer deutlich.

der Überflutungstoleranz und der Vulnerabilität streng genommen nicht um kontinuierliche Funktionen, d. h. die gezeichneten Geraden dürften im strengen Sinn nicht kontinuierlich verlaufen, sondern es müsste jeder Wertstufe des Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz, hinter denen verschiedene Kulturarten stehen, ein Vulnerabilitätswert zugeordnet werden. Unter der Annahme des grundsätzlich bestehenden linearen Zusammenhangs sind jedoch diese kontinuierlichen Funktionsverläufe für die Verknüpfung von Schadenspotenzial und Überflutungstoleranz und für die Transformation auf die gewünschte 5-Klassen-Darstellung erforderlich. In einer Verknüpfungsmatrix werden nun das 4-stufige Schadenspotenzial (Anfälligkeit) und die 3-stufige Überflutungstoleranz (Bewältigungskapazität) zusammengebracht. Dabei wird jeder Kombinationsmöglichkeit ein Vulnerabilitätswert zugeordnet. Grundlage für diesen Wert sind die beiden Funktionen, die gedanklich überlagert werden. Dabei wird abgelesen, welche Vulnerabilitätswerte die Funktion für die jeweilige Kriterienabstufung annimmt, z. B. lässt sich für das Schadenspotenzial der Wertstufe I ein Vulnerabilitätswert I/ II ablesen und für die Überflutungstoleranz der Wertstufe I ein Vulnerabilitätswert von ebenfalls I/ II. I/ II bedeutet, dass die Funktion an der Stelle mehr die Vulnerabilitätswertstufe I als II annimmt. Werden beide Vulnerabilitätswerte in Form der logischen Verknüpfungsgleichung I/ II UND I/ II zusammengebracht, ergibt sich daraus die Wertstufe I (siehe Abbildung 10). Zur logischen Verknüpfung beider Themen im ArcGIS ist ein einheitlicher Raumbezug notwendig. Aus diesem Grund werden beide Themen über die Funktion `Overlay_Union` unter dem vereinten Thema „Landwirtschaft-Vulnerabilität“ zusammengebracht. In der Attributtabelle dieses neuen Themas wird ein neues Feld, in welches die Vulnerabilitätswerte der Verknüpfungsmatrix eingetragen werden, erstellt. Nach diesem Feld erfolgt nun die Klassifikation, so dass die Karte 3 fünf Klassen der Vulnerabilität darstellt, zunächst ohne Berücksichtigung der Kontaminationsgefahr und ohne Verschneidung mit den Überschwemmungsgebieten. Bei der Kontrolle, ob beide Einzelbewertungen der Kriterien Schadenspotenzial und Überflutungstoleranz in der Karte im verknüpften Thema „Landwirtschaft-Vulnerabilität“ tatsächlich den Sollwert der Verknüpfungsmatrix darstellen, fielen an wenigen sehr kleinen Stellen Ungereimtheiten auf. An diesen Stellen lagen je zwei Bewertungen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz vor. Dort überlagerten sich nur kleinräumig die vom ATKIS extrahierten Daten der Gärtnereien mit den aktuell

beantragten Nutzungen. Da die ATKIS-Daten nicht ständig aktualisiert werden, ist diese „Doppelnutzung“ zu erklären. Diese kleinräumig, nur bei starker Vergrößerung zu sehenden Ungereimtheiten wurden belassen, da es im Grundsatz um die Vorführung des Verfahrens geht.

		Überflutungstoleranz (transf.)		
		I	II	III
Schadenspotenzial	I	I	II	III
	II	II	III	III
	III	III	III	IV
	IV	III	IV	V

Abbildung 10: Verknüpfungsmatrix aus Überflutungstoleranz (transformiert) und Schadenspotenzial

Da die Exposition bzw. eine bedeutende Exposition bei der kommunalen flächenbasierten Vulnerabilitätsermittlung die Voraussetzung für die Existenz von Vulnerabilität ist, müssen nun die vulnerablen landwirtschaftlichen Flächen mit den beiden Überschwemmungsszenarien verschnitten werden (siehe Karten 4, 5). Der Einfluss der Kontaminationsgefahr über die bereits für das Projekt definierten potenziellen Schadquellen auf die Vulnerabilität kann noch nicht dargestellt werden. Ausgehend von Experteneinschätzungen (Mitarbeiter des Umweltforschungszentrums Halle-Leipzig, Mitarbeiter des Boden- und Grundwasserschutzes der Stadt Köln), die sagen, dass Schadstoffe schon einige Meter bis Kilometer bzw. einige 100 Meter bis Kilometer transportiert werden können, erfolgt die Bildung von drei abgestuften Pufferzonen um die potenzielle Schadquellen. Anhand der Expertenaussagen wird nach eigenem Ermessen der größte Radius um einen potenziellen Emittenten mit  $R_3=300$  m festgelegt. Die beiden inneren Radien werden nicht einfach mit  $R_1=100$  m und  $R_2=200$  m festgelegt, da die Ausbreitung der Schadstoffe nicht linear, sondern flächenhaft erfolgt. Demnach wird ausgeht von der Kreisfläche mit einem Radius von 300 m drei gleich große Flächen ermittelt. Die beiden inneren Radien bestimmen sich über die Flächenformel  $A=\pi R^2$ . Daraus ergeben sich für  $R_1$  rund 170 m und für  $R_2$  rund 245 m. Innerhalb des ersten Puffers mit  $R_1$  besteht eine hohe Kontaminationsgefahr, innerhalb des zweiten

Puffers mit  $R_2$  eine mittlere und innerhalb des dritten Puffers mit  $R_3$  eine geringe Kontaminationsgefahr. Bei einer Anhäufung von potenziellen Schadquellen ist es möglich, dass über dem ersten Puffer einer potenziellen Schadquelle auch noch ein mittlerer Puffer einer anderen potenziellen Schadquelle liegt. Es besteht die Überlegung, den Pufferzonen Punkten zuzuordnen und bei Überlagerung die Punkte aufzuaddieren, aber folgende Abbildung 11 zeigt, dass dadurch die Puffer so stark zerschnitten werden, dass die Übersichtlichkeit verloren geht. Aus diesem Grund werden einfach nur die Puffer gleicher Rangigkeit ohne Überlagerung verbunden (siehe Abbildung 12). Ziel ist es, verknüpft mit einem digitalen Geländemodell die Abfrage so zu starten, dass von der ursprünglichen Pufferung nur die Ausbreitungsbereiche dargestellt werden, die in der Geländehöhe unter der Höhe der potenziellen Schadquelle liegen, da sich die Schadstoffe entlang der Höhenlinien flussabwärts bewegen. Die Abfrage läuft derzeit mit Hilfe des Programms ERDAS IMAGINE im DLR.

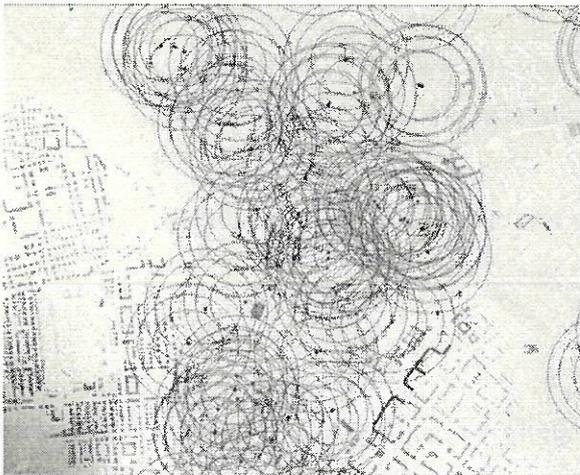


Abbildung 11: Pufferung mit Überlagerung



Abbildung 12: Pufferung mit Überlagerung

## 2.4 Ermittlung der Vulnerabilität der Umwelt

### 2.4.1 Experteninterviews

Die Frage, ob die Umwelt gegenüber einem Hochwasser vulnerabel ist, ist nicht leicht zu beantworten. Es gibt nur wenige Studien und Literaturquellen, die sich mit den Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt beschäftigen. Die Situation sieht für das Einzugsgebiet der Elbe und speziell für Dresden etwas besser aus als

für das Fallbeispiel Köln, wo selbst die befragten Experten keine Studien über die Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt für den Raum Köln kannten. Um zu klären, ob es überhaupt Sinn macht, die Vulnerabilität zu ermitteln und damit das Verfahren der Erstellung des Vulnerabilitäts-, System- und Bewertungs- und Aggregationsmodells und der Ableitung von Handlungsempfehlung durchzuführen, wurden zunächst Experteninterviews durchgeführt. Während der Begriff der Vulnerabilität bei den Expertengesprächen erläutert wurde, blieb der Begriff Umwelt bewusst frei interpretierbar.

Hier bestand genau wie im Bereich Landwirtschaft das Ziel darin, alle Akteure bzw. Repräsentanten im Bereich Umwelt, die in Verbindung mit dem Hochwasser und seinen Folgen standen, zu interviewen. Die Befragung erfolgte wie im Bereich Landwirtschaft qualitativ in Form des problemzentrierten Interviews. Auch hier wurde bei der Beantwortung der Fragen in Dresden immer wieder der Bezug zu dem Hochwasser 2002 hergestellt. In Köln bezogen sich die Experten meist auf die letzten großen Hochwasser von 1993 und 1995. Folgende Themenschwerpunkte wurden in den Interviews abgefragt:

- Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt im Allgemeinen
- Auswirkungen auf verschiedene Umweltmedien und Arten
- Existenz von Umweltvulnerabilität
- Existenz von Vulnerabilität der einzelnen Umweltmedien und Arten
- potenzielle Schadquellen und Anlagensicherheit

### **Dresden**

In Dresden wurden 17 Experteninterviews geführt. Als Experten wurden Mitarbeiter der Ressorts Boden, Grundwasser/ Altlasten, Oberflächenwasser, Naturschutz & Landschaftspflege der folgenden Behörden und Verbände ausgewählt<sup>18</sup>:

- Mitarbeiter des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden
  - Mitarbeiter der Stadtökologie
  - Mitarbeiter im Bereich Grundwasser und Altlasten
  - 3 Mitarbeiterin des Abfall- und Bodenschutzes (in einem Interview)
  - Mitarbeiter der Gewässer- und Bodenpflege
  - Mitarbeiterin im Bereich Oberflächenwasser
  - zuständige Mitarbeiterin für VAWS-Anlagen

---

<sup>18</sup> Die Befragung fand vor der Funktionalreform statt, so dass einige Behörden mit der oben beschriebenen Formulierung gar nicht mehr existieren.

- 2 Mitarbeiter im Naturschutz (in einem Interview)
- Mitarbeiter des Staatlichen Umweltfachamtes Radebaur
  - Mitarbeiter im Bereich Oberflächen- und Grundwasser
  - Mitarbeiterin in der Naturschutz und Landschaftspflege
  - Mitarbeiter im Bereich Boden und Altlasten
- Mitarbeiter des Landesamtes für Umwelt und Geologie
  - Mitarbeiter des Referates Landschaftspflege und Artenschutz
  - Mitarbeiter des Referates Bodenschutz
  - Gewässergüterreferentin
  - Mitarbeiterin des Referates Grundwasser und Altlasten
  - Mitarbeiter des Landeshochwasserzentrums, Gedächtnisprotokoll
- Mitarbeiter des Umweltforschungszentrums Halle-Leipzig
- Mitglied des Umweltverbandes BUND

Es wird zusammenfassend deutlich, dass das Umweltamt Dresden und das ehemalige Staatliche Umweltfachamt als Unter- bzw. Mittelbehörde nur bei großem Handlungsdruck eigene Untersuchung oder Ortsbegehungen machen, und dass sie als Vollzugsbehörden kaum Zeit haben, sich mit Auswirkungen auf die Umwelt auseinander zu setzen. Nur die obersten Behörden sind in der Lage Auswirkungen genauer zu untersuchen, wobei auffällt, dass es gar keine Erhebungen der Arten gibt. Die Frage nach den Auswirkungen auf die Umwelt im Allgemeinen, wurde von der Mehrheit sofort auf das spezifische Ressort bezogen, so dass es schwer fiel zu unterscheiden, ob die Aussagen die Umwelt im Allgemeinen oder die einzelnen Umweltmedien betrafen. Die Mehrheit sieht keine nachhaltigen Auswirkungen auf die Umwelt und ihre Funktionen. Viele Experten sehen das Hochwasser als natürlichen Prozess an, mit welchem die Umwelt gut umgehen kann. Die Experten sehen auch für die Arten und deren Lebensräume, die Böden, das Oberflächenwasser und die Grundwasser- und Altlastensituation keine nachhaltigen Beeinträchtigungen. Einige Experten denken dennoch, dass das Hochwasser einen kurzfristigen Schock und auch kurzfristige Beeinträchtigungen ausgelöst hat. So musste beispielsweise an einigen Standorten, der Boden abgetragen und entsorgt werden.

Aus den Experteninterviews wurde auch klar, dass in der Umwelt sehr komplexe Prozesse ablaufen und es oft keine eindeutigen oder systematischen Trends von einem Hochwasser abzuleiten sind. Es fanden im Bereich Boden, Altlasten und

Grundwasser Verdünnungseffekte aber auch Aufkonzentrationen statt. Veränderungen in der Artenzusammensetzung, also zunächst eine Verdrängung oder Rückzug einiger Arten, die Ausbreitung widerstandfähigerer Arten und die erneute Anpassung bei Einstellung der alten Lebensbedingungen wird als natürlicher Prozess betrachtet. In Dresden seien genug Rückzugsräume vorhanden, von denen eine Wiederbesiedlung starten könne. Die Artenverarmung infolge veränderter Landnutzung im letzten Jahrhundert oder durch die Deichinstandsetzungen sollen im Forschungsprojekt nicht berücksichtigt werden. Die Verschlammung der Auen, aber auch kleinräumig stattfindenden Erosionsprozesse werden von den Experten als natürliche Auendynamik betrachtet. Der angeschwemmte Müll und Unrat war überall zu finden. Es gab hier keine lokalen Unterschiede.

Obwohl die Mehrheit der Experten in der Ölfreisetzung nur ein kurzfristiges Problem und keine nachhaltige Umweltschädigung sehen, betonen sie dennoch in der Mehrheit, dass die potenziellen Schadquellen zu sichern sind. Einige Experten sehen Handlungsbedarf bezüglich der fehlenden Umsetzungsfristen in den VAWS-Vorschriften und hinsichtlich der fehlenden Berücksichtigung der Gefährdung durch das Grundwasser.

Aus den Experteninterviews wurde deutlich, dass die reinen Wassermassen, die Sedimentations- und Erosionsprozesse aufgrund der Natürlichkeit ihres Vorkommens keine Vulnerabilität in der Umwelt erzeugen. Es ist auch keine Vulnerabilität gegenüber den Müll- und Unratmenge zu erkennen, da es bei deren Ablagerung während des Hochwassers keine eindeutigen lokalen Unterschiede gab. Wenn eine Umweltvulnerabilität infolge eines Hochwasser besteht, dann diejenige gegenüber Kontaminationen. Es wurde auch klar, dass diese Umweltvulnerabilität erst da entsteht, wo Schadstoffe sich bedingt durch die menschliche Nutzungen in den Überschwemmungsgebieten befinden. Besteht eine Umweltvulnerabilität, welches nur wenige Experten so einschätzen, dann halten die sie wertvolle Lebensräume, relative intakte Böden und gering geschützte Grundwasserbereiche für besonders vulnerabel. Wertvolle Lebensräume und intakte Böden besäßen zwar ein größeres Regulationsvermögen, aber sie seien insgesamt als vulnerabel gegenüber Kontaminationen zu bezeichnen, da es gerade im Stadtgebiet nur noch wenige Flächen verbleiben, die relativ gut ihre Umweltfunktionen erfüllen. Sie dürfen nicht gefährdet werden, so die Meinung der Experten. Es müsse auch berücksichtigt werden, dass die Regulationsfähigkeit der Umwelt an ihre Grenzen stößt.

Schwerlösliche organische Verbindungen und Schwermetalle verblieben im System und könnten es unter gewissen Umständen schädigen.

Als potenzielle Schadquellen werden vor allem private und gewerbliche Öltanks, Industrie und Gewerbe aufgrund der gelagerten umweltgefährdenden Stoffe genannt. Grundsätzlich empfinden die Experten die VAWS-Vorschriften als ausreichend. Als problematisch werden die fehlenden Umsetzungsfristen betrachtet. Die Regelungen nach Immissionsschutzrecht werden nicht erwähnt. Von einigen Experten wurden ebenfalls die Altlasten und die landwirtschaftlich genutzten Flächen als potenzielle Schadquellen genannt. Auch wenn insgesamt der von ihnen ausgehende Schaden als nicht nachhaltig eingeschätzt wird, so ginge von ihnen doch eine Gefahr für die Umwelt aus.

Aus dem Gespräch mit einem Experten aus dem Forschungsverbundprojekt „Schadstoffausbreitungsmodellierung und Risikoberwertung im Raum Bitterfeld bei Extremhochwasser“ wurde klar, dass es noch mit vielen Unsicherheit verbunden ist, in unmittelbarer Zukunft noch nicht in Kommunen angewendet kann und bisher auch nur einzelne Stoffe berücksichtigt werden. Aus dem Forschungsprojekt „ELBE-LABE – Vorsorgende Hochwasserschutzmaßnahmen durch transnationale Raumordnung (ELLA)“ stammen zwar Daten potenziell schadhafter Punktquellen, auch speziell für den Raum Dresden, diese Quellen beziehen sich aber nicht ausschließlich auf eine Schadwirkung bezüglich der Umwelt.

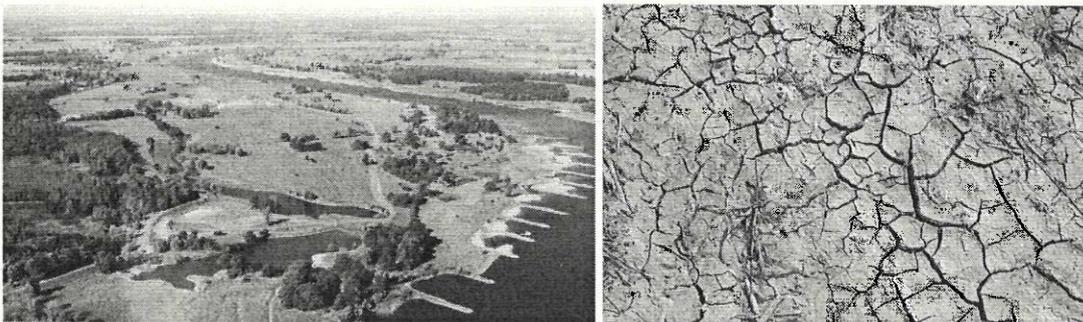


Abbildung 13: Elb-Auenlandschat (r), Sedimentation in der Elbe-Aue (l), Quelle: Böhme et al., 2005: 37, 52

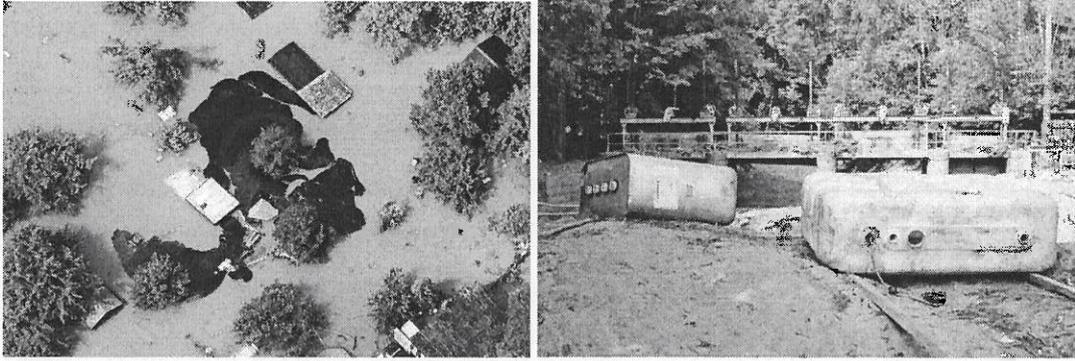


Abbildung 14: Ölfahne (l), ausgelaufene Öltanks (r); Quelle: Böhme et. Al, 2005: 30,9



Abbildung 15.: Bild zu Ölschlieren und Transport auf dem Wasser, Quelle: Böhme et al, 2005, S. 28

## Köln

In Köln sollte analog zu Dresden verfahren werden. Leider war das Interesse, an den Experteninterviews teilzunehmen, geringer. So konnte beispielsweise auch kein Mitglied eines Umweltverbandes für ein Interview gewonnen werden. Insgesamt wurden 12 Interviews geführt.

Befragt wurden:

- Mitarbeiter des Umwelt- und Verbraucherschutzamtes Köln
  - 3 Mitarbeiter der Abteilung Boden- und Grundwasserschutz
  - 1 Mitarbeiter der Unteren Landschaftsbehörde
  - 1 Mitarbeiter der Abteilung Immissionsschutz, Wasser- und Abfallwirtschaft
- Mitarbeiter der Bezirksregierung Köln
  - 1 Mitarbeiter des Dezernates Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
  - 1 Mitarbeiter des Dezernates Natur- und Landschaftsschutz

- 1 Mitarbeiter des Dezernates Anfallwirtschaft (einschließlich anlagenbezogener Umweltschutz)
- Mitarbeiter des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
  - 1 Mitarbeiter der Abteilung Bodenschutz und Altlasten
  - 1 Mitarbeiter der Abteilung Naturschutz und Landschaftspflege
  - 1 Mitarbeiter der Abteilung Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
- Mitarbeiter der RheinEnergie

Zusammenfassend kann für Köln gesagt werden, dass nur bei Handlungsdruck, z. B. der großflächigen Ölkontamination im Stadtteil Rodenkirchen, Messungen der Umweltqualität vorgenommen wurden. Ansonsten fanden bezüglich der speziell Auswirkungen eines Hochwassers auf die Umwelt keine Untersuchungen statt.

Die Mehrheit der Experten halten Hochwasser für einen natürlichen Prozess mit dem die Umwelt umgehen kann. Es wird auch betont, dass angepasste Ökosysteme, beispielsweise autotypische Ökosysteme keine Probleme haben, mit den Wassermassen fertig zu werden. Sie würden im Gegenteil sogar davon profitieren. Obwohl es für die Umwelt ein Schock ist, wenn längerer Zeit seit dem letzten Hochwasserereignis vergangen sei. Von gravierenden Kontaminationen und langfristig nachhaltigen Umweltschäden ist den meisten Experten nichts bekannt. Befürchtungen, dass die 1993 infolge des Hochwassers ausgelaufenen Öltanks dauerhafte Schäden in den Ökosystemen anrichten können, wurden nicht bestätigt. Nach Meinung einzelner Experten steht zudem die verbesserte Rheinqualität seit der 70er Jahren dafür, dass nur noch geringe Schadstoffmengen, z. B. an Schwermetallen verfrachtet werden. Insgesamt sehen die Experten für die Lebensgemeinschaften und deren Lebensräume, das Grund- und Oberflächenwasser, keine nachhaltigen Auswirkungen der infolge eines Hochwassers auftretenden enormen Wassermassen und möglicher Kontaminationen. Einschätzungen diesbezüglich werden für den Boden von den Experten nicht gemacht.

Es werden positive Effekte wie die Entstehung von neuen Lebensräumen durch veränderte morphologische Strukturen und den Anstieg der Artenvielfalt gesehen. Die Umschichtungen in den Lebensgemeinschaften, also die Verdrängung einiger Arten und die Ausbreitung anderer Arten seien natürliche Prozesse infolge eines

Hochwassers. Die Verschlammung wäre gering gewesen und hätte deshalb bei den vergangenen Hochwassern keine Bedrohung für die Lebensgemeinschaften dargestellt. Durch die als gut eingeschätzte Biotopvernetzung würde auch eine Wiederbesiedlung problemlos ablaufen. Für den Grundwasserbereich rechnet ein Experte bei Hochwasser mit Verdünnungseffekten, sollten Schadstoffe aus Altlasten ausgetragen werden oder es zu Neueinträgen von Schadstoffen kommen. Dass der Boden von Ölkontaminationen beeinträchtigt worden ist, zeigt der Einsatz von extra angefertigten Biocracks zur Sanierung der Böden. Die Gefahr von weiteren Schadstoffen für den Boden wird nicht gesehen. Abtrag von Böden und Sedimentation werden von den Experten als atypische Prozesse angesehen. Für die Gewässer stellen Schadstoffeinträge nach Angaben der Experten aufgrund der enormen Wassermassen und dem resultierenden Verdünnungseffekt kein Problem dar. Das hätten auch routinemäßig durchgeführte Wasserproben nach einem Hochwasser gezeigt. Für Öl gilt dieser Prozess allerdings, wie ein Experte berichtet, da sich Öl physikalisch nicht verdünnen könne.

Aus den Experteninterviews geht hervor, dass eine Vulnerabilität der Umwelt gegenüber möglichen Kontamination, nicht aber gegenüber den reinen Wassermassen gesehen wird. Daraus ergeben sich die von den Experten gemachten Handlungsempfehlungen zur zunehmenden Sicherung, der Vermeidung oder gar der Eliminierung von potenziellen Schadquellen in Überschwemmungsgebieten. Sehen die Experten eine konkrete Gefahr durch Kontaminationen für die Umwelt, so schätzt die Mehrheit wertvolle Biotope, schützenswerte Böden mit besonderer Funktionalität wie einer hohen Bodenfruchtbarkeit oder Grundwasserbereiche mit gering überlagerten Bodenmächtigkeiten als besonders vulnerabel ein.

Als potenzielle Schadquellen werden vor allem Öltanks, Gewerbe und Industrie, und insbesondere Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffe und Störfallbetriebe genannt. Die Großindustrie sei aber durch die bestehenden rechtlichen Vorschriften und auch aus Eigeninteresse gut vor einem Hochwasser geschützt. Einigen Experten sind die rechtlichen Vorschriften ausreichend formuliert. Probleme gäbe es aber bei privaten Öltanks, älteren Anlagen und Betriebsbereichen und bei einem Hochwasser mit einer größeren Jährlichkeit als 100 Jahren. Vereinzelt zählten die Experten Altlasten und landwirtschaftliche Nutzflächen als potenzielle Schadquellen auf. Dabei wurde betont, dass von den Altlasten immer, auch

unabhängig von Hochwasserereignissen, eine Gefahr für das Grundwasser ausginge.

### **Abschließende Einschätzungen und Schlussfolgerungen aus Befragungen**

Insgesamt wurden die Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt von den sächsischen und nordrheinwestfälischen Experten ähnlich beschrieben und auch ähnlich eingeschätzt. Auch wenn die Experten für die Fallbeispiele Dresden und Köln keine nachhaltigen Umweltschäden sehen, so sind sie sich doch einig, dass potenzielle Schadquellen in Überschwemmungsgebieten, die durch die Freisetzung von umweltgefährdenden Stoffen zumindest zu kurzfristigen Beeinträchtigungen der Umweltfunktionen führen, stärker gesichert, in zukünftigen Planungen vermieden oder eliminiert werden müssen.

Trotz der Einschätzungen, dass die Umwelt nicht nachhaltig geschädigt wird, betonen vor allem die für Köln zuständigen Experten die Vulnerabilität gegenüber Kontaminationen. Einigkeit bestand darin, dass die reinen Wassermassen in der Umwelt keine Vulnerabilität erzeugen. Die Aussagen der wenigen Experten, die wertvolle Biotope und schutzwürdige bzw. funktionsfähige Böden für besonders vulnerabel halten, unterstützen die ebenfalls die eigenen Überlegungen. Die Argumentation der Experten, dass gerade jene Landschaftsausschnitte so vulnerabel gegenüber möglichen Schadstoffeinträgen sind, weil sich deren gute Umweltqualität bzw. Umweltfunktionen nicht so schnell wiederherstellen ließen. Übereinstimmung besteht auch mit den Experten, die die Grundwasserbereiche, die nur durch geringe Bodenmächtigkeiten geschützt sind, als besonders vulnerabel ansehen. Eine Kontamination an diesen Stellen könnte eine Verschlechterung der Grundwasserqualität und damit den Anspruch den Menschen auf sauberes Wasser gefährden. Wie in Kapitel 2.4.2 beschrieben, stellt die Erfüllung der Umweltfunktionen die Voraussetzung für das menschliche Leben dar.

### **2.4.2 Vulnerabilitätsmodell**

Um ein Verfahren zur Ermittlung der Vulnerabilität der Umwelt zu erstellen, muss der Begriff Umwelt für das Forschungsprojekt definiert werden.

Als ersten Ansatz scheint eine Übernahme der begrifflichen Bestimmungen aus der Gesetzgebung sinnvoll. Nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) versteht man unter Naturhaushalt „seine Bestandteile Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere und Pflanzen sowie das Wirkungsgefüge zwischen ihnen...“ (§ 10 I Nr. 1 BNatSchG). Unter den Zielen des Naturschutzes wird nach dem Gesetz folgendes verstanden: „Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Lebensgrundlagen des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und, soweit erforderlich, wiederherzustellen...“ (§ 1 BNatSchG). Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) zählen zu den bereits genannten Aspekten auch die menschliche Gesundheit, Kulturgüter und sonstige Sachgüter zur Umwelt (§ 2 UVPG). Diese sollen für das Forschungsprojekt allerdings ausgeschlossen werden. Wesentlich scheint die Aussage, dass die Umwelt bzw. Natur und Landschaft als Lebensgrundlage des Menschen und hinsichtlich ihres Eigenwertes betrachtet werden muss. Als Lebensgrundlagen des Menschen können Umweltfunktionen wie die Bereitstellung von fruchtbaren Böden zum Anbau von Nahrungsmitteln, sauberem Wasser und sauberer Luft klar definiert werden. Diese menschliche Sichtweise, die Umwelt als „Lieferant für Dienste“ anzusehen, ist eben daraus zu erklären, dass die Menschheit ohne diese Dienste nicht überleben könnte. Was sich hinter „auf Grund ihres Eigenwertes“ verbirgt, kann allerdings nicht so klar definiert werden. Aus menschlicher Sicht lässt es sich schwer einschätzen, welchen Zustand die Umwelt anstrebt. Beobachtet man sich selbst überlassene Flächen, so führt die Selbstorganisation zu nachhaltigen und tragfähigen Systemen. Dieser Zustand scheint auch im Sinne der Menschheit zu liegen, da so die menschlichen Lebensgrundlagen aufrechterhalten werden können. Bei der Betrachtung der Umwelt sollte demnach der Fokus nicht auf die einzelnen Bestandteile wie Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere, Pflanzen gelegt werden, sondern stärker auf deren Wechselwirkungen untereinander. Genau diese Wechselwirkungen bzw. die komplexen Vorgänge ermöglichen u. a. den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, die Bereitstellung von sauberem Wasser.

In einem zweiten Ansatz sollten die Aussagen in der Literatur herangezogen werden. Bastian betont mit dem von ihm verwendeten Begriff „Landschaftsfunktionen“ die für den Menschen notwendige funktionale Bewertung der Landschaftsstrukturen. Da der Mensch die Naturräume teilweise seit Jahrhunderten zum Erhalt seiner

Lebensgrundlagen nutzt, ist es nur logisch, dass er sie hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit bewertet. Er unterscheidet Produktionsfunktionen (ökonomische Funktionen), Regulationsfunktionen (ökologische Funktionen) und Lebensraumfunktionen (soziale Funktionen). Unter den Produktionsfunktionen versteht er zusammengefasst die Verfügbarkeit erneuerbarer Ressourcen, unter den Regulationsfunktionen die Regulation von Stoff- und Energiekreisläufen wie die Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion des Bodens, die Grundwasserneubildung, die Selbstreinigung von Oberflächengewässern, den Temperatenausgleich oder die Regulation der Organismenpopulationen und unter den Lebensraumfunktionen psychologische und humanökologische Funktionen, aber auch die Informations- und Erholungsfunktion (BASTIAN, 1994: 39 ff). Im Millenium Ecosystem Assessment wird von Ökosystem-Dienstleistungen gesprochen, da Ökosysteme für sie Funktionen und Güter bereitstellen, die für das menschliche Wohlergehen unverzichtbar sind. Ökosysteme und die Gesellschaft können demnach nicht getrennt betrachtet werden. Ökosystem-Dienstleistungen werden hier in vorsorgende Ökosystem-Dienstleistungen wie Nahrung, Trinkwasser oder Brennholz, in regulierende Ökosystem-Dienstleistungen wie die Klimaregulation, die Wasserspeicherung oder die Bestäubung, in kulturelle Ökosystem-Dienstleistungen wie ästhetischer Wert, Erholung, regionale Identität und die erhaltende Ökosystem-Dienstleistungen wie die Bodenbildung oder die Nährstoffkreisläufe eingeteilt (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003: 5).

Für das Forschungsprojekt werden unter dem Begriff Umwelt folgende Umweltfunktionen bzw. Ökosystem-Dienstleistungen zum Erhalt ihres Eigenwertes und als Lebensgrundlage für den Menschen im besiedelten und unbesiedelten Bereich verstanden:

- Erhalt der **Bodenfruchtbarkeit** in Verbindung mit intaktem Nährstoff- und Wasserkreislauf als Voraussetzung für die Existenz von Kultur- und Wildpflanzen wiederum als Voraussetzung der Nahrungssicherung (Bodenfunktion)
- Erhalt der **Filter-, Puffer- und Transformatorfunktionen** des Bodens als Schutz des Grundwassers und somit Sicherstellung der **Grundwasserqualität** als Voraussetzung für die Trinkwassergewinnung, aber auch zur **Sicherung der Bodenqualität** als Voraussetzung für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit

und für die Ansiedlung von Lebensgemeinschaften (Boden- und Grundwasserfunktion)

- Erhalt der **Oberflächenwasserqualität** als Lebensraum für aquatische Lebensgemeinschaften und der Sicherung der Wassergewinnung für die Trinkwasserversorgung (Oberflächenwasserfunktion)
- Erhalt der **Artenvielfalt** zur Sicherung eines Genpools und zur Gewährleistung der Sauerstoffproduktion, der Bestäubung von Pflanzen, der Bodenbildung und anderer Prozesse (Arten- und Biotopschutzfunktion)

Für die Ermittlung der Umweltvulnerabilität muss nun bestimmt werden, ob und wie diese Umweltfunktionen bzw. Ökosystem-Dienstleistungen durch ein Hochwasserereignis beeinträchtigt werden können. Ausgehend von den Expertenmeinungen und der eigenen Einschätzung ist die Umwelt gegenüber den reinen Überschwemmungsprozessen nicht vulnerabel. Diese Prozesse hindern, wenn überhaupt, nur sehr kurzfristig die Bereitstellung der Ökosystem-Dienstleistungen. Die Lebensgrundlage des Menschen ist nicht gefährdet. Anders sind die von den menschlichen Nutzungen ausgehenden Gefährdungen infolge eines Hochwassers wie z. B. die Schadstoffausbreitung von unzureichend gesicherten Anlagen zu bewerten. Diese können zu Kontaminationen in der Umwelt führen und die oben aufgeführten Umweltfunktionen beeinträchtigen. Betrachtet man die Umwelt bezüglich ihres Eigenwertes, so ist davon auszugehen, dass dieser aufgrund von Kontaminationen geschmälert wird. Die Ökosysteme werden sich aber an die veränderten Bedingungen anpassen und über die Zeit ohne weitere Eingriffe auch regenerieren. Der Mensch ist dagegen auf die Umweltfunktionen bzw. Ökosystem-Dienstleistungen angewiesen. Ein Ausfall bzw. eine Einschränkung über eine längere Zeit wäre für die Sicherung der Lebensgrundlagen, auch die künftiger Generationen vgl. § 1 BNatSchG bedrohlich.

Auf Grundlage der Definition der Begriffe Umwelt und Umweltvulnerabilität und der Einschätzungen der Experten und den in der Literatur vertretenden Meinungen konnte für den Bereich Umwelt ein Verfahren zur Ermittlung der Vulnerabilität (Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn) erstellt werden (siehe Abbildung 16). Dabei entstand das Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn nicht chronologisch vor der Erarbeitung des Systemmodells, sondern es wurde im Laufe der Projektbearbeitung rückgreifend immer wieder ergänzt und angepasst. Das Verfahren zur Ermittlung der Umweltvulnerabilität besteht aus zwei Arbeitsschritten: der vorab geschalteten

Expositionsanalyse als Filterfrage für die eigentliche Vulnerabilitätsanalyse und der Vulnerabilitätsanalyse.

### Expositionsanalyse

Da eine Umweltvulnerabilität nur gegenüber Kontaminationen besteht, ist die Exposition von potenziellen Schadquellen im betrachteten Überschwemmungsgebiet die Voraussetzung für die eigentliche Vulnerabilitätsanalyse. Liegen keine potenziellen Schadquellen im Überschwemmungsgebiet, können auch keine Umweltverschmutzungen erfolgen. Damit erübrigt sich die Vulnerabilitätsanalyse. Die Umwelt einer Kommune wäre damit nicht vulnerabel. Die Expositions- und Vulnerabilitätsanalyse erfolgt durch die Kommune und ist somit auf die Fläche innerhalb der Stadtgrenzen beschränkt. Potenzielle Schadquellen liegen vielleicht genau hinter der Stadtgrenze und bedrohen mit Ausbreitung der Schadstoffe in Fließrichtung die benachbarte Kommune. Daher empfiehlt sich eine Zusammenarbeit benachbarter Kommunen.

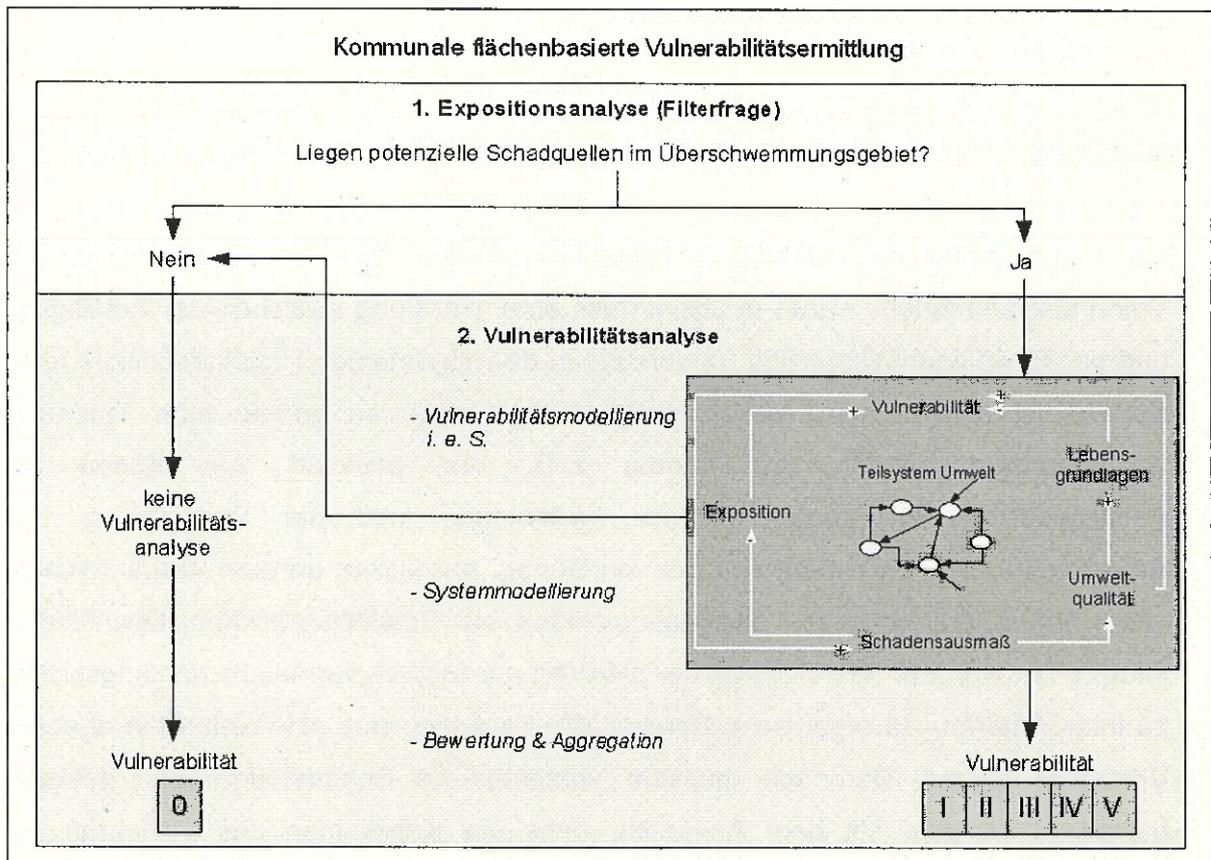


Abbildung 16: Vulnerabilitätsmodell im weiteren Sinn: Verfahren zur Ermittlung der Umweltvulnerabilität

## Vulnerabilitätsanalyse

Die Vulnerabilitätsanalyse umfasst das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn, die unter 2.4.3 beschriebene Systemmodellerstellung und die unter 2.4.4 erläuterte Bewertung und Aggregation der aus dem Systemmodell abgeleiteten Indikatoren/ Kriterien. Das Ergebnis der Vulnerabilitätsanalyse ist eine Einschätzung der Vulnerabilität in den Klassen von I bis V.

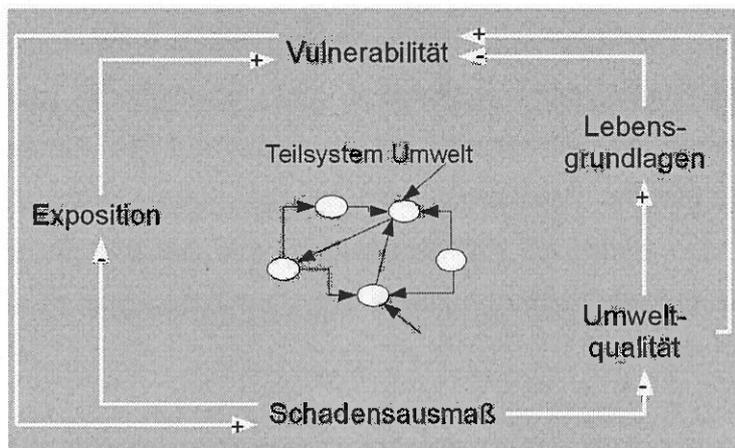


Abbildung 17: Vulnerabilitätsmodell Umwelt

Abbildung 17 stellt das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn dar. Hierbei soll der Begriff der Vulnerabilität für den gegebenen Untersuchungsgegenstand, in dem Fall die Vulnerabilität der Umwelt, konkretisiert werden. Bei der Erstellung dieses Vulnerabilitätsmodells wurde deutlich, dass eine Trennung zwischen der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität, anders als in der allgemeinen Projektdefinition, nicht sinnvoll ist. Ginge man wissenschaftlich ins Detail, so könnte eine Trennung vorgenommen werden. So könnte z. B. der pH-Wert von Böden als Anfälligkeitsindikator gegenüber der Freisetzung und der Verlagerung von Schadstoffen und die Pufferkapazität von Böden, gemessen an dem Vorhandensein von Humus, Tonmineralien und Sesquioxiden als Bewältigungskapazitätsindikator interpretiert werden. Allerdings ist der pH-Wert nur für Schwermetalle richtungssicher zu interpretieren, da organische Schadstoffe bezüglich des pH-Wertes ein anderes Verhalten zeigen. Demnach müssten verschiedene Schadstoffgruppen getrennt betrachtet werden. Mit dem Anspruch, dass die Kommunen das Verfahren zur Vulnerabilitätsermittlung relativ einfach und mit zur Verfügung stehenden Daten durchführen können sollten, wären diese detaillierten wissenschaftlichen

Betrachtungen zu komplex. Zudem müssten eine Reihe von Daten neu erhoben werden.

Es geht bei der Vulnerabilität der Umwelt gegenüber Kontaminationen um die beeinträchtigte Umweltqualität bzw. Umweltfunktionen und damit um die menschlichen Lebendgrundlagen. Im Begriff der Umweltqualität ist die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität enthalten: Eine hohe Umweltqualität steht einerseits für eine hohe Anfälligkeit, das bedeutet, dass bei einer Kontamination ein hohes Schädigungspotenzial besteht bzw. ein hohes Potenzial an Qualitäts- und damit Funktionsverlust. Eine hohe Qualität steht andererseits gleichzeitig für ein großes Puffervermögen, diese potenziellen Schäden über Selbstorganisation wieder auszugleichen. Unter dem Strich bedeutet eine Kontamination aber immer einen Eingriff in das Ökosystem. Umweltfunktionen bzw. Ökosystem-Dienstleistungen werden beeinträchtigt. Die Schäden, beispielsweise eine Kontamination mit Schwermetallen oder schwer abbaubaren organischen Schadstoffen, sind nicht immer vollständig auszugleichen. In anderen Fällen bedarf es einer bestimmten Zeitspanne der Regenerationen, in der aber die Umweltfunktionen auch nur eingeschränkt erfüllt werden, so dass insgesamt eine hohe Umweltqualität für eine hohe Vulnerabilität steht.

Das Vulnerabilitätsmodell im engeren Sinn stellt nach der unter 2.1.1 beschriebenen Systemtheorie eine Rückkopplungsschleife dar. Eine hohe Umweltqualität, welche sich aus intakten Umweltfunktionen bzw. Ökosystem-Dienstleistungen ergibt, impliziert eine hohe Vulnerabilität der Umwelt. Die Vulnerabilität gegenüber Kontaminationen reduziert sich stark, wenn sich nur wenige potenzielle Schadquellen mit geringer Kontaminationsgefahr im Überschwemmungsgebiet befinden. Die Vulnerabilität, die sich aus der bestehenden Umweltqualität verknüpft mit dem Vorhandensein von potenziellen Schadquellen ergibt, bestimmt das Schadensmaß. Ein großer Schaden führt zu einer reduzierten Umweltqualität und damit zu einer zunehmenden Bedrohung der Lebensgrundlagen. Die gefährdeten Lebensgrundlagen erhöhen wiederum die Vulnerabilität. Gleichzeitig werden, wie die Erfahrungen in der Praxis zeigen, bei schlechter Umweltqualität, also einem tatsächlich aufgetretenen Schaden, rechtliche Grundlagen erlassen, um die potenziellen Schadquellen im Überschwemmungsgebiet zu sichern oder zu vermeiden. Werden die Rechtsetzungen umgesetzt, wäre die Vulnerabilität stark reduziert. Bei einem nächsten Hochwasserereignis fiel demnach der Schaden

geringer aus, was zum Erhalt der Umweltqualität und damit der Lebensgrundlagen beitrüge. Eine Verlagerung der potenziellen Schadquellen aus dem Überschwemmungsgebiet würde über die Vermeidung der Exposition zu einer Vulnerabilität von Null führen.

### 2.4.3 Systemmodell

Mit der Erstellung des Systemmodells erfolgt eine thematische Konkretisierung des Vulnerabilitätsmodells im engeren Sinn. Auch hinter dem nachfolgend beschriebenen Systemmodell stecken die allgemeine Systemtheorie und im Besonderen die Kybernetik nach Vester.

Aus den geführten Interviews und aus der Literatur konnten die wesentlichen Systemelemente, die die Vulnerabilität der Umwelt widerspiegeln, extrahiert werden. Auch deren Wechselwirkungen konnten herausgearbeitet werden. Es muss aber betont werden, dass es aufgrund der Komplexität der ökosystemaren Prozesse und einer weitgehenden Unkenntnis über das genaue Geschehen im Ökosystem nach einem Hochwasser das Systemmodell nur ein Versuch ist, die Realität abzubilden.

Das Systemmodell stellt im Wesentlichen eine Regelschleife, mit der über negative Rückkopplungen die Sicherheit potenzieller Schadquellen, damit die Umweltqualität und damit die Vulnerabilität gegenüber Kontamination infolge eines Hochwassers reguliert wird, dar (siehe Abbildung 18). Aus dem Systemmodell wird deutlich, dass von den menschlichen Nutzungen in der Aue Gefahren für die Umwelt (*potenzielle Schadquellen*) ausgehen. Damit gefährdet der Mensch über die Degradierung der Umweltqualität, die sich aus den Umweltfunktionen (Boden-, Grundwasser- und Oberflächenwasserfunktion, intakte Lebensgemeinschaften) ergeben, seine eigenen *Lebensgrundlagen*.

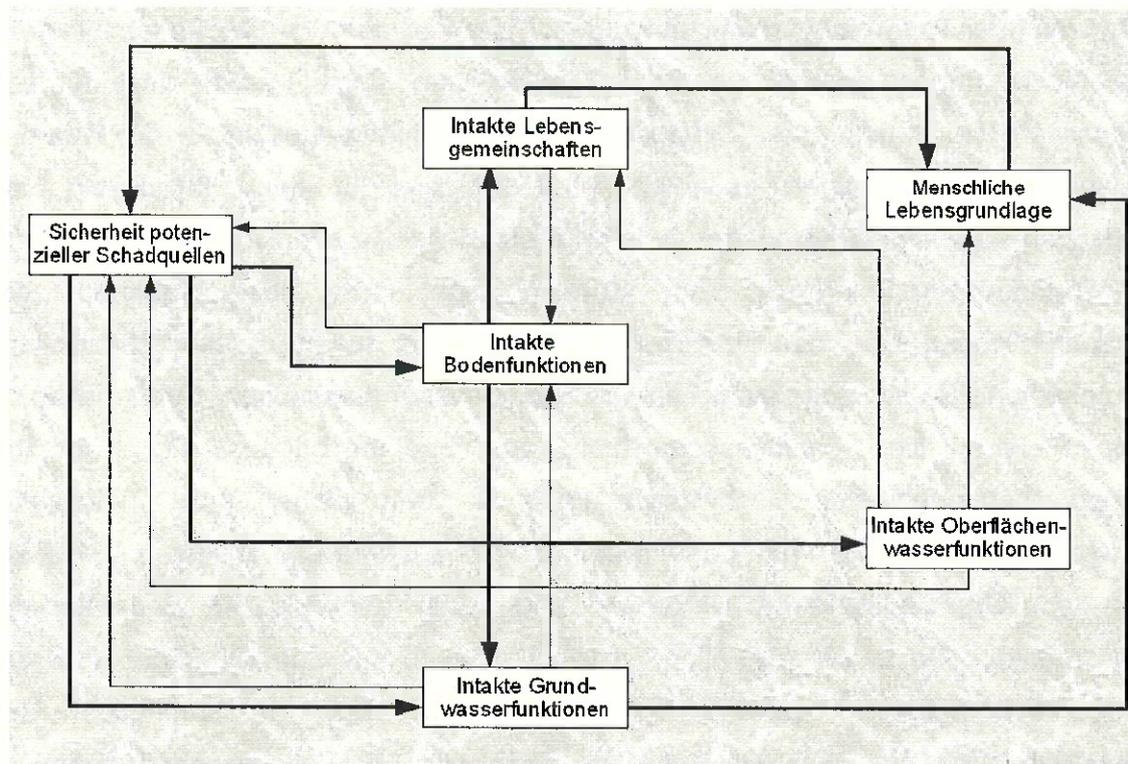


Abbildung 18: Systemmodell Umweltvulnerabilität gegenüber Kontamination infolge eines Hochwassers

Bekommt die Gesellschaft das zu spüren und/ oder messen Behörden kritische Werte im Boden, Grund- und Oberflächenwasser, leiten sie Maßnahmen zur Stärkung der *Sicherheit der potenziellen Schadquellen* ein, um die Umweltqualität in Zukunft und damit ihre Lebengrundlagen zu erhalten. An den ein- und ausgehenden Wirkungen des Systemelementes *Sicherheit potenzieller Schadquellen* wird deren Dominanz ersichtlich. Das Systemmodell macht damit auch klar, dass die Vulnerabilität der Umwelt bzw. der Umweltqualität erst aus einer unzureichenden *Sicherung der potenziellen Schadquellen* resultiert. Die *Schadquellen* in Form von oben bereits erwähnten defekten Anlagen und nicht gesicherten Altlasten beeinträchtigen die *Boden-, Grundwasser- und Oberflächenwasserfunktionen* und die *Lebensgemeinschaften* direkt. Aus defekten Anlagen freiwerdende Schadstoffe können in den Boden sickern und/ oder mit der abfließenden Hochwasserwelle die Oberflächenwasser verschmutzen und/ oder sich an Pflanzen anhaften. Über Auswaschungen von nicht gesicherten Altlasten können Schadstoffe auch in das Grundwasser gelangen.

Es besteht die Möglichkeit, dass die im Boden versickerten Schadstoffe von den Pflanzen oder Tieren aufgenommen werden. Tiere nehmen Schadstoffe auch indirekt bei der Nahrungsaufnahme über die Pflanzen auf. Damit besteht auch für den *Menschen* die Gefahr, dass Schadstoffe über die Nahrungskette in die Nahrung gelangen. Rückgekoppelt bedeuten Veränderungen in den pflanzlichen und tierischen *Lebensgemeinschaften* beispielsweise in den *Lebensgemeinschaften* der Bodenorganismen infolge von Kontamination eine Einschränkung der *Bodenfunktionen*. Über den Versickerungspfad besteht zudem die Möglichkeit, dass kontaminierte Böden Schadstoffe an das *Grundwasser* weiterleiten. Somit bestünde die Gefahr die *Trinkwasserqualität* zu beeinträchtigen. Ein erhöhter Grundwasserstand bei Hochwasser kann in den bisher nicht gesättigten Bodenbereich vordringen und dort vorhandene Schadstoffe z. B. Altlasten rüchlösen, mit dem Grundwasserstrom verbreiten und somit ebenfalls die *Bodenfunktion* einschränken. Da in einigen Fällen Trinkwasser auch aus dem Oberflächenwasser von Fließgewässern gewonnen wird, würde eine Kontamination des Oberflächenwassers über ein kritisches Maß eine Einstellung der Versorgung bedeuten. Im Oberflächenwasser befindliche Schadstoffe stellen auch eine Gefahr für die aquatischen Lebensgemeinschaften dar.

Wird über Messungen festgestellt, dass die *Boden-, Oberflächen- oder Grundwasserqualität* unter bestimmte Schwellenwerte gesunken ist oder die Lebensgrundlagen (*Nahrung, Trinkwasser*) kontaminiert sind, dann werden Maßnahmen gefordert, um die *Schadquellen* zu vermeiden oder zu sichern<sup>19</sup>. Damit bestünde eine geringe Kontaminationsgefahr und damit auch eine geringe Vulnerabilität.

### **Anpassung des Systemmodells?**

Aus den Interviews wurde aber deutlich, dass Oberflächenwasser gerade innerhalb der Fließgewässer wie Elbe und Rhein aufgrund der schnellen Verteilung und Verdünnung von Schadstoffen keine unterschiedlichen Vulnerabilitäten aufweisen. Grundsätzlich könnte gesagt werden, dass besonders wertvolle noch wenig belastete Fließgewässer aufgrund eines potenziell hohen Qualitätsverlusts bei einer Kontamination besonders vulnerabel sind. Innerhalb einer Kommune könnten jedoch

---

<sup>19</sup> Dieser Aspekt wurde in Dresden nach dem Hochwasser 2002 und den ausgelaufenen Öltanks deutlich – das rechtlich festgesetzte Überschwemmungsgebiet wurde neu ausgewiesen. Danach wurden die dort angesiedelten Gewerbe und Industriebranche als auch Privatpersonen kontaktiert und über die Vorschriften der VAWS informiert.

für die Fließgewässer keine unterschiedlichen Vulnerabilitätsstufen abgeleitet werden. Damit scheint das Systemelement *Intakte Oberflächenwasserfunktion* für das Systemmodell Umweltvulnerabilität gegenüber Kontamination keine Rolle zu spielen. Mit der Entnahme des Elementes würden aber auch die Beziehungen bzw. die Weitergabe der Beeinträchtigungen zu den *intakten aquatischen Lebensgemeinschaften*, zur *menschlichen Lebensgrundlage* (Trinkwassergewinnung) und die Wechselwirkung zur *Sicherheit der potenziellen Schadquellen* wegfallen. Bei der Entscheidung über die Vereinfachung des Systemmodells muss gefragt werden, ob das vereinfachte Modell noch die Realität abbildet. Bei einer Entnahme des Elementes *Intakte Oberflächenwasserfunktion* würde das Wirkungsgefüge aber nicht den Prozessen in der Umwelt nach einem Hochwasser mit Kontaminationserscheinungen gerecht, da hier die Gefährdung der *aquatischen Lebensgemeinschaften*, eine mögliche Einschränkung in der Wasserversorgung und auch die Rückkopplung zur *Sicherheit der potenziellen Schadquellen* bei Überschreitung von kritischen Werten ignoriert würde. Es bedarf also keiner Anpassung bzw. Vereinfachung des Systemmodells, auch wenn aus einer möglichen Oberflächenwasserverschmutzung keine spezifische Vulnerabilität innerhalb von Kommunen abgeleitet werden kann.

### **Abgeleitete Kriterien**

Aus dem Systemmodell, das mit Hilfe der Expertenangaben und den Literaturhinweisen erstellt wurde, konnten Kriterien der Umweltvulnerabilität abgeleitet werden. Auch für den Bereich Umwelt ist es nicht sinnvoll Indikatoren im Sinne von Messgrößen abzuleiten. Um die Vulnerabilität genau zu ermitteln, müssten eine Reihe von speziellen Messgrößen verknüpft werden. Zum einen werden diese Größen z. T. in Kommunen gar nicht erhoben, zum anderen wäre das Verfahren der Verknüpfung und der Aggregation der vielen Messgrößen sehr umständlich und schwer nachvollziehbar. Aus diesem Grund sollten wenige Kriterien die Vulnerabilität des dargestellten Gesamtsystems widerspiegeln. Diese Kriterien sollten zur Vergleichbarkeit auch in anderen Kommunen (auch kleineren) zur Verfügung stehen. Damit sind die abgeleiteten Kriterien das Resultat des Anspruches, ein einfaches transparentes Verfahren der Vulnerabilitätsermittlung zu entwickeln, welches auf bereits vorhandene Daten zugreift.

Für die Vulnerabilität der Umwelt in einer Kommune ist zunächst die das Vorhandensein von potenziellen Schadquellen im Überschwemmungsgebiet Voraussetzung. In dem Einflussbereich dieser Schadwirkungen sind Böden, Grund- und Oberflächenwasser und die tierischen und pflanzlichen Lebensgemeinschaften bedroht. Wie oben bereits erwähnt, lässt sich jedoch für das Oberflächenwasser keine spezifische Vulnerabilität ermitteln. Damit wird die Vulnerabilität der Kommune über die Kriterien der Bodenfunktion, der Grundwasserfunktion und der Lebensgemeinschaften, die im Einflussbereich potenzieller Schadquellen liegen, ermittelt. Aus dieser Vulnerabilität ergibt sich die Vulnerabilität die menschlichen Lebensgrundlagen zu zerstören.

Die in den Kommunen vorhandenen Daten über die Schutzwürdigkeit der Böden könnte die Vulnerabilität gegenüber dem Verlust der Funktionsfähigkeit von Böden widerspiegeln. So stünde ein sehr schutzwürdiger Boden aufgrund der Gefahr bei Kontamination seine vorhandenen, noch relativ intakten Bodenfunktionen nur eingeschränkt oder gar nicht mehr zu erfüllen, für eine hohe Vulnerabilität. Die Vulnerabilität gegenüber dem Verlust von Grundwasserfunktionen könnte über die Größe der natürlichen Grundwassergeschütztheit dargestellt werden. Eine geringe natürliche Grundwassergeschütztheit wäre mit einer hohen Vulnerabilität gleich zu setzen, da in dem Fall die Schadstoffe relativ ungehindert zum Grundwasser vordringen können. Der Biotopwert macht Aussagen darüber, wie wertvoll die Lebensräume von Lebensgemeinschaften sind. Es ist davon auszugehen, dass wertvolle Biotope auch Lebensgemeinschaften beherbergen, die die Funktionen der Sicherung des Genpools, der Sauerstoffproduktion, der CO<sub>2</sub>-Aufnahme, der Bestäubung, der Bodenbildung etc. erfüllen. Wertvolle Biotope stünden demnach für eine hohe Vulnerabilität.

Im Folgenden sind die aus dem Systemmodell abgeleiteten Umweltkriterien aufgeführt. Diese Kriterien gelten nur für die im Einflussbereich von potenziellen Schadquellen innerhalb der Überschwemmungsgebiete (Szenarien HQ 100/ EHQ) liegenden Flächen.

- Biotopwert
- Schutzwürdigkeit des Bodens
- Natürliche Grundwassergeschütztheit

## **Datengrundlage Dresden**

Die Daten zur Schutzwürdigkeit der Böden, natürliche Grundwassergeschüttheit, Biotopbewertung basierend auf der Stadtbioptypenkartierung und zu den potenziellen Schadquellen stammen aus dem Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden. Die Übergabe erfolgte im August 2008. Es wurde versichert, dass die Daten dem jeweiligen aktuellsten Stand entsprechen. Die Einschätzung der Schutzwürdigkeit der Böden, der natürlichen Grundwassergeschüttheit und der Biotopbewertung liegen für ganz Dresden flächendeckend vor.

Die Schutzwürdigkeit der Böden setzt sich in dem von Dresden erhaltenen Layer (kein shape) aus der Naturnähe der Böden, gleichgesetzt mit der Vorbelastung der Böden, und der Berücksichtigung besonderer Funktionen wie Lebensraumfunktion (natürliche Ertragsfähigkeit, besondere Standorteigenschaften), Archivfunktion (Seltenheit) und Regelungsfunktion zusammen. Grundlage für die Bewertung stellt die Stadtbiotopkartierung, die Konzeptbodenkarte, die (Reichs-) Bodenschätzung und die Bodenkundliche Kartieranleitung dar (FUHRMANN & MÜLLER, 2007). Die Einschätzung der Naturnähe der Böden ergibt sich aus der Bewertung der pedologischen Veränderungen (veränderte Oberbodenstruktur infolge Verdichtung oder Be- und Entwässerung), der Bewertung der lithologisch-stofflichen Veränderungen (Abtrag, Störung oder Überschüttung des Profils z. B. infolge Lagerstättenabbau, Erosion oder Bautätigkeit) und der Bewertung der stofflichen Veränderungen (Zufuhr von Schadstoffen infolge industriell-gewerblicher, land- und forstwirtschaftlicher Tätigkeit)(FUHRMANN & MÜLLER, 2005).

Zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden erfolgt vom Umweltamt Dresden zunächst eine flächendeckende Zuordnung der Naturnähe in drei Klassen (geringe, mittlere und hohe Naturnähe), dann kann eine Aufwertung durch das Vorhandensein besonderer Bodenfunktionen (z. B. Lebensraum - oder Regelungsfunktion) erfolgen. Für die Einschätzung der natürlichen Grundwassergeschüttheit wurden vom Umweltamt Dresden der Grundwasserflurabstand und die Mächtigkeit bindiger Schichten innerhalb der Grundwasserüberdeckung verknüpft (ULLRICH, 2003). Es werden 5 Klassen von sehr niedriger bis sehr hoher Grundwassergeschüttheit dargestellt. Für die Biotypenbewertung wurden den erfassten Biotypen Wertstufen zugeordnet – dabei wurden die Bedeutung für potenzielle Artenvorkommen, der Natürlichkeitsgrad und die Ersetzbarkeit berücksichtigt. In die Beurteilung flossen noch die Flächenversiegelung und die Flächengröße mit ein. Es

wurden 5 Klassen von sehr gering bis sehr hoch daraus gebildet. Im Vergleich zu der verbalen Formulierung im Textteil des Umweltatlas lässt allerdings die Tabelle darauf schließen, dass jedem Biotoptyp grundsätzlich eine Wertstufe zugeordnet wurde. Auf- oder Abstufungen ergaben sich aus Strukturmerkmalen, z. B. nach Versiegelungsgraden (SCHMIDT, 2002). Als potenzielle Schadquellen werden die existierenden Anlagen nach § 19 g WHG und nach der 12. BImSchV angesehen. Im Vergleich zum Landwirtschaftsbereich werden noch die Altlasten des Sächsischen Altlastenkatasters als potenzielle Schadquelle hinzugenommen<sup>20</sup>.

### **Datengrundlagen Köln**

Die Daten zur Schutzwürdigkeit der Böden, der Biotopbewertung basierend auf dem Biotoptypenkataster und zu den potenziellen Schadquellen stammen von der Stadt Köln. Sie wurden im Juli 2008 mit dem Hinweis der Bereitstellung der jeweils aktuellen Daten übergeben.

Vom Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen stammen die Daten zur Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. Übereicht wurden sie im August 2008. Die Daten zur Schutzwürdigkeit der Böden wurden auf der Grundlage der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:50000 erstellt. Die Daten liegen für den Stadtraum von Köln nicht flächendeckend vor. Der dicht besiedelte Innenstadtbereich und einige wenige Kernsiedlungsräume sind ausgespart, da die bewerteten Böden naturnahe und wenig überprägte Böden voraus setzen. Siedlungs- und Industrieflächen bedeuten versiegelungsbedingte Verluste an schutzwürdigen Böden. Die Schutzwürdigkeit wird ja nach dem Vorhandensein bzw. des Grades der Erfüllung der Kriterien „Archivfunktion“, „Biotopentwicklung“ und „Fruchtbarkeit/Regelungsfunktion“ in drei Stufen bewertet (SCHREY, o. J.).

Bis auf zwei nicht kartierte Flächen im Norden und Süden der Stadtflächen von Köln, liegen im Rahmen der Biotoptypenkatasters die Daten der Biotopbewertung flächendeckend vor. Basierend auf dem Bewertungssystem von LUDWIG 1992 zur Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft werden die Biotopwerte in 3 Klassen: 0-6 Punkte (teilversiegelte und überprägte Biotoptypen), 7-15 Punkte (hier müssen bei Vorhaben frühzeitig die Beurteilung des Umweltamtes eingeholt werden) und 16-35 Punkte (sehr wertvolle Flächen, so dass Überplanung eigentlich verboten) eingeteilt. Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, was der natürlichen

---

<sup>20</sup> Von den Altlasten geht im Hochwasserfall eine Gefahr für das Grundwasser und für den Boden aus.

Grundwassergeschütztheit gleichgesetzt werden kann, wird vom geologischen Dienst über das Hölting-Verfahren unter Zuhilfenahme der Sickerwasserdaten ermittelt. Als potenzielle Schadquellen werden die bei der Bezirksregierung Köln gemeldeten Anlagen nach § 19 g WHG und nach der 12. BImSchV und die Altlastenflächen aus dem Altlastenkataster der Stadt Köln verwendet.

#### **2.4.4 Bewertungs- und Aggregationsmodell**

Die aus den Experteninterviews, aus dem daraus erstellten Systemmodell und aus der Literatur abgeleiteten Kriterien müssen nun wie unter 2.2. beschrieben, hinsichtlich ihrer Ausprägungen bewertet und zur Vulnerabilitätsaussage verknüpft werden. Da die Kriterien der Umweltvulnerabilität rangskaliert sind, also eine ordinale Ausprägung besitzen, dürfen auch sie theoretisch nur über logische Verknüpfung aggregiert werden. Die logische Verknüpfung erfolgt ebenfalls über die Fuzzy-Logic (siehe 2.2). Das Problem der Subjektivität der Bewertungsverfahren ist hier auch gegeben.

Es soll so verfahren werden, dass zunächst die Kriterien „Schutzwürdigkeit der Böden“, „Grundwassergeschütztheit“ und „Biotopwert“ je einzeln bewertet und für die Städte Dresden und Köln dargestellt werden (siehe Karte 6, 7, 8, 9, 10, 11). Nach der logischen Verknüpfung der drei Kriterien wird das Ergebnis ebenfalls für ganz Dresden und Köln in den Karten 12 und 13 präsentiert. Danach erfolgt die Überlagerung dieses Ergebnis mit den Überschwemmungsdaten, so dass die Karten 14, 15 die im HQ 100 und die Karten 16, 17 die im EHQ liegenden vulnerablen Flächen zeigen. Im letzten Schritt werden die in den Karten 14, 15 und 16, 17 dargestellten Flächen noch mit dem Einflussbereich der potenziellen Schadquellen, welche in den Überschwemmungsgebieten liegen, verschnitten, da laut Vulnerabilitätsmodell nur hier eine Vulnerabilität vorliegt. Dieser letzte Schritt ist gerade in Bearbeitung und wird daher noch nicht präsentiert.

Die Verknüpfungen werden mit Hilfe der Software ArcGIS 9.2 vorgenommen. Das Problem bei ArcGIS besteht allerdings darin, dass nur maximal 2 verschiedene Themen logisch verknüpft werden können. Die Ursache dafür liegt in der eingeschränkten Funktion der Vereinigung (Union). Obwohl es theoretisch möglich wäre, mehrere Themen mit unterschiedlichen Polygoneometrien zu vereinigen und damit viele kleine neue Polygone in einem neuen vereinten Thema zu erzeugen, ist

im ArcGIS die Anzahl der zu vereinigenden Themen auf 2 beschränkt. Somit ist es nicht möglich, die drei Kriterien der Umweltvulnerabilität in einem Schritt zu verknüpfen. Aus diesem Grund werden in Dresden und Köln zuerst die Schutzwürdigkeit der Böden und die Grundwassergeschützteit zum Teilergebnis Umweltvulnerabilität\_I verknüpft, welches wiederum mit dem Biotopwert zum Endergebnis Umweltvulnerabilität aggregiert wird.

Auch für den Bereich Umwelt wird eine 5-stufige Darstellung der Vulnerabilität angestrebt. Auch wenn 2 Kriterien für die Stadt Köln nur in 3 Klassen dargestellt sind, so lassen sie sich doch in der Verknüpfung logisch auf ein 5 Stufen-Ergebnis transformieren.

Für die Zusammenführung der Kriterien „Biotopwert“, „Schutzwürdigkeit des Bodens“, „Grundwassergeschützteit“ ist es wichtig, sich über die Bedeutung/ Gewicht jedes einzelnen Kriteriums für die Gesamtvulnerabilität im Klaren zu sein. Aus dem Systemmodell wird ersichtlich, dass alle drei Umweltfunktionen gleichermaßen die durch potenzielle Schadquellen gefährdete Umwelt repräsentieren. Sie alle werden gleichermaßen von den potenziellen Schadquellen bedroht und sie stehen gleichgewichtig für die Erfüllung der menschlichen Lebensgrundlagen<sup>21</sup>.

## Dresden

In Dresden liegt die Schutzwürdigkeit nur als Layer und nicht als einzelnes Thema vor<sup>22</sup>, so dass dieses aus der Naturnähe der Böden und der besonderen Bodenfunktion noch erzeugt werden muss. Die Naturnähe liegt bereits flächendeckend in gering, mittel, hoch klassifiziert für Dresden vor. Einzelne Flächen erfüllen besondere Bodenfunktionen wie Lebensraumfunktion, Archivfunktion und Regelungsfunktion. Die Bodenfunktionen sind je einzeln in einem Thema dargestellt. Zunächst werden die Datensätze der Einzelthemen in ein neues Thema „Böden besonderer Funktionen“ kopiert. Die logische Verknüpfung der Naturnähe mit den Bodenfunktionen erfolgt der Art, dass das Vorhandensein von einer besonderen Bodenfunktion in einer Fläche eine Aufwertung der Naturnähe bedeutet und zu einer höheren Schutzwürdigkeit führt (so auch das beschriebene Verfahren des Dresdener Umweltamtes siehe 2.4.3). Liegt auf der Fläche keine besondere Bodenfunktion vor,

<sup>21</sup> Es führen drei gleich starke Pfeile von der Sicherheit der potenziellen Schadquellen zu den intakten Lebensgemeinschaften, den intakten Bodenfunktionen und den intakten Grundwasserfunktionen. Von ihnen gehen auch gleich starke Pfeile zu den menschlichen Lebensgrundlagen, wobei dies bei den intakten Bodenfunktionen indirekt über die intakten Grundwasserfunktionen und die intakten Lebensgemeinschaften geschieht.

<sup>22</sup> Mit einem Layer können keine Verknüpfungen vorgenommen werden.

so bleibt die Wertstufe der Naturnähe auf der Fläche erhalten und entspricht der gleichen Schutzwürdigkeitsstufe (siehe Abbildung 19).

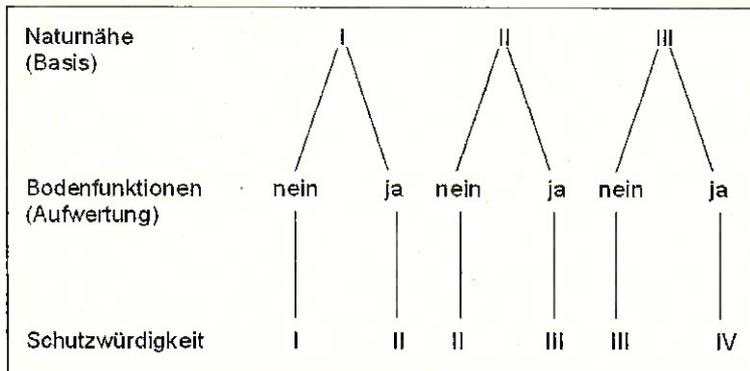


Abbildung 19: Relevanzbaum Schutzwürdigkeit der Böden

Somit entstehen mit Hilfe des Relevanzbaumes vier Klassen der Schutzwürdigkeit. Bei vier Wertstufen bestehen allerdings Probleme diese eindeutig verbal zu trennen. Folgende Bezeichnungen werden vorgeschlagen:

- I     geringe Schutzwürdigkeit
- II    geringe - mittlere Schutzwürdigkeit
- III   mittlere – hohe Schutzwürdigkeit
- IV    hohe Schutzwürdigkeit

Für eine logische Verknüpfung der beiden Themen im ArcGIS muss analog zum dem Vorgehen der logischen Verknüpfung der Kriterien im Bereich Landwirtschaft eine einheitliche räumliche Bezugsbasis geschaffen werden. Dies wird über die Funktion Vereinigen (Union), die die Datensätze beider Themen zusammenführt, erreicht. Dabei wird das vereinte neue Thema „Schutzwürdigkeit des Bodens“ erzeugt. In der vereinten Attributtabelle wird nun ein neues Feld, in dem die Einstufung der Schutzwürdigkeit eingetragen wird, erstellt. Dazu werden mit Hilfe der SQL-Abfragen nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten aus den Wertstufe der Naturnähe und dem Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein besonderer Bodenfunktionen des Relevanzbaumes abgefragt und der dazugehörige Wert der Schutzwürdigkeit eingetragen. Dieses neue Feld ist die Grundlage für die Klassifikation. Damit wird nun die Schutzwürdigkeit der Böden graphisch abgestuft dargestellt (siehe Karte 6). Im nächsten Schritt erfolgt die Verknüpfung der Schutzwürdigkeit der Böden mit der Grundwassergeschütztheit. Analog zum Vorgehen bei der Verknüpfung der Kriterien im Bereich der Landwirtschaft ist es notwendig sich der Bedeutung der einzelnen

Themen für die Vulnerabilität bewusst zu werden. Dafür eignet sich die Darstellung eines Funktionsverlaufes. Die Abbildungen 20, 21 zeigen den Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit bzw. der Grundwassergeschüttheit und der Vulnerabilität.

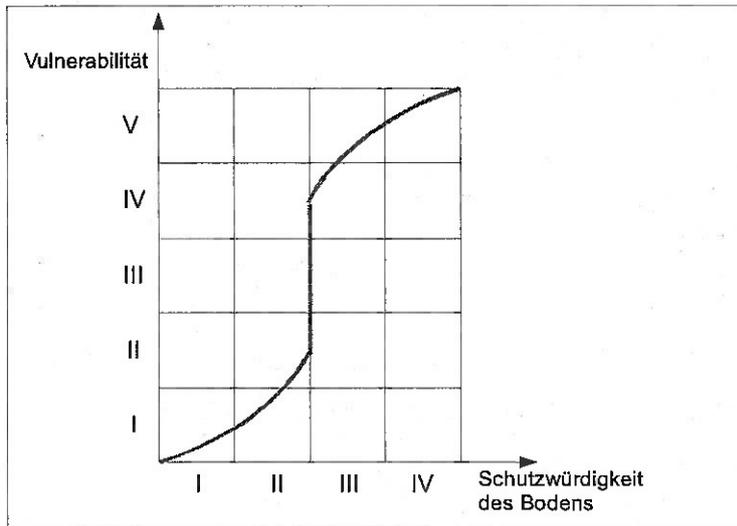


Abbildung 20: Vulnerabilitätsfunktion Schutzwürdigkeit des Bodens

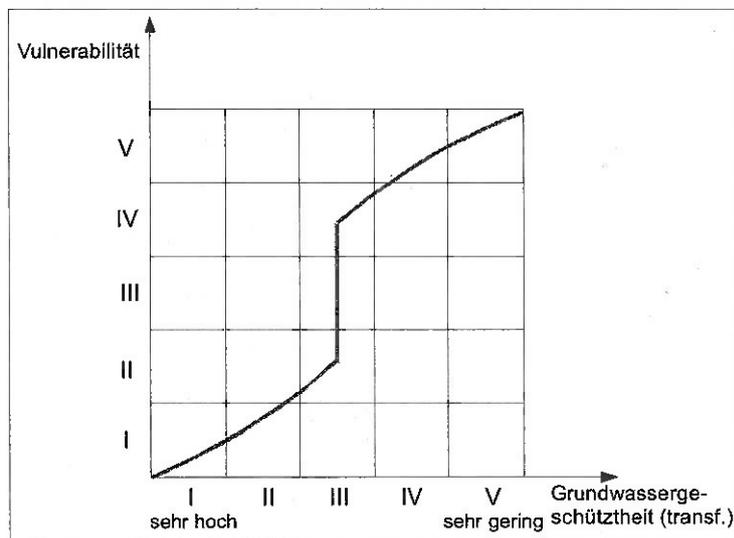


Abbildung 21: Vulnerabilitätsfunktion Grundwassergeschüttheit

Nach eigener Meinung und der Meinung einiger Experten steht eine hohe bzw. mittlere bis hohe Schutzwürdigkeit des Bodens für eine sehr hohe Vulnerabilität, da Böden beider Klassen noch gut bzw. sehr gut ihre Umweltfunktion, also ihre Bodenfunktionen, erfüllen. Eine Kontamination würde einen großen Eingriff in die Bodenfunktionen darstellen. Böden mit geringer oder geringer bis mittlerer

Schutzwürdigkeit leisten dagegen kaum oder gar keinen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfunktion. Sie werden als sehr gering vulnerabel eingestuft.

Sind die Grundwasserleiter durch mächtige und bindige Bodenkörper überdeckt, was einer sehr hohen oder hohen natürlichen Grundwassergeschütztheit entspricht, dann ist von einer sehr geringen Vulnerabilität gegenüber Kontamination auszugehen. Ist das Grundwasser dagegen nur gering oder sehr gering durch den überlagernden Bodenkörper geschützt, ist von einer hohsehr hohen Vulnerabilität auszugehen. Für beide Themen ist also ein linearer Zusammenhang zwischen den Themen Schutzwürdigkeit des Bodens bzw. Grundwassergeschütztheit und der Vulnerabilität nicht geeignet. Mit zunehmender Schutzwürdigkeit des Bodens bzw. mit abnehmender Grundwassergeschütztheit nimmt die Vulnerabilität wie gerade beschrieben nicht gleichmäßig zu. Da beide Themen bereits klassifiziert von der Landeshauptstadt Dresden übergeben wurden, kann man bei den dargestellten Funktionen streng genommen nicht von kontinuierlichen Funktionen sprechen. Unter der Annahme des grundsätzlich bestehenden linearen Zusammenhangs sind jedoch diese kontinuierlichen Funktionsverläufe für die Verknüpfung und für die Transformation auf die gewünschte 5-Klassen-Darstellung erforderlich.

Um beide Themen logisch zu verknüpfen, ist es sinnvoll sich auf eine Skalierung bei der Bewertung bezüglich der Vulnerabilität zu einigen, d. h. Klasse I steht für eine geringe Vulnerabilität. Da aber die Klasse I der Grundwassergeschütztheit für eine sehr geringe Grundwassergeschütztheit und damit für eine sehr hohe Vulnerabilität steht, muss bei der Gegenüberstellung und Verknüpfung beider Themen mit Hilfe einer Verknüpfungsmatrix die Bedeutung der Klassen der Grundwassergeschütztheit transformiert werden, so dass eine sehr hohe Grundwassergeschütztheit (eigentlich Klasse V) in der Matrix mit der Klasse I versehen wird. Somit muss im ArcGIS in der Attributtabelle der Grundwassergeschütztheit auch die Bewertung für die logische Verknüpfung transformiert werden. In der Verknüpfungsmatrix wird nun allen Kombinationsmöglichkeiten (Fällen) logisch unter Zuhilfenahmten der dargestellten Funktionen ein Wert der Vulnerabilität zugeordnet (siehe Abbildung 22). Zur Verdeutlichung soll ein Beispiel dienen: ein Boden der Schutzwürdigkeit Klasse II steht für eine Vulnerabilität I/II. Das bedeutet, dass die Vulnerabilitätsfunktion für die Wertstufe II der Schutzwürdigkeit eher den Wert I als II der Vulnerabilität annimmt. Für einen Grundwasserbereich der sehr hoch geschützt ist (also die transformierte

Klasse I), ist aus der Funktion eine Vulnerabilitätsklasse I abzulesen. Demnach ergibt sich als Ergebnis der logischen Verknüpfung die Klasse I.

		Schutzwürdigkeit des Bodens			
		I	II	III	IV
Grundwassergeschüttheit (transf.)	I	I	I	III	III
	II	I	I	III	III
	III	II	II	IV	IV
	IV	III	III	V	V
	V	III	III	V	V

Abbildung 22: Verknüpfungsmatrix aus Grundwassergeschüttheit und Schutzwürdigkeit des Bodens

In ArcGIS erfolgt die Verknüpfung wie bereits mehrfach beschreiben zunächst über die Vereinigung beider Themen (Union) zu dem neuen Thema „Umweltvulnerabilität\_I“. In der Attributtabelle dieses Themas, welches nun die Datensätze beider Themen enthält, wird ein neues Feld erstellt. Über SQL-Abfragen selektiert man die einzelnen Kombinationsmöglichkeiten (Fälle) und trägt in diesen Datensatz je das entsprechende Ergebnis der Verknüpfungsmatrix ein. Dieses Feld dient nun als Grundlage der Klassifikation. So können die Wertstufen der Umweltvulnerabilität\_I graphisch dargestellt werden.

Im nächsten Schritt erfolgt die Verknüpfung des Zwischenergebnisses Umweltvulnerabilität\_I mit dem noch verbleibenden Kriterium Biotopwert. Auch hier eignet sich als Hilfestellung für die logische Verknüpfung die Darstellung der Bedeutung der Themen für die Vulnerabilität in Form einer Funktion. Für das Kriterium des Biotopwertes gilt dieselbe Vulnerabilitätsbedeutung, die auch die Schutzwürdigkeit des Bodens hat. Nach eigener Meinung und auch einiger Expertenmeinungen steht ein hoher bzw. sehr hoher Biotopwert für eine sehr hohe Vulnerabilität, da Biotope beider Wertstufen noch gut bzw. sehr gut ihre Umweltfunktion, also ihre Lebensraumfunktion erfüllen. Es ist davon auszugehen, dass Kontaminationsprozesse Eingriffe in die Lebensräume und damit in die

Lebensgemeinschaften bedeuten würden. Biotope mit geringen oder sehr geringen Wert leisten dagegen kaum oder gar keinen Beitrag zur Erhaltung der Lebensraumfunktion. Sie können als sehr gering vulnerabel eingeschätzt werden (siehe Abbildung 23).

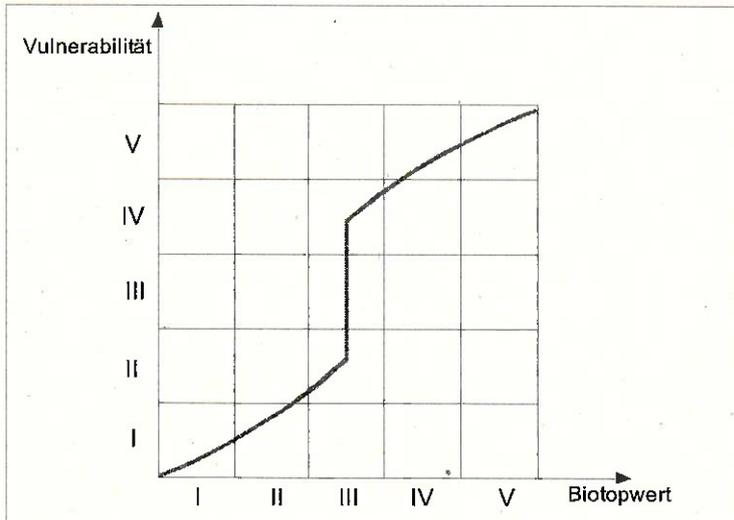


Abbildung 23: Vulnerabilitätsfunktion Biotopwert

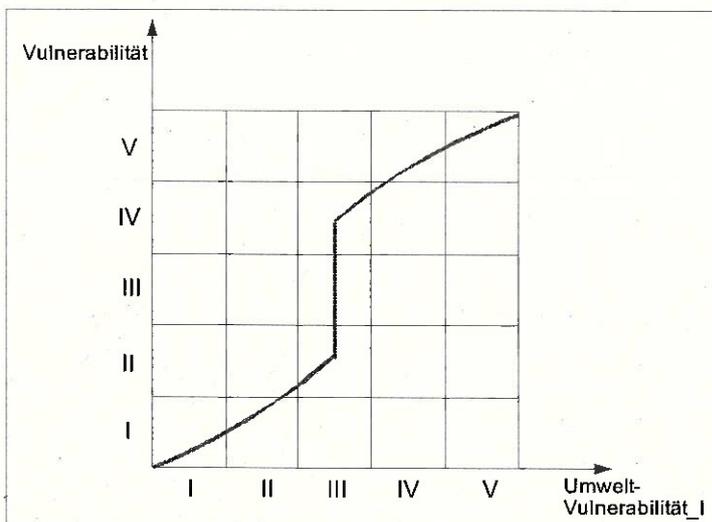


Abbildung 24: Vulnerabilitätsfunktion Umweltvulnerabilität\_I

Schwieriger ist die Aussage für das Thema „Umweltvulnerabilität\_I“, da es bereits das Ergebnis der Verknüpfung zweier Themen ist. Hier ist aber auch grundsätzlich zu sagen, dass kein linearer Zusammenhang besteht. Mit zunehmender Umweltvulnerabilität\_I, also zunehmender Schutzwürdigkeit des Bodens und abnehmenden Grundwassergeschüttheit steigt die Vulnerabilität nur langsam an.

Die Funktion macht dann ebenfalls einen Sprung, um in den hohen Klassen der Umweltvulnerabilität\_I sehr hohe Vulnerabilitätswerte anzunehmen (siehe Abbildung 24). Analog zur logischen Verknüpfung zwischen den Themen Schutzwürdigkeit des Bodens und Grundwassergeschützteit wird in einer Matrix aus Umweltvulnerabilität\_I und Biotoptypenbewertung jedem Kombinationsfall ein Vulnerabilitätswert zugeordnet, der sich aus den Bedeutungen der beiden Themen für die Vulnerabilität ergibt (siehe Abbildung 25). Auch hier bilden die Funktionen die Grundlage dazu.

		Umweltvulnerabilität_I				
		I	II	III	IV	V
Biotopwert	I	I	I	II	III	III
	II	I	I	II	III	III
	III	II	II	III	IV	IV
	IV	III	III	IV	V	V
	V	III	III	IV	V	V

Abbildung 25: Verknüpfungsmatrix aus Biotopwert und Umweltvulnerabilität\_I

Die Verknüpfung beider Themen zur Vulnerabilität im ArcGIS läuft wie bereits beschrieben ab.

Die Vulnerabilität der Umwelt wird in fünf Klassen von sehr gering bis sehr hoch dargestellt (siehe Karte 12). Es empfiehlt sich immer, eine Kontrolle durchzuführen, in dem für eine konkrete Örtlichkeit die Einzelbewertung z. B. der Themen Schutzwürdigkeit des Bodens und der Grundwassergeschützteit gesucht wird. Werden auf einem konkreten Polygon die Klassen II und III überlagert, müsste die Karte der Umweltvulnerabilität\_I dort die Bewertung II anzeigen. Ähnliche Kontrollen sollten auch für die Verknüpfung von Umweltvulnerabilität\_I mit der Biotoptypenbewertung durchgeführt werden.

## Köln

Obwohl zwei Kriterien (Schutzwürdigkeit der Böden, Biotopwert) mit je nur drei Klassen und ein Kriterium (Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung<sup>23</sup>) 5-klassig bewertet sind, soll das Endergebnis der Verknüpfung in 5 Klassen dargestellt werden. Damit ist der Vergleich zu der Umweltvulnerabilität in Dresden möglich. Es erscheint allerdings problematisch, wenn bei der Darstellung des funktionalen Zusammenhangs zwischen den Themen Schutzwürdigkeit des Bodens bzw. Biotopwert und der Vulnerabilität die drei Klassen auf die Bedeutung der 5 Klassen skaliert werden müssen. Hier besteht die Gefahr, einen geringen Informationsgehalt künstlich auf einen differenzierteren Informationsgehalt zu heben. Da der Vergleichbarkeit Vorrang eingeräumt wird, erfolgt jedoch die Darstellung des funktionalen Zusammenhanges nach den oben bereits durchgeführten Verfahren. Generell gilt: aus Themen die wenig ausdifferenziert sind, können über die Verknüpfung mehr Bewertungsstufen entstehen als das einzelne Thema aufweist.

In Köln besteht das Problem, dass sich die Daten der Grundwassergeschüttheit nicht nur aus den Bodendaten ergeben, sondern bereits Nutzungsaspekte mit eingerechnet wurden. Es wurden drei Szenarien gerechnet. Zum einen wurde für ganz Köln eine potenzielle Flächennutzung Acker und zum anderen die potenziellen Flächennutzungen Grünland und Wald angenommen. Aus diesem Grund wurde zunächst mithilfe der Biotoptypenkartierung der Stadt Köln, die reale Flächennutzung Acker mit der Grundwassergeschüttheit für die potenzielle Ackerlandnutzung verschnitten, um den realen Grundwasserschutz für die Ackernutzung darzustellen. Im ArcGIS wird das mit der Funktion Ausschneiden (Clip) durchgeführt. Gleiches geschah mit Grünland<sup>24</sup> und Wald. Durch die Zuordnung zu den Realnutzungen Ackerland, Grünland und Wald bestehen für das Stadtgebiet Köln sehr viele Flächen (übrige Nutzungen), für die die Schutzfunktion der Grundwasserabdeckung nicht eingeschätzt werden kann. Da es um die Demonstration des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltvulnerabilität geht, soll das ausreichen. Damit ist allerdings auch die flächendeckende Darstellung der Umweltvulnerabilität nur auf die wenigen Flächen beschränkt, da nur auf diesen Flächen Informationen zu allen drei Kriterien vorliegen.

---

<sup>23</sup> Entspricht dem Kriterium „Natürliche Grundwasserschutzfunktion“ in Dresden

<sup>24</sup> Für die Generierung des Themas Grünland wurde die Biotoptypen feuchtes Grünland, Grünland, krautige Brachen, Parkanlagen und Garten, Trockenrasen und Streuobstbestände aus dem Biotoptypenkataster extrahiert und zusammengefasst.

Analog zu Dresden ist für eine vereinfachte Verknüpfung der Kriterien eine Transformation der Bedeutung der Grundwassergeschützttheit notwendig. Damit bekommt eine geringe Grundwassergeschützttheit, welche für eine hohe Vulnerabilität steht, die Wertstufe V zugeordnet.

Als Grundlage der logischen Verknüpfung sollten auch für das Fallbeispiel Köln die Bedeutungen der Kriterien für die Vulnerabilität anhand von Funktionen dargestellt werden. Zunächst erfolgt die Verknüpfung der Schutzwürdigkeit der Böden mit der Grundwassergeschützttheit zum Teilergebnis „Umweltvulnerabilität\_I“ nach dem bereits für Dresden erläuterten Verfahren (siehe Abbildungen 26, 27, 28).

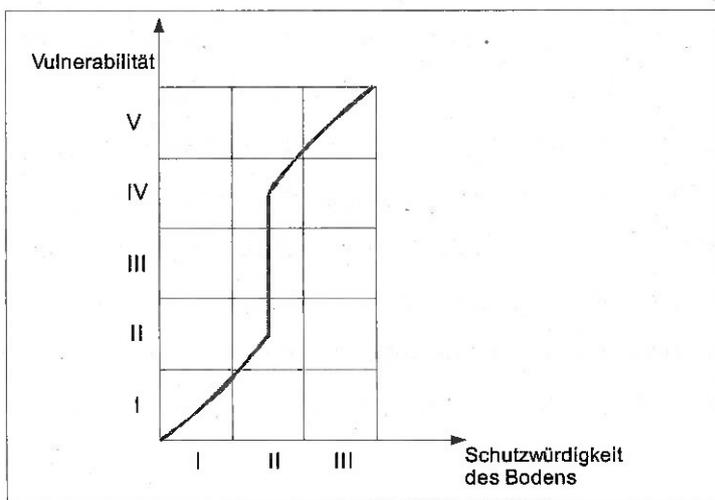


Abbildung 26: Vulnerabilitätsfunktion Schutzwürdigkeit des Bodens

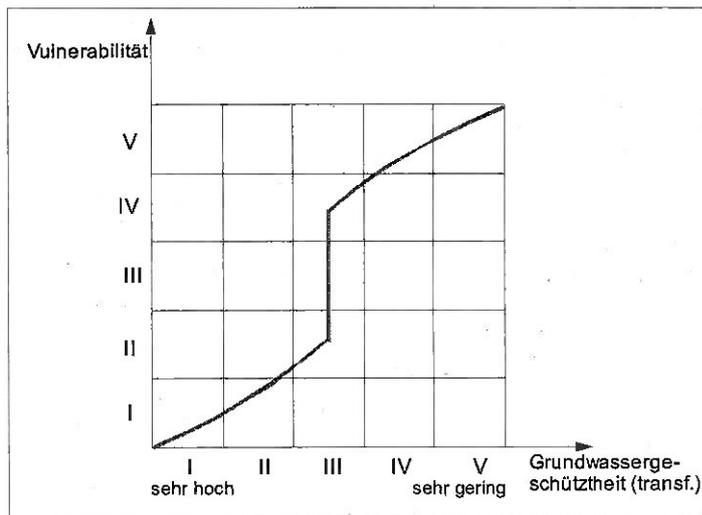


Abbildung 27: Vulnerabilitätsfunktion Grundwassergeschützttheit

		Schutzwürdigkeit des Bodens		
		I	II	III
Grundwassergeschüttheit (transf.)	I	I	II	III
	II	I	II	III
	III	II	III	IV
	IV	III	IV	V
	V	III	IV	V

Abbildung 28: Verknüpfungsmatrix aus Grundwassergeschüttheit und Schutzwürdigkeit des Bodens

Danach erfolgt die Verknüpfung des Teilergebnisses „Umweltvulnerabilität\_I“ mit dem Kriterium Biotopwert nach dem bewährten Verfahren (siehe Abbildungen 29, 30, 31). Als Ergebnis steht eine 5-stufige Darstellung der Vulnerabilität der Umwelt in Köln (siehe Karte 13).

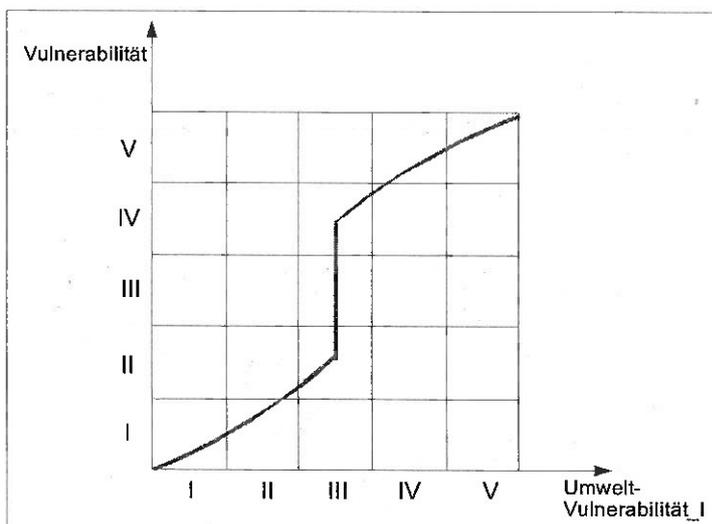


Abbildung 29: Vulnerabilitätsfunktion Umweltvulnerabilität\_I

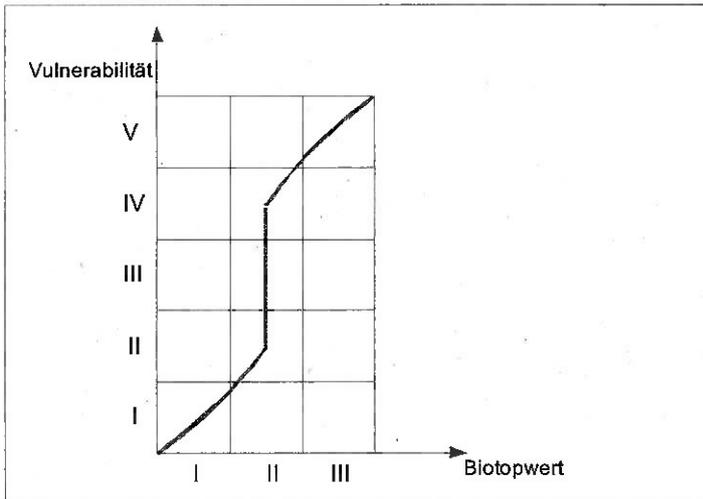


Abbildung 30: Vulnerabilitätsfunktion Biotopwert

		Biotopwert		
		I	II	III
Umweltvulnerabilität_I	I	I	II	III
	II	I	II	III
	III	II	III	IV
	IV	III	IV	V
	V	III	IV	V

Abbildung 31: Verknüpfungsmatrix Umweltvulnerabilität\_I und Biotopwert

## 2.5 Übertragbarkeit (Möglichkeiten und Grenzen)

Die Verfahren zur Ermittlung der Vulnerabilität in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt können jederzeit auch in anderen Kommunen angewendet werden. Eine Einschränkung könnte darin liegen, dass die ermittelten Kriterien der Vulnerabilität nicht in jeder Kommune vorliegen. Im Bereich Landwirtschaft werden für die einzelfallbezogene Vulnerabilitätsermittlung die Kriterien über den Online-Fragebogen ohnehin individuell abgefragt. Für die kommunale flächenbasierte

Vulnerabilitätsmittlung werden die Flächenbewirtschaftungsdaten benötigt, welche im Regelfall für die Auszahlung der EU-Beihilfen bei den Landwirtschaftsbehörden vorhanden sind. Bei der Verfügbarkeit der Umweltkriterien könnte es Einschränkungen geben. In den Fällen gilt der Vorschlag, die notwendigen Daten im Rahmen der Erstellung bzw. Aktualisierung der Landschaftspläne mit zu erheben. Fraglich scheint, ob die Vulnerabilitätsaussagen zwischen den verschiedenen Kommunen verglichen werden können, da sich z. B. hinter gleich klingenden Formulierungen der Kriterien auch unterschiedliche Daten verbergen können.

Ein Problem besteht für die Kommunen auch darin, dass vielleicht einige Kriterien mehr Ausprägungen aufweisen als für das Beispiel Köln und Dresden angegeben. Damit werden auch andere Verknüpfungsmatrizen notwendig, d. h. die demonstrierten Matrizen können dann nicht angewendet werden. Die Kommunen müssen die Vulnerabilitätsaussagen über eigens durchgeführte logische Verknüpfungen erzeugen.



### **3. Fortschritt im Projektbereich *Kritische Infrastruktur***

Das folgende Kapitel gibt den Stand der Arbeiten im Bereich Kritische Infrastruktur wieder. Nach einem kurzen Überblick über die Aktivitäten seit dem vergangenen August (Kapitel 3.1), werden zunächst überblicksartig die Ausgangsvoraussetzungen erläutert und Einblick in die Hintergründe der einzelnen Assessmentschritte gegeben (Kapitel 3.2 und 3.3). Anschließend soll die Möglichkeit zur Ableitung von Handlungsempfehlungen aufgezeigt (Kapitel 3.4) und ein Ausblick auf die in der letzten Projektphase noch ausstehenden Arbeiten gegeben werden (Kapitel 3.5). Im letzten Unterkapitel soll ein erster Entwurf für den aus diesen Überlegungen abgeleiteten Leitfaden für Kommunen vorgestellt werden (Kapitel 3.6).

#### **3.1 Überblick über die Aktivitäten seit August 2008**

Die Projektarbeit wurde aufbauend auf den im 4. Zwischenbericht (August 2008) ausführlich dargelegten theoretischen und methodischen Grundlagen weitergeführt. Es sollen im Folgenden nur die seitdem aufgetretenen Neuerungen angeführt werden.

##### **3.1.1 Aufnahme der Zusammenarbeit mit Radebeul und Andernach**

Wie bereits im letzten Zwischenbericht angekündigt, wurde in der vergangenen Projektphase die Zusammenarbeit mit den beiden kleineren Kommunen Andernach am Rhein und Radebeul an der Elbe ausgeweitet. Die Zusammenarbeit gestaltet sich grundsätzlich gut, wobei der Kontakt zu Andernach schneller und einfacher etabliert werden konnte. In beiden Kommunen fanden bereits Gespräche mit den jeweiligen Wasserversorgern statt. Ein Termin mit der RWE, als Stromversorger der Stadt Andernach steht unmittelbar bevor. Leider verliefen bislang alle Versuche mit der ENSO, dem Energieversorger der Stadt Radebeul, in Kontakt zu treten, erfolglos.

### **3.1.2 Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse beim ‚9. Forum Katastrophenvorsorge‘, 20./21. November, Offenbach**

Die Gelegenheit, dass beim 9. Forum Katastrophenvorsorge (organisiert vom Deutschen Komitee für Katastrophenvorsorge und dem Deutschen Wetterdienst, 20. und 21. November 2008 in Offenbach) eine Session mit dem thematischen Schwerpunkt ‚Kritische Infrastruktur und Energiewirtschaft‘ angeboten wurde, konnte dazu genutzt werden, die Projektergebnisse und das methodische Vorgehen einer breiten Fachöffentlichkeit zu präsentieren. Die Reaktionen waren ausgesprochen erfreulich.

### **3.2 Indikatoren und Assessmentmethoden zur Verwundbarkeitsabschätzung Kritischer Infrastrukturen**

Die Entwicklung von Indikatoren setzt ein gewisses Maß an Verallgemeinerbarkeit von Strukturen und Eigenschaften der betrachteten Systeme bzw. Systemelemente sowie eine breite, verfügbare Datenbasis voraus. Beide Voraussetzungen sind hinsichtlich der innerhalb des Projektes betrachteten Verwundbarkeit der Strom- und Wasserversorgung gegenüber Hochwasser als problematisch zu bewerten.

- Zwar unterliegt die Funktionsweise der kommunalen Strom- und Wasserversorgung bestimmten Regelmäßigkeiten, jedoch wird der konkrete Aufbau der Systeme ebenso wie die Beschaffenheit der einzelnen Komponenten massiv von den lokalen Gegebenheiten bestimmt. Die tatsächliche Beschaffenheit der Versorgungsinfrastrukturen zeugt von einem über einen langen Zeitraum laufenden Prozess der Anpassung an und Nutzung von lokalen Besonderheiten (Tallage vs. Hanglage, Nähe zum Fluss, Höhe des Grundwassers, Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft, Wachstumsdynamik der Kommune, technischer Fortschritt, Investitionsaufwand, Häufigkeit von Hochwasserereignissen, etc.), welcher im Laufe der Zeit sehr unterschiedliche Systemkonfigurationen hervorgebracht hat (vgl. auch Kapitel 3.2.2 und 3.3.1).
  
- Es gibt zu Wasser- und Stromversorgung nicht im gleichen Maß flächenhaft verfügbare, verwundbarkeitsrelevante Informationen, wie sie etwa im Fall der Bevölkerung mittels der Kommunalstatistik zur Verfügung gestellt werden

können. Die Versorgung ist in der Regel in privater oder halböffentlicher Hand, wobei im Falle der Stromversorgung der Netzbetrieb und die tatsächliche Versorgung (d.h. der Verkauf von Strom) von unterschiedlichen Unternehmen geleistet werden. Die privaten Unternehmen halten zwar selbst Informationen über die Netze und die weiteren Komponenten vor, diese sind jedoch nicht einheitlich erfasst und daher nicht flächendeckend zugänglich. Zudem haben die Unternehmen (ob aus Sicherheitsgründen oder zur Außendarstellung) häufig Bedenken gegen die Herausgabe relevanter Information.

Es war daher nicht möglich, ‚klassische‘ Indikatoren aus bereits vorliegenden Daten abzuleiten. Sinnvoller erscheint es, in einem mehrstufigen Assessment-Prozess die Kommunikation zwischen Kommunen und Betreibern so zu strukturieren, dass mit Hilfe der vorhandenen Daten in zielführender Weise eine Aussage, die eher den Charakter eines zusammengesetzten Indikators hat, getroffen werden kann. Assessmentergebnisse auf der Komponentenebene werden in fünf Klassen angegeben (vgl. Kapitel 3.2.2), anschließend wird ein Ranking der einzelnen Teilprozessergebnisse die Bewertung der Systemebene ermöglichen (vgl. Kapitel 3.4). Das Vorgehen wird in den folgenden Unterkapiteln ausführlich dargelegt und in Kapitel 3.6 anhand des Leitfadentwurfs zur Anwendung in der Kommune operationalisiert.

### **3.2.1 Gegenstandsspezifik von Vulnerabilitätsbegriff und Assessmentmethode**

Die im Rahmen des Projekts schwerpunktmäßig betrachteten technischen Versorgungsinfrastrukturen (konkret: Trinkwasser- und Stromversorgung) weisen einen komplexen Mehrebenenaufbau auf (vgl. Abbildung 32). Einzelne Prozesse, die von den entsprechenden Infrastrukturkomponenten umgesetzt werden, wirken auf einer übergeordneten Systemebene zusammen, um die Funktionalität der Infrastruktur als Ganzes zu ermöglichen. Dieser Mehrebenenproblematik muss in einem gegenstandsspezifischen Vulnerabilitätsverständnis, welches die Grundlage für die Entwicklung einer sinnvollen Methode bildet, Rechnung getragen werden.

Die Bedeutung dieser Ebenenunterscheidung kann anhand des Kriteriums *Exposition* illustriert werden. So ist in der Regel nicht die gesamte Infrastruktur, die

sich über das Gebiet einer Kommune erstreckt, einem Hochwasser ausgesetzt, sondern lediglich einige Komponenten in den betroffenen Bereichen. Welche Auswirkungen die Exposition dieser Komponenten auf das gesamte System hat, kann nur über die genauere Betrachtung der Auswirkungen eines Hochwasserereignisses auf die betreffenden Komponenten und über deren Bedeutung im Systemzusammenhang erschlossen werden. Demnach gilt es einerseits zu klären, wie vulnerabel die einzelnen Komponenten auf das Ereignis reagieren, und andererseits zu bedenken, welchen Anteil die einzelnen Komponentenebenen zur Gesamtvulnerabilität des Systems beitragen.

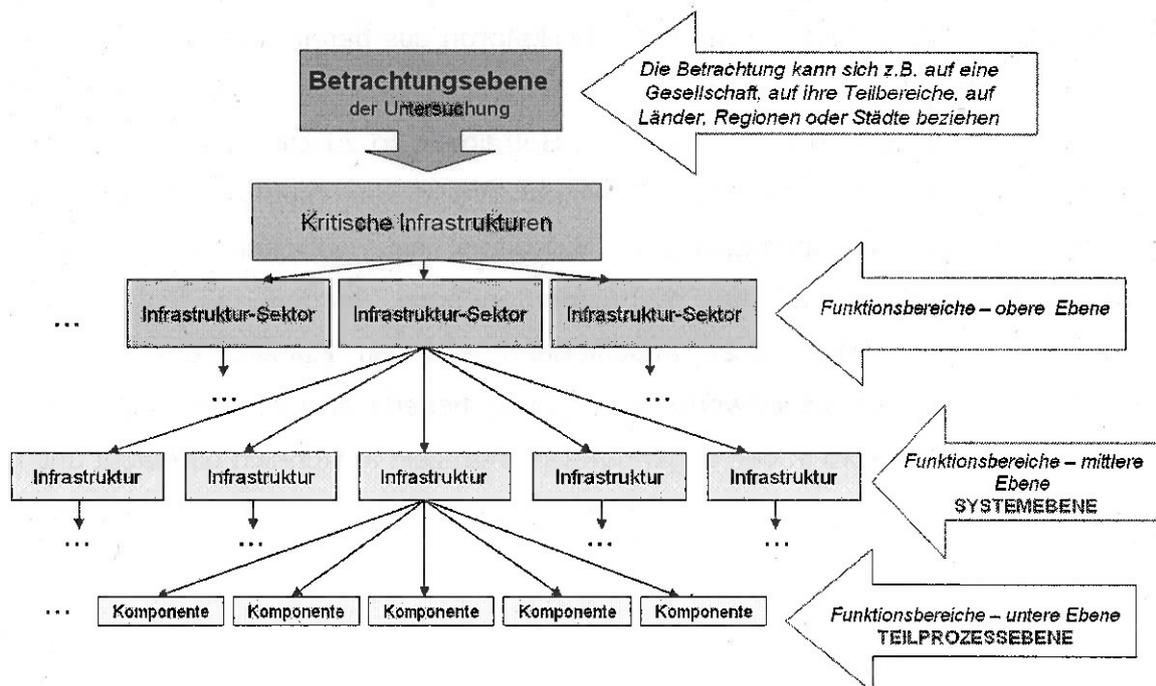


Abbildung 32: Schematische Darstellung des Mehrebenenaufbaus Kritischer Infrastruktursysteme

Auf der Grundlage dieser Überlegungen wurde im Rahmen der Projektarbeit zunächst ein komplexeres Vulnerabilitätsmodell für Kritische Infrastrukturen entwickelt (Abbildung 33).

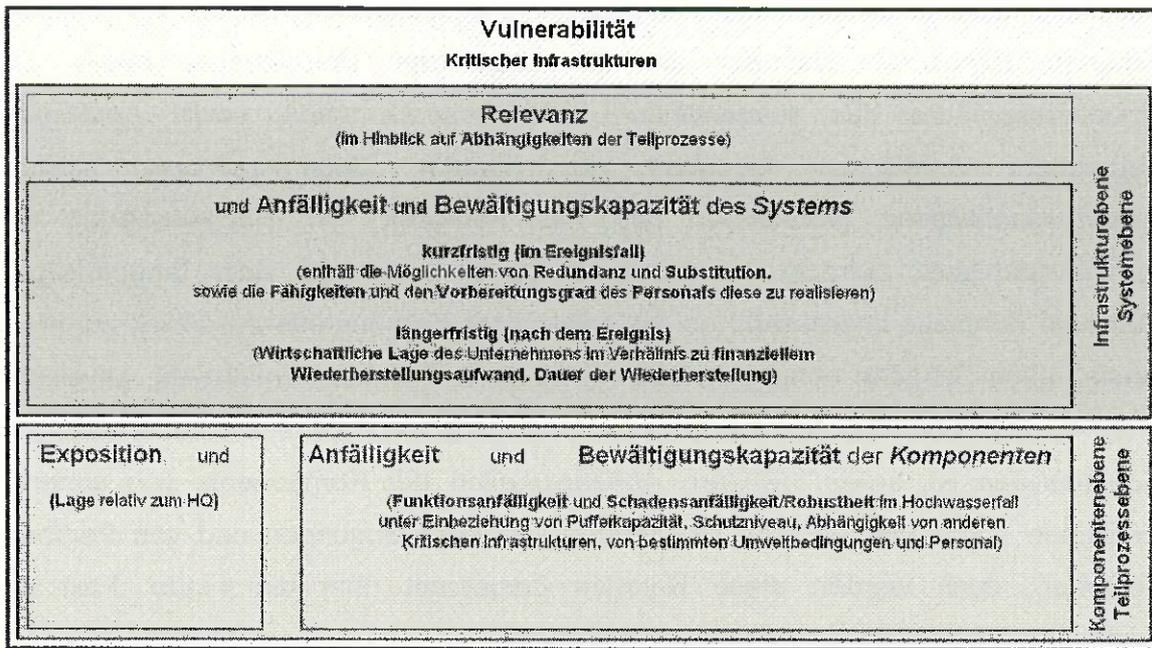


Abbildung 33: Komplexeres, gegenstandsspezifisches Vulnerabilitätsverständnis

Dieses wurde, wie im Folgenden dargelegt werden soll, entsprechend des Hochwasserszenarios modifiziert und soweit vereinfacht, dass die Entwicklung der in Kapitel 3.3 vorgestellte Methode darauf aufgebaut werden konnte (vgl. Abbildung 34).

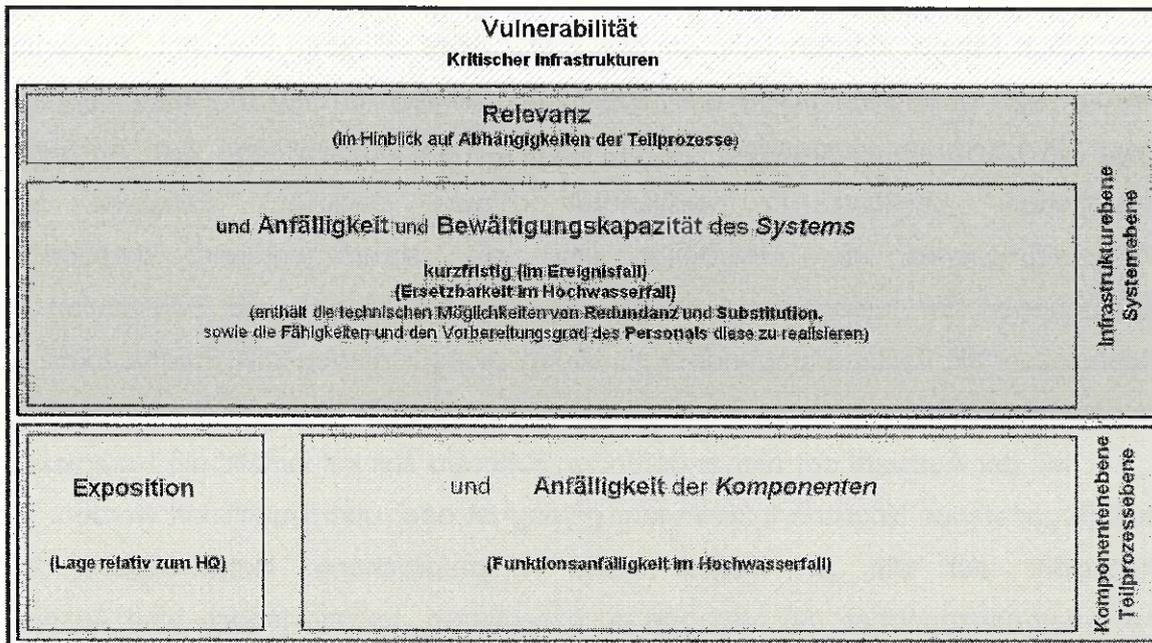


Abbildung 34: Vereinfachtes, gegenstandsspezifisches Vulnerabilitätsverständnis

Auf der Komponentenebene (in Abbildung 34 in rot dargestellt) werden zunächst die Kriterien *Exposition* (definiert als die Lage der Komponente relativ zur Überflutungsfläche des ausgewählten Hochwasserszenarios) sowie *Anfälligkeit* betrachtet. Anfälligkeit bedeutet in diesem Zusammenhang schlicht *Funktionsanfälligkeit* (verstanden als die Fähigkeit, im Hochwasserfall die Funktionsfähigkeit aufrecht zu erhalten). Es ist zwar auf einer längerfristigen Zeitskala durchaus interessant, ob die betrachtete Komponente zusätzlich zu ihrem Ausfall auch Schaden nehmen würde (*Robustheit*, Schadensanfälligkeit, physische Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Hochwasser), wie hoch das bereits realisierte *Schutzniveau* ist, sowie inwiefern *Abhängigkeiten* der Komponente von anderen Kritischen Infrastrukturen, von bestimmten Umweltbedingungen und von Personal bestehen, doch werden diese Kriterien insgesamt über die Frage ‚Fällt die Komponente im Hochwasserfall aus?‘ miterfasst.

Auf der übergeordneten Ebene werden die Eigenschaften der Komponenten über Kriterien, die Systemzusammenhänge abbilden, zusammengeführt (in Abbildung 34 blau dargestellt). Das Kriterium *Relevanz* bezieht sich dabei auf die systeminternen Abhängigkeitsbeziehungen. Hinsichtlich der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität des Systems können zwei zeitliche Ebenen unterschieden werden (vgl. 4. Zwischenbericht, August 2008), von denen hier ausschließlich die kurzfristige Ebene, die den Zeitraum des Ereignisses selbst im Blick hat, dargestellt werden soll. Unter *Redundanz und Substitution* werden in diesem Zusammenhang zwei Einzelkriterien verstanden, die die technischen Möglichkeiten zum Ausgleich ausfallender Leistung in verwandter Weise erfassen; *Fähigkeit und Vorbereitungsgrad der Mitarbeiter* sind die komplementären, personellen Bedingungen zur tatsächlichen Umsetzung von Redundanz und Substitution im Hochwasserfall. Zusammengenommen bilden diese Kriterien die *Ersetzbarkeit im Hochwasserfall* ab.

Mit der Auswahl der hier angeführten Kriterien soll keinesfalls die Komplexität des Gegenstands Kritische Infrastruktur geleugnet oder übersimplifiziert werden. Mit Rücksicht auf die in Kapitel 3.2.2 angesprochene Notwendigkeit, die Adressatenbezogenheit der Methode zu garantieren, musste jedoch eine Auswahl aus der Vielzahl der potentiell bedeutsamen Kriterien getroffen bzw. eine ‚Gruppierung‘ mehrerer Einzelkriterien vorgenommen werden. Eine umfassende

Zusammenstellung von Verwundbarkeitskriterien<sup>1</sup> findet sich beispielsweise bei Lenz (im Erscheinen). Diese Kriterien fanden, wie in der Übersicht in Abbildung 35 veranschaulicht, mit Ausnahme der ‚Transparenz‘ vollständig Berücksichtigung in der im Rahmen dieses Projekts entwickelten Methode. Die Methode und der daraus entwickelte Leitfaden können somit als eine Möglichkeit zur Operationalisierung bzw. Implementierung der Kriterien gelesen werden.

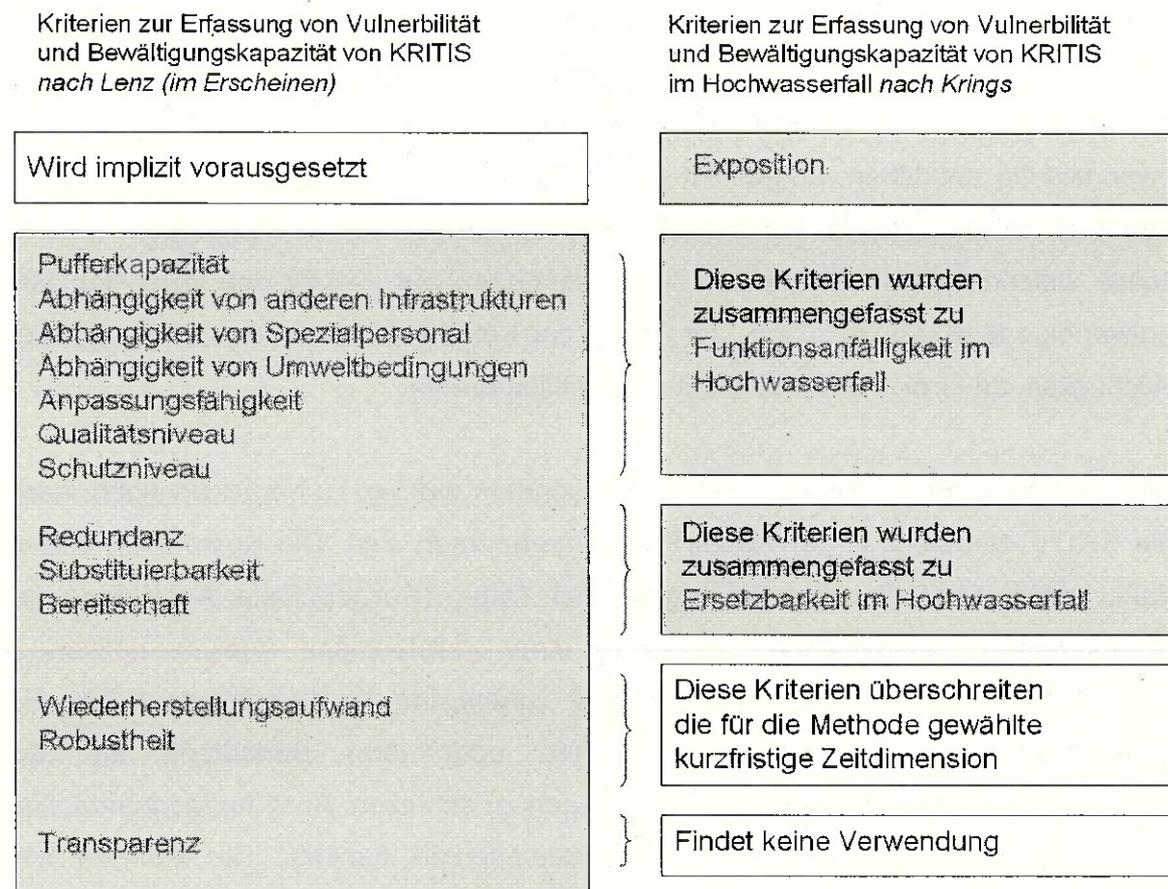


Abbildung 35: Zusammenfassung von Einzelkriterien

### 3.2.2 Adressatenbezogenheit der Assessmentmethode

Die auf der Basis dieser grundsätzlichen, konzeptionellen Überlegungen aufbauende Methode muss sich in der Umsetzung an den Bedürfnissen und Möglichkeiten des Adressaten orientieren. Das bedeutet zunächst, dass die Versorgungssicherheit ins

<sup>1</sup> Susanne Lenz unterscheidet zwischen ‚Vulnerabilität‘ und ‚Bewältigungskapazität‘. Diese Unterscheidung entspricht nicht der projektintern verwendeten Terminologie. Projektintern wird Bewältigungskapazität als ein Teilbereich der Vulnerabilität betrachtet. vgl. Lenz (im Erscheinen)

Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt werden muss. Es wäre zwar auch denkbar, andere Zugänge zu wählen, die etwa KRITIS als Wirtschaftsunternehmen ansprechen, doch würde dieses Vorgehen weder den Bedürfnissen noch den Möglichkeiten der Kommunen gerecht. Die Abschätzung der Verwundbarkeit der Versorgungssicherheit hingegen, ermöglicht die Planung nächster Schritte, die etwa in der Betrachtung weiterer von einem Versorgungsausfall betroffener Objekte (z.B. Krankenhäuser) bestehen könnten.

Die Methode muss so flexibel sein, dass unterschiedlichste Ausgangsvoraussetzungen, wie sie durch die lokalen Gegebenheiten (Geländetopographie, Gesamtbedarf, Eigenversorgung vs. Vorversorgung, etc.) zwangsläufig entstehen, abgebildet werden können. Dies bedeutet, dass zunächst von der größtmöglichen Komplexität des Systemaufbaus ausgegangen werden sollte, welche dann in den ersten Analyseschritten auf das für den konkreten Fall notwendige Maß reduziert wird. Der Schritt der Komplexitätsreduktion ist von größter Wichtigkeit, da er die Anwendbarkeit maßgeblich erhöht.

Bei der Entwicklung der Methode ist es besonders wichtig, zu berücksichtigen, dass die KRITIS-Betreiber in der Regel Privatunternehmen sind. Die Kommunen haben daher nicht unbedingt vollen Zugang zu allen Daten (Netztopologie, Auslastung der Komponenten, Schutzniveau,...), die zu einer vollständigen Analyse notwendig wären. Die Unternehmen halten Daten ggf. zurück, um die Komponenten über die Geheimhaltung des genauen Standortes oder ihrer Bedeutung für das Gesamtsystem vor möglichen Beschädigungen zu schützen. Auch Imagegründe sind als Hintergrund für eine restriktive Informationspolitik denkbar. Die Methode soll daher helfen, die Kommunikation zwischen der Kommune und den Infrastrukturbetreibern ‚effizient‘ zu gestalten. Im konkreten Fall bedeutet dieser Ansatz, dass Fragen so formuliert werden, dass 1. die relevanten Informationen direkt abgefragt werden, die Fragen jedoch 2. vom Betreiber beantwortet werden können, ohne große Informationsmengen (z.B. Schaltpläne) preisgeben zu müssen (es gilt zu bedenken, dass die Mitarbeiter der Kommune möglicherweise ohnehin mit der vollen, uninterpretierten Information überfordert sein könnten – die Expertise der Mitarbeiter auf Betreiberseite wird somit zur Komplexitätsreduktion genutzt). Auf diesem Weg der auf die wesentlichen Informationen beschränkten Kommunikation

sollen also gleichzeitig die Ansprüche der Kommune (konkrete, ‚gefilterte‘, nicht zu komplexe Information) und des Betreibers (richtige Formulierung der Fragen, keine zu umfangreiche Informationsweitergabe) erfüllt werden. Ein wichtiger Beitrag zur Erreichung dieses Ziels wurde bereits mit der Reduktion der Einzelkriterien erreicht (vgl. Kapitel 3.2.1).

Wie bereits angedeutet, ist die praktische Anwendbarkeit der Methode von großer Bedeutung für deren Akzeptanz. Sie muss klar strukturiert sein, verständlich erklärt und beschrieben werden. Gleichzeitig muss einkalkuliert werden, dass das Zeitbudget der Anwender ggf. begrenzt ist. Dieser Problematik wird über die Möglichkeit der Verfeinerung der Ergebnisse anhand zusätzlicher ‚Module‘ Rechnung getragen. Diese lassen sich in die in diesem Beitrag beschriebene Grundstruktur der Methode integrieren und ermöglichen, bei Investition eines höheren Zeitaufwandes, ein vielschichtigeres Ergebnis.

Es sollte unbedingt vermieden werden, dass über die Ausgabe des Ergebnisses eine trügerische Präzision vermittelt wird. Dieses Dilemma wird in der Methodik dadurch gelöst, dass eine Einteilung in fünf Klassen hinsichtlich der Verwundbarkeit eines Teilprozesses vorgenommen wird. Die Teilprozesse werden anschließend hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Gesamtsystem in ein Ranking überführt. Darüber hinaus darf nicht der Eindruck entstehen, die Anwendung der Analysemethode allein trage bereits zur Verbesserung der Situation bei. Die Methode kann lediglich eine Abschätzung der Verwundbarkeit ermöglichen, welche die Singularitäten jedes einzelnen Naturereignisses nur näherungsweise einbeziehen kann. Es sollen zwar in einem nächsten, wichtigen Schritt Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, doch ohne deren Umsetzung, kann die Methode selbst noch nicht zur Herabsetzung der Verwundbarkeit beitragen.

### **3.3 Grundannahmen und Grundstruktur der Methode**

#### **3.3.1 Bewertung der Verwundbarkeit der Einzelkomponenten bzw. der Teilprozesse**

Die Anwendung der Methode beruht darauf, dass bestimmte Informationen in einer definierten Reihenfolge eingeholt werden. Ausgehend von der Beantwortung der einzelnen Fragen entscheidet sich, ob das Assessment weitergeführt werden muss, oder ob sich alle daran geknüpften Informationen bereits automatisch ergeben. Das Vorgehen kann anhand eines Entscheidungsbaums anschaulich gemacht werden (vgl. Abbildungen 38-41) und führt zur Bewertung des Einzelprozesses innerhalb der konkreten Kommune in Form einer Klassenzuordnung (5 Klassen; von 1= sehr geringe Verwundbarkeit über bis 5 = sehr hohe Verwundbarkeit).

##### ***1. Schritt des Assessments: Ermittlung des Systemaufbaus***

Die erste Frage gilt grundsätzlich der Komplexität des im konkreten Fall vorgefundenen Systemaufbaus. Wenn einzelne Komponenten nicht vorhanden sind (d.h. einzelne Teilprozesse nicht innerhalb der Kommune erbracht werden), so müssen sie folglich nicht weiter betrachtet werden. Für viele kleinere Kommunen, die hinsichtlich Strom oder Wasser vorversorgt werden, erübrigen sich auf diesem Weg viele Analyseschritte von vorne herein. Für alle vorhandenen Komponenten wird das Assessment weitergeführt.

Die Ermittlung von Art und Anzahl der verwendeten Komponenten muss sich aus den bereits beschriebenen Gründen am Systemmodell zur jeweiligen Infrastruktur orientieren. Beispielhaft in Abbildung 36 ein mögliches Systemmodell zur kommunalen Stromversorgung abgebildet.

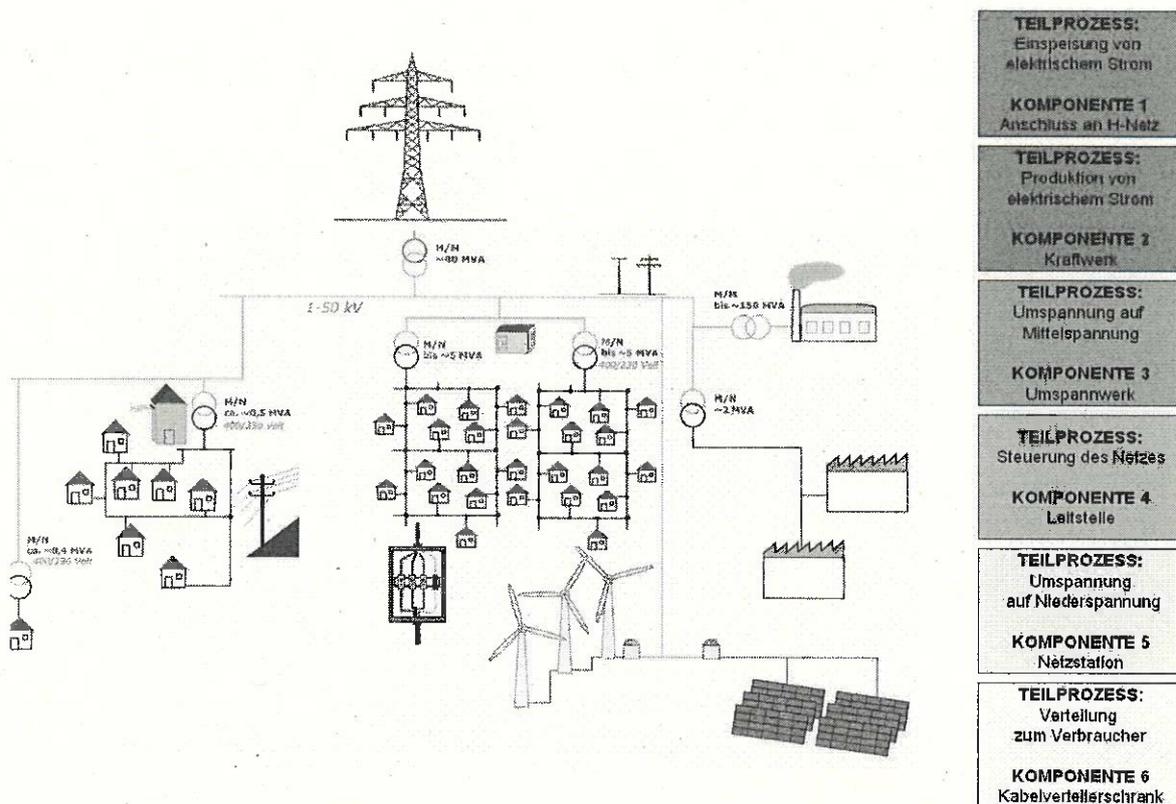


Abbildung 36: Schematische Darstellung der kommunalen Stromversorgung (Systemmodell)  
 Quelle: verändert nach Riepl, S. (2008): Stromversorgung; <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/de/%22>; <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Stromversorgung.png%22>

Die Ergebnisse, die dieser erste Analyseschritt in den betrachteten Beispielmunicipien erbringt, zeigt, dass sich die Netze hinsichtlich der Anzahl und der Vollständigkeit aller denkbaren Komponenten sowohl im Bereich der Wasserversorgung als auch im Bereich der Stromversorgung deutlich unterscheiden (in Abbildung 37 wurde die Wasserversorgung als Beispiel herangezogen, da die bessere Datenlage einen sinnvollen und anschaulichen Vergleich zwischen den Kommunen zulässt; auch für die Stromversorgung zeichnen sich bereits deutliche Unterschiede ab). Besonders im Vergleich zwischen Andernach und Radebeul ist zu erkennen, dass von der Größe/Einwohnerzahl der Kommunen (Radebeul: 33.203 <http://www.radebeul.de/>; Andernach: 30.529 <http://www.andernach.de/>) nicht automatisch auf eine Versorgungsform bzw. auf einen bestimmten Netzaufbau geschlossen werden kann. Die Tabelle in Abbildung 37 hat ausschließlich illustrativen Charakter. Sie enthält für sich genommen noch keine

verwundbarkeitsrelevanten Informationen<sup>2</sup> und ein Vergleich zwischen den Kommunen bezieht sich ausschließlich auf die Unterschiede im Netzaufbau.

	Köln	Dresden	Radebeul	Andernach
<b>TEILPROZESS:</b> Gewinnung von Rohwasser <b>KOMPONENTE 3</b> Bunnen, Talsperre	7	3	0	2
<b>TEILPROZESS:</b> Aufbereitung des Rohwassers <b>KOMPONENTE 3</b> Wasserwerk, Mischstation	8 (+1) (eine Mischstation)	3	0	2 (+2) (Reservewasserwerke)
<b>TEILPROZESS:</b> Einspeisung von Trinkwasser <b>KOMPONENTE 3</b> Pumpwerk	8	3	0	5
<b>TEILPROZESS:</b> Übernahme von Trinkwasser <b>KOMPONENTE 4</b> Übergabestelle, Schieber	0	3 (passive Anbindung an benachbarte Anbieter)	2 (aktive Anbindung an DREWAG und Zweckverb. Rödern)	3 (passive Anbindung an benachbarte Anbieter)
<b>TEILPROZESS:</b> Druckregulierung <b>KOMPONENTE 5</b> Pumpwerke	0 (lediglich an den Verbindungsstellen nach Frechen)	k.A.	k.A. (keine weiteren Pumpen benötigt, jedoch vorhanden)	4
<b>TEILPROZESS:</b> Zwischenspeicherung <b>KOMPONENTE 6</b> (Hoch-)Behälter	0	k.A.	5 (+1) (ein Wasserturm mit geringer Kapazität)	8

Abbildung 37: Tabellarische Übersicht über die Anzahl der in den Versorgungsnetzen der einzelnen Kommunen verwendeten Komponenten.

## 2. Schritt des Assessments: Expositionsanalyse

Im zweiten Schritt gilt es zu klären, welche der vorhandenen Komponenten tatsächlich exponiert sind (Abbildung 38). Die Expositionsanalyse ist am einfachsten, wenn alle Komponenten in ein GIS oder eine anders geartete Karte überführt wurden. Es ist jedoch auch grundsätzlich möglich, diese Informationen beim Betreiber einzuholen, ohne genaue Standorte zu erfragen. Entscheidend ist, dass man sich zum einen auf ein festes Szenario einigt, und dass zum anderen beim Erfragen der Exposition die Leistung der Komponenten (im Gegensatz zu Anzahl der Komponenten) als Bezugsgröße gewählt wird. Kann die Expositionsfrage verneint werden, so entfallen alle weiteren Fragen und das Assessment endet mit dem

<sup>2</sup> Erst beim Durchlaufen der nachfolgenden Assessmentsschritte werden verwundbarkeitsrelevante Informationen generiert, die Anzahl der Komponenten ist lediglich zur Bestimmung der nächsten Schritte von Bedeutung. Zur methodischen Problematik siehe 4. Zwischenbericht (August 2008), S. 53

Ergebnis einer sehr geringen Vulnerabilität (Klasse 1) gegenüber Hochwasser. Muss die Frage bejaht werden, so wird das Assessment fortgesetzt.

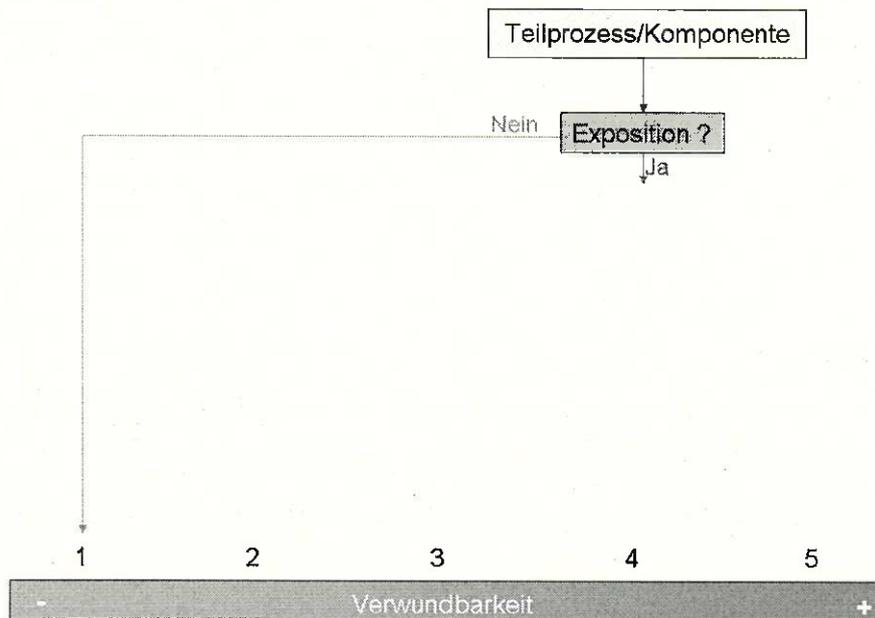


Abbildung 38: Veranschaulichung des zweiten Analyseschritts im Entscheidungsbaum

### 3. Schritt des Assessments: Ermittlung der Funktionsanfälligkeit

Der dritte Analyseschritt ist auf die Funktionsanfälligkeit gerichtet. Dieser erfasst, ob mit dem Ausfall der Leistung der exponierten Komponente bzw. einer oder mehrerer der exponierten Komponenten zu rechnen ist. Ob dieser Leistungsausfall zusätzlich auf eine Beschädigung zurückzuführen ist, kann in diesem Fall (aufgrund der kurzfristigen Perspektive der Analyse) vernachlässigt werden. Ist nicht mit einem Ausfall zu rechnen, so kann das Assessment für die entsprechende Komponente mit dem Ergebnis geringer Vulnerabilität (Klasse 2) beendet werden. Da ein gewisses Restrisiko besteht, kann keine Einordnung in Klasse 1 erfolgen. Sollte ein Ausfall zu erwarten sein, muss das Assessment weitergeführt werden (vgl. Abbildung 39).

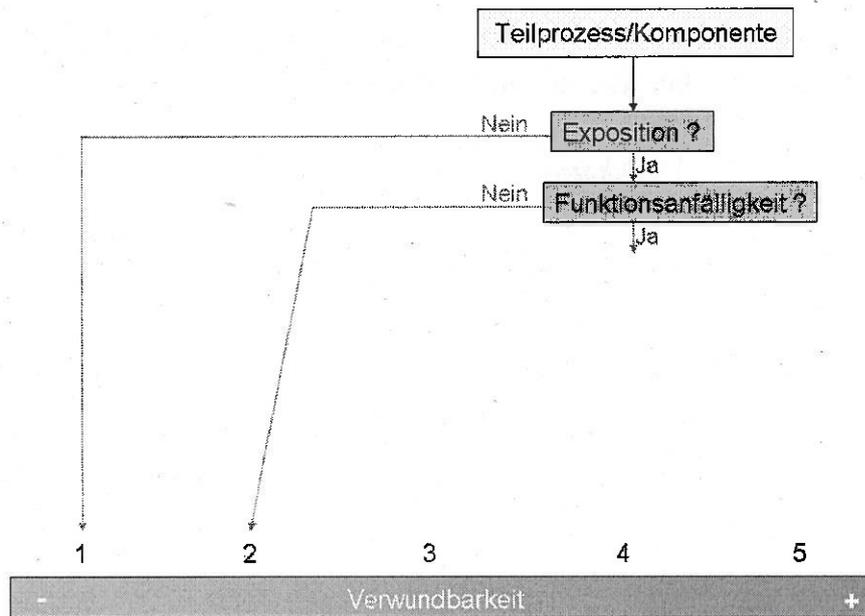


Abbildung 39: Veranschaulichung des dritten Analyseschritts im Entscheidungsbaum

Bei der Durchführung des dritten Analyseschritts gilt es zu bedenken, dass mit einem Ausfall auch dann zu rechnen ist, wenn die Komponente von der Stromversorgung abhängig ist. Eine Notstromversorgung setzt zwar grundsätzlich die Verwundbarkeit herab, da sich die Anlagen jedoch von Fall zu Fall in ihrer technischen Ausführung, Dimensionierung, Treibstoffbevortung und Installation in hohem Maß unterscheiden, muss, um diese sinnvoll bewerten zu können, ein weiterer Analyseschritt durchlaufen werden. Durch einen gesonderten Fragebogen zur Notstromversorgung kann ermittelt werden, ob die Notstromanlage die Verwundbarkeit in einem Grad reduziert, der einen positiven Einfluss im Entscheidungsbaum rechtfertigt. Dieser Schritt ist von besonderer Bedeutung, da die Gefahr der Vermittlung eines nicht gerechtfertigten Sicherheitsgefühls unbedingt vermieden werden muss. Der gesonderte Fragebogen zur Notstromversorgung erhebt sehr detaillierte Informationen, die nur vom Betreiber der Anlage beantwortet werden können. Sollte der Betreiber nicht bereit oder in der Lage sein, die benötigten Informationen zur Verfügung zu stellen, so muss unbedingt vom ungünstigsten Fall (vollständiger Funktionsausfall) ausgegangen werden – im Hochwasserfall fällt es sicherlich leichter, mit einer überraschenden Verfügbarkeit von Infrastrukturleistungen umzugehen, als mit einem unvorhergesehenen Ausfall. Das gleiche Vorgehen wird, sollte die Komponente in einem Gebäude untergebracht sein, hinsichtlich der Gebäudesicherheit empfohlen.

#### 4. Schritt des Assessments: Ermittlung der Ersetzbarkeit (I)

Die vierte Frage bezieht sich auf die technischen Voraussetzungen, die ausfallende Leistung durch Redundanz und Substitution zu ersetzen<sup>3</sup>. Sollte es technisch nicht möglich sein, die ausfallende Leistung exponierter Komponenten zu ersetzen, so endet das Assessment an dieser Stelle mit dem ungünstigsten denkbaren Ergebnis (Klasse 5; sehr hohe Vulnerabilität). Eine teilweise oder vollständige Ersetzbarkeit führt zur Fortsetzung der Assessmentmethode (vgl. Abbildung 40).

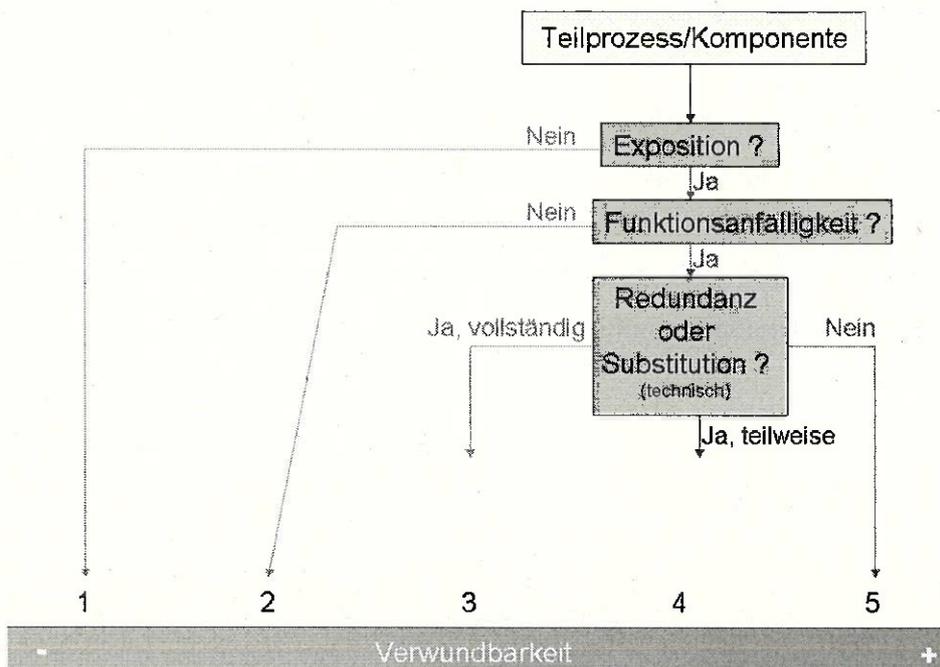


Abbildung 40: Veranschaulichung des 4. Analyseschritts im Entscheidungsbaum

#### 5. Schritt des Assessments: Ermittlung der Ersetzbarkeit (II)

Nach der technischen Möglichkeit muss nun noch die Umsetzbarkeit der Maßnahmen seitens des Personals betrachtet werden. Sind die Mitarbeiter hinsichtlich ihrer Ausbildung und ihres Vorbereitungsgrades in der Lage, den personellen Aspekt von Redundanz und Substitution zu erfüllen, so reduziert sich die Vulnerabilität. Wird der personelle Aspekt nicht erfüllt, so ist auch die technische Machbarkeit im Hochwasserfall keine Hilfe – das Assessment muss mit dem schlechtesten möglichen Ergebnis (Klasse 5; sehr hohe Vulnerabilität) für diese Komponente/diesen Teilprozess enden (vgl. Abbildung 41).

<sup>3</sup> Die relativ knappe Behandlung von Redundanz und Substitution darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass zu ihrer Bewertung die Betrachtung sehr komplexer Zusammenhänge notwendig ist (vgl. 4. Zwischenbericht, August 2008).

Es gilt zu bedenken, dass das Restrisiko mit jedem notwendigen Analyseschritt erhöht wird. Selbst wenn der Ausfall einer exponierten Komponente durch die technische Möglichkeit von Redundanz oder Substitution und den Ausbildungs- und Vorbereitungsgrad des Personals abgefangen werden könnte, so besteht doch ein gewisses Risiko, dass im Fall eines Hochwassers einer der notwendigen Schritte nicht realisiert werden kann (Personalausfall, nicht Erreichbarkeit bestimmter Einrichtungen, technische Störungen, zu kurzer Zeitrahmen, Stromausfall bzw. Störung der Notstromversorgung, etc.). Aus diesem Grund kann der entsprechende Teilprozess an dieser Stelle nur noch bestenfalls in Klasse 3 (mittlere Verwundbarkeit) eingeordnet werden. Innerhalb der Kommune besteht die Möglichkeit, über die Verringerung der Exposition oder die Absenkung der Funktionsanfälligkeit (z.B. über die Erhöhung des Schutzniveaus) die Verwundbarkeit weiter zu reduzieren, oder das verbleibende Restrisiko mit seinen Auswirkungen auf das Ergebnis des Vulnerabilitätsassessments zu akzeptieren.

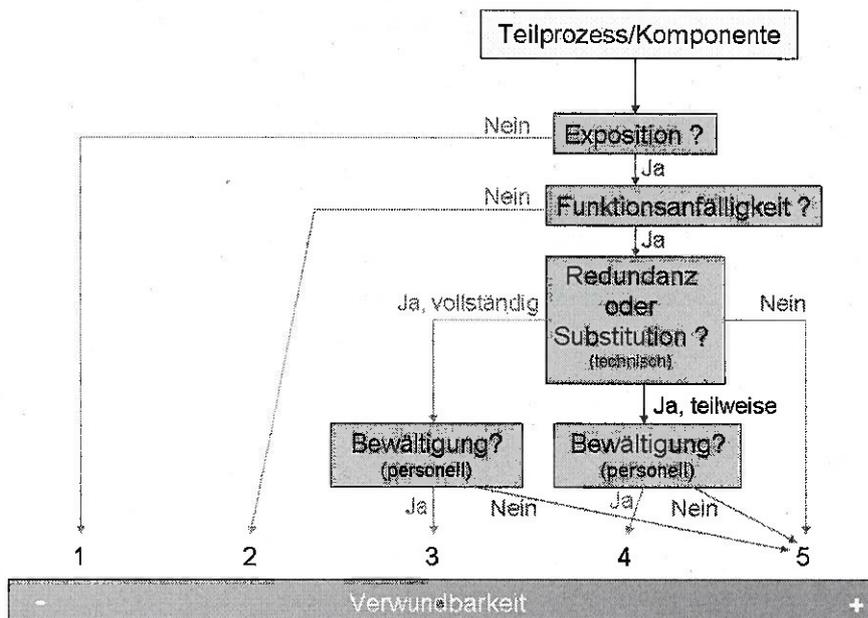


Abbildung 41: Veranschaulichung des 5. Analyseschritts im Entscheidungsbaum

Dieses Verfahren wird nacheinander für alle Komponenten angewendet, für die ein sinnvolles Ergebnis zu erwarten ist. Es kann demnach die Einordnung der einzelnen Teilprozesse in eine der fünf Klassen erreicht werden.

### **3.3.2 Betrachtung der Verwundbarkeit gegenüber Stromausfall**

Ein Hochwasserereignis geht grundsätzlich mit Stromausfall einher. Sowohl aus technischen Gründen (Entstehung von Kurzschlüssen) als auch aus Sicherheitsgründen muss der Strom in allen von Überflutung betroffenen Bereichen abgeschaltet werden. In der Regel sind neben den überfluteten Flächen nur kleine Gebiete außerhalb des Überflutungsbereichs von diesen Versorgungsausfällen betroffen. Auch in diesen Bereichen können sich jedoch Infrastrukturkomponenten befinden, deren Ausfall eine Unterbrechung von Prozessen nach sich ziehen kann. Um auch diese mögliche Bedrohung flächenbezogen zu erfassen, sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen denkbar.

- 1) Sollte der Versorger bereit und in der Lage sein, diese Gebiete unter Annahme des festgelegten Szenarios exakt anzugeben, so ist eine sehr genaue Expositionsanalyse von Infrastrukturkomponenten gegenüber dem zu erwartenden Stromausfall möglich.
- 2) Sollten keine exakten Informationen seitens der Betreiber vorliegen, so kann behelfsmäßig ein Saum von 400m Breite um den Hochwassersaum gelegt werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich in diesem Fall nur um eine näherungsweise Bestimmung der potentiell betroffenen Flächen handeln kann - die tatsächlich durch einen Stromausfall beeinträchtigten Bereiche werden aller Wahrscheinlichkeit nach deutlich kleiner sein.

In beiden Fällen kann das gleiche Schema, welches zuvor für die Exposition gegenüber Überflutung vorgestellt wurde, inklusive des Ergänzungsfragebogens zur Notstromversorgung angewendet werden (eine Anwendung des Ergänzungsfragebogens zur Gebäudesicherheit ist nicht sinnvoll).

### **3.3.3 Ranking der einzelnen Teilprozesse – Betrachtung der Systemebene**

Das in 3.3.1 ausführlich erläuterte Verfahren zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Teilprozesse gilt es in einem letzten Schritt, zu einer Aussage zusammenzuführen. Diese Zusammenführung sollte auf einem Weg geschehen, der die (exaktere) Einzelaussage nicht aufweicht und verschleiert, sondern vielmehr in einem Ranking die Einzelergebnisse zueinander ins Verhältnis setzt.

Als das einzige verallgemeinerbare Kriterium muss die Relevanz, verstanden als die Abhängigkeitsbeziehung innerhalb des hierarchischen Systemaufbaus, gelten. Diese verfolgt systematisch den Weg, den das Wasser, bzw. der elektrische Strom von der Erzeugung/Aufbereitung zum Abnehmer durchlaufen muss. Es bleibt festzuhalten, dass dieses Kriterium eher eine Orientierung darstellt - wie zu zeigen sein wird, können innerhalb des Rankings jedoch Unterschiede notwendig werden, die auf dem individuellen Netzaufbau beruhen.

### ***Ranking der Teilprozesse im Bereich der Stromversorgung***

Im Fall der Stromversorgung muss den Komponenten, die dafür Sorge tragen, dass elektrischer Strom im Netz der Kommune bereitgestellt wird, gemessen am Kriterium der Relevanz die höchste Priorität gewährt werden. Je nach Netzaufbau der Gemeinden wird dieser Prozess entweder von Umspannwerken, die die Einspeisung aus dem Hochspannungsnetz bzw. aus dem Mittelspannungsnetz übernehmen, oder von einer Kombination mit eigenen Kraftwerken umgesetzt. Sollten in der Kommune Probleme in diesem Teilprozess abzusehen sein, so ist es wichtig, nach den direkten Auswirkungen des Ausfalls zu fragen. Sollte etwa nur noch ein Teil der Gesamtleistung zur Verfügung stehen, so muss der Versorger mit dem Abwurf von Netzlast, also mit dem Abschalten der Versorgung für einzelne Abnehmer oder ganze Gebiete reagieren. Die Kommune sollte darauf vorbereitet sein, welche Bereiche des Netzes zuerst abgetrennt werden; ggf. ergibt sich die Möglichkeit, Einfluss auf die Planung zu nehmen.

Im nächsten Schritt muss der Strom ggf. noch auf die mittlere Spannungsebene heruntergespannt werden. Diesem Schritt muss die zweithöchste Priorität zukommen. Auch hier stellt sich, sollte sich dieser Teilprozess als nicht sicher herausstellen, die Frage, welche Folgen ein Ausfall hätte. Die Folgen können je nach dem, ob die Komponenten auf der Mittelspannungsebene vermascht oder in mehrere Teilnetze untergliedert sind, sehr unterschiedlich aussehen. Diese Frage kann nur im Dialog mit dem Versorger beantwortet werden.

In Abstimmung mit den befragten Experten muss an dieser Stelle die Netzleitstelle angeführt werden. Ihr Ausfall hätte zwar nicht unbedingt sofort einsetzende Stromausfälle zur Folge, würde aber in jedem Fall zu Problemen führen, da das Netz von nun an ‚blind‘ laufen müsste.

Im Anschluss wird die Umspannung von Mittelspannung auf Niederspannung in den Netzstationen zu betrachten sein. Bei diesem Schritt ist zu bedenken, dass die Netzstationen, die diesen Teilprozess umsetzen, eine relativ geringe räumliche Reichweite besitzen und daher ein deutlicher qualitativer Unterschied zwischen dem Ausfall eines Umspannwerks und dem Ausfall einer Netzstation zu sehen ist.

Die Verteilung des Strom über die Kabelverteilerschränke ist auf der untersten Ebene anzusiedeln. Auch hier ist wiederum eine deutliche Abstufung zu den Netzstationen zu sehen, da die Kabelverteiler in der Regel überbrückbar sind und ihr Ausfall nicht unbedingt Auswirkungen auf die Versorgung nehmen muss.

Darüber hinaus ist zu bedenken, dass sowohl die Netzstationen als auch die Kabelverteiler aufgrund ihres räumlich eingeschränkten Wirkungsbereichs von einem Hochwasser ebenso betroffen sein werden, wie die Abnehmer, die im Normalfall von ihnen versorgt werden. Da im Hochwasserfall in der Regel auch die Anschlüsse der Versorger unbrauchbar werden, ist zwar zumeist nicht von großflächigen Ausfällen durch die Überflutung dieser Komponenten auszugehen, kleinräumige Ausfälle für Abnehmer, die vielleicht selbst nicht von der Überflutung betroffen sind, können jedoch sehr wohl von diesen Komponenten verursacht werden.

Wie anhand dieser Ausführungen deutlich abzulesen ist, müssen Auswirkungen lokaler Gegebenheiten auf das Ranking der einzelnen Komponenten im Einzelfall bedacht werden und entziehen sich ein Stück weit der Erfassung mit einem standardisierten Vorgehen. Auch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass unabhängig davon, welche Komponente bzw. welcher Teilprozess auf dem Weg zum Abnehmer ausfällt, der Effekt für den Abnehmer, nämlich der Versorgungsausfall, immer der gleiche sein wird – das System kann nur dann zuverlässig zusammenarbeiten, wenn alle Teilprozesse auf dem Weg zum Abnehmer stabil sind. Das Ranking bietet dennoch einen ersten Anhaltspunkt und kann als Diskussionsgrundlage dienen.

### ***Ranking der Teilprozesse im Bereich der Wasserversorgung***

Analog zur Stromversorgung sollte der Bereitstellung von Trinkwasser in jedem Fall oberste Priorität gegeben werden. Das bedeutet, dass, je nach Systemaufbau vor Ort, die Kombination aus Wasserwerken und Brunnen/Talsperren oder die Einspeisungspunkte/Übergabestellen eines Vorversorgers an oberster Stelle des Rankings stehen müssen. Ein Ausfall der Trinkwasserbereitstellung hätte, je nach

Verfügbarkeit und Füllstand der Zwischenspeicher früher oder später, eine Absenkung des Druckniveaus und anschließend einen flächenhaften Versorgungsausfall zur Folge.

An zweiter Stelle müssen im Fall der Wasserversorgung die Pumpen zur Druckregulation betrachtet werden. Diese Pumpen sind nicht für die Einspeisung des Wassers verantwortlich sondern halten den Leitungsdruck stabil und befüllen ggf. die Zwischenspeicher. Ein Ausfall würde mit einer Absenkung des Wasserdrucks, beispielsweise in höher gelegenen Gebieten, und ggf. mit dem Aussetzen der Befüllung von Zwischenspeichern einhergehen. Sollten Pumpen mit dieser Aufgabe von einem herannahenden Hochwasser betroffen sein, so sollte bei ausreichend langer Vorwarnzeit auf eine vollständige Befüllung der Zwischenspeicher Wert gelegt werden.

Anders als im Fall der Stromversorgung wurde die Bedeutung der Netzleitstelle bei den befragten Experten zur Wasserversorgung als sehr niedrig eingestuft. Wasserwerke, Pumpen und Speicher kommunizieren in der Regel automatisiert miteinander, d.h. Steuerungsmechanismen greifen, ohne dass die Netzleitstelle diese einleiten muss. Der Leitstelle kommt in erster Linie eine Überwachungsfunktion zu.

Da die Zwischenspeicherung in der Regel in Hochbehältern oder Wassertürmen erfolgt, kann eine Betrachtung dieser Komponenten im Zusammenhang mit einem Hochwasserereignis mit unterster Priorität erfolgen.

### **3.4 Ableitung von Handlungsempfehlungen**

Eine Stärke des in 3.3.1 beschriebenen Vorgehens ist darin zu sehen, dass man sehr genau ablesen kann, wo eine mögliche Schwachstelle zu finden ist. Auf diesem Weg lassen sich Handlungsempfehlungen für den konkreten Fall ableiten. Entscheidend ist, dass nach Durchlaufen des Assessments an jedem Kriterium, welches im Entscheidungsbaum ‚oberhalb‘ der identifizierten Schwachstelle zu finden ist, angesetzt werden kann, um die Verwundbarkeit zu reduzieren. Sollte sich bei der Frage nach der personellen Bewältigung entschieden haben, dass eine Einordnung in Klasse 5 erfolgen muss, so bieten sich mehrere Möglichkeiten, dem Problem zu begegnen. Sowohl eine Herabsetzung der Exposition (Verlagerung des Standortes), als auch eine Herabsetzung der Funktionsanfälligkeit (z.B. über Objektschutzmaßnahmen), eine Erhöhung der technischen Redundanz, die

bestenfalls den Personaleinsatz in Hochwasserfall erübrigt, oder eine verbesserte Ausbildung der Mitarbeiter zur Erhöhung der personellen Umsetzbarkeit von Redundanz wären denkbare Optionen. Je nach dem, für welche der Optionen man sich im konkreten Fall entscheidet, wird eine mehr oder weniger deutliche Verbesserung der Situation erreicht. Gleichzeitig können die Lösungsansätze mehr oder weniger kostenintensiv sein. Diese Abwägungsentscheidung kann nur im Einzelfall getroffen werden.

Die Ausarbeitung von Fallbeispielen zur Illustration von unterschiedlichen Handlungsoptionen, welche in den untersuchten Kommunen zur Verbesserung der Versorgungssicherheit im Hochwasserfall tatsächlich durchgeführt wurden, muss als eine der zentralen Aufgaben der letzten Projektphase angesehen werden. Zusätzlich zu den bereits ermittelten Beispielen, ist auch zu erwarten, dass das für Mitte Februar angesetzte Gespräch mit Mitarbeitern der RWE einen entscheidenden Beitrag zur Erfüllung dieser Arbeitsaufgabe bieten wird. Ob die Beschreibung eines Fallbeispiels, welches die Mitarbeit der ENSO voraussetzen würde, tatsächlich durchgeführt werden kann, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschätzen. Bislang vorgesehen ist die Beschreibung folgender Fallbeispiele:

### **1) Herabsetzen der Exposition**

- Radebeul: Verlegung von Netzstationen in höher gelegene Gebiete
- Coswig: Aufgabe eines hochexponierten Wasserwerks, Abgabe der Bereitstellung an einen Vorversorger

### **2) Herabsetzen der Funktionsanfälligkeit**

- Köln-Rodenkirchen: Umstrukturierung der Stromversorgung

### **3) Erhöhung der Ersetzbarkeit**

- Radebeul: Neue Anbindung an das Netz der ENSO
- Dresden und Köln: Redundanz in der Wasserversorgung

### 3.5 Ausblick und offene Fragen

Neben den bereits angesprochenen Handlungsempfehlungen soll ein weiterer Arbeitsschwerpunkt auf der Erstellung eines computergestützten Assessment-Werkzeugs liegen. Dieses Werkzeug würde über eine Eingabemaske die erforderlichen Informationen sammeln, die Reihenfolge der Fragen vorgeben, über Filterfragen den Zeitaufwand minimieren und die Integration der detaillierten Fragenkataloge zu Notstromversorgung und Gebäudesicherheit organisieren. Darüberhinaus würde die Auswertung standardisiert und damit vergleichbar.

Auch wenn die Kommunikation zwischen den Akteuren mittels der vorgeschlagenen Methode so effizient wie möglich gestaltet und der Informationsbedarf so weit wie möglich reduziert wurde, so muss doch zu ihrer Durchführung ein Entgegenkommen der Betreiber vorausgesetzt werden. Einerseits ist es damit der Kommune nicht möglich, das Assessment ohne die Betreiberinformation durchzuführen; andererseits hatte es die Entwicklung der Methode auch nicht zum Ziel, die Kommunikation zwischen der Kommune und dem Infrastrukturbetreiber nach Möglichkeit ‚abzuschaffen‘. Es könnte über die Abfrage der relevanten Information sogar ein problemorientierter Dialog gefördert werden.

Als nicht unproblematisch ist in diesem Zusammenhang auch das Spannungsverhältnis zwischen der Anspruchshaltung der Kommune auf ein sicheres und gegenüber Hochwassern möglichst wenig verwundbares Versorgungssystem und den nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten handelnden Unternehmen zu bewerten. So ist es zwar die Kommune, die mit Hilfe des Assessments die Verwundbarkeit der Versorgungssysteme überprüft, der Akteur, der zur Verbesserung der Situation handeln müsste, ist jedoch das Unternehmen. Einige Maßnahmen, wie etwa die Erhöhung von personeller oder technischer Redundanz können einen hohen Kostenaufwand für die Betreiber bzw. die Versorger bedeuten. Es wird also notwendig sein, auch von kommunaler Seite Angebote an die Versorger zu machen (etwa über die Bereitstellung von Flächen), um in einem gemeinsamen Prozess, Veränderungen zu bewirken.

Ein weiteres ungelöstes Problem liegt in der Tatsache begründet, dass die Grenze der Kommune oft nicht die Grenze des Infrastrukturnetzes ist. Liegt die Schwachstelle im Versorgungssystem außerhalb der Kommune, sodass beispielsweise kein Strom bis an die Kommunengrenze gelangt, so ist bei aller

Sicherheit der kommunalen Infrastrukturen ein Ausfall die mögliche Folge. Als Herausforderungen für die weitere Forschung werden, neben der Betrachtung dieser Problemlage, die Überprüfung der Übertragbarkeit der hier dargestellten Methode auf andere Infrastrukturen und andere Naturgefahren betrachtet.

### **3.6 Entwurf eines Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment Kritischer Infrastruktur**

Zur Illustration einer möglichen Operationalisierung der im Bereich Kritische Infrastruktur geleisteten Arbeit im Rahmen eines Leitfadens, wird im Anhang ein noch unvollständiger Entwurf vorgestellt. Es ist vorgesehen diesen bis zum Expertenworkshop in Bad Neuenahr/Ahrweiler in einer vollständigen Version vorzulegen.

(Zu beachten ist der Farbcode des Entwurfs: Während die konkreten Fragestellungen und Arbeitsschritte stets in grün hinterlegt sind, werden die Beispiele violett hervorgehoben.)

(Siehe Anhang)



#### **4. Fortschritt im Projektbereich Soziales/Bevölkerung**

Die folgenden Ausführungen skizzieren den Stand der Arbeiten zum Vulnerabilitätsassessment im Bereich Soziales/Bevölkerung. Dabei werden am Anfang kurz die wesentlichen Aktivitäten und Fortschritte im Projektbereich aufgeführt. Im zweiten Teil wird ein erster zusammenfassender Textentwurf für die Diskussion des Bereichs Soziales/Bevölkerung im Rahmen des zu entwickelnden Leitfadens und des am 24. Februar geplanten Workshops in der AKNZ Bad Neuenahr/Ahrweiler wiedergegeben, wobei dieser Textteil für die Diskussion noch weiter eingegrenzt wird. Der Textteil für die Diskussion mit den Experten gliedert sich in vier Teile: a) Einleitung und methodisches Vorgehen, b) Ableitung wesentlicher Kriterien und wünschenswerter Parameter, c) Analyse und Erfassung der Indikatoren auf Basis kommunaler Daten und eigener Befragungen, d) Ableitung erster Empfehlungen.

##### **4.1 Überblick über die Aktivitäten seit August 2008**

Die Forschung an der Konzeption eines Assessments für den Bereich Soziales/Bevölkerung hat sich in den letzten sechs Monaten insbesondere auf die weitergehende Auswertung der Haushaltsbefragungsdaten – z.B. in Bezug auf die gesundheitlichen Folgewirkungen und Schadensmuster nach den Hochwassern in Köln und Dresden – bezogen, sowie auf die Erörterung und Validierung der Ergebnisse im Rahmen von Expertengesprächen in Dresden und Köln. Darüber hinaus wurde auch weiter an der Frage der Ersatzindikatoren gearbeitet, d.h. an der Frage, inwieweit man durch „klassische kommunalstatistische Daten“ bestimmte in den Haushaltsbefragungen aufgetretene Phänomene indirekt abbilden kann.

##### **4.1.1 Auswertung weiterer Daten der Haushaltsbefragung**

Die weitergehende Auswertung der Befragungsdaten aus den Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden bezog sich insbesondere auf die Kopplungsprozesse und Wirkpfade zwischen der Hochwasserbetroffenheit und den damit verbundenen Wirkungen auf den Bereich Gesundheit und Wohlbefinden. Dabei zeigte sich, dass insbesondere Gesundheitsprobleme (z.B. Depressionen) bei Haushalten zu

verzeichnen sind, die durch das Hochwasser direkt in der eigenen Wohnung betroffen waren. Im Zusammenhang mit dieser Auswertung wurde auch deutlich, dass die direkte Betroffenheit der Haushalte in Dresden deutlich höher lag als bei den Befragten in Köln – ein Unterschied in den beiden Grundgesamtheiten. In diesem Kontext muss betrachtet werden, dass der Anteil der Haushalte, in denen gesundheitliche Probleme in Verbindung mit dem Hochwasser auftraten, in Dresden deutlich höher lag als in Köln. Unbeschadet der Tatsache, dass die Grundgesamtheit der direkt betroffenen Haushalte in Köln (Wasser im Keller oder in der Wohnung) deutlich niedriger lag als bei den erfassten Haushalten in Dresden, war allerdings auffällig, dass der Anteil der direkt betroffenen Haushalte, welche Gesundheitsbelastungen und Einschränkungen im Wohlbefinden erfahren haben, in Dresden deutlich höher lag als bei der Gruppe der direkt vom Hochwasser betroffenen in Köln.

Des Weiteren wurden auch noch einmal Verfahren der Faktoranalyse als mögliche Wege zur Aggregation von Informationen und Daten geprüft, dabei zeigten sich allerdings vielfach unbrauchbare Gruppierungen, die keine inhaltlich stringente Interpretation erlauben. Demzufolge wurde diese statistische Möglichkeit des Aggregationsverfahrens für die Auswertung der Befragung in Köln und Dresden eher verworfen.

#### **4.1.2 Vorstellung und Diskussion der Befragungsergebnisse in Köln bei der Bürgerinitiative Hochwasser am 27. Januar 2009**

Neben der Diskussion und Reflektion der Ergebnisse durch Experten, die insbesondere auch auf dem geplanten Workshop im AKNZ am 24. Februar in Ahrweiler/Bad Neuenahr erfolgen soll, zielte die Arbeit in den letzten sechs Monaten verstärkt darauf ab, die Ergebnisse durch „betroffene“ und „erfahrene“ Bürger evaluieren zu lassen. Dies entsprach dem Ziel, die Ergebnisse der Befragung den Bürgern wieder vorzustellen. Obschon man dies auch durch eine Auswahl der tatsächlich befragten Haushalte hätte machen können, war durch die Vorstellung der Befragungsergebnisse bei der Bürgerinitiative Hochwasser in Köln am 4. November 2008 bereits das Interesse geweckt worden, hier die Ergebnisse noch einmal intensiv zu diskutieren und ergänzende Informationen über die Bedeutung verschiedener Bewältigungsstrategien und Institutionen, die für die Bewältigung von Hochwasserereignissen bedeutsam sind einzuholen. Demzufolge wurde mit der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen e.V. am 27. Januar 2009

eine fokussierte Gruppendiskussion durchgeführt, die die Präsentation und Diskussion zentraler Befragungsergebnisse sowie die Diskussion von Bewältigungsstrategien mit Hilfe der Meta-Plan-Technik umfasste.

Die Mitglieder der Bürgerinitiative merkten an, dass die sehr großen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Kölner und der Dresdner Stichprobe hinsichtlich der nach dem Hochwasser aufgetretenen gesundheitlichen Probleme (körperlicher und seelischer Natur) erstens durch die deutlich höhere Anzahl der direkt Betroffenen in Dresden erklärbar ist und zweitens auch die Art des Hochwasserereignisses und die Erfahrung mit dem Hochwasser in den vergangenen Jahrzehnten signifikant unterschiedlich in Köln und Dresden verlaufen ist, Einfluss auf das Ergebnis nimmt.

Nach Ansicht der Bürger hatten die Kölner Befragten bereits zahlreiche Hochwasser erlebt und waren demzufolge weniger „überrascht“ und „psychisch betroffen“ als die Dresdener Bürger, in deren Umfeld in den Jahrzehnten vor dem Elbe-Hochwasser 2002 kaum entsprechende Erfahrungen oder Ereignisse aufgetreten waren. Diese Interpretation wurde auch von dem Praxispartner in Dresden geteilt (Gespräch Landesumweltamt Dresden am 21 Januar 2009).

Der relativ große Unterschied in der Grundgesamtheit der vom Hochwasser direkt betroffenen Haushalte kann auch damit zusammenhängen, dass in Köln mit dem HQ 500 ein Szenario mit deutlich höherer Wiederkehrwahrscheinlichkeit gewählt wurde als in Dresden (EHQ entspricht einem Pegelstand von 10m). Zum anderen haben die letzten Kölner Hochwasser auch die HQ 100 Marke nicht erreicht, während diese 2002 in Dresden sogar überschritten wurde. Daher muss ein Vergleich der Ergebnisse bzw. die Interpretation der Daten diese Differenzen beachten und benennen. Des Weiteren ergab das Gespräch, dass aus Sicht der BI Hochwasserereignisse auch teilweise eine motivierende Wirkungen haben können und das Selbsthilfepotenzial der Bevölkerung stärken kann. Wenn man weiß worauf man sich einzustellen hat, kann man ein Hochwasserereignis vermutlich besser verarbeiten und bewältigen als wenn man ‚kalt erwischt‘ wird, so die Meinung der Bürger in der BI. Zusätzlich wird angemerkt, dass es interessant wäre, die Betroffenheit nach Untersuchungsgebieten zu ermitteln (für Köln U-Gebiet Rodenkirchen, U-Gebiet Innenstadt, U-Gebiet Chorweiler).

### ***Expositionseinschätzung***

Es wurde ebenfalls diskutiert, wie die Selbsteinschätzungen zur Exposition zu Stande kommen. Die Angaben enthalten einen gewissen Widerspruch, da alle Befragten entweder HQ 100 oder HQ 500 exponiert wohnen. Zudem wird kritisch angemerkt, dass bei der Auswertung nicht deutlich wird, woher die Informationen stammen, und ob die Befragten vielleicht auch falsch informiert wurden (Fehler des Informanten). Einige Mitglieder der BI merkten an, dass ihnen Wohnungs- und Grundstücksmakler z.T. falsche Informationen zur Hochwassergefährdung des Wohnstandortes gegeben hätten. Die BI Mitglieder berichteten zudem von Wohnungs- und Grundstücksanzeigen, die mit dem Attribut ‚hochwasserfrei‘ warben, aber tatsächlich hochwasserexponierte Lagen aufwiesen. Die meisten Mitglieder der BI kamen aufgrund ihrer bisherigen Erfahrungen der letzten Jahrzehnte zu dem Schluss, dass die Stadt bisher keine systematische Information für die Bevölkerung bereitstellt, wenn es um den Bezug hochwasserexponierter Wohnungen oder den Kauf entsprechender Grundstücke geht. Des Weiteren wurde angemerkt, dass aus der Auswertung nicht deutlich wird, zu welchem Zeitpunkt der jeweilige Haushalt diese Information eingeholt hat oder diese ihm gegeben wurden.

### ***Evakuierung im Hochwasserfall***

Grundsätzlich stimmten die Mitglieder der BI den Aussagen, dass ältere Haushalte und Haushalte mit Kleinkindern im Aufbruch langsamer sind, zu, es wird jedoch angezweifelt, dass alle diese Frage realistisch beantworten können. Auch wurden die Minutenunterschiede und die Unterschiede in den prozentualen Anteilen der Evakuierten als nicht sehr signifikant gewertet. Allgemeine Zustimmung fand die Aussage, dass sowohl der direkte Familienkreis (eigene Familie) als auch die ‚unpersönlichen‘ Evakuierungsorte (Hotel, Notunterkunft) im Hochwasserfall in ihrer Bedeutung mit dem Alter zunehmen. Die Erklärung, dass im Laufe der Zeit weniger Freunde zur Verfügung stehen, wird bestätigt.

### ***Gruppendiskussion: Welche Einrichtungen und Institution sind bei der Bewältigung eines Hochwasserereignisses am wichtigsten?***

Die Mitglieder wurden gebeten aus ihren Erfahrungen mit Hochwasser zu berichten und die Bedeutung und Erreichbarkeit unterschiedlicher Institutionen, die im Hochwasserfall eine Hilfestellung bei der Bewältigung bieten können, zu benennen

und zu bewerten (Venn-Diagramm Technik). Die Ergebnisse werden mit Hilfe von Moderationskarten festgehalten (siehe Abb. 42).

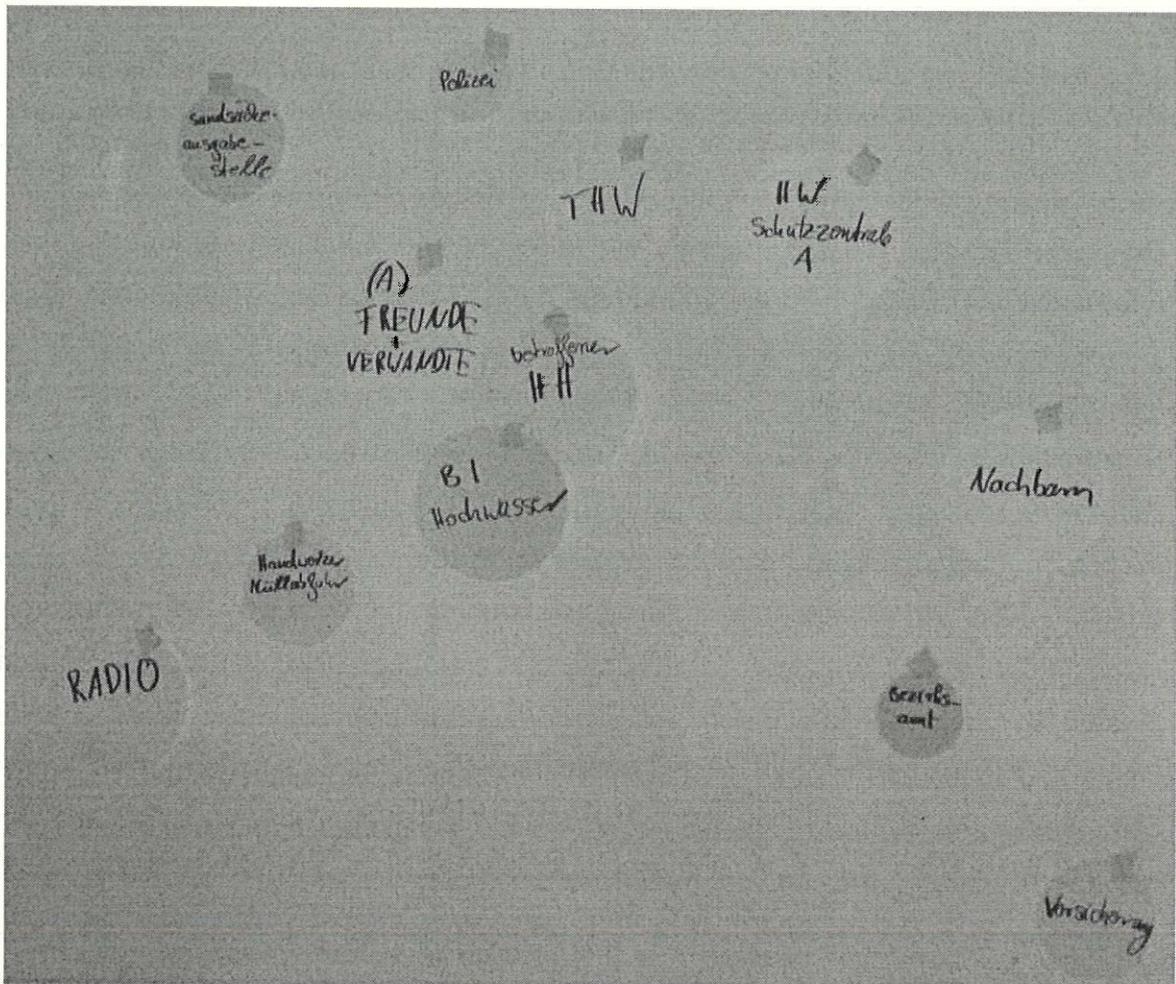


Abbildung 42: Venn-Diagramm zur Bedeutung und Erreichbarkeit unterschiedlicher Institutionen und Organisationen, die für die Bewältigung von Hochwasserereignissen bedeutsam sind  
Quelle: Foto von Teichman und Krings 2009

Insgesamt zeigt sich, dass die Selbsthilfe in Form der BI Hochwasser und Freunde und Verwandte als zentrale Bezugspunkte besonders bedeutsam und als gut erreichbar dargestellt werden. Auch die Hochwasserschutzzentrale und die Einsatz- und Rettungskräfte, wie das THW, werden als wichtige und relativ gut erreichbare Institutionen gewertet. Insbesondere bei der Hochwasserschutzzentrale wird die unbürokratische Hilfe und Unterstützung gelobt. Darüber hinaus ist auffällig, dass Nachbarn zwar als sehr bedeutsam eingestuft werden, deren Hilfe allerdings im Hochwasserfall eher als nicht erreichbar bewertet wird, da diese selbst mit der Hochwasserbekämpfung beschäftigt sind. Darüber hinaus wird deutlich, dass die Versicherungen und die Polizei sowie die Sandsackausgabestelle als schwer

erreichbar gewertet werden. Das Radio gilt als wichtiges Medium um eine bessere Bewältigung des Hochwassers zu vollziehen, allerdings ist auch hier die Erreichbarkeit eher schwieriger.

#### **4.1.3 Vorstellung und Diskussion der Befragungsergebnisse in Dresden beim Praxispartner dem Landesumweltamt Dresden am 21. Januar 2009**

Aufbauend auf den Ergebnissen der Haushaltsbefragung wurde vom Praxispartner in Dresden eine Analyse der räumlichen Verteilung der Haushaltsstruktur und der Altersstruktur in Dresden vorgenommen, da diese Parameter im Zusammenhang mit der Auswertung der Frage 5.5 der Haushaltsbefragung (Frage: Würden Sie es im Falle einer Evakuierung ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen?) signifikante Unterschiede in beiden Städten, bezogen auf Mehr- und Einpersonenhaushalte, offenbarte (d.h. Einpersonenhaushalte sind deutlich weniger in der Lage sich selbst in Sicherheit zu bringen). Die Kombination mit der Altersstruktur hatte zudem gezeigt, dass insbesondere ältere Einpersonenhaushalte hier erhebliche Probleme aufweisen. In diesem Zusammenhang wurden von dem Praxispartner Dresden entsprechende Daten zur Demographie und Haushalts-Struktur verschnitten. Dabei zeigte sich, dass bestimmte Stadtteile einen deutlich höheren Anteil an älteren Einpersonenhaushalten aufweisen als andere. Zudem wurde ein deutlicher, zeitlicher Trend zu einer steigenden Zahl von älteren Einpersonenhaushalten verzeichnet (Vergleich zwischen zwei Zensusdatensätzen vor und nach 2002).

Für die Indikatorenbildung – insbesondere die Entwicklung von Messvorschriften - wurden unterschiedliche Bezugspunkte der Auswertung diskutiert, d.h. beispielsweise, ob es sinnvoller ist, den Anteil der älteren Einpersonenhaushalte an den gesamten Einpersonenhaushalten oder an den gesamten Haushalten darzustellen. Diese Diskussion wurde auf Basis entsprechender Auswertungen geführt, um zu prüfen, welche Messvorschrift am ehesten die gewünschten Unterscheidungen offenbaren würden. Darüber hinaus wurden auch einige Ergebnisse, wie beispielsweise die erheblich stärkeren Auswirkungen des Hochwassers auf die Gesundheit der Betroffenen in Dresden im Vergleich zu der Ergebnisse für die Stadt Köln, mit dem Praxispartner in Dresden diskutiert. Aufgrund der erheblichen Differenzen bei der Folgewirkung des Hochwassers auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Betroffenen wurde zudem verabredet, speziell

in diesem Bereich noch einmal die entsprechenden Ämter nach verfügbaren Daten anzufragen. Da sich bisher die Indikatoren für die Messung der Vulnerabilität aus der kommunalen Statistik primär auf demographische und Haushaltsstrukturmerkmale beschränken, wird die Ergänzung z.B. durch Gesundheitsdaten als wichtig und lohnenswert erachtet. Ergebnisse dieser Amtsgespräche werden in den nächsten Wochen erwartet.

#### **4.2 Indikatoren und Assessmentmethoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit des Bereichs Soziales/Bevölkerung**

Die Entwicklung von Indikatoren und Kriterien für den Bereich Soziales/Bevölkerung steht vor besonderen Herausforderungen, da zahlreiche Charakteristika und Determinanten, die Anfälligkeit oder Bewältigungskapazitäten sichtbar machen könnten, bisher noch nicht hinreichend bekannt sind oder erfasst wurden. Obschon jede Katastrophe und die durch diese offenbarte Vulnerabilität von Gesellschaften, wie beispielsweise nach dem Hurrikan Katrina, auch deutlich situationsspezifische Merkmale aufweisen, zielt die Entwicklung der Indikatoren und Kriterien zur Abschätzung der Vulnerabilität in diesem Projekt auf die Identifikation möglicher Parameter, die eine gewisse verallgemeinerungsfähige Signalfunktion für die Frage der relativen Vulnerabilität aufweisen - d.h. es geht hier insbesondere darum, Unterschiede in den Vulnerabilitätsprofilen und -niveaus zwischen einzelnen Stadtgebieten zu identifizieren (relative Betrachtung).

##### ***Konzeptioneller Rahmen***

Als erstes strukturierendes Element für die Erfassung der Vulnerabilität im Bereich Soziales/Bevölkerung wurden anhand des analytischen Rahmenkonzepts, des sog. BBC-Konzepts, insbesondere drei Bereiche identifiziert, in denen sich Vulnerabilität offenbart: 1) Exposition gegenüber Hochwasser, 2) Anfälligkeit gegenüber möglichen Hochwassereinwirkungen und 3) Bewältigungskapazitäten, die ein schadloseres Überstehen des Hochwasserereignisses ermöglichen (siehe auch Abb. 43).

Das BBC-Framework verdeutlicht, dass Vulnerabilität nicht allein mit negativen Charakteristika wie Fragilität gleichgesetzt werden darf, sondern auch Bewältigungskomponenten umfasst. Erst die integrative Betrachtung der Expositionsproblematik, der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazitäten des jeweiligen exponierten Elements (Mensch, Ökosystem, kritische Infrastruktur) lassen

hinreichende Rückschlüsse auf die Vulnerabilität insgesamt zu. Darüber hinaus verdeutlicht das BBC-Framework, dass die Messung von Vulnerabilität auch präventive Vorsorgemaßnahmen (t=0) und die Kapazitäten im Notfall (t=1) erfassen bzw. berücksichtigen sollte.

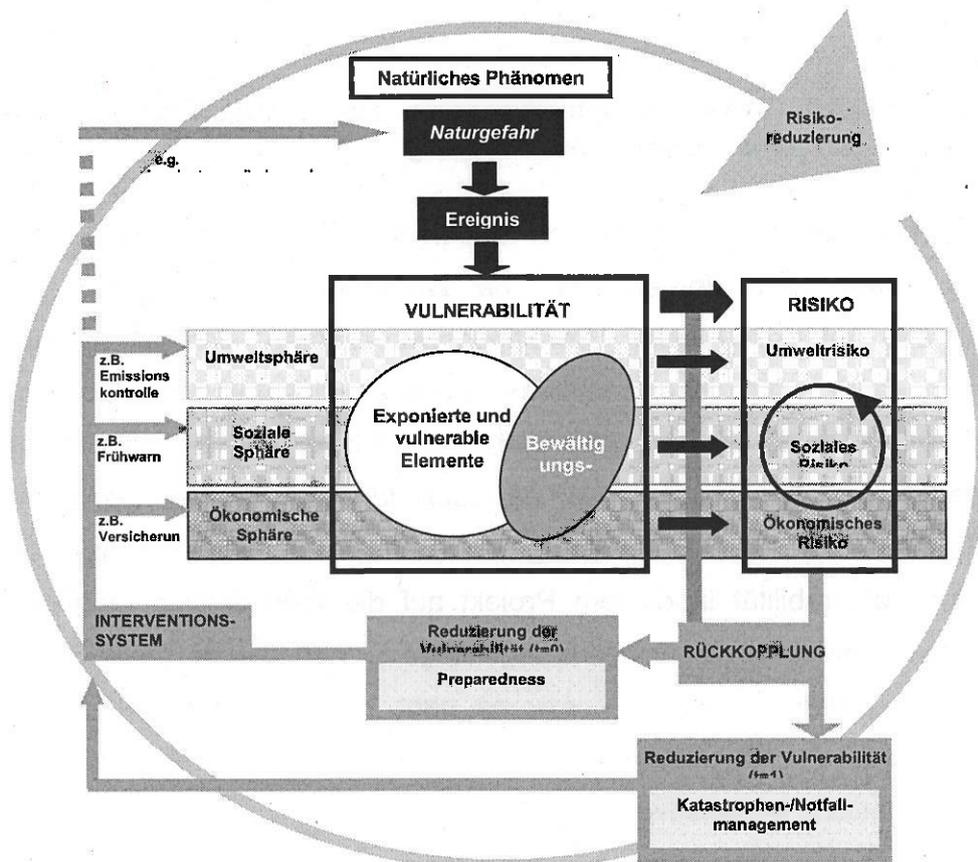


Abbildung 34: Das BBC-Framework  
Quelle: Birkmann 2007

Des Weiteren werden bei der Entwicklung der Indikatoren und Kriterien auch Elemente eines Systemmodells – insbesondere basierend auf der konzeptionellen Vorstellung eines Regelkreises – berücksichtigt. D.h. es wurden neben Fragen zur Exposition und Anfälligkeit auch Aspekte der Reaktion, Bewältigung und Anpassung an Hochwassergefahren miteinbezogen. Die Wirkungs- und Rückkopplungsprozesse in einem solchen Systemmodell sind im Bereich der Gesellschaft jedoch mit Vorsicht zu behandeln, da im Gegensatz zu technischen Systemen hier Reaktionen höchst unterschiedlich ausfallen können. In dieser Hinsicht wird auch die Nicht-Linearität von Prozessen bewusst einbezogen, so dass eine lineare mono-kausale Erklärungs- und

Wirkungskette eher abzulehnen ist. Vielmehr besteht ein wesentliches Interesse darin, unterschiedliche Reaktionsmuster und Prozessabläufe, die sich je nach sozialer Gruppe oder Stadtteil unterscheiden, zu erfassen und zu diskutieren.

Somit geht es hier um die Entdeckung bestimmter Zusammenhänge und Prozesse, die eine gewisse Verallgemeinerungsfähigkeit ermöglichen.

Insgesamt ist das BBC-Framework eine wichtige Grundlage auf der Metaebene, so dass die Aspekte der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität auch im weiteren Verlauf noch für das spezielle Themenfeld Soziales/Bevölkerung konkretisiert werden müssen. Insgesamt wird ein prozesshaftes Verständnis von Vulnerabilität angestrebt, welches neben bestimmten Strukturen auch Prozesse betrachtet, welche die Vulnerabilität tendenziell steigern oder eher senken. Darüber hinaus ist anzumerken, dass die Entwicklung von Kriterien und Indikatoren bezogen auf die Datenbasis hier zweigeteilt erfolgen muss. Einerseits ist ein Kernset von Kriterien und Indikatoren aus der kommunalen Statistik heraus zu bilden, andererseits ist es bereits am Projektbeginn deutlich gewesen, dass für die Abschätzung und Erfassung von z.B. Facetten der Bewältigungskapazität vielfach auch neue Daten erhoben werden müssen, da die klassische Statistik diese Fragen bezogen auf Naturgefahren nicht behandelt. Demzufolge wurde als zweite Datenquelle von Beginn an eine kommunale Haushaltsbefragung ins Auge gefasst, die die Erhebung spezieller Parameter ermöglicht, welche dann bezüglich der offenbarten Vulnerabilität aus vergangenen Ereignissen ausgewertet werden können.

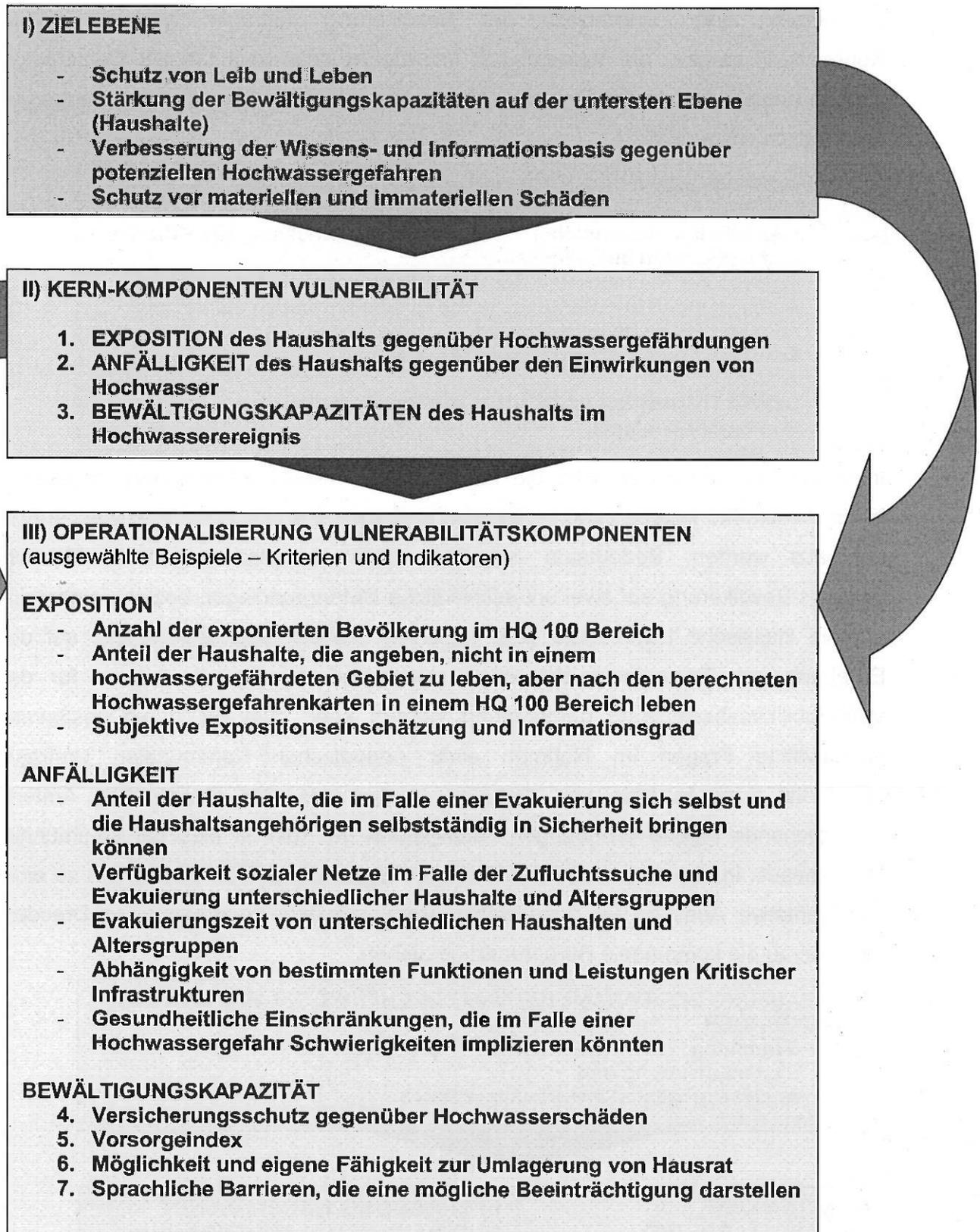
#### **4.2.1 Gegenstandsspezifisch von Vulnerabilitätsbegriff und Assessmentmethode**

Die im Rahmen des Projekts schwerpunktmäßig betrachteten Bereiche der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität wurden für den Bereich Soziales/Bevölkerung weitergehend operationalisiert. In dieser Hinsicht wurden bezogen auf die Exposition im Rahmen der Haushaltsbefragung sowohl die berechnete Exposition im HQ 100 oder EHQ erfasst, als auch die subjektive Expositions- und Gefährdungseinschätzung gegenüber Hochwassergefahren erfragt.

Des Weiteren wurden, bezogen auf die Anfälligkeit, Kriterien und Fragen zum Wissen über Hochwassergefahren sowie zum Wissen im Bereich des Notfallverhaltens

abgefragt. Da im Fall eines Hochwassers insbesondere zuerst auf soziale Netzwerke für die Hilfe und die Bewältigung der Folgen zurückgegriffen wird, wurde auch der Bereich der Bewältigungskapazität auf die Verfügbarkeit sozialer Netzwerke bezogen und auf unterschiedliche Altersgruppen bezogen ausgewertet. Insgesamt lässt sich das Vorgehen durch einen mehrstufigen Assessment-Prozess wie folgt skizzieren:

Abbildung 44: Zentrale Schritte und Ebenen des Assessment-Prozesses



Des Weiteren werden auch Prozesse und Trends analysiert, die zu einer generellen Verstärkung der Vulnerabilität der Bevölkerung beitragen können,- sowie Kontextbedingungen, die Vulnerabilität implizieren oder begünstigen. Demzufolge werden entsprechende Trends und Kontextbedingungen als weitere Rahmungen in der Analyse verwendet.

**IV) ERFASSUNG VON KONTEXTBEDINGUNGEN UND TRENDS**

- Identifikation wesentlicher Trends, die die Entwicklung der Kriterien und Indikatoren beeinflussen
- Analyse der Rahmen- und Kontextbedingungen, die für bestimmte Ausprägungen und Wirkungsketten in dem jeweiligen Fallbeispiel raumspezifisch bedeutsam sind
- Ermittlung möglicher Wechselwirkungen
- **BEWÄLTIGUNGSKAPAZITÄTEN des Haushalts im Hochwasserereignis**

In einem weiteren Schritt wird die tatsächliche empirische Forschung umgesetzt, indem bestimmte Kriterien und Indikatoren in Fragen und mögliche Messvorschriften übersetzt werden. Bedeutsam ist, dass sich das Assessment im Bereich Soziales/Bevölkerung auf zwei unterschiedliche Datengrundlagen bezieht, einerseits auf die klassische kommunale oder regionale Statistik und andererseits auf die Erhebung von Parametern aus einer Haushaltsbefragung, die eigens für die Vulnerabilitätsabschätzung durchgeführt werden kann oder die durch bestimmte ausgewählte Fragen im Rahmen einer periodischen Kommunalen Umfrage umgesetzt wird. In Köln und Dresden werden von den statistischen Ämtern entsprechende eigene Erhebungen durchgeführt. In Köln ist dies der kommunale Mikrozensus, in den auch das Projekt einige Fragen einspeisen konnte, um so eine repräsentative Aussage für ausgewählte Problempunkte zu erhalten. In Dresden kann hierzu die kommunale Bürgerumfrage dienen.

**V) ERFASSUNG DER PARAMETER UND DURCHFÜHRUNG VON EIGENEN BEFRAGUNGEN**

- Sammlung
- Systematisierung und
- Analyse möglichst kleinräumiger Daten

<p><b>a) DATEN DER KOMMUNALEN UND REGIONALEN STATISTIK</b></p>	<p><b>b) ERHEBUNG NEUER DATEN DURCH HAUSHALTSBEFRAGUNG STATISTIK</b></p>
--	--

#### **4.2.2 Adressaten- und Nutzerorientierung der Kriterien und Indikatoren**

Auf der Grundlage der oben skizzierten zentralen Bausteine und Arbeitsschritte dient die Analyse insbesondere dazu, auch adressatenspezifische Vulnerabilitätsprofile und Fragestellungen zu analysieren. Als wesentliche Adressaten können in der Kommune beispielsweise Akteure des präventiven Bevölkerungsschutzes dienen, oder es können bestimmte Kriterien und Indikatoren für die räumliche Planung nutzbar gemacht werden - dies betrifft beispielsweise Fragen der demographischen Entwicklung ebenso wie Aspekte der baulichen Hochwasservorsorge.

Darüber hinaus muss die Methodik der Erfassung von Vulnerabilität im Bereich Soziales/Bevölkerung so flexibel und anwendungsorientiert sein, dass man auf der Basis dieser Informationen auch Handlungsempfehlungen und eine verbesserte Strategie und Zielbildung beispielsweise für den präventiven Bevölkerungsschutz erreicht. Zudem dient die angestrebte, allerdings noch nicht abgeschlossene Aufteilung der Indikatoren in ein Kernset, welches mit geringem Aufwand erhoben werden kann, und ein erweitertes Set von Indikatoren auch dazu, unterschiedliche kommunale Gegebenheiten zu berücksichtigen. Während die Beispielstädte Köln und Dresden eine recht große Verwaltungskapazität besitzen und daher spezielle Mitarbeiter an Fragen des präventiven Hochwasserschutzes arbeiten, ist dies in kleinen Gemeinden häufig nicht der Fall. Demzufolge zielt der Aufbau der Indikatoren auch auf eine modulare Struktur mit einem Kernset und einem erweiterten Set von Indikatoren. Dies wird auch beim Expertenworkshop im AKNZ am 24. Februar ein wichtiges Thema sein.

#### **4.3 Präsentation ausgewählter Ergebnisse und Ableitung von Fragen für den Expertenworkshop im AKNZ**

Im Folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse des ersten Assessments präsentiert, die für die weitere Bildung der Kriterien und Indikatoren zur Abschätzung der Vulnerabilität von hoher Bedeutung sind. Zudem werden einige Ergebnisse aufgeführt, die weiterer Interpretationen und einer kritischen Evaluation durch den Expertenworkshop im AKNZ bedürfen. Insgesamt geht es darum, ein erstes Bild der Informations- und Indikatorenauswertung an Beispielen zu skizzieren.

#### 4.4 Exposition

Hinsichtlich der Auswertungen der Daten zur Exposition der befragten Haushalte gegenüber Hochwassergefahren werden einige interessante Ergebnisse deutlich. Wenn man beispielsweise die Frage *„Liegt Ihr Haus oder Ihre Wohnung in einem Gebiet, welches durch ein extremes Hochwasser gefährdet sein kann?“* – mit der Frage *„Haben Sie Informationen über die Hochwassergefahr Ihres Hauses erhalten oder eingeholt?“* - kombiniert analysiert, wird ersichtlich, dass in Köln 82% der HH, die keine Informationen über die Hochwassergefährdung eingeholt oder erhalten haben, selbst einschätzen, dass das Haus in einem hochwassergefährdeten Gebiet liegt. Demgegenüber ist bei den HH, die Informationen zum Thema Hochwassergefährdung des Hauses eingeholt oder erhalten haben, nur ein kleiner Teil – nach eigener Einschätzung - tatsächlich durch extreme Hochwasser gefährdet. Rund 93% der HH, die Informationen über die Hochwassergefährdung eingeholt oder erhalten haben, leben nach eigenen Angaben nicht in einem Bereich, der durch ein Extremhochwasser gefährdet sein kann. Dies bedeutet, die Personen, die nach eigener Einschätzung in einem Gebiet leben, welches von extremen Hochwassern betroffen sein kann, haben wesentlich weniger Informationen eingeholt oder erhalten als die HH, die nach eigenen Einschätzungen nicht in einem gefährdeten Bereich leben.

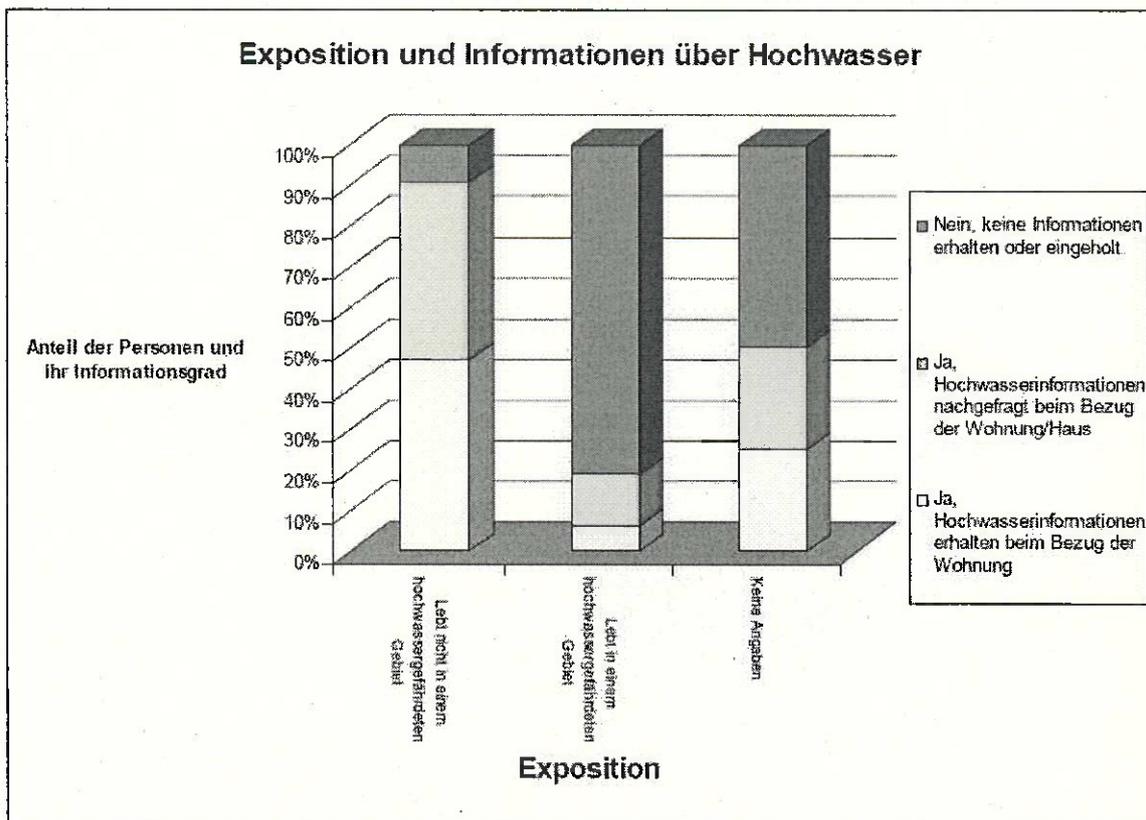


Abbildung 45: Informationslage nach eigener Einschätzung der Exposition (Köln).

### Vergleich der tatsächlichen gegenüber der subjektiven Exposition in Köln

Vergleicht man die tatsächliche Exposition der Haushalte mit ihrer subjektiven Einschätzung, ob der Haushalt in einem hochwassergefährdeten Gebiet lebt, ist zu erkennen, dass Haushalte in den HQ 100 Gebieten in Köln ihre Exposition deutlich höher einschätzen als solche im HQ 500 Gebiet. So gaben 58% der Haushalte im HQ100 und 44% der Haushalte im HQ500 an, in einem hochwasserexponierten Gebiet zu leben. Rund 1/3 der Haushalte im HQ 100 Bereich wissen nicht, dass sie in einem Gebiet leben, welches relativ stark hochwassergefährdet ist und statistisch gesehen alle 100 Jahre von einem Hochwasser überflutet wird.

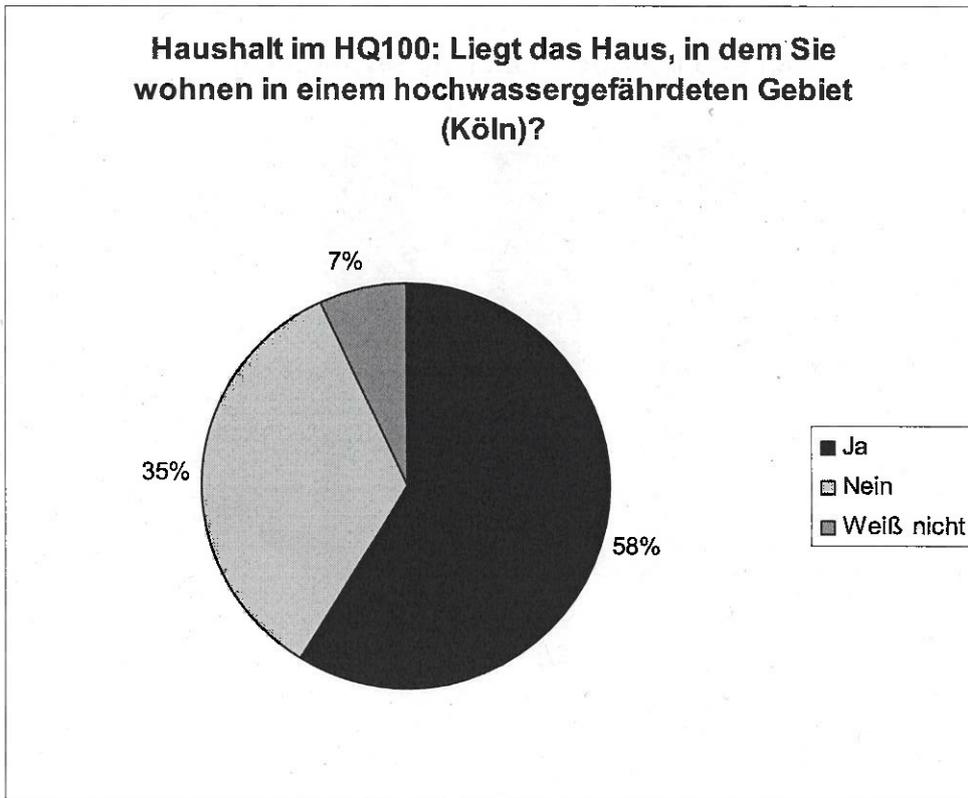


Abbildung 46: Tatsächliche gegenüber subjektiver Exposition (HQ100, Köln).

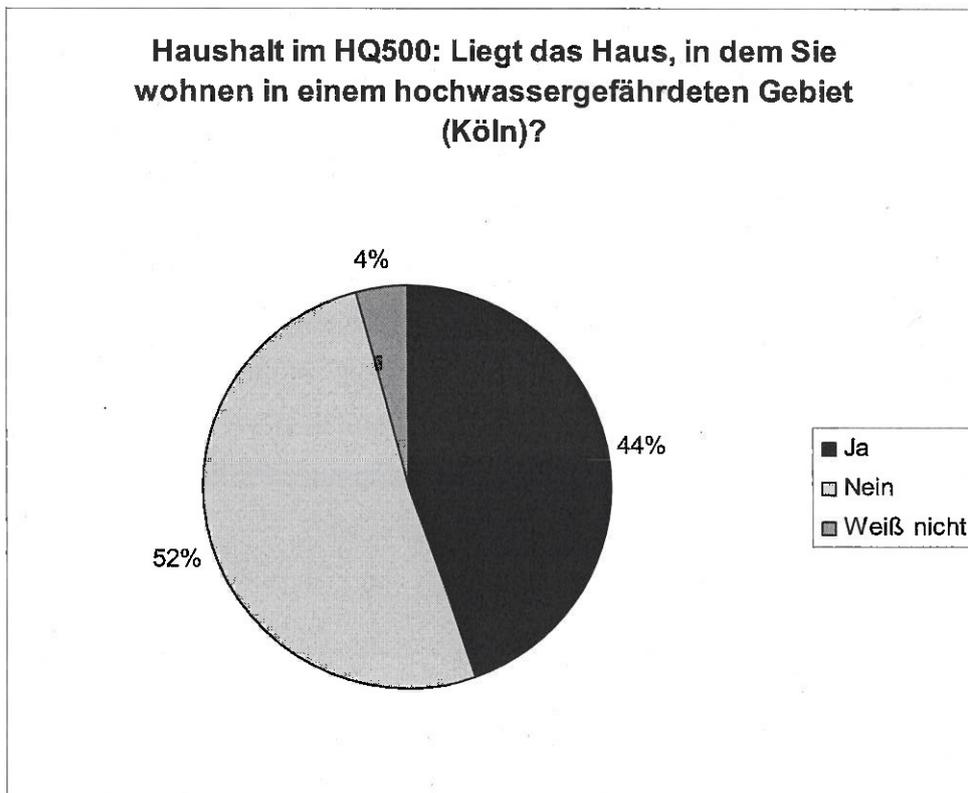


Abbildung 47: Tatsächliche gegenüber subjektiver Exposition (HQ500, Köln).

Analysiert man die Frage „Liegt Ihr Haus oder Ihre Wohnung in einem Gebiet, welches durch ein extremes Hochwasser gefährdet sein kann?“ in Dresden mit der Frage „Haben Sie Informationen über die Hochwassergefahr Ihres Hauses erhalten oder eingeholt?“ wird ersichtlich, dass rund 80% der Haushalte, die selber einschätzen, dass ihr Haus in einem hochwassergefährdeten Gebiet liegt, keine Informationen über die Hochwassergefährdung beim Bezug der Wohnung oder des Hauses eingeholt oder erhalten haben. Trotzdem ist der Anteil der Haushalte, die sich über die Hochwassergefährdung informiert haben oder solche Informationen erhalten haben bei den Haushalten, die angeben, in einem hochwassergefährdeten Gebiet zu leben, in Dresden signifikant höher als bei den Haushalten, die angeben, nicht in einem hochwassergefährdeten Gebiet zu wohnen (siehe Abb. 12).

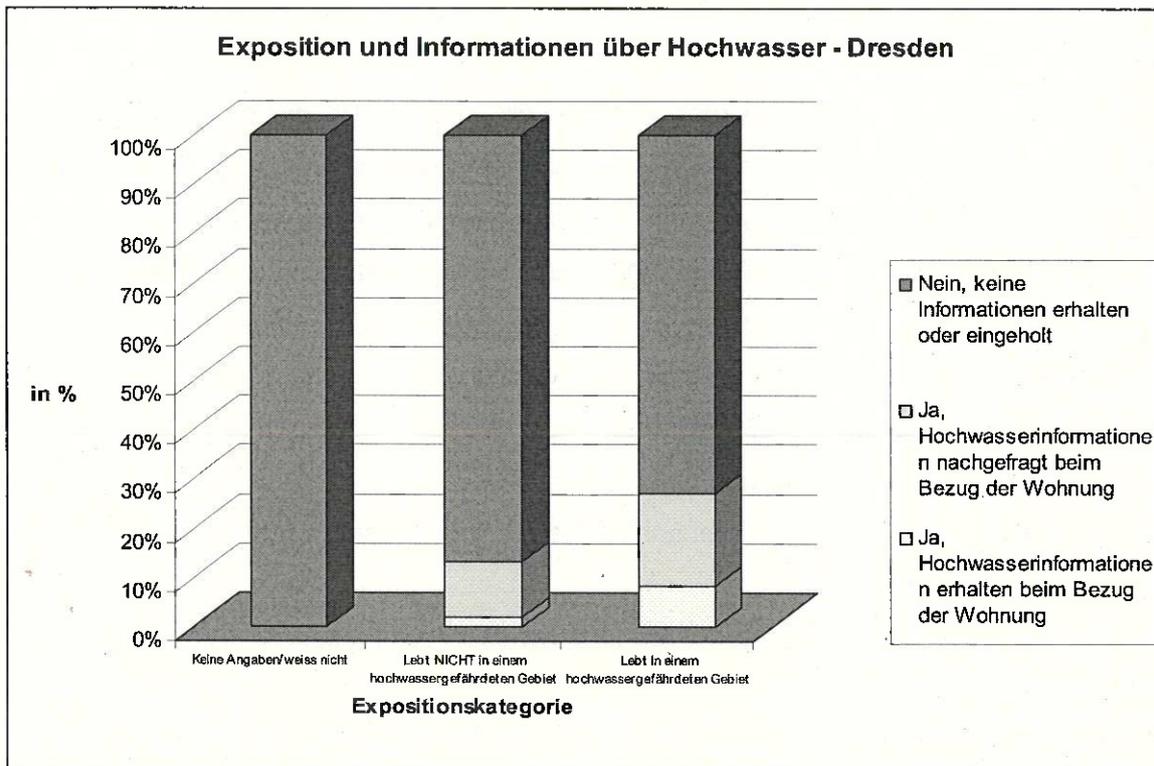


Abbildung 48: Informationslage nach eigener Einschätzung der Exposition (Dresden).

Des Weiteren wird deutlich, dass der Anteil der Haushalte, die beim Bezug der Wohnung bzw. des Hauses Informationen hinsichtlich der Hochwassergefährdung eingeholt oder erhalten haben, relativ niedrig bei rund 10-20% liegt. Untersucht man den Einfluss der Wohndauer auf die Informationsbeschaffung, zeigt sich, dass hier keine positive oder negative Korrelation zwischen Wohndauer am Ort und

Informationserhalt besteht. Ältere Haushalte haben jedoch tendenziell ein höheres Informationsniveau als junge Haushalte.

#### *FRAGE*

- Sollte man die Selbsteinschätzung der Bürger im Vergleich zu der berechneten Exposition eines HQ 100 Bereichs als Indikation für den Sensibilitätsgrad der lokalen Bevölkerung gegenüber der Hochwassergefahr heranziehen? - oder
- Sollte man die Auswertung zur Einholung oder zum Erhalt von Informationen beim Kauf oder dem Einzug in die jetzige Wohnung / Haus als besserer Anhaltspunkt nutzen?

#### **4.5 Anfälligkeit**

Anfälligkeit und Bewältigungskapazität lassen sich nicht direkt messen. Daher müssen zu ihrer Abschätzung im Bereich Bevölkerung/Soziales Prozesse und Merkmale untersucht werden, die bestimmte Verhaltensweisen beeinflussen und/oder Rückschlüsse auf Bewältigungs- und Vorsorgekapazitäten (Eigenvorsorge) zulassen. Als zentrale Prozesse wurden folgende im Rahmen der Befragung betrachtet:

- Evakuierungsprozess/ -verhalten
- Zufluchtsorte und soziale Netzwerke
- Abhängigkeit bzw. Verzichtbarkeit auf bestimmte Leistungen und Daseinsfunktionen
- Vorsorge und Bewältigung von Hochwasserereignissen am Wohnort

#### **Evakuierungsverhalten**

Bezüglich der Erfassung der Anfälligkeit wurden insbesondere Fragen zur Möglichkeit einer selbstständigen Evakuierung bzw. zum selbstständigen Verlassen des Hauses/der Wohnung, zur benötigten Zeit für ein schnelles Verlassen des Hauses sowie zu sozialen Netzwerken und Zufluchtsorten im Falle der Evakuierungsnotwendigkeit gestellt.

## Evakuierungsverhalten in Köln

Analysiert man die Frage 5.5: Würden Sie es im Falle einer Evakuierung ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen?, wird deutlich, dass die überwiegende Mehrheit der befragten HH (85%) dieses bejaht. Demgegenüber steht allerdings eine Gruppe von 13% der HH in Köln, die nicht ohne fremde Hilfe das Haus oder die Wohnung verlassen könnte. Untersucht man die gleiche Frage bezogen auf Ein- und Mehr-Personen-Haushalte, ergibt sich folgendes Muster.

Frage 5.5: Würden Sie es im Falle einer Evakuierung ohne fremde Hilfe schaffen, sich und ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen? (in %, Köln)				
	Ja	Nein	Weiß nicht	K.A.
Ein-Personen-HH	91	14	3	1
Mehr-Personen-HH	343	33	19	3
Angaben in %				
Ein-Personen-HH	83,5	12,8	2,75	0,9
Mehr-Personen-HH	86,1	8,2	4,7	0,7

Abbildung 49: Eigene Einschätzung der Evakuierungsfähigkeit nach Haushaltsstruktur (Köln).

Betrachtet man nun die Zufluchtsorte und die Bedeutung sozialer Netzwerke im Falle der Evakuierung des Hauses/der Wohnung, wird ersichtlich, dass für die Gesamtheit der befragten HH die sozialen Netzwerke eine wichtige Rolle spielen. Rund 80% der Befragten geben an, im Falle einer notwendigen Evakuierung der Wohnung bzw. des Hauses bei Bekannten und Freunden oder bei Verwandten unterzukommen. Eine eindeutige Verbindung lässt sich zwischen dem Alter der Befragten und dem Ort, an dem sie am ehesten Zuflucht suchen würden, erkennen (vgl. Abb. 49).

**Frage 5.4: Wo würden Sie im Falle eine Evakuierung am ehesten Zuflucht suchen (Köln, in Prozent)?**

Altersgruppen	0-29	30-59	60-79	80-99
Freunde/Bekannte	61,4	45,07	27,16	20,83
Verwandte	31,5	43,56	45,67	66,66
Hotel / Pension	1,75	3,03	10,49	8,33
Städtische Einrichtungen/ Notunterkünfte	1,75	4,92	7,40	-
Sonstige	-	1,51	6,17	-
Weiß nicht	3,5	0,75	1,85	4,16
K.A.	-	1,13	1,23	-

Abbildung 50: Zufluchtsorte nach Altersgruppen in Prozent (Köln).

Bei den 60-79 Jährigen ist der Anteil der Personen, die auf Hotels oder Pensionen sowie auf städtische Einrichtungen oder Notunterkünfte angewiesen sind, mit rund 18% relativ hoch.

### Evakuierungsverhalten in Dresden

**Frage 5.5: Würden Sie es im Falle einer Evakuierung ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen (Dresden)?**

	Absolute Anzahl	Relative Anzahl in Prozent
Ja	329	85
Nein	48	12
Weiss Nicht	9	2
k.A.	4	1

Abbildung 52: Eingeschätztes Evakuierungspotential (Dresden).

Untersucht man die gleiche Frage bezogen auf Ein- und Mehr-Personen Haushalte, ergibt sich folgendes Muster.

**Frage 5.5: Würden Sie es im Falle einer Evakuierung ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen (Dresden)?**

	JA	NEIN	Weiß nicht	K.A.
Ein-Personen-HH	70	26	4	100
Mehr-Personen-HH	259	22	5	(286)
Angaben in Prozent				
Ein-Personen-HH	70%	26%	4%	
Mehr-Personen-HH	91%	7,6%	1,8%	

Abbildung 53: Eingeschätztes Evakuierungspotential nach Haushaltsstruktur (Dresden)

Insgesamt zeigt sich in beiden Städten, dass bei den Ein-Personen-Haushalten ein deutlich höherer Anteil sich selbst als auf „fremde Hilfe“ angewiesen einschätzt, d.h. der Anteil der Personen, die sich nicht ohne fremde Hilfe in Sicherheit bringen könnten, ist bei den 1-Personen-Haushalten signifikant höher als bei den Mehr-Personen-Haushalten. Betrachtet man nun die Zufluchtsorte und die Bedeutung sozialer Netzwerke im Falle der Evakuierung des Wohnsitzes, wird ersichtlich, dass auch hier – wie auch in Köln - für die Mehrheit der befragten HH in Dresden die sozialen Netzwerke eine zentrale Rolle spielen. Rund 80% der Befragten geben an, dass sie im Falle einer notwendigen Evakuierung der Wohnung oder des Hauses bei Bekannten und Freunden oder bei Verwandten unterkommen.

Frage 5.4: Wo würden Sie im Falle eine Evakuierung am ehesten Zuflucht suchen (Dresden, in Prozent)?				
Altersgruppen	0-29	30-59	60-79	80-99
Freunde/Bekannte	50,8	39,7	30,1	40
Verwandte	37,7	38,8	50,4	60
Hotel / Pension	4,9	7,9	5,7	-
Städtische Einrichtungen / Notunterkünfte	6,6	8,2	11,4	-
Sonstige	-	4,1	1,6	-
Weiß nicht	-	1,3	0,8	-

Tabelle 54: Evakuierungsverhalten nach Altersklassen in Prozent (Dresden).

Es wird deutlich, dass ältere Haushalte, insbesondere ab dem Alter von 60 Jahren, vermehrt auf Notunterkünfte angewiesen sind (siehe Abb. 54). In dieser Hinsicht besteht eine deutliche Korrelation zwischen dem Zufluchtsort Notunterkünfte und dem Alter (Korrelationskoeffizient von 0.53).

### Evakuierungszeit

Die Evakuierungsfähigkeit ist ein wichtiger **Indikator** für die Vulnerabilitätsanalyse. Die erhobenen Daten aus Dresden und Köln zeigen, dass die Kriterien der HH-Größe und die Altersstruktur in erster Näherung zur Abschätzung von Anfälligkeit gegenüber Hochwassergefahren herangezogen werden können.

Frage 5.9 der Haushaltsbefragung hatte zum Ziel, zu prüfen, inwieweit bestimmte Altersgruppen oder Haushaltsprofile erkennbar sind, die signifikante Unterschiede in den Evakuierungszeiten aufweisen. Als Hypothese wurde vorab formuliert, dass

insbesondere ältere Menschen mehr Zeit benötigen, wenn es um das schnellstmögliche Verlassen der Wohnung bzw. des Hauses geht. Folglich wurde ein Zusammenhang zwischen Evakuierungszeit und Alter des HH vermutet. Die Auswertung erfolgt dabei kumulativ in Prozent, d.h. es wird aufgezeigt, wie hoch z.B. der Anteil der HH mit Kindern ist, der nach 10 Minuten – nach eigener Einschätzung – bereits die Wohnung verlassen hat.

Frage 5.9: Wenn Sie Ihre Wohnung so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente in Sicherheit zu bringen (Köln)?				
HH-Profil/Zeit	In 10 Minuten Wohnung verlassen	In 15 Minuten Wohnung verlassen	In 30 Minuten Wohnung verlassen	In 60 Minuten Wohnung verlassen
HH mit Kindern (Kinder Def Alter 0,1-15,9)	28%	42%	76%	93%
HH mit Mitgliedern nur im arbeitsfähigen Alter	35%	47%	76%	93%
HH mit Personen im Rentenalter	29%	43%	70%	91%

Abbildung 55: Evakuierungszeit (Köln).

Insgesamt wird deutlich, dass bei einem schnellen Verlassen der Wohnung innerhalb der ersten 10 bzw. 15 Minuten Altersstrukturen einen deutlichen Einfluss auf die Evakuierungsfähigkeit haben.

Die Auswertung der Evakuierungszeiten in Dresden erfolgt, wie für Köln, kumulativ in Prozent.

Frage 5.9: Wenn Sie Ihre Wohnung so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente in Sicherheit zu bringen (Dresden)?				
HH-Profil/ZEIT	In 10 Minuten Wohnung verlassen	In 15 Minuten Wohnung verlassen	In 30 Minuten Wohnung verlassen	In 60 Minuten Wohnung verlassen
HH mit Kindern (Kinder Def Alter 0,1-15,9)	-	-	-	-
HH mit Mitgliedern nur im arbeitsfähigen Alter	20%	30%	60%	80%
HH mit Personen im Rentenalter	10%	20%	60%	80%
Evakuierungszeit en ALLE	20,7%%	33,8%	63,3%	86,2%

Abbildung 56: Evakuierungszeit nach Haushaltsstruktur (Dresden).

Die Auswertung in Dresden bestätigt ebenfalls, dass Haushalte, die auch Personen im Rentenalter aufweisen, in den ersten 10 bis 15 Minuten deutlich schlechter bei der Evakuierungsfähigkeit abschneiden als Haushalte mit Personen, deren Mitglieder ausschließlich im arbeitsfähigen Alter sind (siehe Abbildung 56).

#### FRAGE:

- Sollte man das Abhängigkeitsverhältnis (Dependency ratio) der alten und jungen Bevölkerung an der arbeitsfähigen Bevölkerung als Indikator nutzen? – oder
- Ist die Evakuierungszeit bezogen auf kurze Vorwarnzeiten für die Hochwasserproblematik nicht aussagekräftig, da man an Rhein und Elbe normalerweise über längere Vorwarnzeiten verfügt?

#### **Abhängigkeit von ausgewählten Funktionen und Leistungen kritischer Infrastrukturen**

Die Frage 4.3: „Was schätzen Sie: Wie lange könnten Sie im Falle eines Hochwassers problemlos auf die folgenden Dinge verzichten?“ wird mit Hilfe der AHP Methode (Analytic Hierarchy Process Methode) nach Saaty (1990) ausgewertet. Dieses Verfahren ist relativ robust gegenüber einzelnen Fehlbewertungen, die z.B. in unserem Fall die einzelnen Haushalte durch extreme Bewertungen bei der Angabe der Verzichtbarkeit gewisser Gegenstände vorgenommen haben.

Die Abhängigkeit der Bevölkerung von bestimmten Kritischen Infrastrukturen oder technischen Geräten – wie z.B. ein funktionsfähiges Telefon, die Heizung oder die Trinkwasserversorgung –, die im Falle eines Hochwassers ausfallen können, ist ein wichtiger Indikator im Zusammenhang der Abschätzung von Anfälligkeit gegenüber dem Ausfall solcher Leistungen.

Die Messung der Verzichtbarkeit bestimmter Leistungen (Heizen, Kochen) oder Gegenstände (Telefon, Computer) wird zeitlich erhoben, d.h. es wird geprüft, wie lange die HH auf bestimmte Dinge verzichten könnten. Dadurch kann auch die Wichtigkeit der unterschiedlichen Leistungen und Gegenstände zueinander ermittelt werden.

Die Auswertung ergibt für Köln folgendes Bild (siehe Abb. 47).

Frage 4.3: Was schätzen Sie: Wie lange könnten Sie im Falle eines Hochwassers problemlos auf die folgenden Gegenstände verzichten (Köln)?

(Ranking)

Telefon	0,128
Leitungswasser	0,125
Heizung im Winter	0,122
WC	0,109
Radio	0,099
Kühlschrank	0,085
Elektrisches Licht	0,080
Herd	0,078
Computer/Internet	0,061
ÖPNV	0,058
TV	0,057

Abbildung 57: Abhängigkeit der Bevölkerung bezüglich bestimmter Funktionen (Köln)

Es wird deutlich, dass Telefon, Leitungswasser, Heizung und WC als besonders wichtig bzw. unverzichtbar eingestuft werden, wohingegen TV, ÖPNV und das Internet als eher verzichtbar betrachtet werden. Um die Ergebnisse besser veranschaulichen zu können, werden diese Werte in Prozentzahlen im Vergleich zur erwarteten Normalverteilung dargestellt (Formel:  $\frac{\text{beobachteter Wertgegenstand}}{1/11} * 100\%$ ; demzufolge wird bei der Normalverteilung angenommen, dass alle Gegenstände die gleiche Gewichtung aufweisen  $1/11$ ).

Abhängigkeit bezüglich bestimmter Funktionen und Gegenstände (Köln)	
Gegenstand	Prozentwert gegenüber durchschnittlicher Erwartung
Telefon	141,02
Leitungswasser	137,04
Heizung im Winter	133,78
WC	119,36
Radio	108,82
Kühlschrank	93,55
Elektrisches Licht	87,75
Herd	85,31
Computer/Internet	66,87
ÖPNV	63,95
TV	62,57

Abbildung 58: Abhängigkeit der Bevölkerung bezüglich bestimmter Funktionen in Prozent (Köln).

Insgesamt zeigt die Auswertung für Köln, dass die überwiegende Anzahl der HH die Verfügbarkeit von Leistungen wie Telefon, Leitungswasser und eine funktionierende Heizung als am wichtigsten einstuft (fast unverzichtbar). Demgegenüber wird die Nichtverfügbarkeit oder der Ausfall von Fernsehen (TV), ÖPNV und Computer/Internet als unproblematischer und länger „verzichtbar“ eingestuft. Im Vergleich dazu die Ergebnisse von Dresden:

Abhängigkeit bezüglich bestimmter Funktionen und Gegenstände (Dresden)	
Gegenstand	Prozentwert gegenüber durchschnittlicher Erwartung
Telefon	159,19
Heizung im Winter	131,23
Leitungswasser	129,01
Radio	122,50
WC	117,24
Kühlschrank	94,64
Herd	79,28
Elektrisches Licht	77,49
ÖPNV	65,45
Computer/Internet	64,71
TV	59,26

Abbildung 59: Abhängigkeit der Bevölkerung bezüglich bestimmter Funktionen in Prozent (Dresden, n=386).

Der Vergleich der Werte von Köln und Dresden zeigt Gemeinsamkeiten, d. h. es gibt deutliche Prioritäten hinsichtlich der Bedeutung bestimmter Gegenstände und Leistungen, die im Hochwasserfall als fast unverzichtbar eingestuft sind. In beiden Städten werden im Hochwasserfall das Telefon, die Heizung im Winter und das Leitungswasser als die drei zentralen Funktionen/Leistungen angesehen. Auch im Fall von WC (117,24%, Dresden) bzw. dem Radio (108,%, Köln) wird die 100% Marke überschritten, d.h. der Bedarf an diesen Gegenständen übersteigt die erwartete Verteilung.

#### *FRAGE:*

- Sollte man die Verwundbarkeit der besonders unverzichtbaren Leistungen kritischer Infrastrukturen, wie Stromversorgung, Wärmeversorgung, Trinkwasser- und Abwasserentsorgung zum Gegenstand des Assessments machen? oder
- Sollte man zudem versuchen, den ggf. unterschiedlichen Grad der Abhängigkeit unterschiedlicher sozialer Gruppen von diesen Infrastrukturen zu erfassen? (Dies könnte allerdings auch auf einer Fehlinterpretation der Befragten beruhen.)

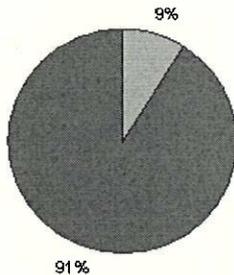
#### **4.6 Bewältigungskapazität**

##### **Gesundheitliche Auswirkungen eines Hochwasserereignisses**

Wie die folgenden Abbildungen zeigen, sind deutliche Unterschiede in den gesundheitlichen Auswirkungen der Hochwasser in Köln und Dresden bei den Befragten zu verzeichnen. Während in Köln nur 9% der Befragten nach dem Hochwasser angaben, gesundheitliche Einschränkungen als Folge des Hochwassers erfahren, gaben in Dresden über die Hälfte (55%) der Befragten an, gesundheitliche Schäden erlitten zu haben (vgl. Abb. 60). Bei der Analyse ist allerdings zu beachten, dass auch die Grundgesamtheit der erheblich bzw. direkt vom Hochwasser betroffenen Haushalte in Dresden deutlich höher lag als in Köln. Unbeschadet dessen zeigt die relative Auswertung, d.h. der Anteil der Haushalte die gesundheitliche Beeinträchtigungen erlitten haben an den Haushalten die erheblich

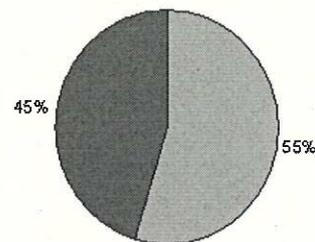
oder direkt vom Hochwasser betroffen waren, dass auch hier der Anteil in Dresden deutlich höher liegt.

Köln: Wurden Sie durch das Hochwasser gesundheitlich negativ beeinflusst (Infektionskrankheit, Depression, Schlaflosigkeit) (n=297)?



Dresden: Wurden Sie durch das Hochwasser gesundheitlich negativ beeinflusst (Infektionskrankheit, Depression, Schlaflosigkeit) (n=146)?

□ Ja  
■ Nein



□ Ja  
■ Nein

Abbildung 60: Gesundheitliche Folgen durch das Hochwasserereignis.

### Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden

Der Versicherungsschutz gegenüber möglichen Schäden durch Hochwasser ist eine wichtige Variable, um die Bewältigungskapazität unterschiedlicher HH zu ermitteln. Die Ergebnisse für Köln zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Einkommen und dem Versicherungsschutz gegenüber Hochwasser auf. Bei der Erstellung des Fragebogens wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich der Versicherungsschutz gegenüber Hochwasser sowohl zwischen den beiden Städten (Köln und Dresden) als auch zwischen unterschiedlichen HH sowie Stadtteilen deutlich unterscheidet. Es wurde des Weiteren die Hypothese vertreten, dass der Versicherungsschutz von ökonomisch besser gestellten HH und HH in HQ 100 Gebieten deutlich über dem Durchschnitt liegt.

Die Auswertung für Köln zeigt auf, dass von den gesamten befragten HH nur rund 25% der HH eine Elementarrisikoversicherung besitzen. Die Korrelationsanalyse zwischen der Einkommensklasse des jeweiligen HH und der Verfügbarkeit über eine Elementarrisikoversicherung ergibt, dass der Anteil der HH, die über eine solche Versicherung verfügen, bei höheren Einkommensklassen signifikant höher liegt als bei niedrigeren Einkommensklassen.

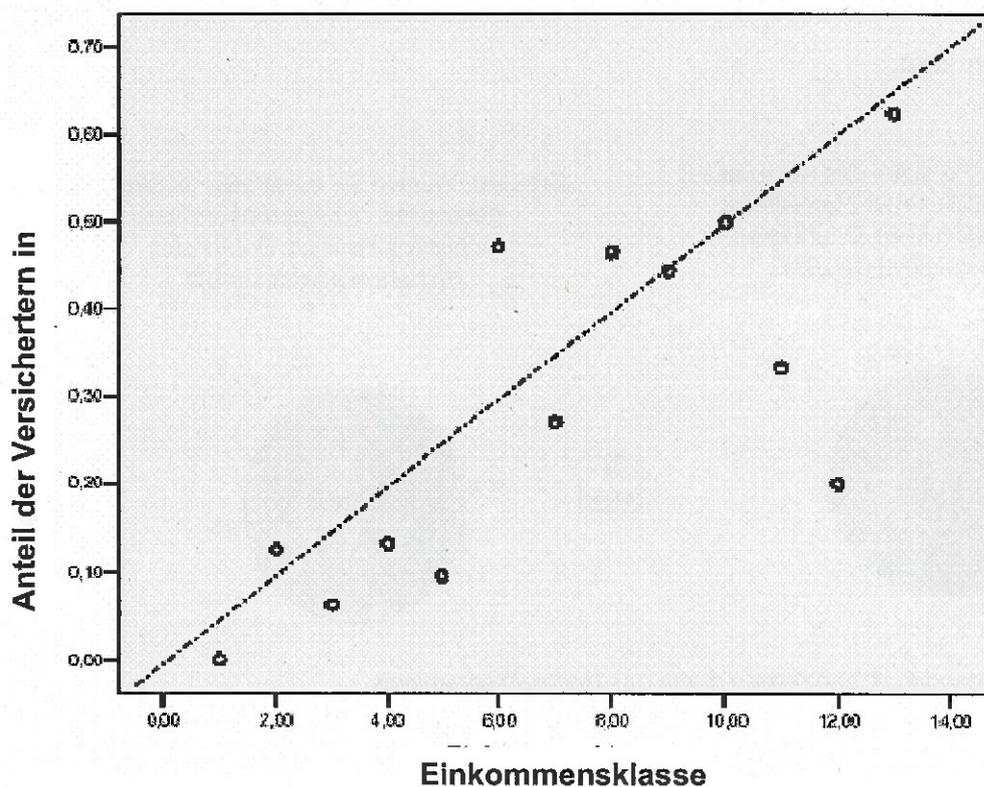


Abbildung 61: Graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Einkommensklasse und Verfügbarkeit einer Elementarrisikoversicherung (Köln)

Die Auswertung für Dresden zeigt auf, dass von den gesamten befragten Haushalten rund 45% eine Elementarrisikoversicherung besitzen. Demzufolge ist der Versicherungsschutz der Haushalte in Dresden gegenüber Hochwasserschäden deutlich höher als in Köln (25% der HH).

Frage 4.6: Haben Sie eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?			
Elementarrisikoversicherung: Vergleich Köln und Dresden			
	Ja	Nein	K.A.
In Dresden %	45	53	2
In Köln %	25	75	-

Abbildung 62: Verfügbarkeit einer Elementarrisikoversicherung in HH in Köln und Dresden.

Des Weiteren zeigt die Korrelationsanalyse zwischen Einkommensklasse des jeweiligen Haushalts und Verfügbarkeit von Elementarrisikoversicherung auf, dass der Anteil der Haushalte, die über eine Elementarrisikoversicherung verfügen, auch in Dresden bei höheren Einkommensklassen signifikant höher liegt als bei

niedrigeren Einkommensklassen, wobei hier sowohl bei niedrigen als auch bei sehr hohen Einkommen eine Art Sockel an Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden existiert. Dies bedeutet, dass im Gegensatz zu Köln auch bei Haushalten mit geringem Einkommen ein Versicherungsschutz gegenüber Hochwasser vorliegt, der allerdings mit steigendem Einkommen ebenfalls steigt.

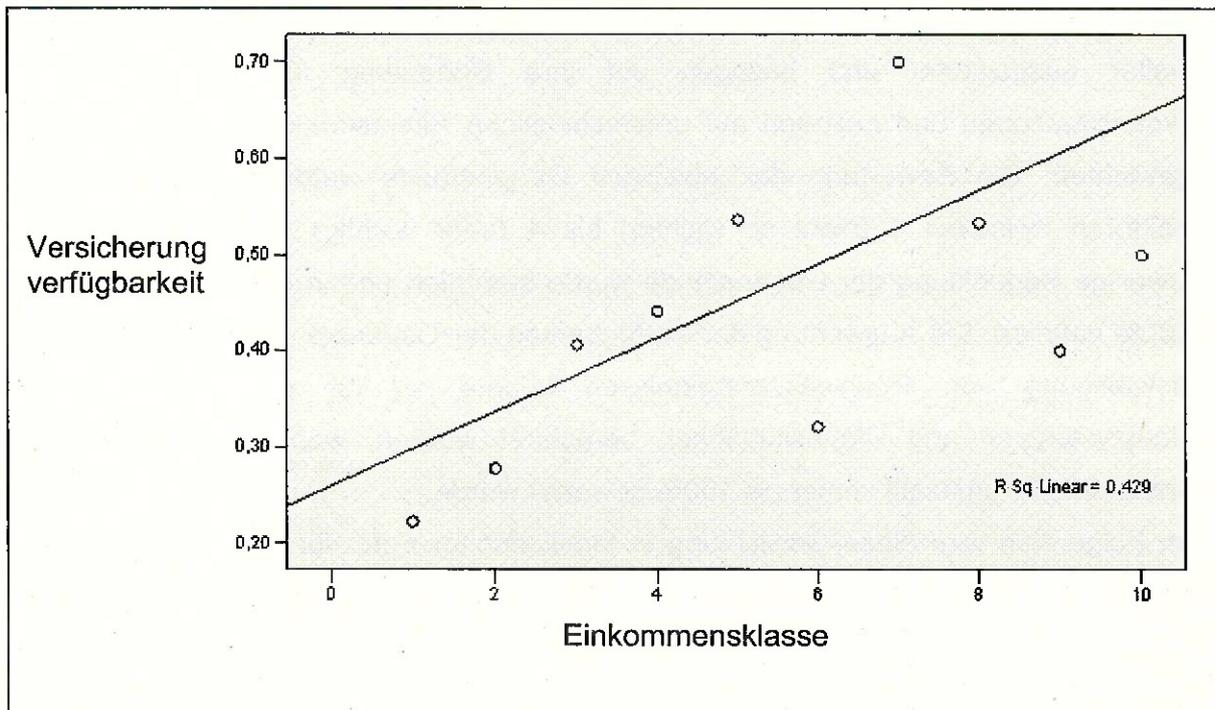


Abbildung 63: Zusammenhang zwischen Haushaltseinkommen und Versicherungsverfügbarkeit

Des Weiteren zeigen die Auswertungen einen Zusammenhang zwischen Versicherungsschutz und Eigentum, d.h. 65 % der befragten Eigentümer in Dresden sind versichert, wohingegen der Anteil bei Mietern bei nur 30% liegt. Das gleiche Muster war in Köln zu beobachten.

**FRAGE:**

- Sollte man bei der Indikation der Bewältigungskapazität anhand des Indikators Anteil der Haushalte mit Elementarrisikoversicherung II – Mieter und Eigentümer differenzieren? oder
- Ist es im Grunde egal, ob man Mieter oder Eigentümer schützen muss?

## **Vorsorgeverhalten – Vorsorge-Index**

Für die Einschätzung des Vorsorgeverhaltens der unterschiedlichen HH gegenüber Hochwasserereignissen wurden in tabellarischer Form einerseits ausgewählte Gegenstände für eine bessere Bewältigung durch die Befragten nach ihrer Wichtigkeit bewertet (Frage 4.1) sowie in einem zweiten Schritt (Frage 4.2) geprüft, welche der Gegenstände im HH zum Zeitpunkt der Befragung auch tatsächlich vorhanden sind (tatsächliche Vorsorge). Die Ergebnisse der Befragung wurden weiter ausgewertet und bezogen auf ihre Bedeutung für unterschiedliche Wohnsituationen und bezogen auf unterschiedliche Altersstrukturen der Haushalte gewichtet.<sup>1</sup> Die Bewertung der jeweiligen Gegenstände wurde mittels einfacher Faktoren zwischen 1 (nicht so wichtig) bis 4 (sehr wichtig) vorgenommen. Die jeweilige Bepunktung der Gegenstände wurde summiert und in der Auswertung als 100% definiert. Die Auswertung der Verfügbarkeit der Gegenstände für eine bessere Bewältigung von Hochwasserereignissen konnte so für die verschiedenen Haushaltstypen und Wohnsituationen berechnet werden, wobei die höchste zu erreichende Punktzahl immer als 100% gewertet wurde.

Im Folgenden wird diese Gewichtung in tabellarischer Form für die vier definierten Haushaltstypen aufgeführt. Dabei steht EG = für Erdgeschoss; OG = für erstes Obergeschoss oder noch höher liegende Wohnungen.

---

<sup>1</sup> Die Gewichtung wurde dabei auf zwei unterschiedliche Wohnsituationen (Stichwort Wohnsituationen) und zwei unterschiedliche Altersgruppierungen (Stichwort Alter) bezogen. Die erste Wohnsituation betrifft Haushalte, die im Erdgeschoss in einer Wohnung oder in einem eigenen Haus wohnen (wohnen im EG). Die zweite Wohnsituation betrifft die Haushalte, die in der ersten Etage oder in höher gelegenen Stockwerken wohnen (Wohnen im OG). Die Altersgruppen wurden in zwei Kategorien unterteilt: erstens Haushalte mit Haushaltsmitgliedern unter 10 Jahren und/oder über 70 Jahren, d.h. Haushalte mit Kleinkindern und Hochbetagten. Die zweite Kategorie umfasst die Haushalte, bei denen alle Haushaltsmitglieder zwischen 11-69 Jahre alt sind. Die Differenzierung ist aus unserer Sicht notwendig, da die Wichtigkeit bestimmter Bewältigungsgegenstände für Haushalte mit Kleinkindern und Hochbetagten anders gelagert ist als bei Haushalten mit Personen, die beispielsweise relativ eigenständig durch Wasser waten könnten.

<b>Gewichtungsfaktoren – HH im EG</b>		
Die Haushalte mit Haushaltsmitgliedern unter 10 Jahren und/oder mit Haushaltsmitgliedern über 70 Jahren werden auf Grund der besonderen Anfälligkeit gesondert betrachtet. Gewichtungsfaktoren		
Frage 4.2: Welche der genannten Gegenstände haben Sie zur Zeit im Haus?		
(Haushalte mit Wohnung im EG)		
	HH mit Kindern unter 10 Jahren oder Hochbetagte über 70 Jahren	HH mit Mitgliedern im Alter zwischen 10 und 70
Gummistiefel	4	4
Schwimmweste	4	2
Schlauchboot	2	2
Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	3	3
Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	4	4
Sandsäcke und Füllmaterial	3	3
Wasserpumpe	3	3
Klebeband	1	1
Kordel/Seil	1	1
Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	4	4
Taschenlampe	2	2
Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	4	4
Netzunabhängige Heizmöglichkeit	2	2
Trinkwasservorrat	4	4
Haltbare Lebensmittel	3	3
Toiletteneimer mit Deckel	3	3
Mobiltelefon (aufgeladen)	3	3

Abbildung 64: Gewichtung einzelner Gegenstände bezüglich Hochwasserelevanz (Erdgeschosswohnung).

Die Faktorenwerte (eigene Gewichtung der Forscher) wurden per Multiplikation in die Auswertung einbezogen - so ist z. B für Haushalte mit jungen und alten Menschen eine Schwimmweste von höherer Bedeutung als für die Haushalte, in denen ausschließlich Personen der Altersgruppe zwischen 10 und 70 Jahren leben. Die oben genannten Werte treffen nur für Bewohner des Erdgeschosses zu, d.h. eine Schwimmweste ist im Falle eines Hochwassers für sie besonders relevant.

Die Bewertung bzw. Gewichtung der Gegenstände in der ersten Etage und höheren Stockwerken (OG) fällt wie folgt aus:

Gewichtungsfaktoren Haushalte in OGs		
Frage 4.2: Welche der genannten Gegenstände haben Sie zur Zeit im Haus? (Haushalte mit Wohnung in der ersten Etage oder höher)		
	HH mit Kindern unter 10 Jahren oder Hochbetagte über 70 Jahren	HH mit Mitgliedern im Alter zwischen 10 und 70
Gummistiefel	3	3
Schwimmweste	4	1
Schlauchboot	2	2
Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	1	1
Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	3	3
Sandsäcke und Füllmaterial	1	1
Wasserpumpe	1	1
Klebeband	1	1
Kordel/Seil	2	2
Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	4	4
Taschenlampe	2	2
Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	3	3
Netzunabhängige Heizmöglichkeit	2	2
Trinkwasservorrat	4	4
Haltbare Lebensmittel	3	3
Toiletteneimer mit Deckel	3	3
Mobiltelefon (aufgeladen)	3	3

Abbildung 65: Gewichtung einzelner Gegenstände bezüglich Hochwasserrelevanz (Etagenwohnung)

Bei den Vorsorge- und Bewältigungskapazitäten für diese Haushalte haben aus Sicht der Forschenden z.B. Abdichtungsmaterialien nur eine geringe Bedeutung. Als besonders wichtig wurden beispielsweise Trinkwasservorrat und auch Schwimmwesten bei Haushalten mit Kleinkindern oder Hochbetagten gewertet, da man ggf. im Falle eines Hochwassers und des Ausfalls wichtiger Versorgungsdienstleistungen (Strom, Leitungswasser) die Wohnung verlassen muss. D.h. es wird von einem Szenario ausgegangen, bei dem das Hochwasser auch für höher gelegene Wohnungen zu einer Unterbrechung der Strom- und Wasserversorgung führen könnte.

Sind die jeweiligen Gegenstände im Haushalt vorzufinden, werden sie mit 1, im Falle des Nichtvorhandenseins mit 0 multipliziert und anschließend addiert. Es konnte maximal eine Punktzahl von 100 erreicht werden, d.h. ein Haushalt mit 100 Punkten wäre sehr gut auf ein potentiell Hochwasser vorbereitet. In den folgenden Tabellen

wird die Punktzahl in Bezug zu Alter, Exposition (EG, OB) und Hochwassererfahrung (Frage 3.1) der befragten Haushalte in Köln ausgewertet.

### Vorsorge-Index: Köln (vorläufige Ergebnisse)

Vorsorge-Index nach Haushaltsstruktur (Gesamt, Köln)					
	HH- Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
Stichprobengröße	161	38	104	6	13
Minimum	8,33	24,00	8,33	30,95	41,03
Median	58,00	56,00	56,25	48,81	64,10
Durchschnitt	56,52	54,47	55,93	53,57	68,64
Maximum	100	80,00	100	83,33	89,74

Abbildung 66: Preparedness-Index nach Haushaltsstruktur (Gesamt, Köln).

Vorsorge-Index unterschiedlicher HH-Typen bezogen auf Haushalte mit Hochwassererfahrung, Köln					
	HH- Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
Stichprobengröße	205	25	76	35	69
Minimum	0	26,00	8,33	0	0
Median	57,14	62,00	54,17	57,14	58,97
Durchschnitt	54,47	55,68	53,67	50,95	56,71
Maximum	100	74,00	100	95,24	89,74

Abbildung 67: Preparedness-Index nach Haushaltsstruktur mit Hochwassererfahrung (Köln).

Vorsorge-Index unterschiedlicher HH-Typen bezogen auf Haushalte <u>ohne</u> Hochwassererfahrung, Köln					
	HH-Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
Stichprobengröße	61	12	6	14	29
Minimum	16,67	36,00	22,92	16,67	20,51
Median	53,85	51,0	54,17	50,00	56,41
Durchschnitt	54,76	52,5	50,00	50,17	58,89
Maximum	89,74	78,00	68,75	76,19	89,74

Abbildung 68: Preparedness-Index nach Haushaltsstruktur ohne Hochwassererfahrung (Köln).

Vorsorge-Index unterschiedlicher HH-Typen und nach verschiedenen Stadtteilen, Köln						
	Innenstadt	Rodenkirchen	Nippes	Chorweiler	Kalk	Mühlheim
Alle Haushalte	105	61	19	39	44	50
Erdgeschoss: unter 10 und über 71 Jahren	5	6	2	3	4	6
Erdgeschoss: zwischen 11 und 70 Jahren	14	10	3	4	5	7
Etagenwohnung: unter 10 und über 71 Jahren	29	8	6	9	11	13
Etagenwohnung: zwischen 11 und 70 Jahren	57	37	8	23	24	24

Abbildung 69: Preparedness-Index nach Stadtteilen: Stichprobengröße (Köln).

Mittelwerte des Vorsorge-Index unterschiedlicher HH-Typen und nach verschiedenen Stadtteilen, Köln						
	Innenstadt	Rodenkirchen	Nippes	Chorweiler	Kalk	Mühlheim
Alle Haushalte	50,92	59,87	56,02	60,43	54,08	58,06
Erdgeschoss: unter 10 und über 71 Jahren	53,6	56,67	36	54	53,5	66,67
Erdgeschoss: zwischen 11 und 70 Jahren	40,92	60,63	41,67	71,35	57,08	58,04
Etagenwohnung: unter 10 und über 71 Jahren	51,31	57,44	65,08	60,58	44,81	49,63
Etagenwohnung: zwischen 11 und 70 Jahren	52,95	60,71	59,62	59,31	57,80	60,47

Abbildung 70: Preparedness-Index nach Stadtteilen: Mittelwerte (Köln).

Mediane des Vorsorge-Index unterschiedlicher HH-Typen und nach verschiedenen Stadtteilen, Köln						
	Innenstadt	Rodenkirchen	Nippes	Chorweiler	Kalk	Mühlheim
Alle Haushalte	50,00	58,97	52,38	64,10	58,97	61,72
Erdgeschoss: unter 10 und über 71 Jahren	52,00	58,00	36	56	55,00	67,00
Erdgeschoss: zwischen 11 und 70 Jahren	43,75	62,5	43,75	71,88	47,92	56,25
Etagenwohnung: unter 10 und über 71 Jahren	52,38	52,38	63,10	64,29	45,24	47,62
Etagenwohnung: zwischen 11 und 70 Jahren	48,72	58,97	62,82	64,10	60,26	64,10

Abbildung 71: Preparedness-Index nach Stadtteilen: Mediane (Köln).

Preparedness Index nach Exposition (Köln)					
	HH- Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
HQ100					
Stichprobenanzahl	144	12	19	28	85
Minimum	0	34,00	20,83	0	0
Median	56,78	65,00	54,17	54,76	58,97
Durchschnitt	55,01	58,5	52,41	51,28	56,32
Maximum	87,18	78,00	81,25	83,33	87,18
HQ500					
Stichprobenanzahl	115	11	17	40	47
Minimum	0	36	22,92	19,05	0
Median	56,41	58,00	54,17	52,38	58,97
Durchschnitt	55,42	55,45	54,90	51,90	58,59
Maximum	95,24	70,00	75,00	95,24	89,74

Abbildung 72: Preparedness-Index nach Exposition (Köln).

Insgesamt lassen sich Trends durch den Vorsorge-Index in Köln erkennen. Haushalte mit Hochwassererfahrung weisen tendenziell ein höheres Vorsorgeniveau auf als die befragten Haushalte ohne Hochwassererfahrung (siehe Abb. 67, 68). Insbesondere bei den Haushalten mit Personen unter 10 Jahren und/oder über 70 Jahren, die im Erdgeschoss wohnen und bereits ein Hochwasser erlebt haben, ist das Vorsorgeniveau deutlich höher als bei Haushalten des gleichen Typs, die diese Hochwassererfahrung nicht aufweisen. Des Weiteren wird deutlich, dass die Haushalte im HQ100 Bereich und HQ500 Bereich in Köln keine wesentlichen Unterschiede bezüglich des Vorbereitungsgrads aufweisen (siehe Durchschnittswerte und Mediane in Abbildung 72).

Bei den Haushalten, im Erdgeschoss mit Haushaltsmitgliedern, die jünger als 10 oder älter als 70 Jahre sind, wird deutlich, dass diese im HQ100 tendenziell ein etwas höheres Maß an Vorbereitung aufweisen, insbesondere wenn man den Durchschnitt, Median und das Maximum betrachtet. Bei den Haushalten in Etagenwohnungen mit

ausschließlich Mitgliedern im arbeitsfähigen Alter zeigt sich demgegenüber eine umgekehrte Tendenz.

## Dresden

Die Auswertung der Fragen bezüglich der Hochwasservorbereitung führte für Dresden zu folgenden Ergebnissen.

Vorsorge-Index nach HH-Typen in Dresden					
	HH-Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
Stichprobengröße	282	25	35	74	155
Minimum	0	0	14,58	0	15,38
Median	41,03	36	37,5	40,47	43,6
Durchschnitt	40,5	32,88	38,4	40,17	43,63
Maximum	74,37	56	66,67	69,03	74,37

Abbildung 71: Preparedness-Index nach Haushaltsstruktur (Dresden, Gesamt).

Preparedness Index für Haushalte mit Hochwassererfahrung (Dresden)					
	HH-Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
Stichprobengröße	262	21	35	70	142
Minimum	0	0	14,58	7,14	15,38
Median	41,03	36,0	37,5	40,47	43,9
Durchschnitt	40,8	33,33	38,	40,3	43,9
Maximum	64,3	56	66,67	69,03	74,37

Abbildung 72: Preparedness Index: Haushalte mit Erfahrung (Dresden).

Preparedness Index für Haushalte ohne Hochwassererfahrung (Dresden)					
	HH-Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
Stichprobengröße	15	3	0	3	10
Minimum	22	22	NA	42,87	30,77
Median	41,03	36,0	NA	47,63	38,47
Durchschnitt	40,1	33,33	NA	50,0	41,8
Maximum	59,53	42,0	NA	59,53	66,7

Abbildung 73: Preparedness Index: Haushalte ohne Erfahrung (Dresden).

Auf Grund der sehr kleinen Stichprobe bei Haushalten ohne Erfahrung kann in Dresden bestenfalls eine erste Tendenz ermittelt werden. Während der Vergleich der gesamten Haushalte keine nennenswerten Unterschiede bezüglich der Mediane und der Durchschnittswerte aufweist, kann man erkennen, dass die Maximalwerte bei den Haushalten ohne Erfahrung geringer ausfallen als bei den Haushalten mit Hochwassererfahrung. Des Weiteren lässt sich ansatzweise auch die Gruppe der Haushalte vergleichen, die in Etagenwohnungen wohnen und ausschließlich Haushaltsmitglieder zwischen 10 und 70 Jahren aufweisen. Der Vergleich dieser Gruppe zeigt: der Vorsorge-Index von Haushalten ohne jegliche Hochwassererfahrung ist in Dresden tendenziell geringer als der von Haushalten, die schon Hochwasser erlebt haben. Dies spiegelt die erwartete Tendenz wider, die in Köln auch anhand der Zahlen nachgewiesen werden konnte.

Analysiert man den Vorbereitungsgrad anhand der Altersstruktur wird deutlich, dass bei den hochwassererfahrenen Haushalten solche mit Kindern und Hochbetagten (Alter: bis 10 und ab 65) deutlich schlechter abschnitten als solche, in denen nur Personen im Alter zwischen 11 und 65 Jahren wohnen. Bei Haushalten ohne jegliche Hochwassererfahrung zeigt sich eine andere Tendenz, die jedoch aufgrund der kleinen Stichprobe von Haushalten ohne Hochwassererfahrung in Dresden nicht als valide gelten kann. Betrachtet man die Vorbereitung bezüglich der Etagen, in denen die befragten Personen wohnen, lässt sich feststellen, dass hier die Haushalte in Etagenwohnungen (ab Etage 1) besser vorbereitet sind, unabhängig von der Altersstruktur. Sowohl Median als auch Durchschnittswert sind in Etagenwohnungen 4-8 Prozentpunkte höher als in Erdgeschoss- oder Souterrainwohnungen. Hinsichtlich der Auswertung des Vorsorge-Index bezogen auf die untersuchten Stadtteile zeigen sich ebenfalls deutliche Unterschiede (siehe Abb. 74, 75).

Vorsorge-Index Stichprobenzahl nach Stadtteilen, Dresden			
	Kleinschachwitz	Friedrichstadt	Cossebaude
Alle Haushalte	111	77	94
Erdgeschoss: unter 10 und über 65 Jahren	8	6	10
Erdgeschoss: zwischen 11 und 64	14	8	13
Etagenwohnung: unter 10 und über 65 Jahren	31	19	23
Etage: zwischen 11 und 64	58	44	50

Abbildung 76: Preparedness Index (Dresden) nach Stadtteilen: Stichprobenanzahl

Analysiert man die Mittelwerte des Vorsorge-Index, bezogen auf die einzelnen Stadtteile kommt man zu folgendem Ergebnis.

Mittelwerte des Vorsorge-Index nach Stadtteilen in Dresden			
	Kleinschachwitz	Friedrichstadt	Cossebaude
Alle Haushalte	44,97	35,13	40,23
Erdgeschoss: unter 10 und über 65 Jahren	37,27	27,67	33,6
Erdgeschoss: zwischen 11 und 64	42,47	26,82	40,07
Etagenwohnung: unter 10 und über 65 Jahren	46,07	31,08	41,4
Etage: zwischen 11 und 64	47,8	39,4	42,93

Abbildung 47: Preparedness Index (Dresden), Mittelwerte nach Stadtteilen.

Nach dieser Auswertung wäre das Niveau der Vorbereitung gegenüber Hochwasser in Kleinschachwitz tendenziell höher als in Friedrichstadt und z.T. auch in Cossebaude. Betrachtet man den Median zeigt sich folgendes Bild.

Mediane des Vorsorge-Index nach Stadtteilen in Dresden			
	Kleinschachwitz	Friedrichstadt	Cossebaude
Alle Haushalte	45,83	35,9	41,03
Erdgeschoss: unter 10 und über 65 Jahren	39	29	36
Erdgeschoss: zwischen 11 und 64	44,8	29,17	37,5
Etagenwohnung: unter 10 und über 65 Jahren	47,63	33,33	42,87
Etage: zwischen 11 und 64	48,73	38,47	43,6

Abbildung 78: Preparedness Index (Dresden), Mediane nach Stadtteilen.

Die Berechnung und der Vergleich der Mediane ergeben ein ähnliches Bild. Kleinschachwitz schneidet bezogen auf die Vorbereitung der Haushalte gegenüber Hochwasser tendenziell besser ab als Friedrichstadt und Cossebaude. Friedrichstadt ist nach unserer Bewertung der sich zur Zeit der Umfrage im Haus befindlichen Gegenstände am schlechtesten auf ein Hochwasser vorbereitet. Die Abstände betragen jeweils 5-6 Prozentpunkte, sowohl im Median als auch im arithmetischen

Mittel. So hat der Durchschnittshaushalt in Kleinschachwitz 46, Cossebaude 40 und Friedrichstadt nur 36 von 100 möglichen Punkten erreicht. Die Mediane sind in fast allen Fällen größer als das arithmetische Mittel, dies bedeutet, dass es, wie auch schon in der Aufteilung nach Erfahrung, einige Haushalte gab, die besonders schlecht vorbereitet waren. Dieses Muster wird auch deutlich, wenn man sich die Minima und Maxima der einzelnen Stadtteile ansieht. Diese sehen wie folgt aus.

Minima und Maxima des Vorsorge-Index nach Stadtteilen in Dresden					
	HH-Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
<b>Kleinschachwitz</b>					
Minimum	22,0	22,0	22,92	23,81	25,64
Maximum	64,1	56	66,67	61,9	74,37
<b>Friedrichstadt</b>					
Minimum	7,14	16	14,58	7,14	17,95
Maximum	64,3	36	37,5	64,3	61,53
<b>Cossebaude</b>					
Minimum	0	0	14,58	16,67	15,38
Maximum	64,1	56,0	62,5	69,03	66,67

Abbildung 79: Preparedness Index (Dresden), Minima und Maxima nach Stadtteilen.

Einige Familien sind extrem schlecht vorbereitet (siehe Friedrichstadt und Cossebaude), bilden damit jedoch die Ausnahme. Für die Analyse, wie gut die Haushalte durch das Vorhandensein bestimmter Gegenständen auf einen Hochwasserfall vorbereitet sind, scheint es hier – auf Grund der Ausreißer - ebenfalls sinnvoller, den Median als stabileren Mittelwert anzunehmen. Analysiert man das Niveau der Vorsorge hinsichtlich der Hochwassergefahren bezogen auf unterschiedliche Expositionsbereiche der Haushalte in Dresden (HQ 10, HQ 100 und HQ 300), werden folgende Muster deutlich:

Vorsorge-Index nach Exposition in Dresden					
	HH- Gesamt	Erdgeschoss: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Erdgeschoss: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren	Etagenwohnung: Mit Bewohnern unter 10 oder ab 71 Jahren	Etagenwohnung: Bewohner zwischen 10 und 70 Jahren
<b>HQ10</b>					
Stichprobenanzahl	17	1	1	6	10
Minimum	22,92	54	22,92	33,3	30,77
Median	50,0	54	22,92	48,8	52,57
Durchschnitt	45,73	54	22,92	48,4	47,7
Maximum	59,53	54	22,92	59,53	66,7
<b>HQ100</b>					
Stichprobenanzahl	111	10	17	26	62
Minimum	0	0	14,58	7,14	17,95
Median	41,03	39	43,76	40,47	43,6
Durchschnitt	40,93	33	40,2	40,67	44,33
Maximum	64,3	56	66,67	69,03	74,37
<b>EHQ</b>					
Stichprobenanzahl	80	7	9	24	42
Minimum	16,0	16,0	22,91	19,05	23,08
Median	41,03	30,0	37,5	47,63	43,6
Durchschnitt	41,67	28,29	38,43	44,63	44,06
Maximum	64,1	36,0	54,17	61,9	66,67

Abbildung 80: Preparedness Index (Dresden) nach Exposition.

Die Abbildung 80 verdeutlicht, dass die Vorbereitung in den HQ 10 Gebieten signifikant höher ist als in den HQ 100 oder HQ 300 Gebieten in Dresden. Wie schon in den vorherigen Analysen ist der Median höher als der Durchschnitt. Dies lässt wieder darauf schließen, dass einige wenige Haushalte extrem schlecht vorbereitet waren (0 Punkte) oder aus sonstigen Gründen angaben, keine der genannten Gegenstände im Haus zu haben.

Als weitere Indikatoren, die zur Abschätzung der Vorsorge gegenüber Hochwasser herangezogen werden können, sind u.a. Angaben zu den Möglichkeiten der Umlagerung von Hausrat in höher gelegene Stockwerke.

*FRAGE:*

- Die Entwicklung eines hinreichend sensitiven und aussagekräftigen Vorsorge-Index ist äußerst kompliziert, da vielfach auch regional und lokalspezifische Situationen die Verfügbarkeit und die Bedeutung bestimmter Vorsorgegegenstände erheblich beeinflussen: Sollte man daher ganz auf einen Vorsorge-Index auf Basis der genannten Bewältigungsgegenstände verzichten? oder
- Sollte man aus den Erkenntnissen die Hochwassererfahrung als wichtigen generellen Trendindikator für Fragen der Vorsorge heranziehen?

Im weiteren Projektverlauf wird bis zum Expertenworkshop im AKNZ noch eine Tabelle mit den Kernindikatoren und den erweiterten Indikatoren ausgearbeitet, um schneller einen ersten Überblick über die Assessment-Indikatoren und Kriterien zu bieten. Unbeschadet dessen ist es allerdings vielfach notwendig, einen besseren Einblick in die Bedeutung der jeweiligen Indikatoren durch die Auswertungen in den Beispielstädten zu ermöglichen. Demzufolge ist auch zu prüfen, in welcher Form exemplarische Ergebnisse der Befragung und Auswertung kommunaler Daten in den Leitfaden mit aufgenommen werden können.



## 5. Fortschritt im Projektbereich *Fernerkundung*

Flächenhafte Informationen aus Fernerkundungsdaten abgeleitet, weisen eine besonders gute Eignung zur Darstellung und Analyse von räumlichen Fragestellungen auf der Erdoberfläche auf. Aufgrund der Verbesserung der Technologie von Erdbeobachtungssensoren und der damit einhergehenden Entwicklung von geometrisch hochaufgelösten Sensoren der letzten Generation, wurde auch das Anwendungsgebiet von Fernerkundung im urbanen Raum erweitert. Geometrische Bodenauflösungen von bis unter einem Meter (IKONOS: 1 m, Quickbird: 0,61 m) ermöglichen die detaillierte Darstellung des hoch strukturierten urbanen Raumes, bedürfen aber auch den Bedingungen angepasste Verfahren zur automatisierten Extraktion von Informationen.

Der Zugang zur Abschätzung von Vulnerabilität mittels Fernerkundung geschieht vor dem Hintergrund des Einsatzes von gängigen und leicht verfügbaren Fernerkundungsdatensätzen. Mittels Fernerkundung lassen sich große Gebiete rasch kartieren und aufgrund der Verortung von Objekten die notwendige Frage nach dem „Was ist wo“ beantworten. Dieser Methode sind aber naturgemäß auch Grenzen gesetzt, da ausschließlich Informationen auf der Erdoberfläche, welche vom Sensor aus sichtbar sind, ausgewertet können. So lassen sich sehr gut Beziehungen und Nachbarschaften oder auch die Exposition von Objekten darstellen, aber z.B. die Nutzung von Gebäuden ist nicht immer direkt ableitbar. Schwierigkeiten ergeben sich hier bei der automatisierten Determination von kritischen Infrastrukturen oder auch die Frage ob Hochwasser in die Keller von Gebäuden eindringt oder nicht, kann einfach nicht beantwortet werden, da selbige in Fernerkundungsdaten nicht ersichtlich sind.

Der Zugang der Fernerkundung als Werkzeug bei der Abschätzung von Vulnerabilität versteht sich zum Einen aus der direkten Ableitung von physischen Vulnerabilitätsindikatoren und zum Anderen aus der Möglichkeit anhand von hochaufgelösten Satellitenbild- und Laserscandaten natürliche, homogene Einheiten im urbanen Raum zu definieren, anhand derer eine Abschätzung und in weiterer Folge auch eine Übertragung von Vulnerabilitätsprofilen möglich ist.

Basis für jegliche Art der thematischen Analyse von Fernerkundungsdaten ist die Klassifikation der Bildinhalte mittels geeigneter Methoden. Anhand der abgeleiteten Informationen und deren weiterer Verarbeitung lassen sich Aussagen zur physischen

Vulnerabilität treffen. So ist zum Beispiel die Gebäudedichte ein Maß zur räumlichen Strukturierung des urbanen Raumes und lässt auch indirekt Abschätzungen bezüglich des Schadenspotenzials zu. Anhand von Gebäudehöhen kann die relative Höhe des Hochwassers abgeschätzt werden (ökonomischer Schaden) oder es können auch vertikale Evakuierungsmöglichkeiten (für Personen und Hausrat) eruiert werden oder über die Anzahl der Geschosse Populationsabschätzungen durchgeführt werden.

Anhand von Informationen bezüglich der Überschwemmungsgebiete (z.B.: HQ 100) können in Kombination mit der aus den Fernerkundungsdaten generierten Landbedeckungsklassifikation die gefährdeten Bereiche und Objekte verortet und quantifiziert werden.

Weitere Vulnerabilitätsindikatoren welche aus Fernerkundungsdaten ableitbar sind beziehungsweise anhand von Profilen über räumliche Einheiten übertragbar sind, sind in Abbildung 81 dargestellt.

<b>Physische -</b>	<b>Demographische / Sozioökonomische -</b>
<b>Vulnerabilitätsindikatoren</b>	
<b>Strukturelle Vulnerabilität</b>	<b>Bevölkerungsstruktur</b>
Gebäudestruktur	Populationsabschätzung
Gebäudedichte	Bevölkerungsdichte
Gebäudehöhe	Tag- / Nachtbevölkerung (raum-zeitlich)
Anzahl der Gebäude	Altersstruktur
Verkehrsinfrastruktur	Bevölkerungsentwicklung / Urbanisierung (z.B. in HQ-100 Gebiet)
<b>Lage</b>	Besitz, Vermögen, ökonomische Werte
Exposition (vertikal, horizontal)	
Erreichbarkeit	

Abbildung 81: Vulnerabilitätsindikatoren.

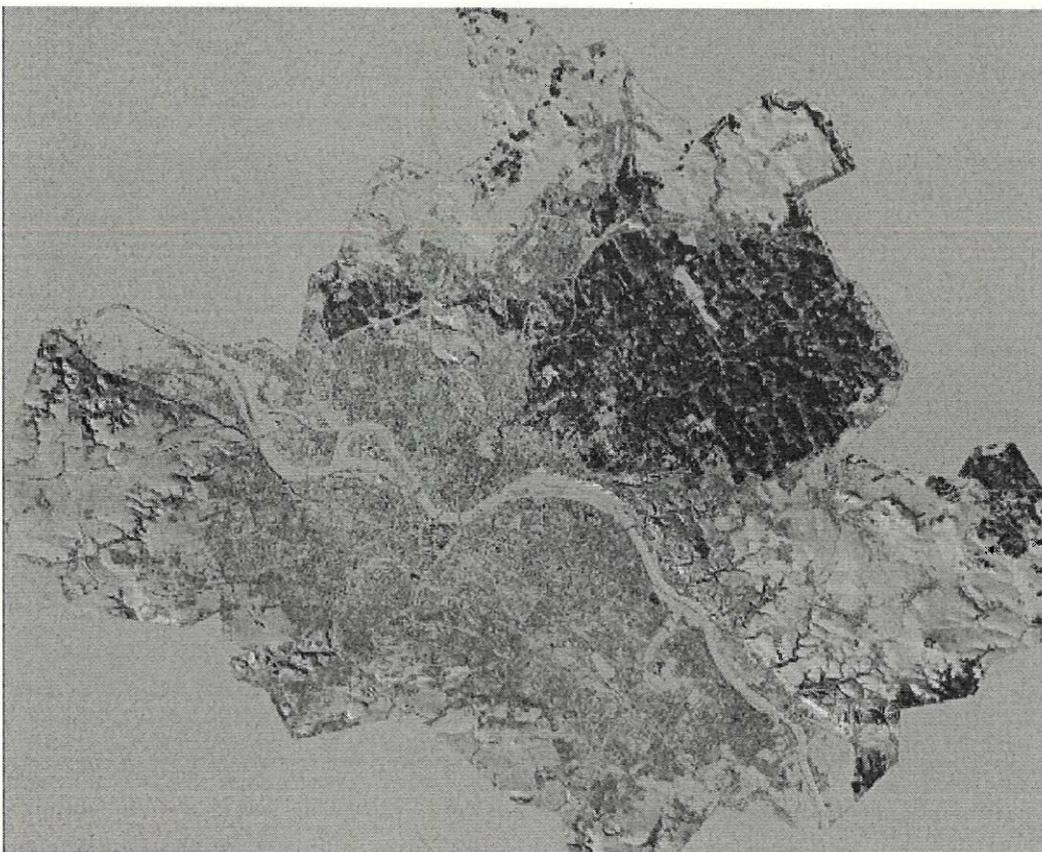
### 5.1 Datengrundlage

Der Stand der Akquisition der in dieser Untersuchung verwendeten Fernerkundungsdatensätze und deren Eigenschaften wurde in den vorangegangenen Beiträgen (Kurzdokumentation bisheriger Arbeiten [...], und III. Zwischenbericht) bereits dokumentiert. Zusätzlich zu den vorhandenen

hochaufgelösten, optischen Satellitenbilddaten, wurden mittlerweile von Seiten der Projektpartner (Umweltamt Dresden und Umwelt- und Verbraucherschutzamt Köln) digitale Laserscan Oberflächenmodelle (DOM) der Untersuchungsgebiete zur Verfügung gestellt.

Die Aufnahme dieser Oberflächenmodelle findet meist mit flugzeuggetragenen Sensoren statt, welche die Erdoberfläche, und damit auch den vom Menschen geprägten urbanen Raum, zeilenweise Abtasten und die Höheninformation des betrachteten Objektes über Entfernungsmessungen erfassen und abbilden können. Bei Speicherung in einem Rasterdatenformat wird für jedes Bildelement zusätzlich zur Lageinformation im projizierten Koordinatensystem auch die Höheninformation abgelegt. Die Kantenlänge jedes Bildelementes (Pixel) wird für die Daten von Dresden mit 1m angegeben; die vertikale Information ist dezimetergenau abgespeichert.

Die Abdeckung des DOM ist anhand einer beleuchteten Darstellung für das Untersuchungsgebiet Dresden in Abbildung 82 abgebildet.



*Abbildung 82: Beleuchtete Darstellung der Abdeckung des digitalen Laserscan Oberflächenmodells von Dresden (Datenquelle: Stadt Dresden).*

Auf der Basis dieser beiden in ihren Spezifikationen und ihrem Informationsgehalt unterschiedlichen Datensätzen, ist es möglich, den urbanen Raum nicht nur in seiner flächenhaften Ausdehnung, sondern auch im Hinblick auf die relativen Höhenunterschiede der Objekte auszuwerten. Abbildung 83 dient der Veranschaulichung des unterschiedlichen Informationsgehaltes der beiden Datensätze für einen Detailausschnitt des Zentrums Dresdens.

Deutlich zu erkennen ist, dass der Vorteil der optischen Satellitenbilddaten in dieser Anwendung klar durch die spektralen Informationen der vier Kanäle gegeben ist, während im DOM diese Details teilweise nur sehr schwer oder gar nicht wiedergegeben werden (Unterschied zwischen versiegelter Fläche / Vegetation; unterschiedliche Vegetationsarten). Umgekehrt zeigt sich, dass Objekte welche sich von ihrer nächsten Umgebung alleine aufgrund ihrer vertikalen Ausprägung unterscheiden, im DOM sehr einfach identifiziert werden können und ihnen auch eine eindeutige Höhe zugewiesen werden kann.

Um die gesamte Tiefe der in diesen Daten enthaltenen Informationen verarbeiten zu können, wurde ein operationeller, übertragbarer Ansatz entwickelt, der auf sämtliche Untersuchungsgebiete unter Voraussetzung der gleichen Datengrundlage angewendet werden kann.

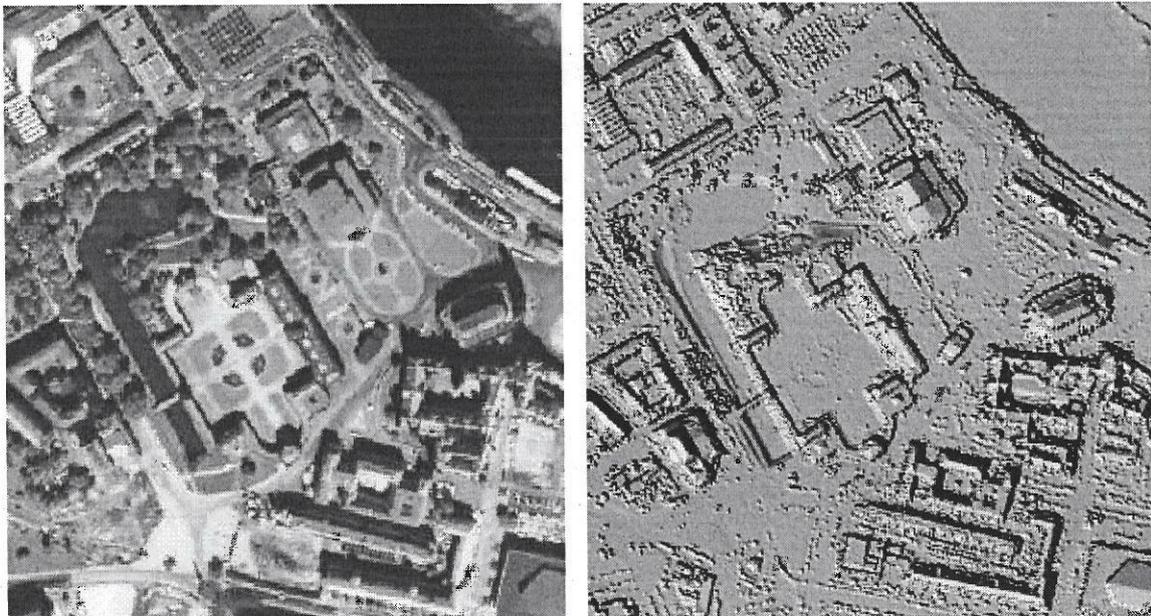


Abbildung 83: Gegenüberstellung zwischen IKONOS-Aufnahme und Laserscanner-DOM (beleuchtete Darstellung) vom Zentrum Dresdens (Zwinger und Semperoper).

Da diese Daten, wie auch in Abbildung 85 zu erkennen ist, unterschiedlichen Aufnahmebedingungen sowohl in zeitlicher Hinsicht als auch in sensorspezifischer Hinsicht unterliegen, ergeben sich naturgemäß Eigenschaften, welche bei der weiteren Verarbeitung der Daten berücksichtigt werden müssen.

Hierbei gilt es, die unterschiedlichen geometrischen Eigenschaften bei der Vereinigung der beiden Datensätze für eine synergetische Analyse auszugleichen. Die Lagegenauigkeit der Objekte in den IKONOS Daten wird vom Lieferanten (EUSI) für diesen Produkttyp mit 15 m angegeben. Aus diesem Grund werden in einem Vorverarbeitungsschritt die IKONOS Daten geometrisch auf die geometrisch genaueren Laserscanner-Daten mittels einer semi-automatischen Bild zu Bild Ko-registrierung angepasst.

Für das Untersuchungsgebiet Dresden sind des Weiteren auch noch, bedingt durch die zeitlichen Unterschiede bei der Aufnahme der Daten (2001/2002 – 2007), Veränderungen in der bebauten Landschaft zu erkennen. In Abbildung 44 ist jeweils ein Beispiel exemplarisch für neu entstandene Gebäude (a+b) und abgetragene Gebäude (c+d) in Dresden dargestellt. Beispiel e+f zeigt Bebauungsveränderungen für das Untersuchungsgebiet Köln (wobei hier das Oberflächenmodell aus dem Jahr 1998 dargestellt ist, welches mittlerweile vom Umwelt- und Verbraucherschutzamt Köln durch ein aktualisiertes Modell ersetzt wurde, diese Daten aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingelesen wurden).

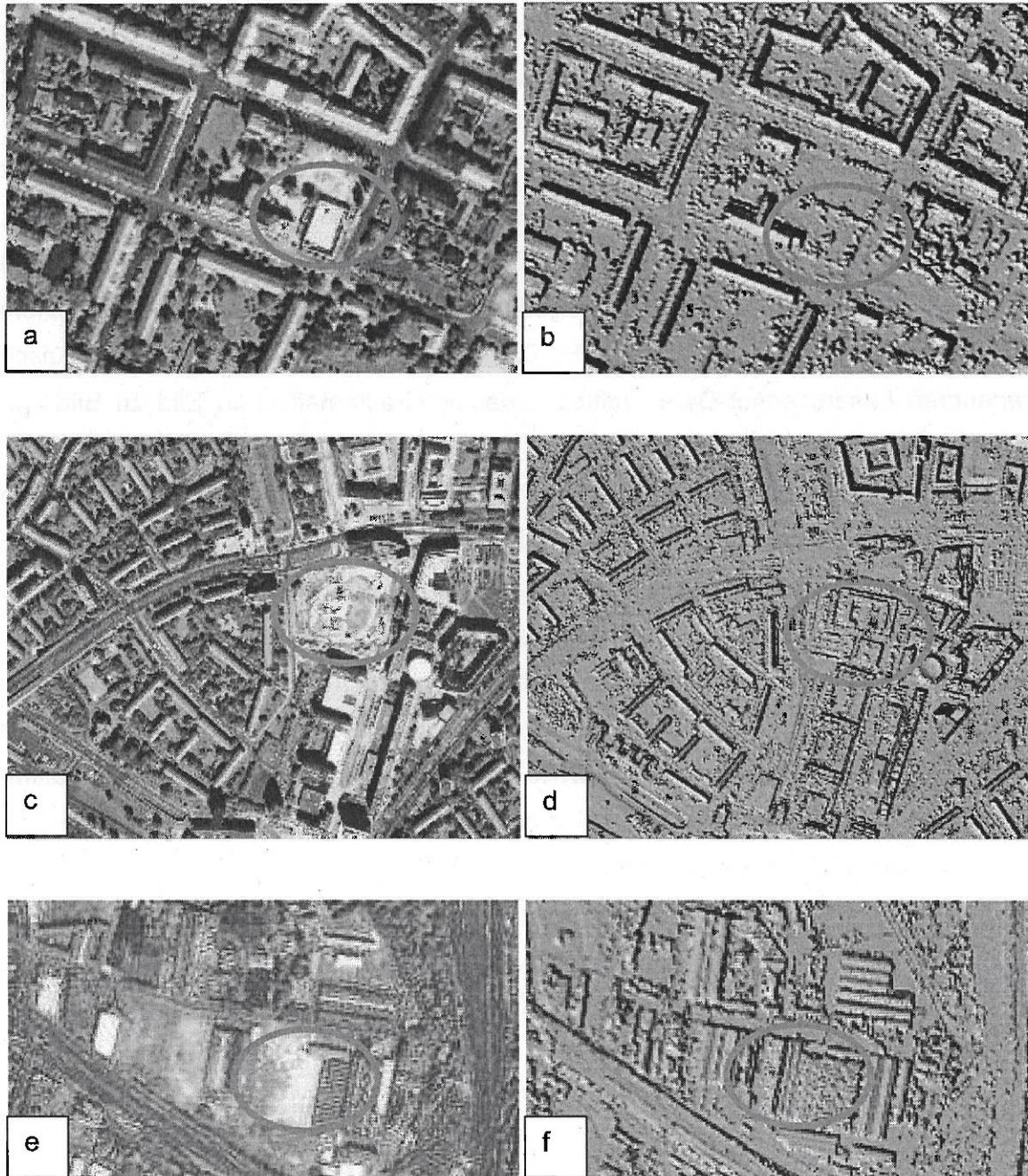


Abbildung 84: Veränderungen in der bebauten Landschaft in den Untersuchungsgebieten Dresden (a-d) und Köln (e-f) (Datenquelle DOM Köln: Stadt Köln).

	Dresden	Köln
<b>Optische Satellitenbilddaten</b>		
Sensor	IKONOS	IKONOS
Anzahl der Szenen	3	5
Aufnahmedatum/-en	06.08.2007	22.05.2007, 08.07.2007
Radiometrische Auflösung	11 bit	11 bit
Geometrische Auflösung	Pan: 1m MS: 4m	Pan: 1m MS: 4m
Spektrale Auflösung	Pan: 450-900nm Blau: 455-516nm Grün: 506-595nm Rot: 632-698nm NIR: 757-853nm	Pan: 450-900nm Blau: 455-516nm Grün: 506-595nm Rot: 632-698nm NIR: 757-853nm
<b>Digitales Laserscanning Obeflächenmodell</b>		
Aufnahmedatum	2001/2002	~2007
Geometrische Auflösung	1m	1m

Abbildung 85: Spezifikationen der verwendeten Fernerkundungsdatensätze.

## 5.2 Klassifikation

Die Bildklassifikation ist ein wichtiger Schritt bei der Verarbeitung von digitalen Fernerkundungsdaten und dient der Informationsextraktion mit dem Ergebnis von thematischen Karten; vorzugsweise der Ableitung der Landbedeckung. Um diese möglichst exakt und aktuell abbilden zu können, stehen hier hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten zur Verfügung, welche für die Analyse stadtstruktureller Merkmale in Bezug auf die Abschätzung der Vulnerabilität des untersuchten Raumes untersucht werden.

Wie bereits oben erwähnt, hat die Aktualität der verwendeten Daten, bzw. der Aufnahmezeitpunkt einen unmittelbaren Einfluss auf die Güte der Klassifikation. Da der urbane Raum, im Speziellen auch das Untersuchungsgebiet Dresden, stets

Veränderungen erfährt, kann diese Klassifikation auch nur den Zeitpunkt der Aufnahme der Daten repräsentieren.

Da mit dem Anstieg der geometrischen Auflösung auch die Anzahl der im Bild auftretenden Objekte und auch die interne Variabilität der Objekte steigt, sind traditionelle Auswerteverfahren von optischen Satellitenbilddaten wie die visuelle Auswertung oder pixelbasierte Methoden aus verschiedenen Gründen (Subjektivität, Kosten, unzureichende Genauigkeit) ungeeignet für die Klassifikation von geometrisch hoch aufgelösten Daten (siehe III. Zwischenbericht).

Objektorientierte Bildanalyseverfahren bedienen sich im Gegensatz zu den pixelorientierten Verfahren der homogenen Eigenschaften benachbarter Pixelgruppen um so zu einer sinnvollen Unterteilung (Segmentierung) des Datensatzes zu gelangen um auch dem veränderten Anspruch aufgrund der höheren geometrischen Auflösung gerecht zu werden. Diese homogenen Eigenschaften basieren häufig auf den spektralen Merkmalen der Objekte, werden aber im Rahmen dieser Aufgabenstellung um formbezogene Attribute erweitert bzw. ersetzt, um das Verfahren unabhängig der spektralen Eigenschaften des untersuchten Gebietes (unterschiedliche Materialien oder Jahreszeiten) auf andere Untersuchungsgebiete übertragen zu können. Lediglich der *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) wird als einzige aus spektralen Werten errechnete Information zur Klassifikation herangezogen. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, wurden die insgesamt 8 IKONOS-Teilszenen zu drei verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen und weisen auch unterschiedliche atmosphärische Einflüsse auf (siehe Kurzdokumentation bisheriger Arbeiten [...]).

Der für die Ableitung der Landbedeckungsklassifikation entwickelte synergetische Ansatz aus optischen und Laserscan Daten, basiert auf einem hierarchischen Prinzip bestehend aus Bildsegmentierung und Bildklassifikation und wurde im Rahmen einer kommerziell verfügbaren Benutzerumgebung integriert (Definiens Professional).

Die implementierte Segmentierungsoptimierung ermöglicht die Erfassung von Objekten unterschiedlicher Größe innerhalb einer Segmentierungsebene.

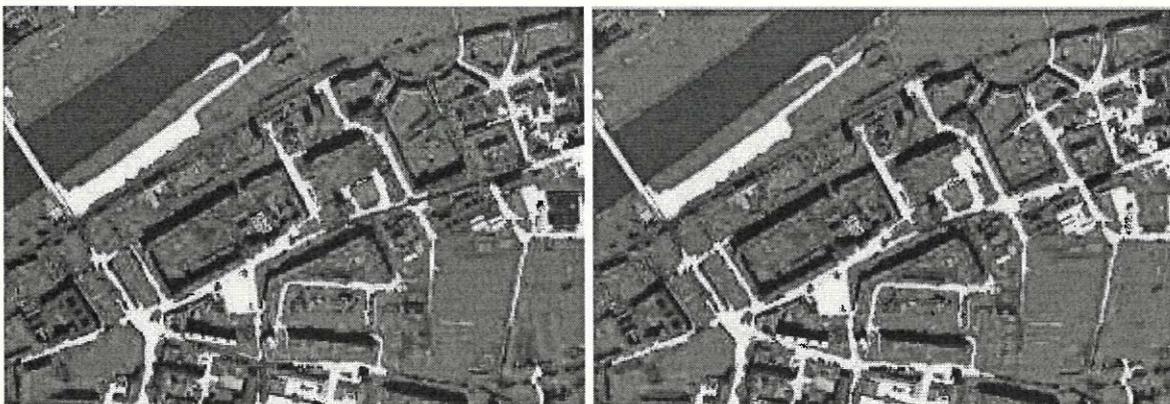
Wie in Abbildung 86 ersichtlich, werden dadurch in ihrer spektralen Information homogene Objekte (z.B.: Vegetationsflächen) zu größeren Segmenten zusammengefasst, während der stärker strukturierte urbane Raum auch durch kleinere Segmentgrößen repräsentiert wird, worauf wiederum eine Klassifikation basierend auf Objektgrößen gestützt werden kann.

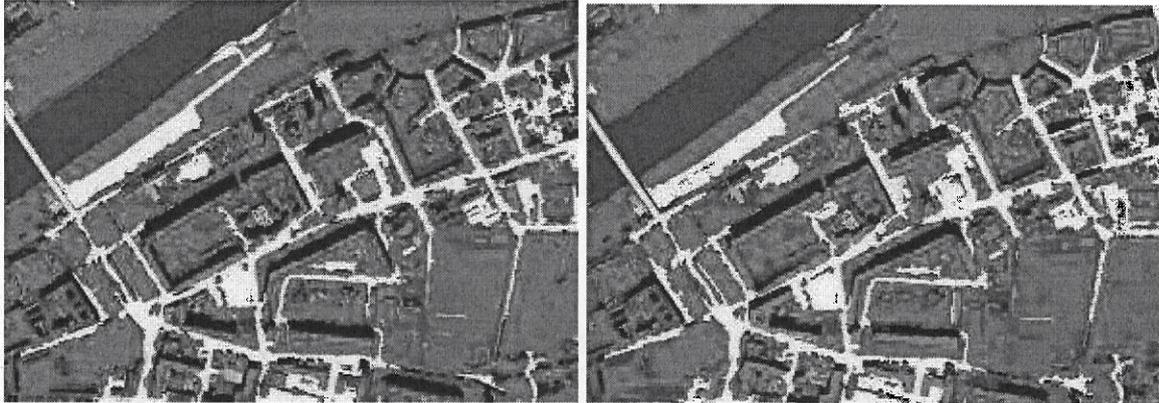
Die Bildklassifikation wird letztlich für jede der einzelnen Optimierungsebenen basierend auf Formmerkmalen, Größen, relative Höhenunterschiede, NDVI und Nachbarschaftsbeziehungen mittels „region growing“ Verfahren für insgesamt 6 Klassen durchgeführt: „Wasser“, „Straßen“, „Häuser“, „Vegetation“, „Spärliche Vegetation“ und „Schatten“ durchgeführt.



Abbildung 86: Darstellung des Ausgangsdatensatzes (links, Kanalkombination 4/3/2) und optimierte Segmentierungsebene (rechts).

Abbildung 87 zeigt für 4 Segmentierungsebenen beispielhaft den Klassifikationsvorgang und die Methode des „region growing“ nach dem die Objekte über Nachbarschaftsbeziehungen den jeweiligen Klassen zugewiesen werden.





*Abbildung 87: Levelbasierte Bildklassifikation.*

Diese Methode der Landbedeckungsklassifikation wurde zunächst für ein Testgebiet im Untersuchungsgebiet Dresden entwickelt und nach Validierung der Ergebnisse auf ein weiteres Testgebiet in Dresden angewendet, um die Übertragbarkeit der Methode zu überprüfen. Die Genauigkeitsanalyse der Landbedeckungsklassifikation wurde anhand einer visuellen Überprüfung von 100 für jede Klasse ermittelten Zufallspunkten mittels einer Konfusionsmatrix ermittelt und lässt sich für das erste Testgebiet mit 93,1% und für das übertragenen Testgebiet mit 92,2% quantifizieren (vgl. Abbildung 89).

Das Ergebnis der Landbedeckungsklassifikation für das Testgebiet ist in Abbildung 88 dargestellt.



Abbildung 88: IKONOS Aufnahme (oben; Kanalkombination 4/3/2) und Ergebnis der Landbedeckungsklassifikation (unten).

	Reference Data								Total	User Acc. %
	water	vegetation	streets	sparse	shadows	house	roof			
water	100	0	1	0	0	0	0	0	100	89,04
vegetation	0	80	5	0	0	0	0	0	85	100,00
streets	0	2	87	0	0	0	0	0	89	87,88
sparse	0	4	4	77	0	0	0	0	85	85,56
shadows	0	0	1	11	55	0	0	0	67	89,79
house	0	1	7	4	4	90	0	0	100	85,39
roof	0	0	0	0	0	0	100	0	100	100,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	720	
Producer Acc %	100,00	83,00	87,00	77,00	95,00	83,00	100,00			92,14285714
User and Prod	159,04	193,00	174,88	162,56	189,79	175,32	210,00			
Wittfehler %	39,02	93,50	87,44	81,28	91,59	85,16	100,00			
Flächenbusiness	264453	362270	2997286	526098	250152	448001	200058			8873876
Gesamtfläche	8873876	8873876	8873876	8873876	8873876	8873876	8873876			8873876
Flächenanteil	0,03	0,39	0,34	0,06	0,03	0,13	0,02			1,000
Auslass %	2,93	90,60	90,70	5,40	2,72	15,09	2,37			1,000
Total Accuracy	10,95	86,21	29,53	5,20	2,59	11,67	2,37			81,88
User and Prod	159,04	193,00	174,88	162,56	189,79	175,32	210,00			
Total Accuracy	39,02	93,50	87,44	81,28	91,59	85,16	100,00			92,14

Abbildung 89: Genauigkeitsabschätzung für das übertragene Testgebiet.

### 5.3 Ableitung der Indikatoren

Die Bildklassifikation ist eine notwendige Voraussetzung für die thematische Interpretation bzw. Weiterverarbeitung um die Frage nach dem „was ist wo“ beantworten zu können. Aufbauend auf dieser Klassifizierung können nun Parameter abgeleitet werden, welche als Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität eingesetzt werden können.

Aufgrund der ausgeprägten Differenzierung von Städten erweist es sich als Notwendig, den hoch strukturierten urbanen Raum auf Basis von objektiven Kriterien zu homogenen Raumeinheiten zusammenzufassen. Wobei dies ebenfalls vor dem Hintergrund geschieht, dass die sozialräumliche Differenzierung der Stadt unmittelbar mit stadtstrukturellen Eigenschaften verbunden ist. Über ihre physische Ausprägung und der darauf basierenden Einteilung in in sich homogene und untereinander unterschiedliche Raumeinheiten und die Merkmale ihrer Nutzer lassen sich über räumliche Differenzen Aussagen über Vulnerabilitäten treffen.

Die Unterteilung in Raumeinheiten basiert demnach auf die charakteristischen Konfigurationen der Bebauung wie Gebäudedichte, Gebäudehöhe, die Lage und der Bevölkerung.

#### 5.3.1 Gebäudedichteanalyse

Als Maß zur Strukturierung des urbanen Raumes eignet sich die Gebäudedichte zur Ableitung von innerstädtischen Strukturübergängen. Die Gebäudedichte ist abhängig

von der Umgebung des jeweils betrachteten Objektes und beinhaltet die Distanz zu und Anzahl der Nachbarhäuser sowie Freiflächen.

Auf Basis eines zweistufigen pixelbasierten Verfahrens, wird mittels eines Moving-Window-Ansatzes in der ersten Stufe zunächst die lokale Nachbarschaft betrachtet und in der zweiten Stufe über einen größeren räumlichen Kontext auch die größere Nachbarschaft in die Gebäudedichte miteinbezogen.

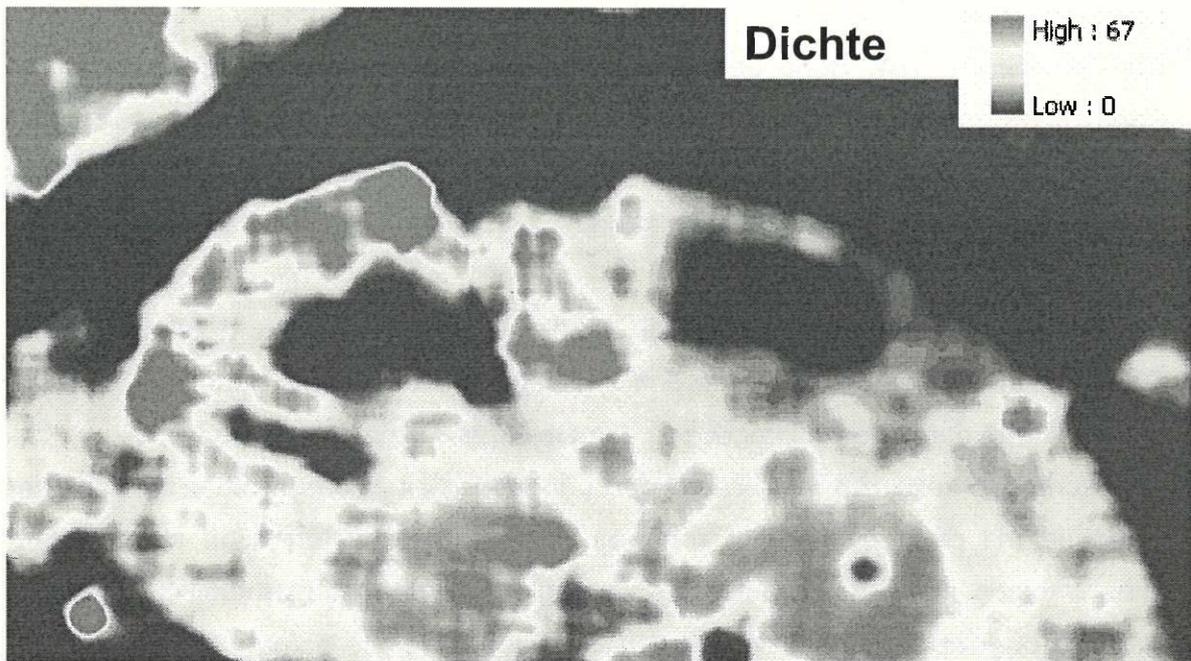


Abbildung 90: Darstellung der Gebäudedichte.

Die Gebäudedichte ist in Abbildung 90 für dasselbe betrachtete Gebiet wie in Abbildung 89 dargestellt. Die Farbgebung lässt geringer und höher verdichtete Gebiete innerhalb des Testgebietes erkennen und wird in weiterer Folge auf Basis objektiver Kriterien in Klassen gleicher Dichten unterteilt.

### 5.3.2 Gebäudehöhen

Die Strukturierung des urbanen Raumes lässt sich nicht nur in seiner horizontalen Differenzierung beschreiben, sondern auch anhand der Gebäudehöhen. Diese Information dient zum Einen als weiterer Parameter zur physischen Strukturierung des Raumes und zum Anderen können daraus wichtige Vulnerabilitätsparameter abgeleitet werden. Auf der Basis der Anzahl der Geschoße in Verbindung mit der Exposition lässt sich zum Beispiel die direkte Beeinflussung des

Hochwasserereignisses auf das Gebäude beschreiben (bis zu welcher Höhe steht das Gebäude unter Wasser?) und ermöglicht darauf aufbauend wiederum Abschätzungen von ökonomischen Vulnerabilitäten (z.B.: Schadenspotenziale).

Als weiteres Beispiel sei hier auch noch die Relevanz für den Bewohner des betroffenen Gebäudes genannt, welcher sich im Falle eines mehrgeschossigen Gebäudes in die höher gelegenen Stockwerke evakuieren kann und gegebenenfalls auch Hausrat in Sicherheit bringen kann wodurch sich wiederum ökonomische Schäden reduzieren lassen.

Über die Größe bzw. Höhe des Gebäudes lässt sich auch eine Abschätzung der Population durchführen, um zumindest eine ungefähre quantitative Dimension über die betroffene Bevölkerung zu erhalten was wiederum für die Koordinierung von Hilfsmaßnahmen für Bedeutung sein kann.

Die Höhe der einzelnen Gebäude kann unmittelbar anhand des digitalen Oberflächenmodells aus der Differenz zwischen der absoluten Höhe des Objektes und der Höhe der näheren Umgebung des Objektes ausgelesen werden.

Abbildung 91 zeigt die auf Basis der Landbedeckungsklassifikation extrahierten Gebäude mit den zugehörigen relativen Höhen. Diese Information kann einfach anhand eines definierten Schlüssels aggregiert werden und ermöglicht somit die einfache und rasche Identifizierung von Gebäuden, welche aufgrund ihrer Höhe bei einem Hochwasserereignis Aussagen bezüglich ihrer Vulnerabilität zulassen (vgl. Abbildung 92).



Abbildung 91: Perspektivische Darstellung von relativen Objekthöhen.



Abbildung 92: Ableitung der Geschößzahl.

### 5.3.3 Exposition

Die Exposition eines Elementes gegenüber dem Gefahrenereignis ist als Teil des BBC-Konzepts (vgl. I. Zwischenbericht) ebenfalls relevant bei der Abschätzung von Vulnerabilität. Mittels der räumlichen Darstellung der durch das Wasserhaushaltsgesetz vorgeschriebenen Ausweisung von Überschwemmungsgebieten für gefährdete Gebiete, können die mittels Fernerkundungsdaten klassifizierte Gebiete untersucht werden. Auf Basis dieser flächendeckenden Darstellung können quantitative Analysen für betroffene Gebiete durchgeführt werden.

Somit ist mittels einer räumlichen Verschneidung der Daten einerseits eine Abschätzung der Anzahl der betroffenen Gebäude möglich, und darauf basierend auch eine Abschätzung der Population für das betroffene Gebiet und durch die räumliche Darstellung können sogenannte *Hotspots* lokalisiert werden und als zusätzliche Information bei z.B. Evakuierungsmodellen mit einfließen.

Des Weiteren ist in diesem Zusammenhang nicht ausschließlich die horizontale Ausprägung des Hochwassers von Interesse, sondern es gilt auch ihre vertikale Dimension bei der Abschätzung von Vulnerabilität zu berücksichtigen. Die Hochwasserhöhe bzw. die Wassertiefe ist dann von besonderem Interesse, wenn es gilt Schadenspotenziale an Objekten zu definieren oder auch die Notwendigkeit von vertikalen Evakuierungspotenzialen abzuschätzen.

So ist es möglich über Informationen bezüglich der Wassertiefen in Kombination mit dem digitalen Oberflächenmodell und den daraus abgeleiteten Gebäudehöhen den Wasserstand an den Gebäuden abzuschätzen und dadurch zusätzliche Vulnerabilitätsklassen abzuleiten.

Es lassen sich auch besondere naturräumliche und vulnerabilitätsrelevante Gegebenheiten anhand der Geländeinformation (DOM) anhand der Fernerkundungsdaten ableiten. So können positive (Erhebungen) oder auch negative (Senken) Veränderungen der Geländeoberfläche besondere Bereiche in Bezug auf die Vulnerabilität hervorheben.

Die Potenziale der räumlichen Verschneidung des Überschwemmungsgebietes (2D) und der Landbedeckungsklassifikation ist in Abbildung 93 dargestellt. Die betroffenen Gebäude können genau lokalisiert werden und eine quantitative Abschätzung über die Anzahl der Gebäude getroffen werden.

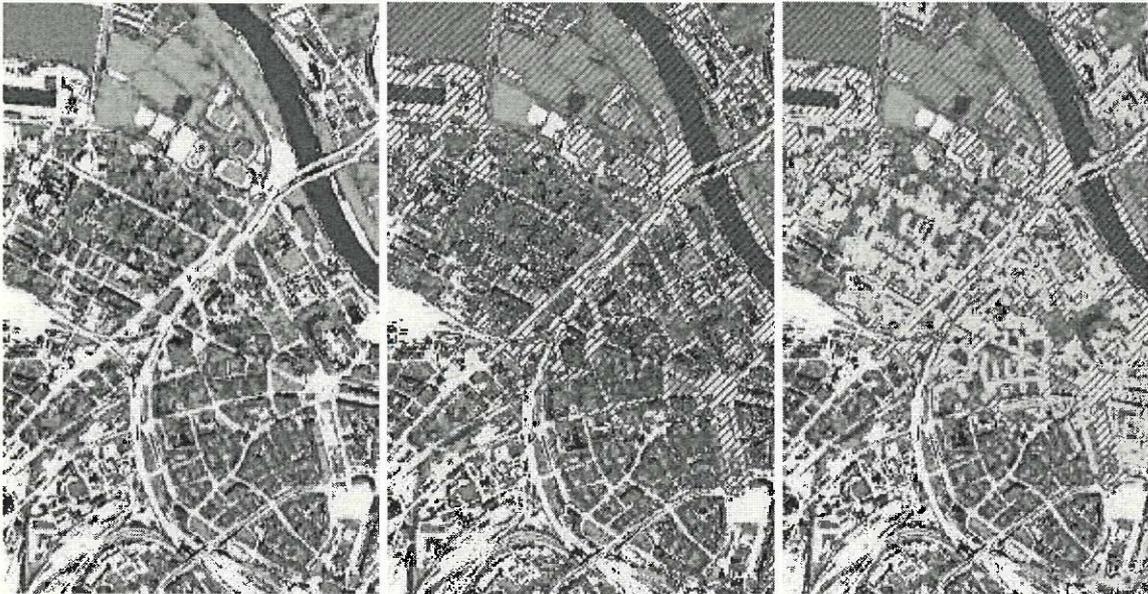


Abbildung 93: Quantifizierung von Gebäuden in Überschwemmungsgebieten (links: Landbedeckungsklassifizierung, Mitte: Überlagerung mit ausgewiesenem Überschwemmungsgebiet, rechts: Ausweisung der potenziell betroffenen Gebäude).

#### 5.4 Bevölkerungsabschätzung

Aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Strukturen können in Verbindung mit zusätzlichen statistischen Daten eine weitere Komponente zur Indikatorenbildung von Vulnerabilitätsschätzungen beitragen. Basis hierfür ist eine genaue Identifikation der Siedlungsstrukturen aus Laserscan-Daten. Wie bereits in KAPITEL XX erwähnt, können mit Hilfe von Bildanalysemethoden einzelne Gebäude klassifiziert werden und die resultierende Gebäudegrundfläche  $A_H$  sowie die Anzahl der Geschoße  $G_{ZH}$  über die Gebäudehöhe abgeleitet werden.

Ein bedeutender Vorteil dieser Methode gegenüber von traditionellen statistischen Basiseinheiten (Verwaltungseinheiten) ist, dass die Lage der Gebäude – und somit auch der Bevölkerung – unabhängig von der flächenhaften Ausprägung der Basiseinheit dargestellt werden kann. Eine höhere räumliche Auflösung und genauere Verortung ist somit gewährleistet.

Die Abschätzung beruht auf dem Prinzip der räumlichen Disaggregation und dem Zusammenhang von potentielltem Wohnraum  $Wp_g$  und Bevölkerung  $P_g$ . Der potentielle Wohnraum setzt sich aus der Geschoßzahl und der Gebäudegrundfläche zusammen (vgl. Gleichung 1), somit ergibt die Summe des Wohnraums sämtlicher Gebäude den potentiellen Wohnraum des betrachteten Gebietes (vgl. Gleichung 2). Wenn – zum Beispiel über Bevölkerungsstatistik – für das betrachtete Gebiet die

Gesamtbevölkerung bekannt ist, kann eine der mittlere potentielle Wohnraum pro Person berechnet werden und auf den potentiellen Wohnraum jeden Gebäudes  $Wp_H$  übertragen werden.

Gleichung 1:  $Wp_H = (A_H \cdot Gz_H) \cdot (1-L)$

Gleichung 2:  $Wp_g = \sum_{H=1}^1 Wp_H$

$$P_H = \frac{Wp_H}{Wp_g} \cdot P_g$$

$P_H$ .....	Bevölkerung / Haus
$P_g$ .....	Bevölkerung gesamt
$Wp_H$ .....	potentieller Wohnraum / Haus
$Wp_g$ .....	potentieller Wohnraum gesamt
$L$ .....	Wohnungsleerstand
$A_H$ .....	Fläche / Haus

Für eine kartographische Darstellung der regionalisierten Bevölkerungszahlen kann die geschätzte Bevölkerung / Haus auf Blockebene aggregiert werden und somit sehr schnell und effektiv ein Bild über die Verteilung der Wohnbevölkerung über ein Gebiet gemacht werden.

Abbildung 94 verdeutlicht den Vorteil den diese Art der Analyse mit sich bringt, da unbesiedelte Gebiete in großräumigen statistisch-administrativen Einheiten unberücksichtigt bleiben und keine Aussagen über potentielle Bevölkerung in diesem Raum zulassen.

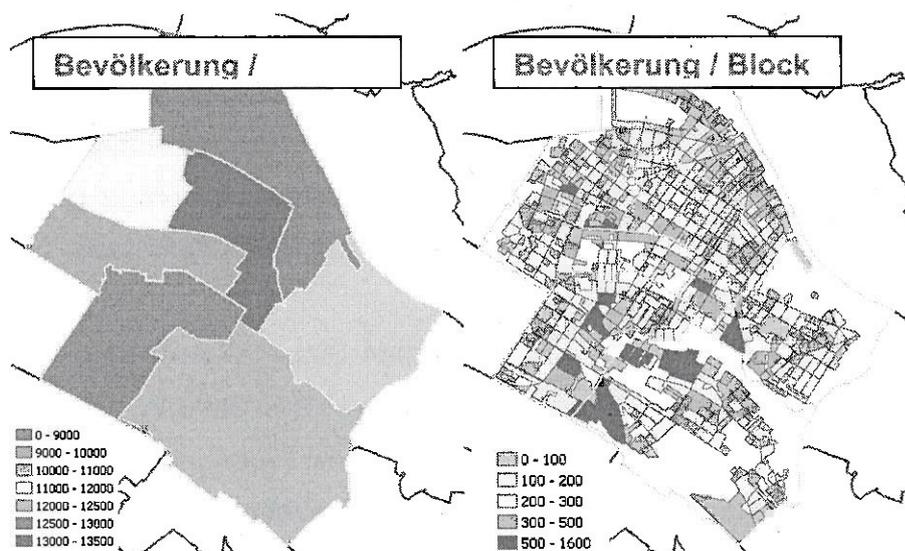


Abbildung 94: Vergleich von Bevölkerung im Stadtteil Blasewitz / Dresden auf Stadtteil- (l) und auf Blockebene (r).

## 6. Ergänzende Angaben

### **A) Vergleich des Standes des Vorhabens mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung**

Der Zeitplan sah für alle Projektbereiche innerhalb der zweiten Hälfte des Jahres 2008 neben einem allgemeinen Fortschritt in der Vulnerabilitätsanalyse unter Anwendung geeigneter Methoden vor allem eine Auswertung und Diskussion der Ergebnisse für ausgewählte Stadtteile, die Verknüpfung und Validitätsprüfung bereits entwickelter Indikatoren sowie eine Darstellung und Visualisierung der Ergebnisse in geeigneter Form vor. Der Stand der Arbeiten entspricht weitgehend diesen Vorgaben, wobei wie im letzten Zwischenbericht und in Gesprächen mit dem BBK diskutiert, der Bereich Wirtschaft nur ansatzweise umgesetzt werden kann.

Im Projektbereich Kritische Infrastruktur läuft parallel zu den oben angeführten Aufgaben eine erneute Datenerhebungsphase, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht als abgeschlossen bezeichnet werden kann. Dieser Umstand steht mit der Erweiterung der Datengrundlage (Kooperation mit den Gemeinden Andernach und Radebeul) in Zusammenhang.

Festzuhalten bleibt, dass sich, mit Ausnahme des Projektbereichs Wirtschaft, die Bearbeitung aller weiteren Projektbereiche im Zeitplan befinden.

Hinsichtlich des Kostenplans konnte in enger Kooperation mit Herrn Ritter im Dezember 2008 ein Zwischennachweis (in Zusammenhang mit einer Zahlungsanforderung) eingereicht werden. In den nächsten Wochen wird ein Jahresnachweis für 2008 beim BBK eingehen. Es sind derzeit keine erheblichen Abweichungen vom anvisierten Kostenplan abzusehen.

### **B) Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Ausgabenzeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert?**

Es ist derzeit nicht davon auszugehen, dass die Erreichung der Ziele innerhalb des angegebenen Zeitraums in den Bereichen Bevölkerung/Soziales, Umwelt und Landwirtschaft, Fernerkundung sowie Kritische Infrastrukturen gefährdet ist.

**C) Sind inzwischen von dritter Stelle Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Die Vernetzung mit den Arbeitsgruppen der Stadt Köln (v.a. Arbeitskreis ‚Objektschutz Hochwasser‘) und dem Hochwasserkompetenzzentrum (HKC) (Arbeitsgruppen ‚Selbsthilfe‘ und ‚Risikoprüfung‘) sowie der Erfahrungsaustausch mit dem Grundwasserforschungszentrum Dresden und die Vernetzung mit den RIMAX Projekten gaben in den vergangenen Monaten wertvolle Impulse.

Die Bereitstellung des Manuskripts ‚Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen‘, zur Veröffentlichung in der Schriftenreihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ vorgesehen, seitens des BBK konnte die Arbeiten im Bereich Kritische Infrastruktur unterstützen.

**D) Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

In den Projektbereichen Bevölkerung/Soziales, Umwelt und Landwirtschaft, Fernerkundung sowie Kritische Infrastrukturen sind nach dem jetzigen Stand der Arbeiten keine Änderungen in der Zielsetzung zu erwarten. Die Ziele im Bereich Wirtschaft werden, wie besprochen, eingeschränkt werden müssen (Datenlage, Datenzugang).

## 7. Literatur- und Quellenverzeichnis

- BACHFISCHER, R. (1978): Die ökologische Risikoanalyse – eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in der Raumplanung. Diss. München.
- BASTIAN, O. U. K.-F. SCHREIBER [Hrsg.] (1994): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Jena. Stuttgart.
- BECHMANN, A. (1989): Nutzwertanalyse. In Storm, Bunge [Hrsg.]: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung HdUVP Bd. 1, Abschnitt 3510, Berlin.
- BIRKMANN, J. (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: BIRKMANN, J. [Hrsg.]: Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies. Tokyo.
- BRONSTERT, A. [Hrsg.] (2004): Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder. Schlussbericht zum BMBF-Projekt im Rahmen des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“. Brandenburgische Umweltberichte 15.
- BOTHE, H. -H. (1993): Fuzzy Logic. Einführung in Theorie und Anwendungen. Berlin. Heidelberg. New York.
- BÖHME, M., KRÜGER, F., OCKENFELD, K. U. W. GELLER [Hrsg.] (2005): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Eine Kurzdarstellung der Fakten und Hilfen zu deren Bewertung. Magdeburg.
- DIEKMANN, A. (1996): Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendung, 2. Aufl., Hamburg.
- DITTRICH, F. (2005): Die Ermittlung von Hochwasserschäden in der Landwirtschaft. Vortrag beim RIMAX-MEDIS-Workshop „Erfassung von Hochwasserschäden“, 1./2. Dez. 2005 in Dresden. In: [http://www.rimax-hochwasser.de/fileadmin/RIMAX/download/Veranstaltungen/MEDIS-Workshop/medis\\_05\\_dittrich.pdf](http://www.rimax-hochwasser.de/fileadmin/RIMAX/download/Veranstaltungen/MEDIS-Workshop/medis_05_dittrich.pdf), 03.09.08.
- EMSCHERGENOSSENSCHAFT/ HYDROTEC (2004): Hochwasseraktionsplan Emscher. Anlage 5: Methodik der Schadensermittlung. In: [http://www.eglv.de/hochwasser/pdf/anlagen/an\\_5\\_00\\_Methodik\\_Schaden/methodik\\_schadensermittlung.pdf](http://www.eglv.de/hochwasser/pdf/anlagen/an_5_00_Methodik_Schaden/methodik_schadensermittlung.pdf), 04.09.08.
- FUHRMANN, L. U. I. MÜLLER (2007): Umweltatlas. Schutzwürdigkeit der Böden. Erläuterung zur Übersichtskarte. In: [http://www.dresden.de/media/pdf/umwelt/ua\\_3\\_12\\_text.pdf](http://www.dresden.de/media/pdf/umwelt/ua_3_12_text.pdf), Abruf 18.11.2008.
- FUHRMANN, L. U. I. MÜLLER (2005): Umweltatlas. Naturnähe der Böden. Erläuterung zur Übersichtskarte. In: [http://www.dresden.de/media/pdf/infoblaetter/ua\\_3\\_13\\_text.pdf](http://www.dresden.de/media/pdf/infoblaetter/ua_3_13_text.pdf), Abruf 18.11.2008)

- KRIEGER, D. J. (1998): Einführung in die allgemeine Systemtheorie. 2. Aufl., Paderborn.
- KÜHLING, W. (2003): Die Operationalisierung von Zielen für die Umweltqualität. In: Köhne, S. u. P. Wycisk [Hrsg.]: Geowissenschaften und Umwelt – Handlungsoptionen für eine nachhaltige Raumentwicklung. Halle, S. 127-135.
- LASZLO, E. (1998): Systemtheorie als Weltanschauung. Eine ganzheitliche Vision für unsere Zeit. München.
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) [Hrsg.] (2005): Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Jg. 10, H. 12.
- SCHMIDT, S. (2002): Umweltatlas. Stadtbiotopkartierung – Biotoptypenbewertung. In: [http://www.dresden.de/media/pdf/infoblaetter/ua\\_2\\_4\\_text.pdf](http://www.dresden.de/media/pdf/infoblaetter/ua_2_4_text.pdf), Abruf: 18.11.2008.
- LENZ, S. (in Vorbereitung): Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. Schriftenreihe Forschung im Bevölkerungsschutz. Band 7. Bonn
- MALIK, F. (2006): Strategie des Managements komplexer Systeme. Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 9. Aufl., Bern. Stuttgart. Wien.
- MOSER, S. (2001): Komplexe Konstruktionen – Systemtheorie, Konstruktivismus und empirische Literaturwissenschaft. Dissertation. Wiesbaden.
- MAYRING, P. (1999): Einführung in de qualitative Sozialforschung. 4. Aufl., Weinheim.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESMENT (2003): Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment. Summary. In: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.48.aspx.pdf>, Abruf 03.02.2009.
- POHL, J. (1998): Qualitative Verfahren. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Methoden und Instrumente der räumlichen Planung. Hannover, S. 95-108.
- RUNGE, K. 1999: Die Ökologische Risikoanalyse - Entwicklung und Begriffe. In Storm u. Bunde [Hrsg.]: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP) Bd. 1 Abschn. 3570, Berlin.
- SCHOLLES, F. (2008): Bewertungsmethoden: Die Präferenzmatrix. In: Fürst, D. u. F. Scholles [Hrsg.]: Handbuch, Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund, S. 404-408.
- SCHOLLES, F. (2008): Bewertungsmethoden: Der Relevanzbaum. In: Fürst, D. u. F. Scholles [Hrsg.]: Handbuch, Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund, S. 409-414.
- SCHOLLES, F. (2008): Bewertungsmethoden: Grundfragen der Bewertung. In: Fürst, D. u. F. Scholles [Hrsg.]: Handbuch, Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund, S. 516-531.

SCHREY, P. (o. J): Karte der schutzwürdigen Böden in Nordrhein-Westfalen 1:50.000. Krefeld.

ULLRICH, K. (2003): Umweltatlas. Natürliche Grundwassergeschützte. Erläuterung zur Übersichtskarte.

VESTER, F. (2004): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Ein bericht an den Club of Rome. 4. Auf., München.

VILLA, F. U. H. MCLEOD (2002): Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making. Guidelines and Applications. In: Environmental Management, Vol. 29, No. 3, pp. 335-348.

WARM, H.-J. & K.-E. KÖPPKE (2007): Schutz vor neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen). Berlin.

WOLF, W. (1998): Raumbezogene Bewertungsmöglichkeiten auf der Grundlage von Fuzzy Sets. In: Grabaum, R. & U. Steinhardt [Hrsg.]: Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic. Ergebnisse des Workshops „Einsatzmöglichkeiten von Fuzzy Sets in der Landschaftsbewertung“ vom 26. bis 28. Februar 1997 am UFR-Umweltforschungszentrum Leipzig Halle GmbH. Nr. 6/1998, S. 68-86.



**Anhang 1:**  
**Online-Fragebogen Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)**

Welche Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung betreiben Sie?

- reine Ackerlandbewirtschaftung
- reine Grünlandbewirtschaftung (ohne/ mit Viehhaltung) → Überspringen von 6
- Ackerland- und Grünlandbewirtschaftung (ohne/ mit Viehhaltung)

**Im nächsten Abschnitt geht es um die Lage Ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche und Ihrer Vermögenswerte im Überschwemmungsbereich und zu möglichen Schadquellen.**

Bitte schauen Sie für die folgenden 3 Fragen auf die Überschwemmungskarten!

1. Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ 100/ EHQ<sup>1</sup> liegt?
  - Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsbereich → Überspringen von 4,5 und 6
  - 1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsbereich
  - mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsbereich
  - mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsbereich
2. Welcher Anteil an Vermögenswerten Ihres Betriebes, z. B. in Form von Technik, Maschinen, Wirtschaftsgebäuden, Vieh befindet sich im HQ 100/ EHQ (Achtung: ohne Nutzflächen!)?
  - Es befinden sich keine Vermögenswerte im Überschwemmungsbereich → Überspringen von 7 und 8
  - 1 % bis 25 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsbereich
  - mehr als 25 % -75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsbereich
  - mehr als 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsbereich
3. Sind in der Überschwemmungskarte auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen einschließlich der Wirtschaftsgebäude Flächen mit Kontaminationsgefahr ausgewiesen?
  - Nein, es sind keine Flächen mit Kontaminationsgefahr ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer Kontaminationsgefahr ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer Kontaminationsgefahr ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher Kontaminationsgefahr ausgewiesen

<sup>1</sup> HQ 100 steht in der Wasserwirtschaft für einen Abfluss, der statistisch gesehen ein Mal in Hundert Jahren auftritt. Dabei können gewässerumgebenden Bereiche überschwemmt werden. Diese Bereiche werden nach den Modellierungen der Wasserwirtschaft aber rein statistisch nur alle 100 Jahre überflutet. EHQ steht für einen extremen Abfluss, der statistisch gesehen noch seltener als alle 100 Jahre auftritt.

**Im nächsten Abschnitt geht es um Ihr Betriebskonzept und den daraus abzuleitenden Anfälligkeiten gegenüber einem potenziellen Hochwasser**

4. Wie viel verschiedene Einnahmequellen (Einnahmen aus verschiedenen Ernten, tierischen Produkten, aus Handel, aus Vermietung etc.) haben Sie?
- eine
  - zwei bis drei
  - mehr als drei
5. Welche Kulturen befinden sich derzeit überwiegend auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/ EHQ? Bitte kreuzen sie nur ein Feld an!
- Dauergrünland
  - stillgelegte/ aus Erzeugung genommene Flächen
  - Getreide
  - Hackfrüchte
  - Hülsenfrüchte
  - Ölsaaten
  - Ackerfutter
  - Dauerkulturen
  - Gemüse- und sonstige Handelsgewächse
6. Wenden Sie auf Ihren überschwemmungsgefährdeten Feldern die konservierende Bodenbearbeitung an?
- Nein
  - Ja, aber nicht immer und nicht auf allen Flächen
  - Ja, immer auf allen Flächen

**Im nächsten Abschnitt geht es um Ihre Hochwasservorsorge und Ihr Verhalten nach einem Hochwasser**

7. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossenen Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Wirtschaftsgebäuden getroffen?
- Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen an meinen Wirtschaftsgebäuden getroffen
  - Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen an meinem Wirtschaftsgebäuden getroffen
  - Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen an meinen Wirtschaftsgebäude getroffen, so dass ich sie als sicher bezeichnen würde
8. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?
- Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
9. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage?
- Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen
  - Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen
  - Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle
10. Wie lange würden Sie bei einem größt anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung, staatliche Fördergelder und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!
- ca. ein Jahr

- zwischen einem und fünf Jahren
- mehr als 5 Jahre

## Online-Fragebogen Gartenbaubetriebe

**Im nächsten Abschnitt geht es um die Lage Ihres Gartenbaubetriebes im Überschwemmungsbereich und zu möglichen Schadquellen.**

Bitte schauen Sie für die folgenden 2 Fragen auf die Überschwemmungskarten!

1. Zu welchem Anteil liegt Ihr Gartenbaubetrieb im HQ 100/ EHQ<sup>2</sup>?
  - 1 % bis 25 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsbereich
  - mehr als 25 % bis 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsbereich
  - mehr als 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsbereich
  
2. Sind in der Überschwemmungskarte auf dem Gelände Ihres Gartenbaubetriebes Flächen mit Kontaminationsgefahr ausgewiesen?
  - Nein, es sind keine Flächen mit Kontaminationsgefahr ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer Kontaminationsgefahr ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer Kontaminationsgefahr ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher Kontaminationsgefahr ausgewiesen

**Im nächsten Abschnitt geht es um Ihr Betriebskonzept und den daraus abzuleitenden Anfälligkeiten gegenüber einem potenziellen Hochwasser**

3. Wie viel verschiedene Ernten haben Sie über das Jahr verteilt?
  - ein bis zwei
  - drei bis vier
  - mehr als vier
  
4. Haben Sie zusätzliche Einnahmequellen, z. B. Einnahmen aus Handel oder Vermietung etc.?
  - Nein, ich habe keine zusätzlichen Einnahmequellen
  - Ja, ich habe eine weitere Einnahmequelle
  - Ja, ich habe mehrere weiterer Einnahmequellen

**Im nächsten Abschnitt geht es um Ihre Hochwasservorsorge und Ihr Verhalten nach einem Hochwasser**

5. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. höher gelegte Technik, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossenen Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Gewächshäusern und sonstigen Wirtschaftsgebäuden getroffen?
  - Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen
  - Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen
  - Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen, so dass ich sie als sicher bezeichnen würde
  
6. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?
  - Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren

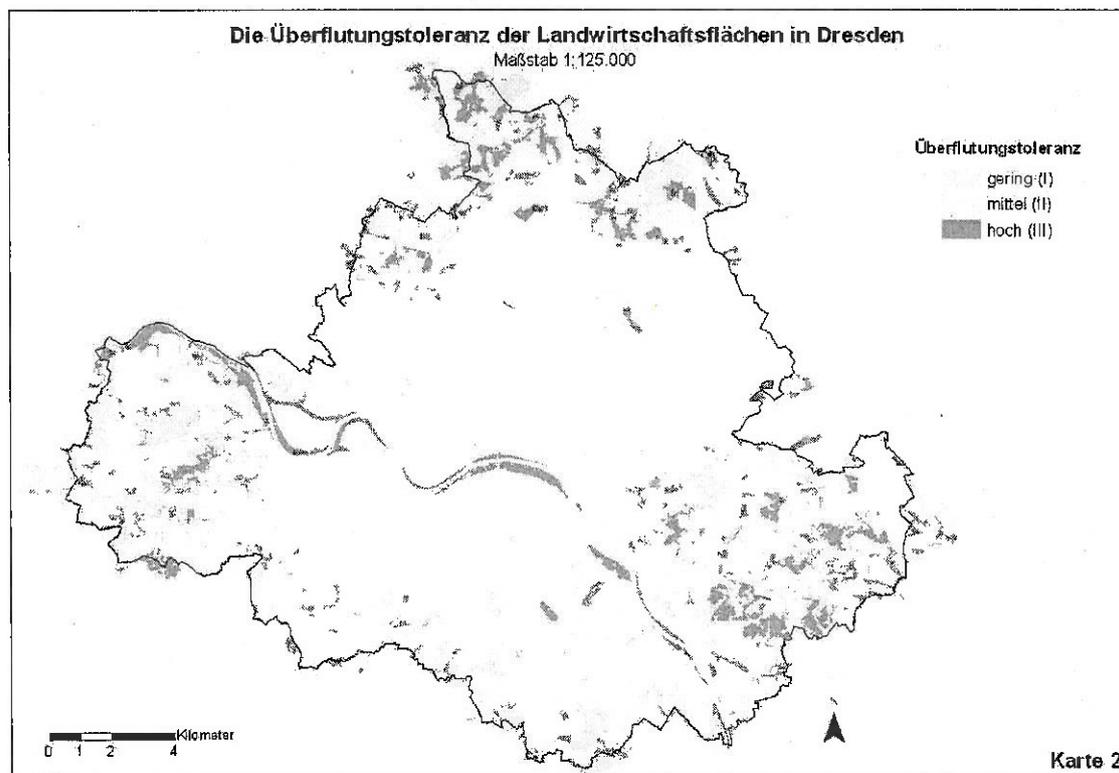
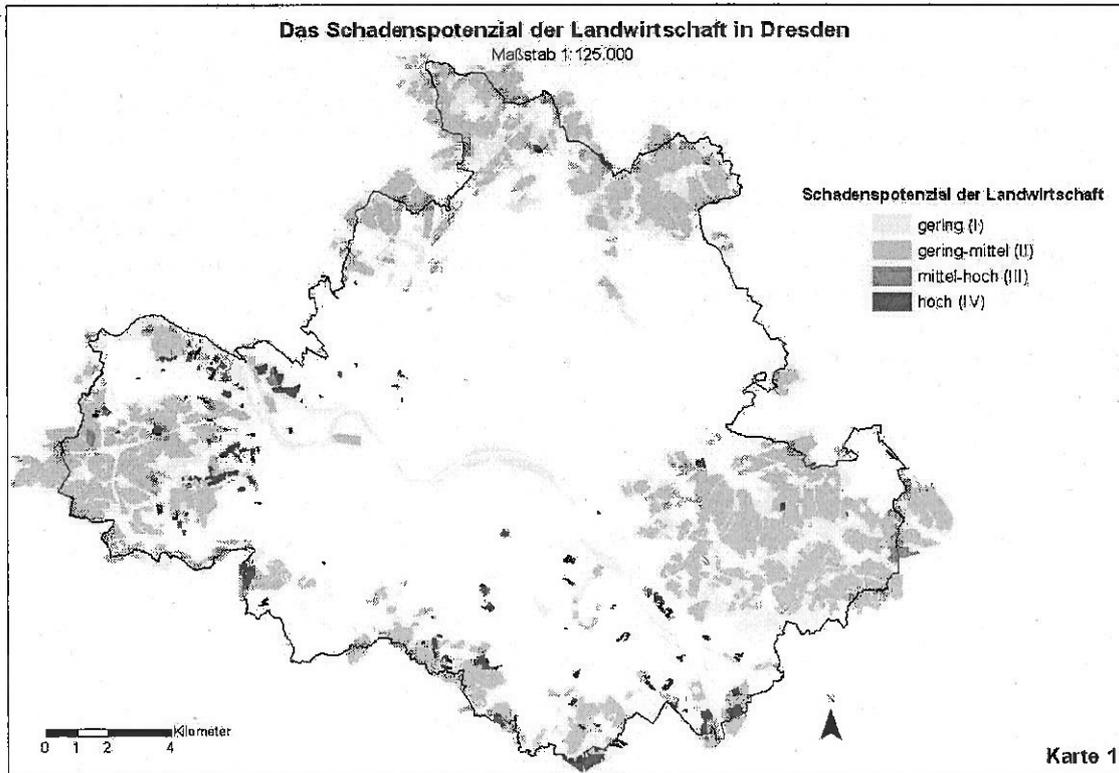
---

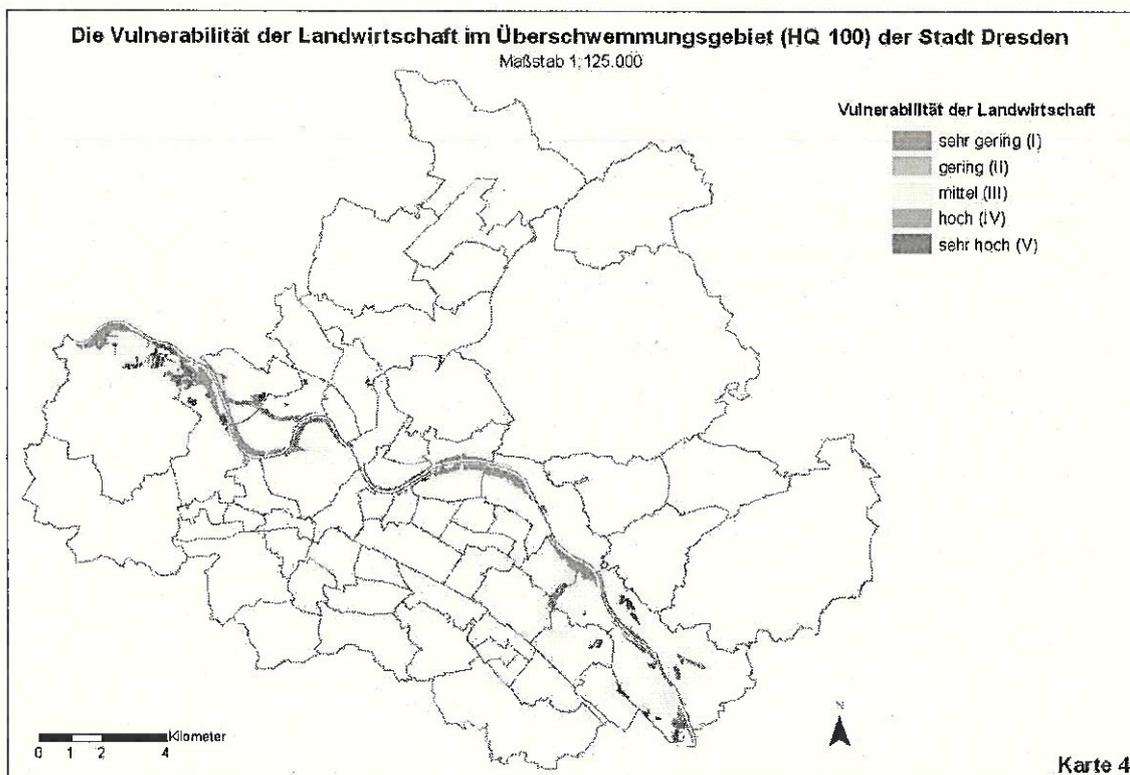
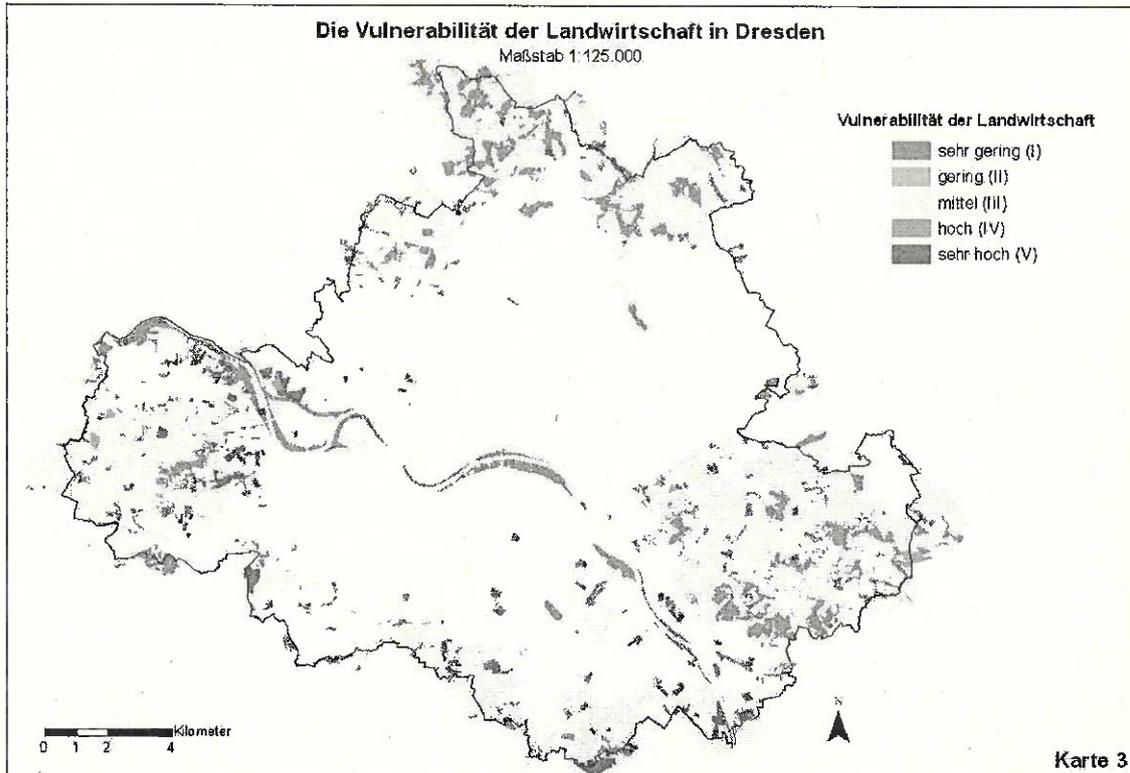
<sup>2</sup> HQ 100 steht in der Wasserwirtschaft für einen Abfluss, der statistisch gesehen ein Mal in Hundert Jahren auftritt. Dabei können gewässerumgebenden Bereiche überschwemmt werden. Diese Bereiche werden nach den Modellierungen der Wasserwirtschaft aber rein statistisch nur alle 100 Jahre überflutet. EHQ steht für einen extremen Abfluss, der statistisch gesehen noch seltener als alle 100 Jahre auftritt.

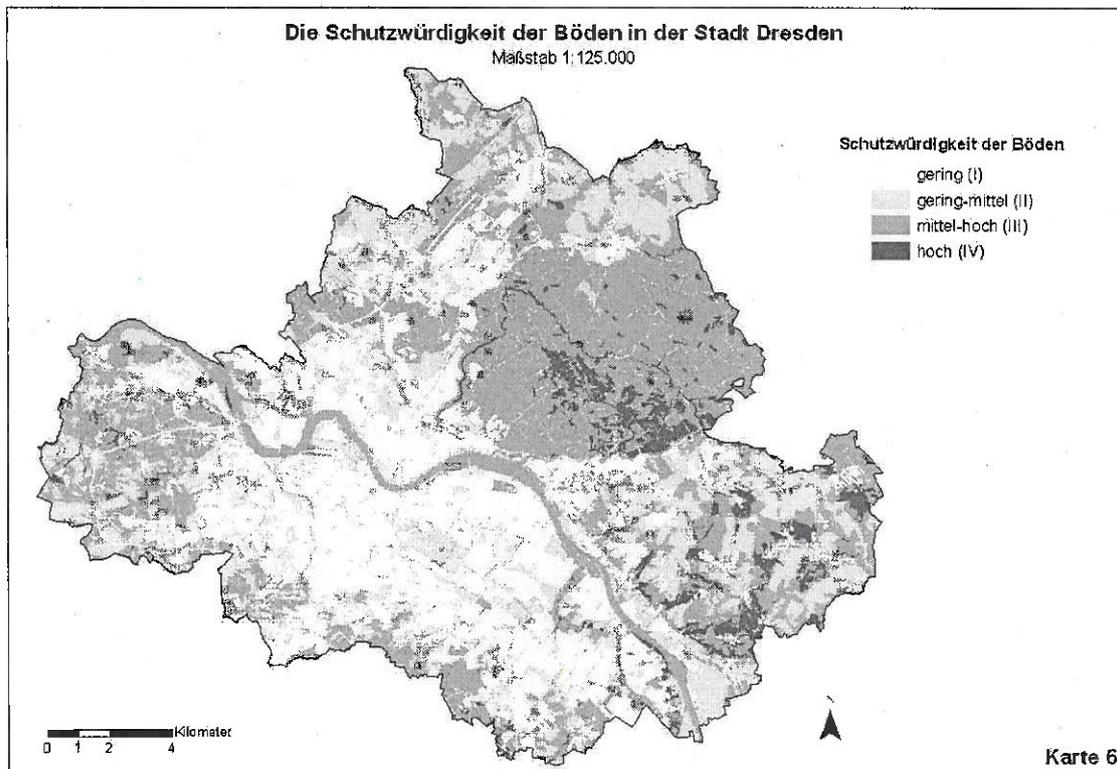
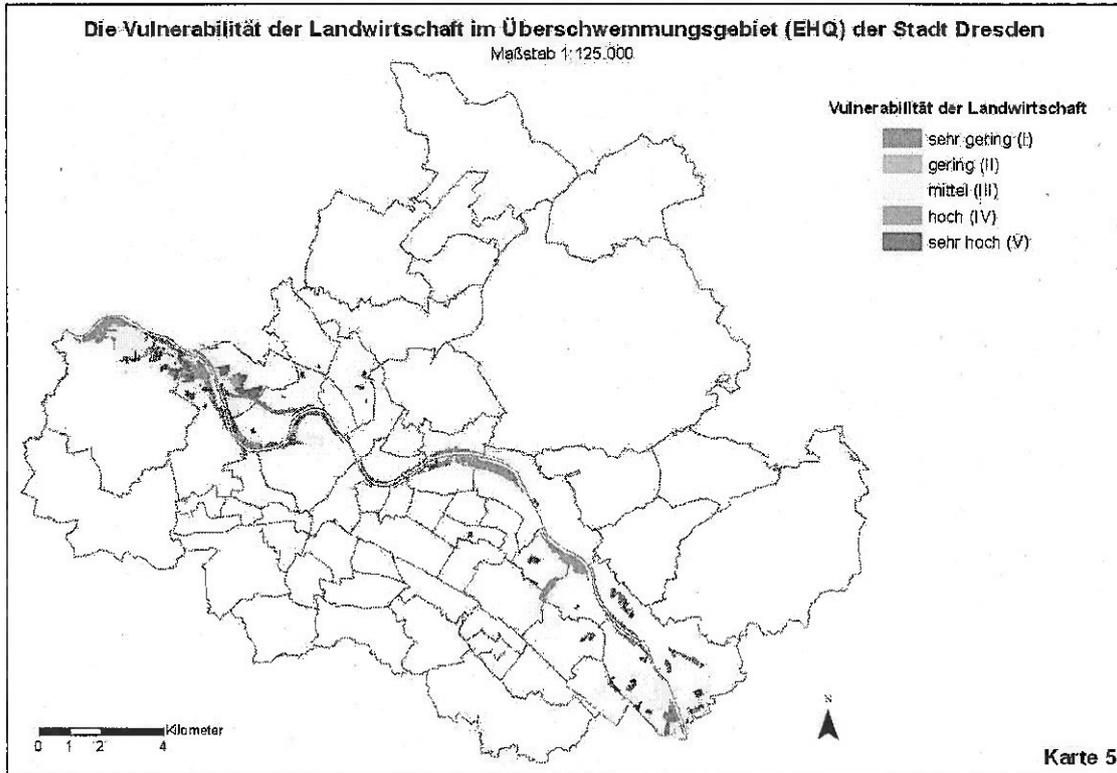
7. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage?
- Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen
  - Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen
  - Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle
8. Wie lange würden Sie bei einem größt anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung, staatliche Fördergelder und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!
- ca. ein Jahr
  - zwischen einem und fünf Jahren
  - mehr als 5 Jahre

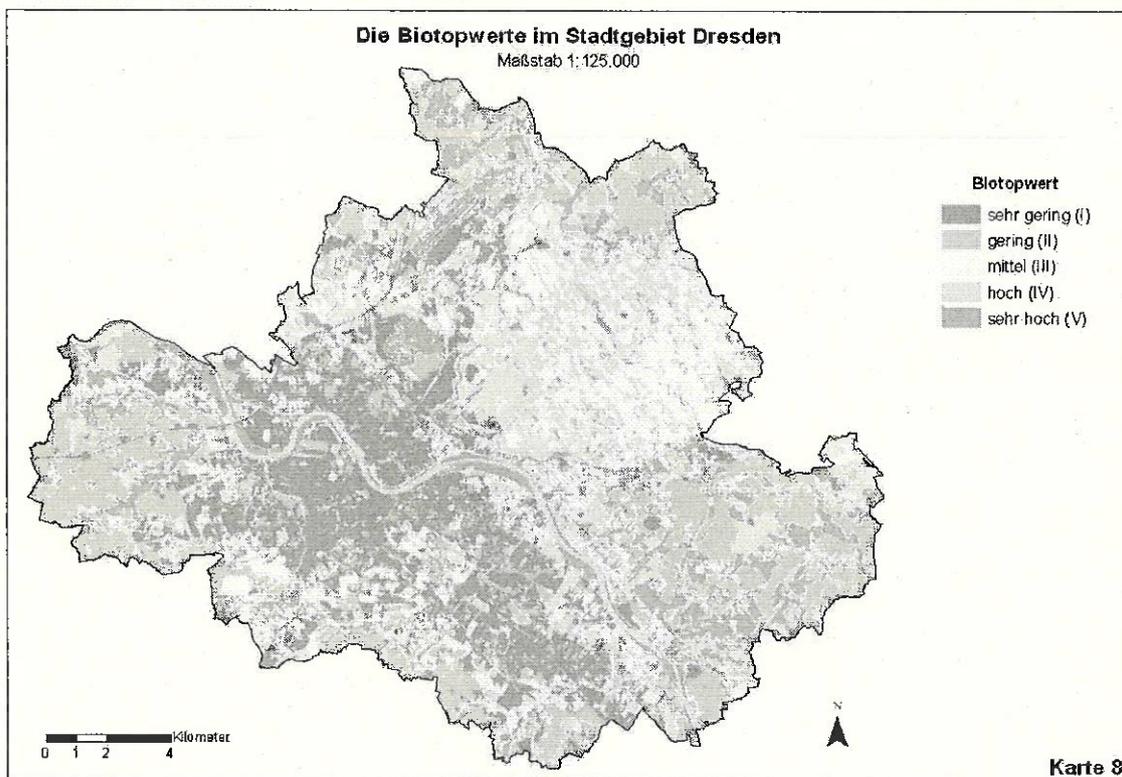
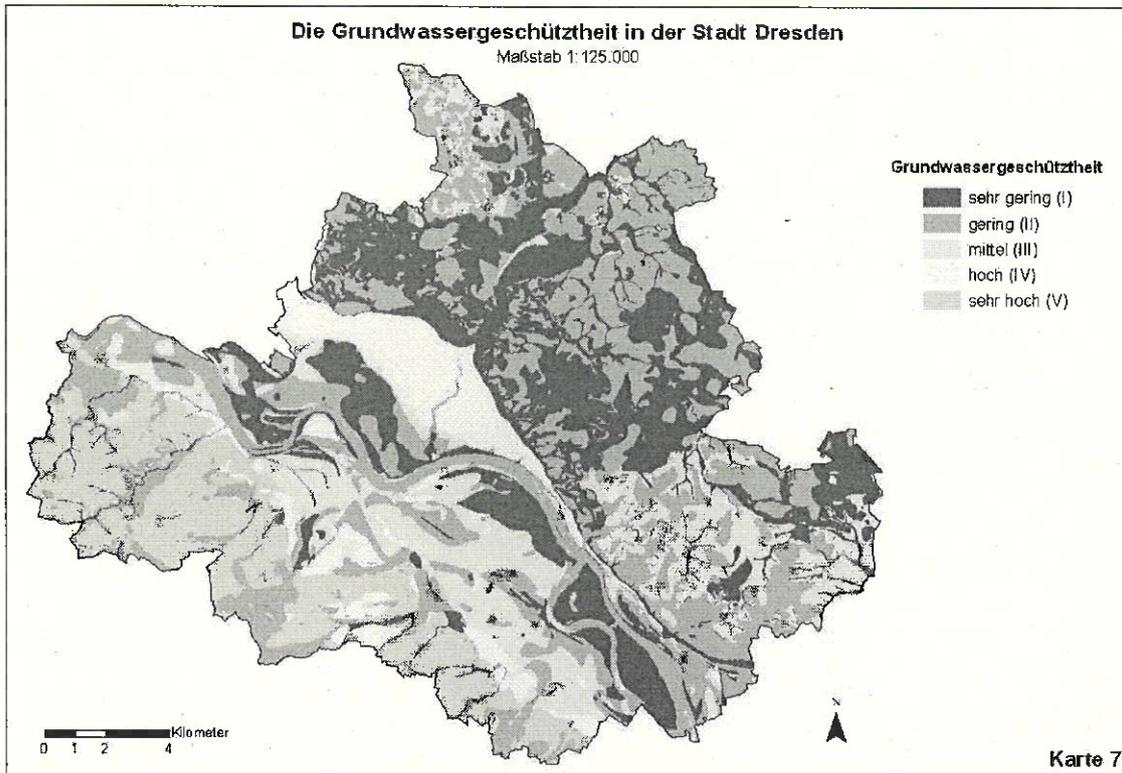
**Anhang 2: Siehe beigegefügte CD-ROM (Excel-Tabellen)**

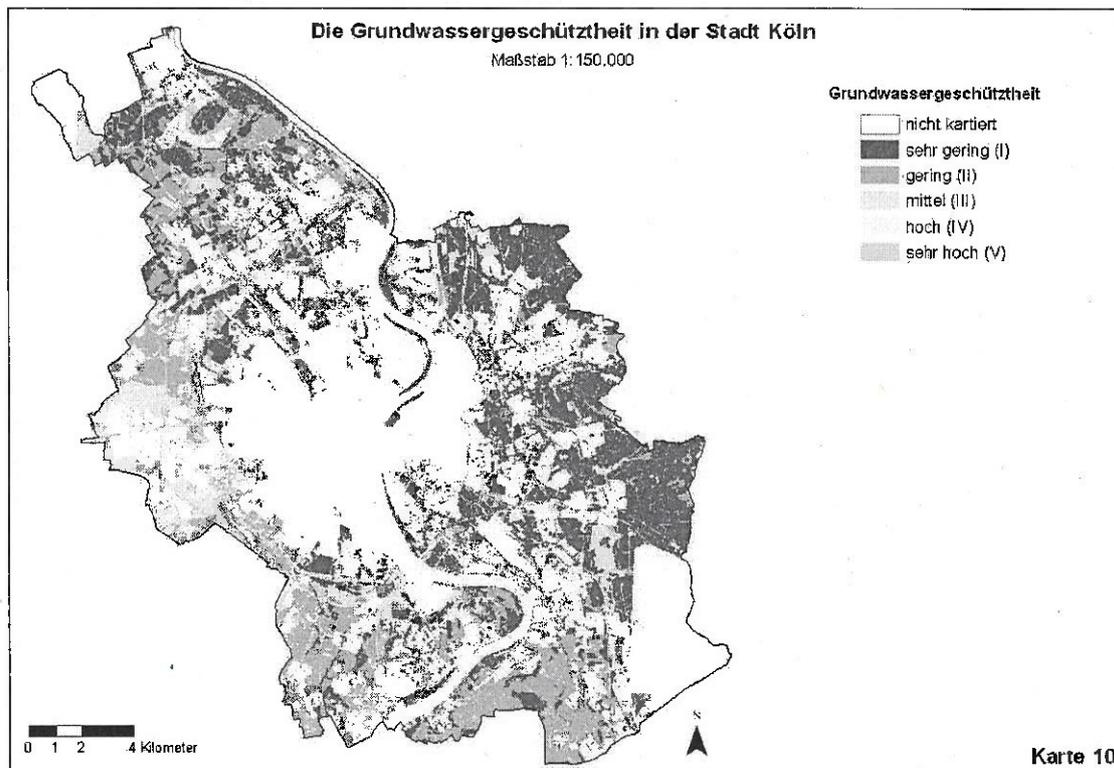
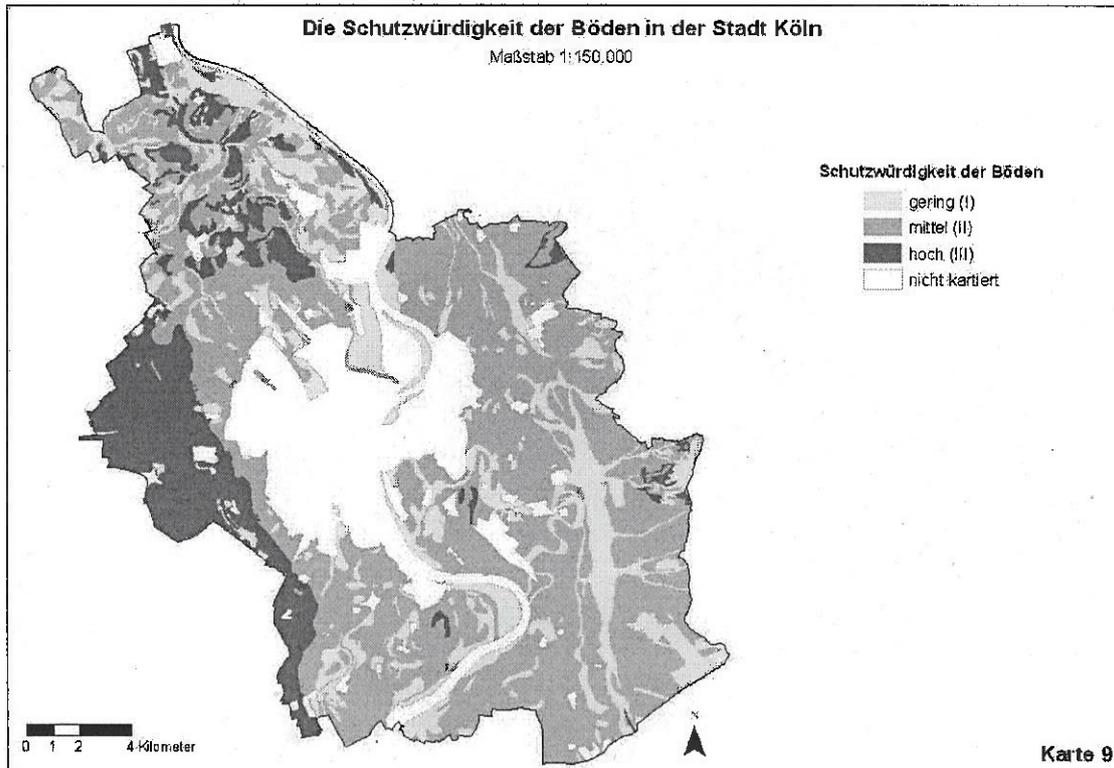
### Anhang 3: Visualisierung der Arbeitsergebnisse im Bereich Landwirtschaft und Umwelt

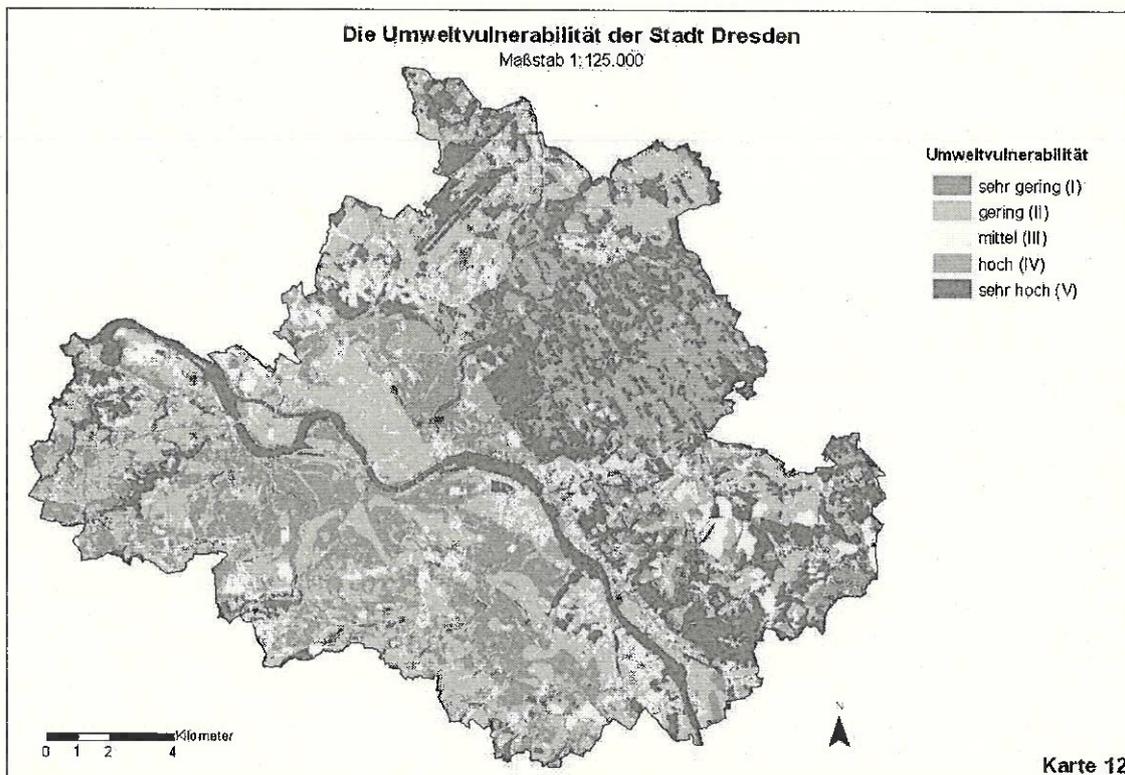
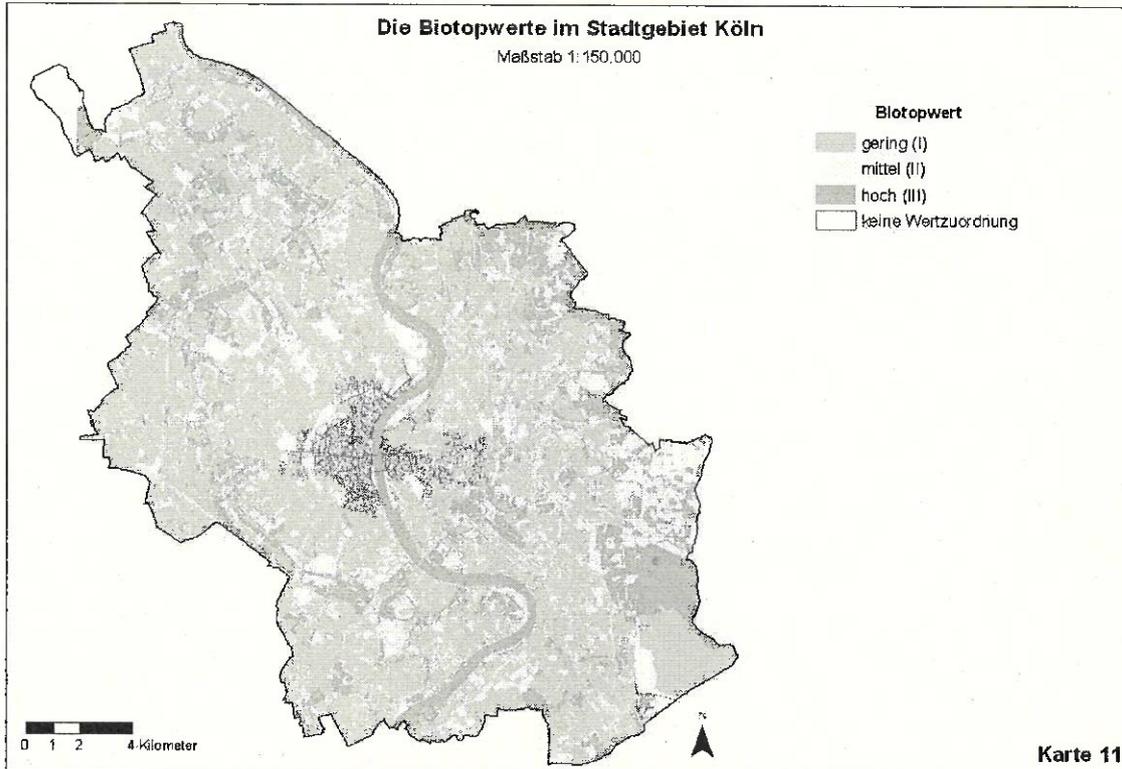


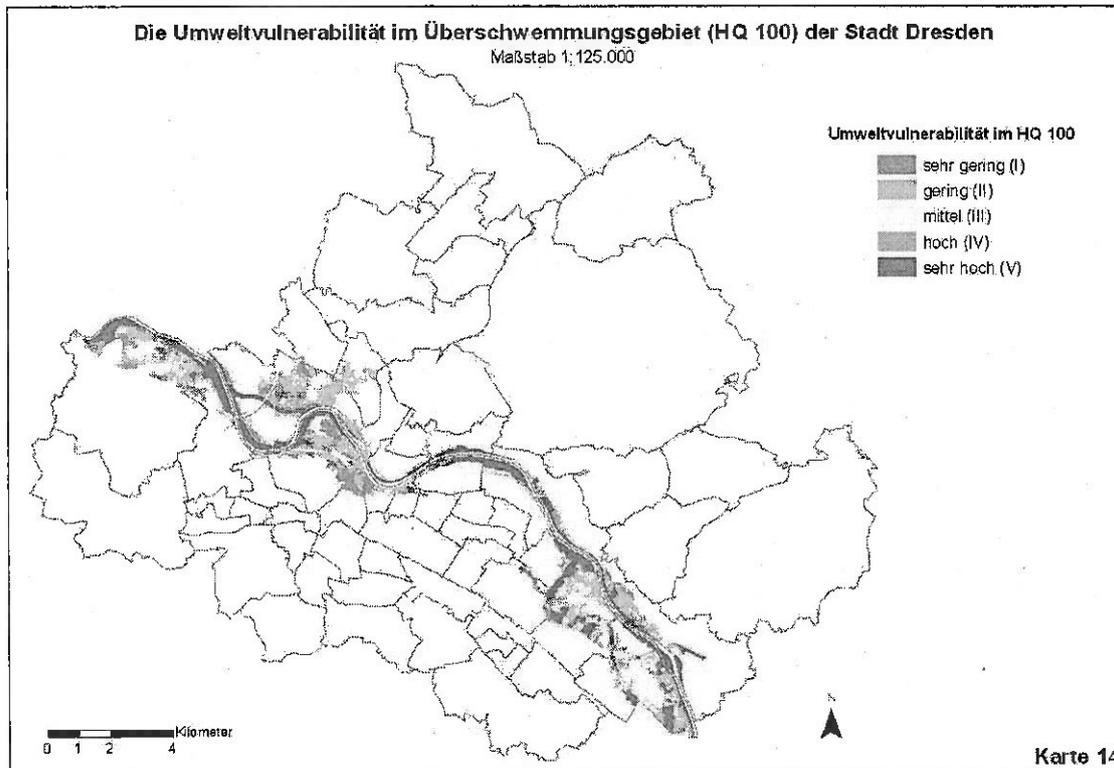
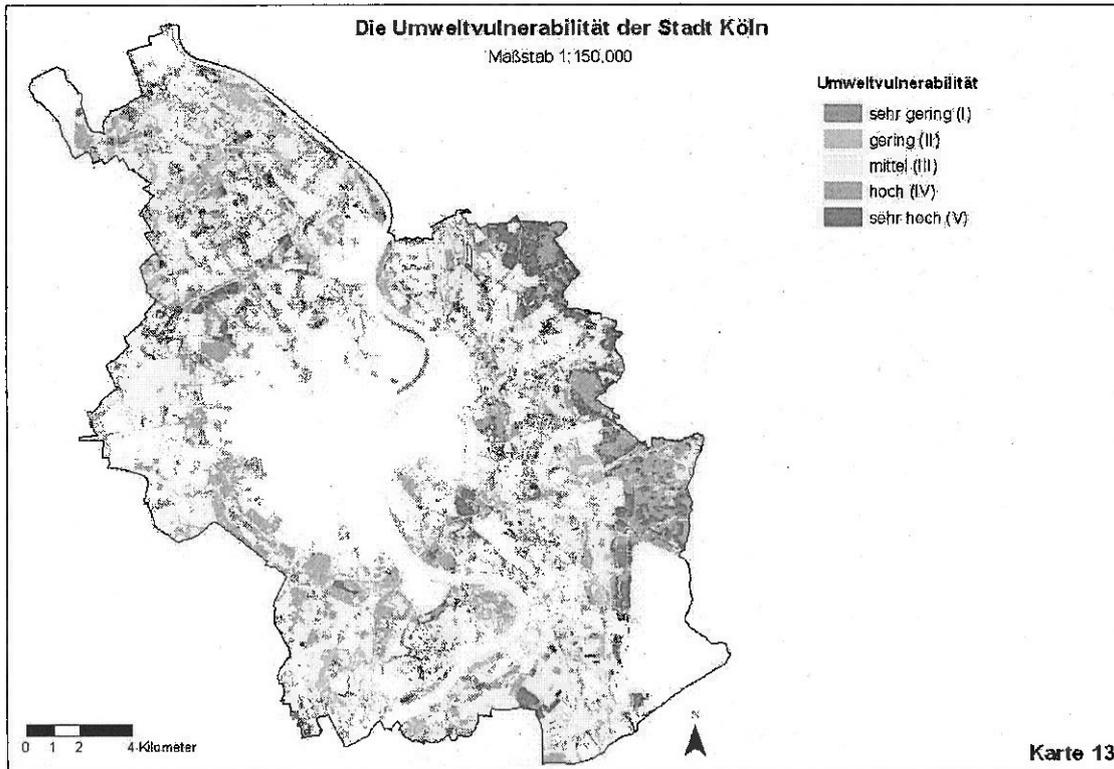


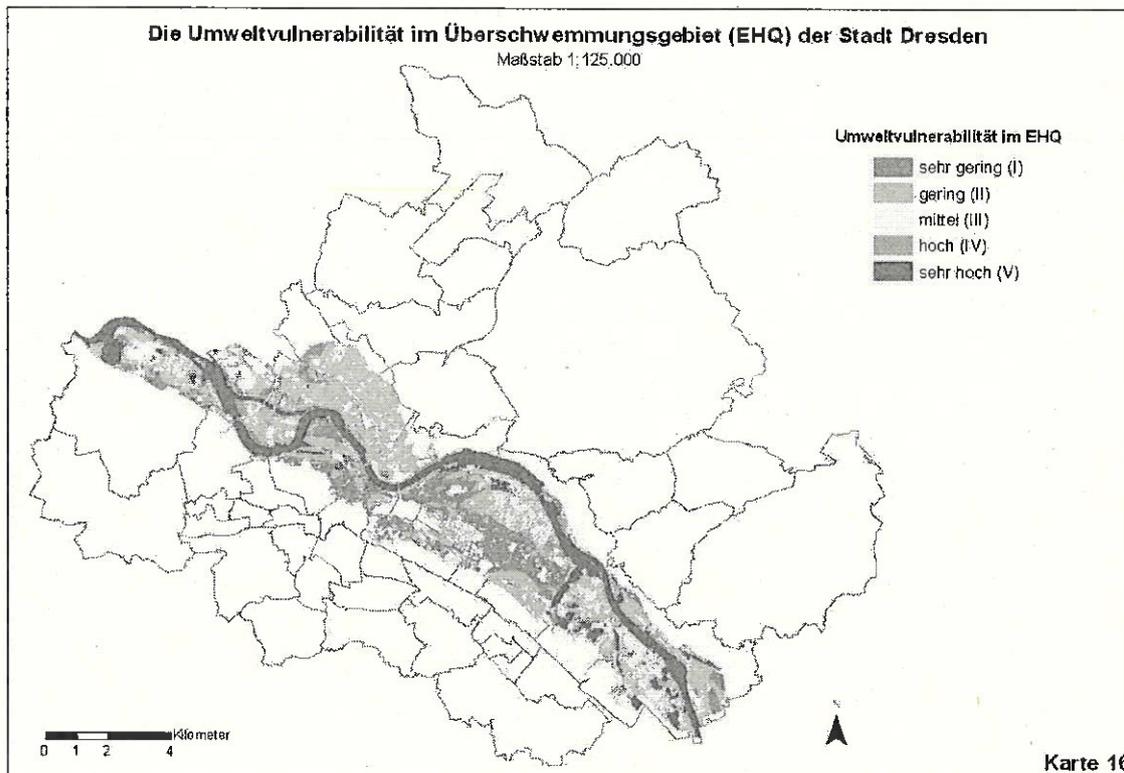
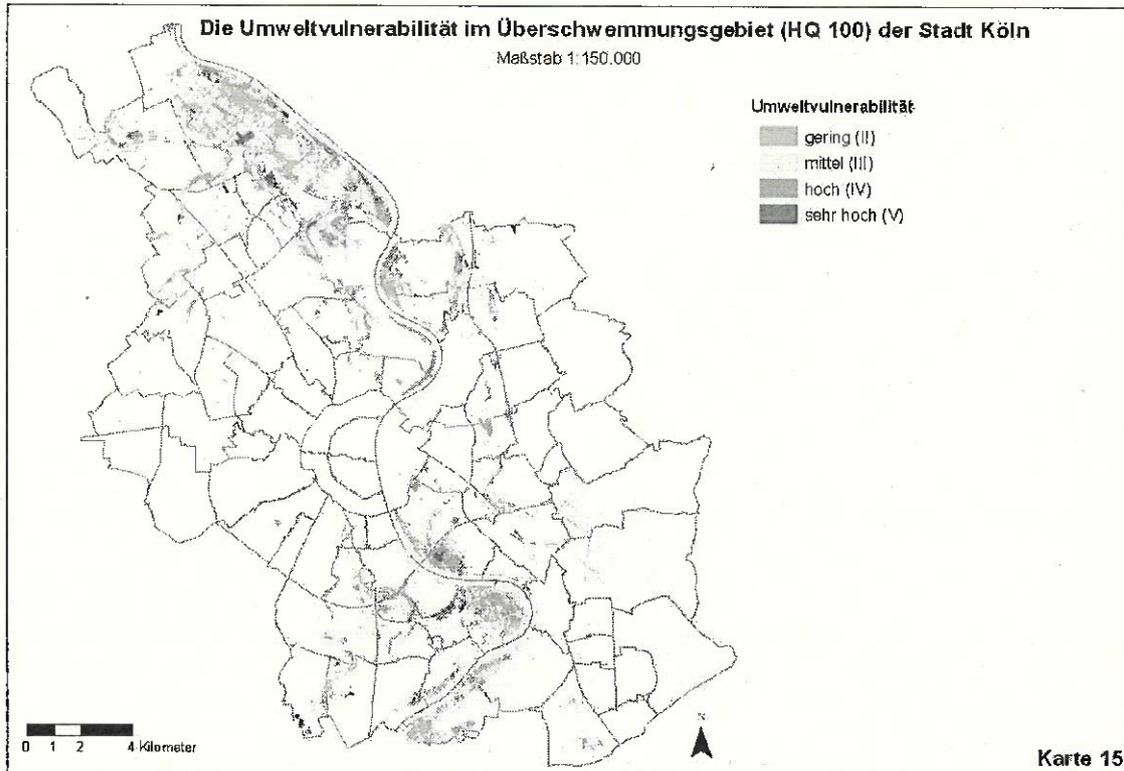


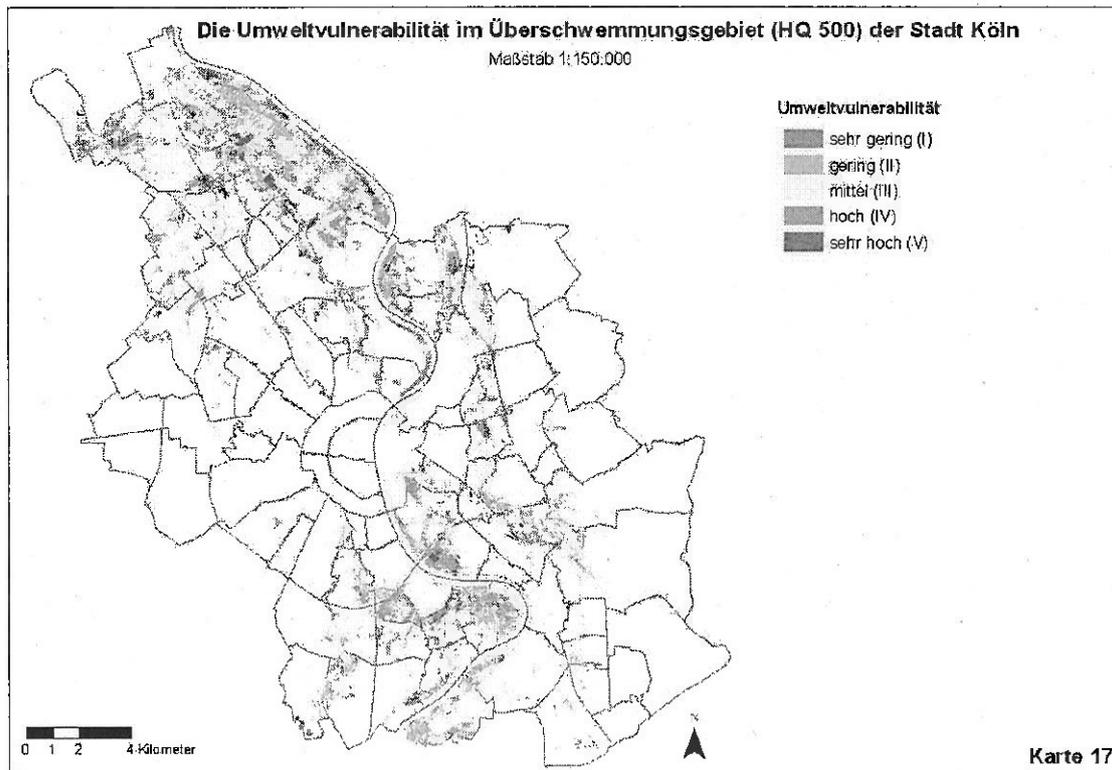












## **Anhang zu Kapitel 3: Fortschritt im Projektbereich Kritische Infrastruktur Erster (unvollständiger) Entwurf eines Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment Kritischer Infrastrukturen auf kommunaler Ebene**

### **Zielsetzung**

Der vorliegende, noch unvollendete Leitfaden verfolgt das Ziel, eine klare Anleitung zu einzelnen Schritten auf dem Weg zu einem Vulnerabilitäts-Assessment der Versorgungssicherheit Kritischer Infrastrukturen im Hochwasserfall zu geben und die Kommunikation mit den Versorgungsunternehmen zu strukturieren. Das Assessment selbst ist nur ein wichtiger vorbereitender Schritt zur Verbesserung der Situation, deshalb sollen neben Hinweisen zu Verwundbarkeiten auch Handlungsoptionen aufgezeigt werden, deren Umsetzung entscheidend zur Reduktion der kommunalen Verwundbarkeit hinsichtlich der Infrastrukturversorgung im Hochwasserfall beitragen kann.

### **Vorbemerkungen**

Das Assessment erfolgt prozessbezogen, d.h. es wird zunächst eine Einzeleinschätzung für die Sicherheit der unterschiedlichen Prozesse ermittelt, die insgesamt die Strom- und Wasserversorgung der Kommune sicherstellen. Als solche gilt es zwischen folgenden Prozessen und Komponenten zu unterscheiden:

#### **Stromversorgung:**

<i>Komponente</i>	<i>Prozess</i>
Kraftwerk	Stromproduktion
Umspannwerk (1)	Umspannen auf Hochspannung
Umspannwerk (2)	Umspannen auf Mittelspannung
Netzleitstelle	Überwachung/Steuerung des Netzes
Netzstation	Umspannen auf Niederspannung
Kabelverteilerkasten	Verteilung des Stroms an die einzelnen Abnehmer

#### **Wasserversorgung:**

<i>Komponente</i>	<i>Prozess</i>
Brunnen/Talsperre	Gewinnung von Rohwasser
Wasserwerk	Aufbereitung von Trinkwasser
Pumpwerk (1)	Einspeisung von Trinkwasser
Übernahmestelle	Einspeisung von Trinkwasser
Pumpwerk (2)	Regulierung des Netzdrucks
Speicher/Hochbehälter	Zwischenspeicherung
Netzleitstelle	Überwachung des Netzes

### **Durchführung des Assessments**

Zur Vorbereitung des Assessments muss Kontakt zu den Versorgungsunternehmen hergestellt werden. Einige Assessment-Schritte lassen sich nur mit Hilfe von Informationen der Betreiber durchführen. Als Rahmen für das Assessment ist ein Termin bzw. eine Reihe von Terminen mit den Versorgungsunternehmen wünschenswert. Sollte dies nicht realisierbar sein, so können die benötigten Informationen jedoch auch vom Betreiber eingeholt und das Assessment ohne die Anwesenheit der Betreiber durchgeführt werden.

Sollten Sie beim Assessment mit Datenlücken umgehen müssen, so finden Sie am Ende der Ausführungen zu jedem einzelnen Schritt Vorschläge zum Umgang mit diesen.

### **1. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios**

Die Festlegung eines Szenarios muss allen anderen Schritten notwendigerweise vorausgehen. Um den Assessment-Aufwand nicht weiter zu erhöhen arbeitet diese Methode zunächst nur mit der Überflutungsfläche als Parameter. Weitere Einflussfaktoren, wie etwa die Überflutungshöhe oder die Fließgeschwindigkeit, wurden zunächst bewusst ausgeklammert, da nicht davon auszugehen ist, dass diese Informationen flächendeckend vorliegen und das Assessment für möglichst viele Kommunen anwendbar sein soll.

In Flusstälern bietet es sich an, das HQ100 Szenario auszuwählen. Sollte dieses Szenario nicht vorliegen, so kann auch ein bestimmter Pegelstand oder ein anderes HQ Szenario ausgewählt werden. Entscheidend ist allerdings, dass das Szenario kartographisch umgesetzt ist und dass sich alle im Folgenden ausgeführten Schritte konsequent auf das gleiche Szenario beziehen. Anderenfalls büßt das Assessment an Aussagekraft ein. Sollten mehrere Szenarien vorliegen, so kann es durchaus sinnvoll sein, dass Assessment für unterschiedliche Hochwasserstände durchzuführen. Selbst wenn die Umsetzung von präventiven Maßnahmen bei einem bestimmten Pegelstand an Grenzen stoßen sollte (maximales Schutzniveau), so kann es dennoch eine Hilfe für die vorbereitende Planung sein, zu wissen, ob beim Eintritt des Ereignisses mit der flächendeckenden Infrastrukturversorgung zu rechnen oder ob ein Ausfall zu erwarten ist.

Die Umsetzung dieser szenarienbezogenen Information in ein GIS (Geographisches Informationssystem), wie es für die meisten Kommunen vorliegen dürfte, ist sicherlich die eleganteste Lösung, da die Daten auf diesem Weg auch für weitere Anwendungen zur Verfügung stehen und viele Informationen, die sie ggf. vom Betreiber erhalten, ebenfalls in digitaler Form vorliegen werden. Sollte die Erstellung eines GIS einen nicht vertretbaren Arbeitsaufwand bedeuten, so kann natürlich auch auf analoges Kartenmaterial zurückgegriffen werden.

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Dieser erste Schritt ist für die Durchführung des Assessments besonders wichtig. Ohne die Festlegung eines Szenarios können sich alle weiteren Schritte nicht auf einheitliche Annahmen beziehen. Ein einfaches Szenario, welches nicht die Wiederkehrwahrscheinlichkeit, sondern den Pegelstand als Berechnungsgrundlage hat, lässt sich mit Hilfe eines Höhenmodells entwickeln. Eine weitere Möglichkeit liegt in der Nutzung von Karten oder Luftbildern, die ein vergangenes Hochwasserereignis abbilden. Szenarien, die mit Wiederkehrwahrscheinlichkeiten oder Pegelständen arbeiten, ist jedoch, der größeren Genauigkeit und Aktualität wegen, der Vorzug zu geben.

## **2. Schritt: Überprüfung der Datenlage**

Dieser Schritt bestimmt, welche Informationen von Ihrem Betreiber eingeholt werden müssen. Sollten viele Informationen bereits vorliegen, beispielsweise in einem GIS, so reduziert sich der Bedarf an Informationen, die beim Betreiber eingeholt werden müssen. Es gilt zu bedenken, dass die Informationen ggf. in unterschiedlichen Abteilungen der Verwaltung vorhanden sein können. Sollte es Zweifel an der Vollständigkeit oder Aktualität der vorhandenen Daten geben, so ist es in jedem Fall ratsam, das Verwundbarkeits-Assessment zum Anlass zu nehmen, den Versorger um eine Überprüfung der Angaben zu bitten.

*Die benötigten Daten ergeben sich aus den für die einzelnen Assessment-Schritte vorgesehenen Fragen. Diese sind im Folgenden farblich hervorgehoben, sodass sie leicht zur vorherigen Überprüfung der Datenlage genutzt werden können.*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Die nicht vorliegenden Informationen sollten beim Versorger eingeholt werden.

### 3. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Prozesse

Da das Verwundbarkeits-Assessment auf der Ebene unterschiedlicher Teilprozesse im Gesamtsystem der kommunalen Versorgung abläuft, gilt es im ersten Schritt zu identifizieren, welche Prozesse im konkreten Fall Ihrer Kommune eine Rolle spielen. Nicht in jeder Kommune wird beispielsweise Wasser aufbereitet oder Elektrizität produziert. In vielen Kommunen beziehen die Versorger Strom und Wasser von einem weiteren Anbieter außerhalb der kommunalen Grenzen. Der Schritt kann demnach entscheidend dazu beitragen, den Assessment-Aufwand zu reduzieren. Bitte klären Sie daher zunächst mit ihrem Versorgungsunternehmen ab, welche Komponenten sich innerhalb der Kommune befinden und welche Aufgaben diese übernehmen.

Zu beachten ist im Fall der Stromversorgung:

- *Umspannwerke* können entweder auf Hochspannung, auf Mittelspannung oder auf Niederspannung umspannen. Es gilt diese genau zu unterscheiden.
- *Kraftwerke* können sich zwar auf dem Gebiet der Kommune befinden, jedoch nicht in das kommunale Netz einspeisen. Oft wird direkt in das Hochspannungsnetz eines regionalen oder überregionalen Versorgers eingespeist. In diesem Fall spielt das Kraftwerk keine direkte Rolle für die Versorgung der Kommune. Gleiches kann für Umspannwerke gelten, die auf der Hoch- bzw. der Höchstspannungsebene arbeiten. Auch hier muss geklärt werden, inwiefern diese direkt zur Versorgung der Kommune beitragen.

Zu bedenken ist auch, dass für nicht mehr genutzte oder anders genutzte Komponenten in vielen Fällen die ursprüngliche Bezeichnung weiterverwendet wird. Häufig werden ausrangierte Wasserwerke oder Elektrizitätswerke umgenutzt, oder nur teilweise weiterbetrieben. Klarheit können hier die Versorger schaffen.

**Frage: Welche Infrastrukturkomponenten befinden sich innerhalb der Kommune und welchen Prozess setzen diese genau um?**

**Arbeitsschritt: Bitte erstellen Sie eine Liste aller in Ihrer Kommune zu betrachtenden Komponenten. Alle nicht vorkommenden Komponenten müssen nicht weiter beachtet werden – sie spielen im weiteren Assessment keine Rolle mehr.**

#### BEISPIEL 1

Für die fiktive Kommune ‚Neustadt‘ ergibt sich folgende Liste (Abbildung).

Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
0	1) Umspannwerk ‚Auenweg‘ (I)	1) Umspannwerk ‚Auenweg‘ (II) 2) Umspannwerk ‚Waldrand‘	0	Insgesamt 100

Aufgrund der mit der Größe der Gemeinde immer höher werdenden Zahl an Netzstationen wurden diese nicht alle einzeln in der Liste aufgeführt. Bei kleineren Kommunen kann dies jedoch sinnvoll sein. Je nach dem, ob die Datenlage es zulässt, können auch die Kabelverteilerschränke in die Liste mitaufgenommen werden.

In Neustadt müssen Netzleitstelle und Kraftwerke nicht weiter betrachtet werden.

**BEISPIEL 2**

In der fiktiven Gemeinde ‚Talbach‘ ergibt sich das folgende Bild (Abbildung)

Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
1) Kraftwerk ,Mühlenberg‘	1) Umspannwerk ,Am Weiher‘	1) Umspannwerk ,Hauptstraße‘ 2) Umspannwerk ,Ortsausgang‘ 3) Umspannwerk ,Waldweg‘ 4) Umspannwerk ,Stadion‘	1) Zentrale	Insgesamt 500

In Talbach müssen alle aufgeführten Komponenten/Prozesse weiterhin betrachtet werden

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Die Frage nach den innerhalb der Kommune zu findenden Komponenten ist für die Durchführung des Assessments zentral. Sollten die Versorger Bedenken über die Herausgabe dieser Informationen haben, so kann es hilfreich sein, eine Absprache hinsichtlich der vertraulichen Verwendung der Daten zu treffen. Anderenfalls kann die angeforderte Datenmenge reduziert werden. Dies geschieht, indem den Versorgern das angenommene Szenario vorgelegt wird mit der Bitte, nur über die Komponenten im überfluteten Bereich Auskunft zu geben. Sollte der Versorger diese Variante wählen, so entfällt im weiteren Assessment der 4. Schritt.

#### 4. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades

**Arbeitsschritt:** Von der in Schritt 3 erstellten Liste aller Komponenten ausgehend, gilt es im Folgenden, die Komponenten, welche vom Hochwasser betroffen sind, ausfindig zu machen. Sie müssen daher die genaue Lage der Komponenten kennen.

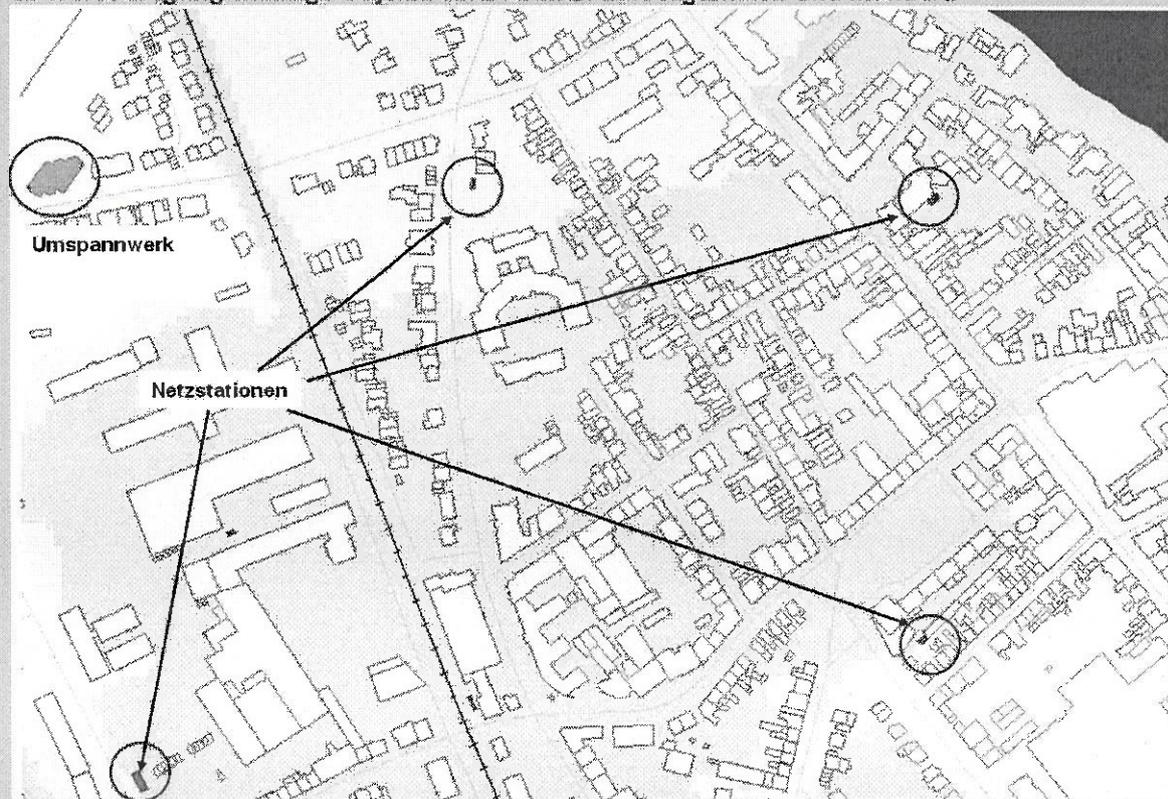
*Frage: Wo befinden sich die einzelnen Komponenten?*

**Arbeitsschritt:** Anschließend muss abgefragt werden, welche der Komponenten sich im Fall des von Ihnen festgelegten Hochwasserszenarios im überfluteten Gebiet befinden. Sollten Sie über ein GIS verfügen, so können über die ‚Clip‘-Funktion schnell alle betroffenen Komponenten aus dem Ursprungslayer ausgeschnitten werden. Sollten Sie eine analoge Karte verwenden, so müssen die einzelnen Komponenten auf ihre Betroffenheit hin überprüft werden.

*Frage: Welche der Komponenten befinden sich im überfluteten Bereich?*

#### BEISPIEL

Für einen kleinen Bereich der Stadt Köln werden über das GIS folgende zur Beantwortung dieser Frage relevanten Informationen bereit gestellt (Abbildung). Die in den angenommenen Szenarien überfluteten Bereiche sind in der Karte blau hinterlegt. Neben den Gebäudegrundrissen enthält die Karte auch Informationen zu deren Nutzung. Für die Stromversorgung wichtige Objekte sind farblich hervorgehoben und markiert.



**Anmerkung:**

Es gilt zu bedenken, dass die Angabe der Zahl der exponierten Komponenten für sich betrachtet nur einen begrenzten Aussagewert hinsichtlich der Verwundbarkeit der Versorgungssicherheit hat. Die Komponenten können für sehr unterschiedliche Kapazitäten ausgelegt sein und unterschiedlich hohe Auslastungen aufweisen. Der Aussagewert der Komponentenanzahl liegt in erster Linie darin, zu bewerten, ob der Prozess als vollständig, teilweise oder nicht exponiert zu betrachten ist. Einen höheren Aussagewert hat die Betrachtung der exponierten Gesamtleistung (Anteil der einzelnen Komponenten an der Gesamtheit des betrachteten Prozesses). Sollten genaue Daten zu deren Bestimmung vorliegen, so kann ein detaillierteres Assessment durchgeführt werden. Implizit wird jedoch mit den nächsten Schritten auch im Verlauf dieses Assessments die Leistung zur Grundlage der Bewertung gemacht.

**Arbeitsschritt: Listen Sie bitte alle potentiell betroffenen Komponenten auf, bzw. streichen Sie alle nicht betroffenen aus Ihrer Liste.**

**BEISPIEL 1:**

Im Fall von Neustadt ergibt sich nach diesem Schritt folgendes Bild.

Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
0	1) Umspannwerk 'Auenweg' (I)	1) Umspannwerk 'Auenweg' (II) 2) <del>Umspannwerk 'Waldrand'</del>	0	<del>Insgesamt 100.</del> Insgesamt 25

Sollte sich nach diesem Assessment-Schritt zeigen, dass ein Prozess bzw. die dazugehörige Komponente in Ihrer Kommune nicht exponiert ist, so wird dieser automatisch in Klasse I (= nicht oder sehr gering verwundbar) eingeteilt. Das Assessment ist für diesen Prozess/diese Komponenten beendet.

**BEISPIEL 2:**

In der Stadt Talbach ergibt sich folgende Situation.

Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
<del>1) Kraftwerk 'Mühlenberg'</del>	1) Umspannwerk 'Am Weiher'	1) Umspannwerk 'Hauptstraße' 2) Umspannwerk 'Ortsausgang' 3) Umspannwerk 'Waldweg' 4) <del>Umspannwerk 'Stadion'</del>	<del>1) Zentrale</del>	<del>Insgesamt 500</del> Insgesamt 60

Aus dieser Liste geht hervor, dass das Kraftwerk und die Netzleitstelle in den weiteren Assessment-Schritten nicht mehr berücksichtigt werden müssen.

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Sollten keine Angaben über die genaue Lage der Komponenten vorliegen, so könnte auch an dieser Stelle eine gezielte Nachfrage beim Versorger Abhilfe schaffen. Richten Sie unter Angabe oder Vorlage des festgelegten Szenarios, die Frage danach, welche der Komponenten im überfluteten Bereich liegen, an den Versorger. Machen Sie in jedem Fall deutlich, dass es an dieser Stelle nicht um einen zu erwartenden Ausfall gehen soll, sondern schlicht um die Lage. (Gleiches Vorgehen bei Datenlücken im 3. Schritt)

## 5. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit der exponierten Komponenten

Nachdem im 4. Schritt alle potentiell vom Hochwasser betroffenen Komponenten ermittelt wurden, muss nun geklärt werden, ob die Funktionsfähigkeit der Komponenten im Hochwasserfall gegeben wäre.

*Frage: Welche der Komponenten sind im Hochwasserfall nicht mehr in Funktion?*

**Arbeitsschritt:** Es bietet sich an, diesen Analyseschritt in enger Zusammenarbeit mit den Versorgungsunternehmen durchzuführen. Streichen Sie alle Komponenten von Ihrer Liste, mit deren Ausfall im Hochwasserfall nicht zu rechnen ist.

### Anmerkung:

Die Beantwortung dieser Frage ist nicht so simpel, wie es auf den ersten Blick scheint. Sie bedarf einer differenzierten Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, anderen Infrastrukturen, bestimmten Umweltbedingungen und Personal oder der bereits umgesetzten Schutzmaßnahmen. Wodurch der Funktionsausfall herbeigeführt wurde, ist zur Beantwortung der Frage jedoch zweitrangig. Auch ob zusätzlich Schäden auftreten, ist zur Beantwortung dieser Frage keine relevante Information – Schäden spielen zwar bei der Wiederherstellung der Versorgung nach einem Hochwasser eine Rolle, bei der Frage nach der Versorgungssicherheit im Ereignisfall jedoch nicht.

### BEISPIEL 1

Leider kann Neustadt keine Komponente aus der Liste streichen – Komponenten aller Teilprozesse sind von einem Funktionsausfall bedroht.

Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
0	1) Umspannwerk 'Auenweg' (I)	1) Umspannwerk 'Auenweg' (II) 2) <del>Umspannwerk 'Waldrand'</del>	0	<del>Insgesamt 100</del> Insgesamt 25

## BEISPIEL 2

In Talbach sind zwei der potentiell exponierten Umspannwerke durch Objektschutzmaßnahmen geschützt worden. Sie werden unter den Bedingungen des angenommenen Szenarios nicht ausfallen und können daher aus der Liste gestrichen werden.

Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
<del>1) Kraftwerk ,Mühlenberg'</del>	<del>1) Umspannwerk ,Am Weiher'</del>	1) Umspannwerk ,Hauptstraße'	<del>1) Zentrale</del>	<del>Insgesamt 500</del>
		2) Umspannwerk ,Ortsausgang'		Insgesamt 60
		<del>3) Umspannwerk ,Waldweg'</del>		
		<del>4) Umspannwerk ,Stadion'</del>		

Sollte es sich ergeben, dass in diesem Arbeitsschritt einer oder mehrere Prozesse/Komponenten aus der Liste gestrichen werden können, so wird dieser Prozess automatisch in Klasse II (= gering verwundbar) eingeteilt.

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Es ist legitim, anzunehmen, dass alle Komponenten, die der Stromversorgung dienen, im Hochwasserfall nicht in Funktion sind. Diese Annahme lässt sich damit begründen, dass einerseits, um die Gefahr von Kurzschlüssen zu minimieren, und andererseits, um die Sicherheit von Bevölkerung und Einsatzkräften nicht zu gefährden, alle unter Spannung stehenden Anlagen abgeschaltet werden müssen. Es gibt zwar Möglichkeiten, dieses zu umgehen (Höherlegung der Komponenten), doch zur Vereinfachung des Assessments kann vom vollständigen Ausfall der Komponenten ausgegangen werden. Ebenso kann vereinfachend angenommen werden, dass alle Komponenten, die abhängig von der Stromversorgung sind, ebenfalls ausfallen werden. Es ist zwar möglich, dass Einrichtungen über eine Notstromversorgung verfügen, doch funktioniert diese im Hochwasserfall wohlmöglich nicht. Es müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein, damit eine Notstromversorgung als hochwassersicher bewertet werden kann (vgl. Modul Notstromversorgung). Selbst wenn die Notstromversorgung funktioniert, ist nicht geklärt, über welchen Zeitraum hinweg die Versorgung bestehen bleibt – Dimensionierung und Treibstoffbevoratung der Anlagen können sehr unterschiedlich sein. Sollten keine Informationen des Betreibers vorliegen, so ist grundsätzlich mit einem Ausfall zu rechnen. Wenn die Komponente im tatsächlichen Hochwasserfall überraschenderweise funktionieren sollte, so ist dies vermutlich leichter zu bewältigen, als ihr unerwarteter Ausfall.

## **Anhang zu Kapitel 5: Erster Entwurf eines Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment**

### **Einführung: Grundlagen zu Fernerkundung**

Für die Abschätzung von Vulnerabilität mittels Fernerkundung werden leicht verfügbare Fernerkundungsdatensätze wie z.B. optische Satellitendaten herangezogen. Mittels dieser Daten können große Gebiete rasch kartiert und sehr gut z.B. in unterschiedliche Landbedeckungsklassen wie Vegetation, Verkehrsflächen, Wasser und Häuser differenziert werden.

Aufgrund der präzisen geographischen Verortung dieser Objekte kann hiermit vor allem die notwendige Frage nach dem „Was ist wo“ beantwortet werden und Beziehungen und Nachbarschaften oder auch die Exposition von Objekten exakt und ggf. dreidimensional dargestellt werden.

Dieser Methode sind aber naturgemäß auch Grenzen gesetzt, da ausschließlich Informationen auf der Erdoberfläche, welche vom Sensor aus sichtbar sind, ausgewertet werden können. Somit ergeben sich Schwierigkeiten bei der automatisierten Identifizierung von z.B. kritischen Infrastrukturen, da die Nutzung von Gebäuden nicht immer direkt ableitbar ist.

Fernerkundung ermöglicht einen essentiellen Beitrag zur Abschätzung von Vulnerabilität zu leisten: zum Einen die direkte Ableitung von Vulnerabilitätsindikatoren wie z.B. die Gebäudehöhe (vertikale Evakuierung), Lage und Exposition von Objekten, Topographie und zum Anderen indirekte Aussagen über Vulnerabilität wie z.B. Population auf

Basis für jegliche Art der thematischen Analyse von Fernerkundungsdaten ist die Klassifikation der Bildinhalte. Verschiedene Auswertemethoden von digitalen Fernerkundungsdaten können auf die jeweilige Fragestellung bezogen, die erforderlichen Ergebnisse ableiten. Während traditionelle Auswertemethoden vor allem eines hohen zeitlichen Aufwands durch manuelle Bearbeitung/Interpretation der Bildinformation bedurften, sind mittlerweile automatisierte Auswerteverfahren mittels digitaler Bildverarbeitung stark in den Vordergrund getreten.

Anhand der abgeleiteten Informationen und deren weiterer Verarbeitung lassen sich Aussagen zur Vulnerabilität treffen. So ist z. B. die Gebäudedichte ein Maß zur räumlichen Strukturierung des urbanen Raumes und lässt auch indirekt

Abschätzungen bezüglich des Schadenspotenzials zu. Anhand von Gebäudehöhen kann die relative Höhe des Hochwassers abgeschätzt (ökonomischer Schaden) und vertikale Evakuierungsmöglichkeiten (für Personen und Hausrat) eruiert werden. Gleichzeitig kann über die Anzahl der Geschosse eine Abschätzung der Bevölkerungszahl durchgeführt werden.

Basis hierfür ist aber die Verarbeitung bzw. Auswertung der digitalen Fernerkundungsdaten in definierten Klassen, z.B. in Landbedeckungsklassen. Diese räumlichen Informationen können z.B. mit potentiellen Überschwemmungsgebieten (z.B. HQ 100) zu einer Verortung und Quantifizierung von gefährdeten Bereichen und Objekten führen.

Diese und weitere Vulnerabilitätsindikatoren, die aus Fernerkundungsdaten ableitbar sind, beziehungsweise anhand von Profilen über räumliche Einheiten übertragbar sind, sind in Abbildung 1 dargestellt und werden nachfolgend bei den jeweiligen Themenkomplexen (Soziales, KRITIS usw.) erläutert.

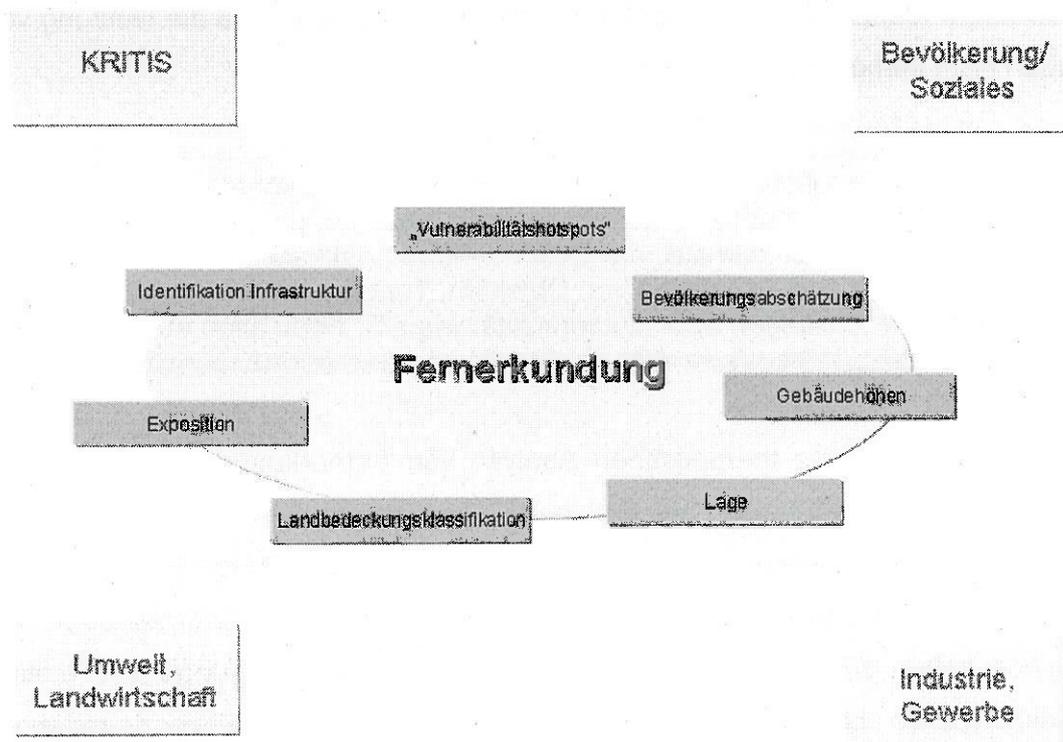


Abbildung 1: Beitrag der Fernerkundung

## Datengrundlagen

Erdbeobachtungsdaten stammen heutzutage aus verschiedenen Aufnahmequellen und weisen dementsprechende unterschiedliche Charakteristika auf, welche wiederum eigener Auswerteverfahren bedürfen.

Aufnahmeplattformen:

- Flugzeuge
- Satelliten

Aufnahmesysteme:

- Passive Sensoren (optisch)
- Aktive Sensoren (RADAR, LiDAR)

Fernerkundungssensoren ermöglichen die Aufnahme in Wellenlängenbereichen die dem menschlichen Augen in der Natur vorenthalten bleibt. Dadurch können optische Sensoren mit ihrer Sensibilität im nahen Infrarot Unterschiede in der Vegetation oder in der Bodenbedeckung (z.B.: Versiegelung) besser abbilden (Vgl.: Abbildung 2: oben: Falschfarbendarstellung mit nahem Infrarot, unten: Laserscaninformation vom selben Ausschnitt).



Abbildung 2: Unterschiedlicher Informationsgehalt von optischen und Laserscandaten

## Satellitenbilddaten

Optische Satellitenbilddaten bieten für viele Anwendungsbereiche den Vorteil der intuitiven Interpretation.

Höchstauflösende Sensoren der letzten Generation bieten speziell für Anwendungen im urbanen Raum eine Datengrundlage von besonders hohem Interesse, da durch die hohe Detailschärfe einzelne Häuser als eigene Objekte identifizieren werden können.

Je nach Sensor, weisen die aufgezeichneten Daten unterschiedliche Charakteristika auf:

- Geometrische Auflösung
- Spektrale Auflösung
- Radiometrische Auflösung
- Temporale Auflösung
- Aufnahmezeitpunkt (Jahreszeit, Tageszeit)
- Größe des Erdausschnittes

### **IKONOS**

Ist der erste kommerzielle Satellit, der seit September 1999 aus einer Höhe von 681 km Daten mit einer räumlichen Auflösung von 1 m im panchromatischen und 4 m im multispektralen Bereich liefert. Eine IKONOS-Szene deckt ein Gebiet von bis zu 11km x 11 km ab, und ist besonders für Anwendungen im urbanen Raum mit seinen kleinstrukturierten, heterogenen Bereichen, geeignet. Weitere hochauflösende, optische Sensoren sind: *Quickbird, WorldView, GeoEye und SPOT*.

Mit der Weiterentwicklung der Sensoren mussten auch die Auswertemethoden den neuen Bedingungen angepasst werden. Traditionelle, pixelbasierte Klassifikationsverfahren wurden durch neue, innovative, objektbasierte Verfahren weitgehend ersetzt.

### **Objektbasierte Klassifikationsmethoden**

Aufgrund der Verbesserung der Technologie von Erdbeobachtungssensoren und der damit einhergehenden Entwicklung von geometrisch hochauflösenden Sensoren der letzten Generation, wurde auch das Anwendungsgebiet von Fernerkundung im urbanen Raum erweitert.

Geometrische Bodenaufösungen von bis unter einem Meter (IKONOS: 1 m, Quickbird: 0,61 m) ermöglichen die detaillierte Darstellung des hoch strukturierten urbanen Raumes, bedürfen aber auch den Bedingungen angepasste Verfahren zur automatisierten Extraktion von Informationen, wie z.B. objektbasierter Klassifikationsmethoden. Flächenhafte Informationen aus Fernerkundungsdaten abgeleitet, weisen eine besonders gute Eignung zur Darstellung und Analyse von räumlichen Fragestellungen auf der Erdoberfläche auf.

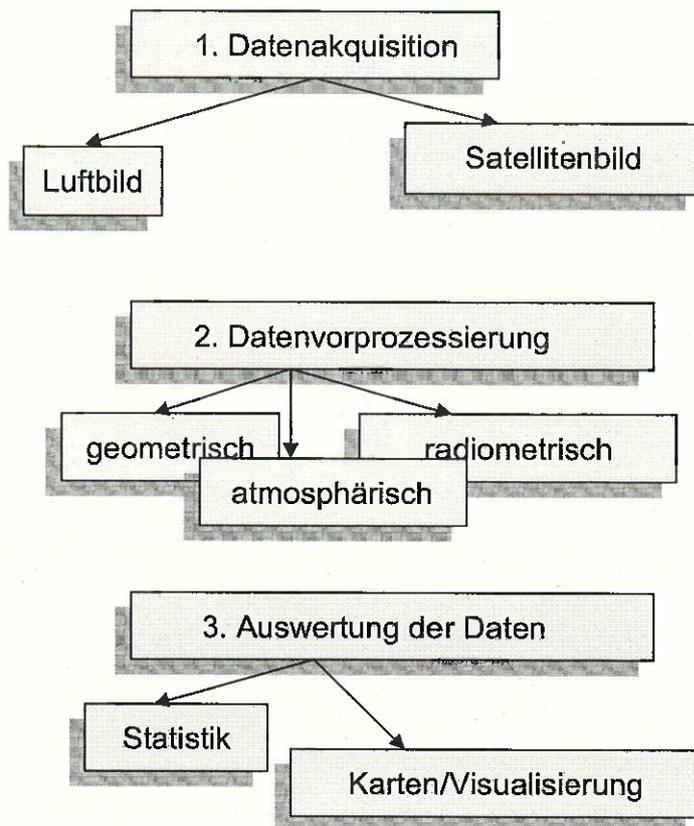


Abbildung 3 : Verarbeitung von Fernerkundungsdaten

	Dresden	Köln
<b>Optische Satellitenbilddaten</b>		
Sensor	IKONOS	IKONOS
Anzahl der Szenen	3	5
Aufnahmedatum/-en	06.08.2007	22.05.2007, 08.07.2007
Radiometrische Auflösung	11 bit	11 bit
Geometrische Auflösung	Pan: 1m MS: 4m	Pan: 1m MS: 4m
Spektrale Auflösung	Pan: 450-900nm Blau: 455-516nm Grün: 506-595nm Rot: 632-698nm NIR: 757-853nm	Pan: 450-900nm Blau: 455-516nm Grün: 506-595nm Rot: 632-698nm NIR: 757-853nm
<b>Digitales Laserscanning Oberflächenmodell</b>		
Aufnahmedatum	2001/2002	~2007
Geometrische Auflösung	1m	1m

Tabelle 1 : Aufnahmeeigenschaften der verwendeten Fernerkundungsdatensätze.



Abbildung 4: Laserscan-Oberflächenmodell (Dresden)

### Airborne Laserscanning

Mittels flugzeuggetragener Laserscanning-Systeme lässt sich die Oberfläche des Geländes abtasten und somit für digitale Anwendungen verfügbar machen.

(Abbildung 5) Funktionsprinzip des Laserscanning ist die Laufzeitmessung des

Impulses, welcher durch den am Flugzeug befestigten Sensor ausgesendet und wieder empfangen wird.

Je nach Dichte der Impulse pro Flächeneinheit (z.B.:  $1/m^2$ ), lässt sich die abgetastete Oberfläche in diversen Genauigkeitsstufen beschreiben und somit für unterschiedliche Anwendungsbereiche anpassen.

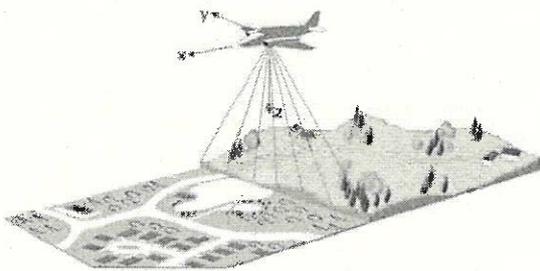


Abbildung 5: Funktionsprinzip Laserscanning<sup>1</sup>

Anwendungsbereiche Laserscanning z.B.:

- Forstkartierungen
- Stadtmodelle
- Archäologie
- Hochwassersimulationen

Die erzeugten Bildinformationen zeigen die absolute Höhe der abgetasteten Objekte und geben somit ein naturgetreues Abbild der Form der Erdoberfläche. Mittels digitaler Bildverarbeitung können objektbezogene Parameter wie:

- Absolute/relative Objekthöhe
- Hangneigung
- Exposition
- Oberflächenrauigkeit

abgeleitet werden. In Abbildung 4 ist exemplarisch ein Ausschnitt für Dresden dargestellt (links: absolute Höhe, rechts: beleuchtete Darstellung).

Laserscan-Befliegungen dieser Art sind im Vergleich zu kommerziell verfügbaren Satellitenbilddaten aufwändiger in der Akquisition und Verarbeitung und stellen somit einen größeren finanziellen Aufwand dar. Dadurch ist meistens nicht dieselbe Datenaktualität verfügbar.

<sup>1</sup> Vgl. Gisdevelopment, [www.gisdevelopment.net](http://www.gisdevelopment.net)

### Digitales Basis-Landschaftsmodell

Neben reinen Rasterinformationen können für fernerkundliche Analysen auch bereits abgeleitete und erstellte digitale Informationen für die thematische Auswertung herangezogen werden. Einen solchen Datensatz stellt das vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie herausgegebene Digitale Basis-Landschaftsmodell (DLM) dar.

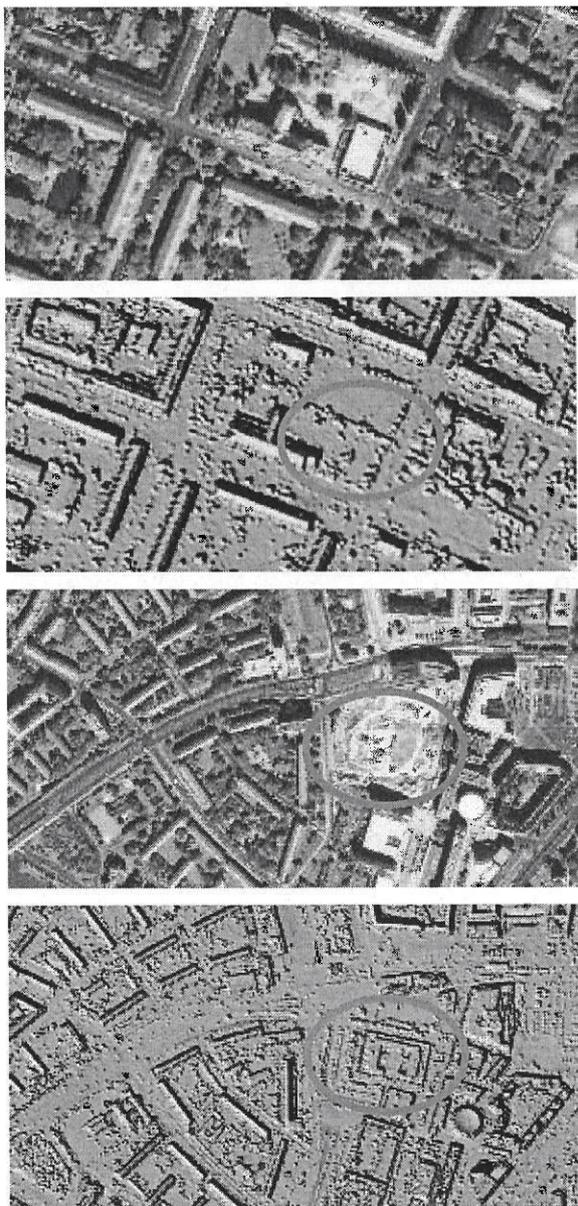


Abbildung 6: Neubau und Rückbau in Dresden

Das DLM beschreibt die Objekte der Landschaft im Vektorformat mit einer Aktualisierungsrate von 5 Jahren. Somit eignen sich die Daten für Anwendungen mit

hochaktuellem Bezug (z.B.: Naturgefahren) nur bedingt, können aber die Auswertung aktueller Satellitenbildinformation erleichtern. Zusätzlich können die Daten zu Zwecken der Validierung der automatisierten Auswerteprozesse herangezogen werden.

### Anwendungsbeispiele

Multispektrale Satellitenbilddaten eignen sich aufgrund ihres hohen Informationsgehalts – bedingt durch die Anzahl der Bänder – besonders für die thematische Auswertung. Es existieren sowohl visuelle als auch automatisierte Auswerteverfahren, wobei letztere aufgrund von geringeren Prozessierungszeiten meist bevorzugt werden. Anhand von spektralen Charakteristika lassen sich homogene Einheiten im Datensatz identifizieren, einer thematischen Klasse zuordnen und somit für weitere Analysen aufbereiten. Besonders interessant ist die Lage von Objekten im Raum und ihre räumliche Beziehung zueinander. Speziell für Aufgabenstellungen in Krisenfällen stellt sich die Frage nach dem *Was ist wo?* Somit lassen sich z.B.: *Gebäude, Verkehrswege, Freiflächen und landwirtschaftliche Nutzflächen* hinsichtlich ihrer Lage zu einer Gefährdungsquelle analysieren.

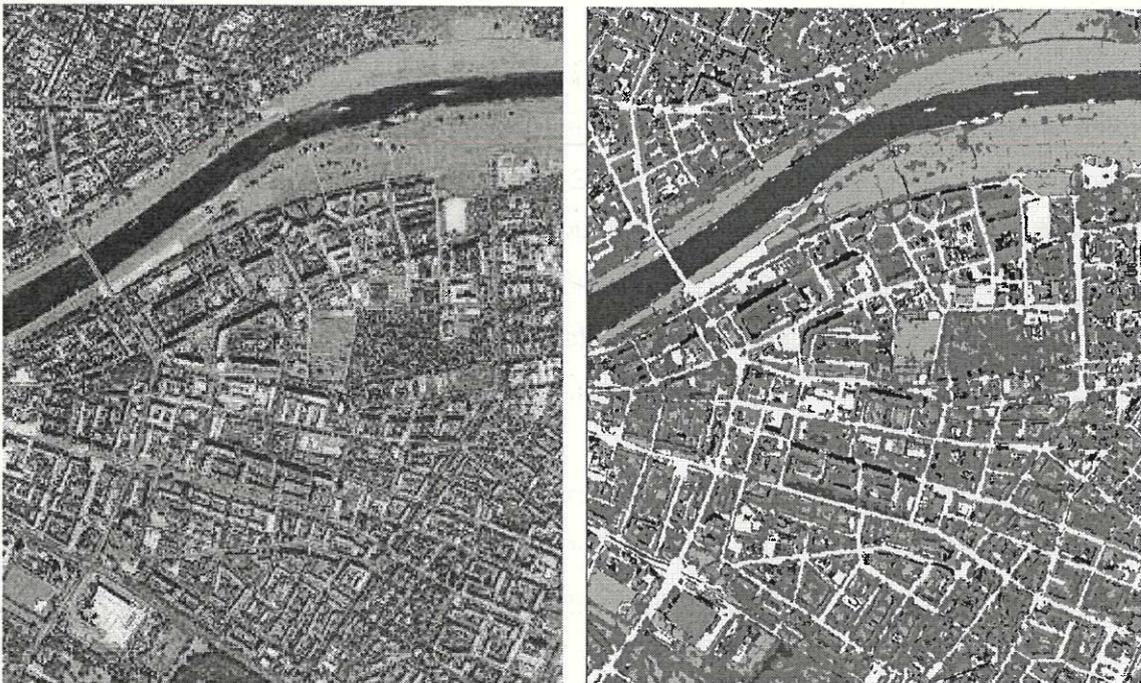


Abbildung 7: IKONOS-Ausschnitt und Landbedeckungsklassifikation Dresden

## **Umwelt / Landwirtschaft**

Eine Landbedeckungsklassifikation ist beispielhaft in Abbildung 7 aufgeführt, wobei hier in 6 verschiedene Klassen unterschieden wurde:

- Gewässer
- Wald
- Grünflächen
- Gebäude
- Verkehrsflächen
- Offener Boden

Anhand dieser Klassifikation kann man relativ rasch das Gebiet charakterisieren und erkennen, ob es sich z.B. um ein landwirtschaftlich genutztes Gebiet (Grünfläche, Forst, Freifläche) oder um ein Wohngebiet handelt und wie es um die Erreichbarkeit desselben bestellt ist.

Für ökologische Belange ist es interessant, welche Naturräume sich im Bereich vom potentiellen Überschwemmungsgebiet befinden und welche Eigenschaft sie haben.

## **Bevölkerung / Soziales**

Von besonders hohem Interesse im Krisenfall ist die Frage nach der Anzahl der potentiell betroffenen Bevölkerung. Da statistische Daten meist nur für administrative Raumeinheiten verfügbar sind (Stadtteile, Stadtbezirke, Stadtviertel), ist keine genaue Aussage über die räumliche Verteilung der Bevölkerung innerhalb der administrativen Gebiete möglich (Vgl. Abbildung 10a).

Durch Freiflächen und größere unbesiedelte Gebiete kommt es zu einer verzerrten Darstellung der natürlichen Gegebenheiten.

Wenn jedoch die Einwohnerzahl und die Anzahl der Gebäude für ein bestimmtes Gebiet vorliegen, ist es möglich, mittels räumlicher Disaggregation eine Abschätzung der Bevölkerung auf Haus-/Blockebene durchzuführen und somit eine genauere Aussage über die Verteilung der Bevölkerung zu treffen (Vgl. Abbildung 10c/d). Höchstaufgelöste Fernerkundungsdaten bieten die Möglichkeit, kleinräumige Strukturen im urbanen Raum zu identifizieren und mit sozioökonomischen Daten zu verknüpfen. Im Speziellen geeignet für die Ableitung von Gebäudemodellen sind

Oberflächenmodelle, welche zusätzlich zur Lage des Objektes auch die entsprechende Höhe aufweisen (Vgl. Abbildung 10b).

Abschätzung der Bevölkerung pro Gebäude

$$P_H = \frac{Wp_H}{Wp_g} \cdot P_g$$

$$Wp_H = (A_H \cdot Gz_H) \cdot (1 - L)$$

$$Wp_g = \sum_{H=1}^1 Wp_H$$

$P_H$ ..... Population / Haus

$P_g$ ..... Population gesamt

$Wp_H$ ..... potentieller Wohnraum / Haus

$Wp_g$ ..... potentieller Wohnraum gesamt

$L$ ..... Wohnungsleerstand

$A_H$ ..... Fläche / Haus

$Gz_H$ ..... Geschosszahl Haus

Diese Daten erfordern auch entsprechende Auswerteverfahren, bei welchen Bildelemente nicht mehr isoliert voneinander betrachtet werden, sondern im Kontext zur jeweiligen Umgebung. Somit ist es möglich, die Grundflächen der Einzelgebäude inklusive der relativen Gebäudehöhen abzuleiten, wodurch sich der potentielle Wohnraum pro Gebäude  $Wp_H$  ergibt.

Über eine Verteilung der Gesamtpopulation auf den potentiellen Wohnraum jedes Gebäudes, lässt sich die potentielle Population pro Gebäude abschätzen. Dies lässt eine deutlich genauere Aussage über die räumliche Verteilung der Wohnbevölkerung zu, als rein statistisch-administrative Einheiten.

Aus Darstellungs- und Interpretationsgründen wird die Zahl der Bevölkerung auf Blockebene des digitalen Basis-DLM aggregiert (Vgl. Abbildung 10c).

Somit kann relativ schnell und einfach die im Falle eines Hochwassers betroffene Bevölkerung abgeschätzt werden und die angebrachten Hilfsmaßnahmen (z.B.: Evakuierung) eingeleitet werden.

### Beispiel Dresden/Blasewitz, 13-geschossiges Haus.

Ortsamt:	Blasewitz	EW:	80389	Leerstand:	10,1%
Stadtteile:	Blasewitz/Neugruna	9556		12,7%	
	Striesen-Ost	13042		9,4%	
	Striesen-Süd/Johannstadt-Südost	10045		6,6%	
	Striesen-West	11745		7,9%	
	Tolkewitz/Seidnitz-Nord	10583		16,4%	
	Seidnitz/Dobritz	12693		9,6%	
	Gruna/Strehlen-Nordost	12725		7,8%	

$$\frac{8633}{5532912} \cdot 80389 \approx \underline{\underline{125}} \quad Wp_H = (711 \cdot 13) \cdot (1 - 0,066)$$

$$Wp_g = 5532912$$

### KRITIS / Industrie / Gewerbe

Besonders schwierig ist es, anhand von Fernerkundungsdaten eine Aussage über die Landnutzung zu treffen. Dies wird im Falle von Gebäuden noch erschwert, da sich Rückschlüsse über die Nutzung des Gebäudes lediglich über die Form (Fläche, Höhe und deren strukturelle Anordnung) oder die Lage ziehen lassen. In der Regel lassen sich aber größere Industrie- und Gewerbegebäude/-parks durch ihre Größe und ihren Dachtyp als solche identifizieren.

Auch die Höhe der einzelnen Gebäude spielt eine besondere Rolle im Falle eines Hochwasserereignisses, da Gebäude mit sehr wenigen oder gar nur einem Geschoss, besonders stark d.h. im genauen dem Ereignis ausgesetzt sind. Bei solchen Gebäuden besteht keine Möglichkeit Personen oder Hausrat in höher gelegene Stockwerke zu transportieren bzw. zu evakuieren.

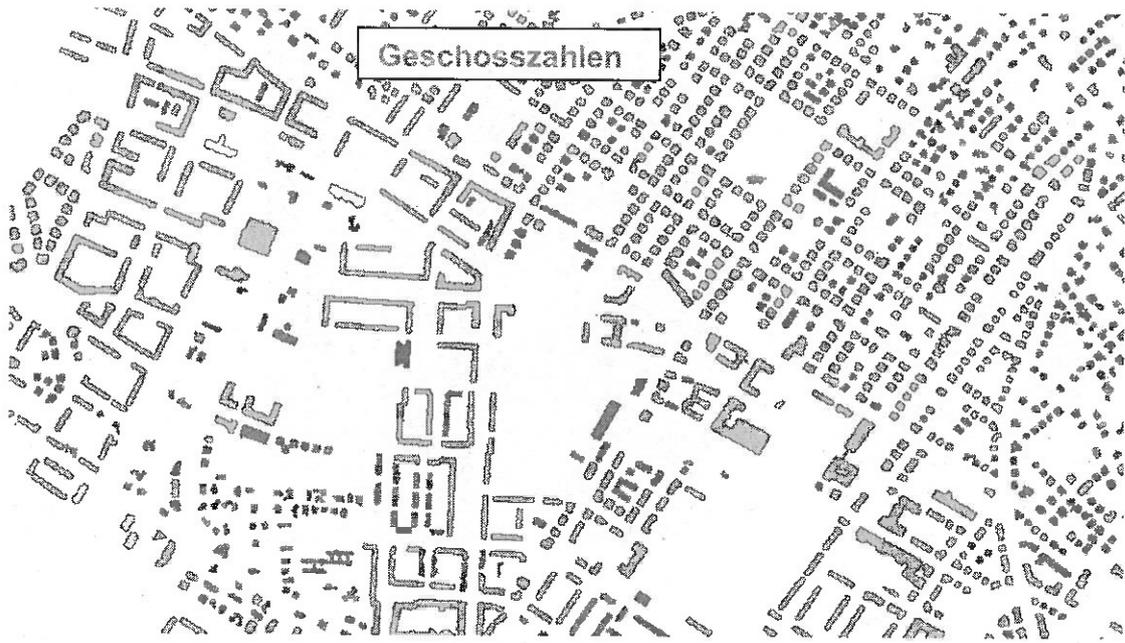


Abbildung 9: Aus Laserscanning-Oberflächenmodell abgeleitete Gebäudeflächen und Geschößzahlen

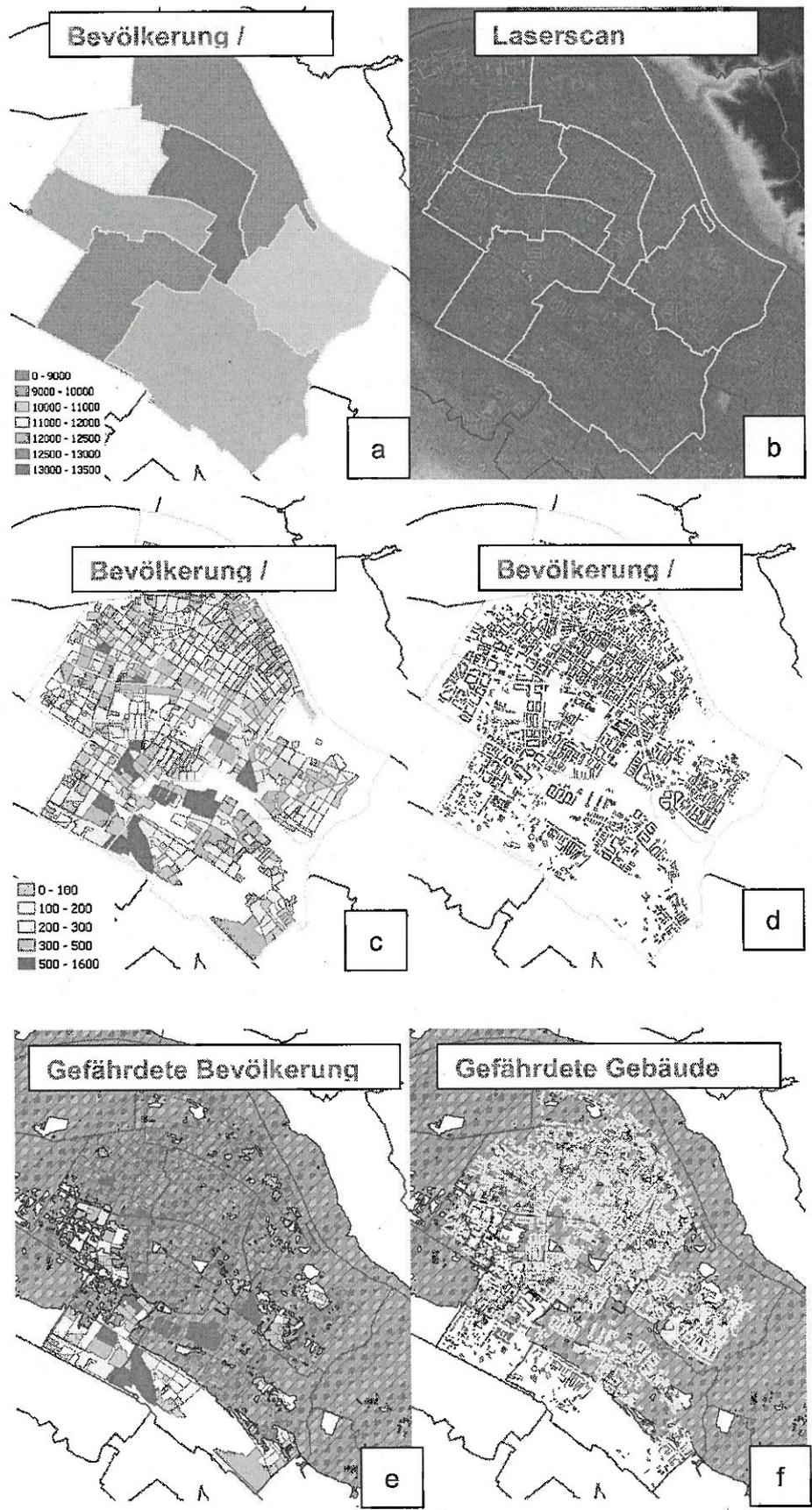


Abbildung 10: Populationsschätzung am Beispiel Dresden/Blasewitz und Exposition gegenüber EHQ

Exposition

Kriterien Anteil der lw Nutzfläche  
Anteil der lw Vermögenswerte  
Kontaminationsgefahr

Gewicht Anteil der lw Nutzfläche einfach  
Anteil der lw Vermögenswerte dreifach  
Kontaminationsgefahr einfach

4\*4\*4

64 Fälle

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 4

Bewertungslegende:

I 1,00-1,59  
II 1,60-2,19  
III 2,2-2,79  
IV 2,8-3,39  
V 3,4-3,99

Kombination	Berechnung	Bewertung
1 I+I+I	gibt es nicht	
2 II+I+I	1,2	I
3 II+I+II	1,4	I
4 I+II+I	1,6	I
5 I+II+II	1,8	II
6 II+II+I	1,8	II
7 II+II+II	2	II
8 I+II+III	2	II
9 I+III+II	2,4	III
10 II+I+III	1,6	I
11 II+III+I	2,4	III
12 III+I+II	1,6	I
13 III+II+I	2	II
14 I+III+I	2,2	III
15 III+I+I	1,4	I
16 III+III+I	2,6	III
17 III+I+III	1,8	II
18 I+III+III	2,6	III
19 III+III+III	3	IV
20 II+II+III	2,2	III
21 II+III+II	2,6	III
22 III+II+II	2,2	II
23 II+III+III	2,8	III
24 III+III+II	2,8	III
25 III+II+III	2,4	III
26 I+IV+I	2,8	III
27 IV+I+I	1,6	I
28 I+IV+IV	3,4	IV
29 IV+I+IV	2,2	II
30 IV+IV+I	3,4	IV



31	IV+IV+IV	4	V
32	II+II+IV	2,4	III
33	II+IV+II	3,2	IV
34	IV+II+II	2,4	III
35	II+IV+IV	3,6	V
36	IV+IV+II	3,6	V
37	IV+II+IV	2,8	III
38	III+III+IV	3,2	IV
39	III+IV+III	3,6	V
40	IV+III+III	3,2	IV
41	III+IV+IV	3,8	V
42	IV+IV+III	3,8	V
43	IV+III+IV	3,4	IV
44	II+III+IV	3	IV
45	III+II+IV	2,6	III
46	II+IV+III	3,4	IV
47	III+IV+II	3,4	IV
48	IV+II+III	2,6	III
49	IV+III+II	3	IV
50	I+III+IV	2,8	III
51	I+IV+III	3,2	IV
52	III+I+IV	2	II
53	III+IV+I	3,2	IV
54	IV+I+III	2	II
55	IV+III+I	2,8	III
56	I+II+IV	2,2	II
57	I+IV+II	3	IV
58	II+I+IV	1,8	II
59	II+IV+I	3	IV
60	IV+I+II	1,8	II
61	IV+II+I	2,2	II
62	I+I+II	gibt es nicht	
63	I+I+III	gibt es nicht	
64	I+I+IV	gibt es nicht	

#### Häufigkeiten

I	7
II	14
III	18
IV	15
V	6



**Anfälligkeit  
auch Ackerwirtschaft**

Kriterien Risikoverteilung  
Überflutungstoleranz  
Schadenspotenzial  
konservierende Bodenbearbeitung

Gewicht Risikoverteilung doppelt  
Überflutungstoleranz doppelt  
Schadenspotenzial doppelt  
konservierende Bodenbearbeitung einfach

3\*3\*4\*3

108 Fälle

geringster Wert:  
höchster Wert:

1  
3,26571429

Bewertungslegende:

I	1-1,45
II	1,46-1,91
III	1,92-2,37
IV	2,38-2,83
V	1,84-3,3

Kombination	Berechnung	Bewertung
1 I+I+I	1	I
2 I+I+II	1,14	I
3 I+I+III	1,29	I
4 I+I+IV	1,29	I
5 I+I+V	1,29	I
6 I+II+I	1,43	I
7 I+II+II	1,57	II
8 I+II+III	1,57	II
9 I+II+IV	1,43	I
10 I+II+V	1,57	II
11 I+III+I	1,43	I
12 I+III+II	1,71	II
13 I+III+III	1,86	II
14 I+III+IV	1,71	II
15 I+III+V	1,71	II
16 I+IV+I	2	III
17 I+IV+II	1,29	I
18 I+IV+III	1,57	II
19 I+IV+IV	1,57	II
20 I+IV+V	1,57	II

**nur Grünlandwirtschaftung oder Viehhaltung**

Kriterien: Risikoverteilung  
Überflutungstoleranz  
Schadenspotenzial

Gewicht alle gleich

3\*3\*4

36 Fälle

geringster Wert:  
höchster Wert:

1  
3,333333333

Bewertungslegende:

I	1-1,46
II	1,47-1,93
III	1,94-2,4
IV	2,41-2,87
V	2,88-3,34

Kombination	Berechnung	Bewertung
1 I+I+I	1	I
2 I+I+II	1,333333333	I
3 I+I+III	1,333333333	I
4 I+I+IV	1,333333333	I
5 I+I+V	1,666666667	II
6 II+I+I	1,666666667	II
7 II+I+II	1,666666667	II
8 II+I+III	2	III
9 II+I+IV	1,666666667	II
10 II+I+V	1,666666667	II
11 II+II+I	1,666666667	II
12 II+II+II	2,333333333	III
13 II+II+III	2,333333333	III
14 II+II+IV	2,333333333	III
15 II+II+V	2	III
16 II+III+I	2,333333333	III
17 II+III+II	2,333333333	III
18 II+III+III	2,333333333	III
19 II+III+IV	2,666666667	IV
20 II+III+V	2,666666667	IV

wenn nur Vermögenswerte angekreuzt

es gibt keine Anfälligkeit, nur die Bewältigungskapazität



21 I+I+III+III 1,86  
 22 I+III+III+I 2,14  
 23 III+III+I+I 2,14  
 24 III+I+I+III 1,86  
 25 III+I+III+I 2,14  
 26 I+III+I+III 1,86  
 27 I+III+III+I 2,4  
 28 III+III+III+I 2,7  
 29 III+I+III+III 2,4  
 30 III+III+I+III 2,4  
 31 III+III+III+III 3  
 32 I+I+IV+I 1,86  
 33 I+I+I+I+III 2,14  
 34 I+I+I+I+III 2,29  
 35 I+I+III+I+I 2,29  
 36 III+I+I+III 2,29  
 37 I+I+I+III+III 2,42  
 38 I+I+III+III+I 2,57  
 39 III+III+I+I+I 2,57  
 40 I+I+I+I+I+III 2,42  
 41 III+I+I+III+I 2,57  
 42 I+I+I+I+I+III 2,42  
 43 I+I+III+III+III 2,71  
 44 I+I+I+I+I+I+I 2,86  
 45 I+I+I+I+I+I+III 2,71  
 46 III+I+I+I+I+III 2,71  
 47 I+I+I+IV+I 2,57  
 48 III+IV+III+III 3,29  
 49 I+I+I+I+III 1,57  
 50 I+I+III+I 1,86  
 51 I+I+III+I+I 1,86  
 52 I+I+I+I+III 1,57  
 53 I+I+I+I+I 1,71  
 54 I+I+I+I+I+I 1,86  
 55 I+I+I+III+I 1,86  
 56 I+I+III+I+I 1,86  
 57 I+I+I+I+I+I 1,86  
 58 III+I+I+I+I 1,86  
 59 III+I+I+I+I+I 1,71  
 60 I+I+I+I+I+III 1,57  
 61 I+I+I+I+I+III 1,86  
 62 I+I+I+I+I+I+I 2,14  
 63 I+III+I+I+I+I 2  
 64 III+I+I+I+I+I 2  
 65 III+I+I+I+I+I 2,14  
 66 I+I+I+I+I+I+I 1,86  
 67 I+I+I+III+I+I 2

21 III+I+III 2,666666667 IV  
 22 I+I+IV 2,666666667 IV  
 23 III+III+IV 3,333333333 V  
 24 I+I+III 2 III  
 25 I+III+I 2 III  
 26 I+I+I+I 2 III  
 27 I+I+III 2 III  
 28 III+I+I 2 III  
 29 I+I+I+I 2 III  
 30 I+I+IV 2,333333333 III  
 31 I+I+IV 2,333333333 III  
 32 I+I+IV 2,666666667 IV  
 33 III+I+IV 2,666666667 IV  
 34 I+I+IV 3 V  
 35 III+I+IV 3 V  
 36 III+III+III 3 V

Häufigkeiten  
 I 4  
 II 6  
 III 16  
 IV 6  
 V 4  
 36



68	II+III+I+II	2	III
69	II+III+I+I	2,14	III
70	II+I+I+III	1,86	II
71	I+I+III+II	2	III
72	III+I+I+II	2	III
73	II+I+I+I+II	2,29	III
74	III+I+I+I+I	2,43	III
75	I+II+III+III	2,14	IV
76	II+I+III+III	2,14	III
77	III+I+I+III	2,14	III
78	II+I+I+III	2,14	III
79	I+III+III+II	2,29	III
80	I+III+III+I	2,43	IV
81	II+I+I+II+II	2,29	III
82	III+I+I+III+I	2,43	IV
83	I+I+III+I+III	2,14	III
84	I+III+I+III	2,14	III
85	I+I+IV+II	2	III
86	I+I+IV+I	2,14	III
87	I+I+IV+I	2,14	III
88	II+I+IV+I	2,43	IV
89	II+I+IV+II	2,29	III
90	I+I+IV+II	2,29	III
91	I+I+IV+III	2,14	III
92	I+II+IV+I	2,43	IV
93	II+I+IV+I	2,43	IV
94	III+III+IV+I	3	V
95	III+I+IV+III	2,71	IV
96	I+II+IV+III	2,71	IV
97	II+I+IV+III	2,71	IV
98	II+I+IV+II	2,86	V
99	III+I+IV+II	2,86	V
100	II+II+IV+II	3,14	V
101	III+I+IV+III	3	V
102	II+III+IV+III	3	V
103	I+I+IV+III	2,42	IV
104	II+I+IV+III	2,42	IV
105	III+I+IV+II	2,57	IV
106	I+II+IV+II	2,57	IV
107	III+I+IV+I	2,71	IV
108	II+III+IV+I	2,71	IV

Häufigkeiten

I	9
II	29



32  
29  
9  

---

108

III  
IV  
V



**Bewältigung I = Hochwasservorsorge**  
**die sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert haben**

nur Fläche

3\*3\*3

27 Fälle

3

Kriterien Bauvorsorge  
 Evakuierungsverhalten  
 Risikovorsorge

Kriterium

Gewicht Bauvorsorge einfach  
 Evakuierungsverhalten einfach  
 Risikovorsorge doppelt

geringster Wert: 1  
 höchster Wert: 3

geringster  
 höchster W

Bewertungslegende:

I 1-1,39  
 II 1,4-1,79  
 III 1,8-2,19  
 IV 2,20-2,59  
 V 2,6-2,99

Bewertung

I  
 II  
 III  
 IV  
 V

Kombination	Berechnung	Bewertung
1	I+I+I	1 I
2	I+I+II	1,5 II
3	I+II+I	1,25 I
4	II+I+I	1,25 I
5	I+II+II	1,75 II
6	II+I+II	1,75 II
7	II+II+I	1,5 II
8	II+II+II	2 III
9	I+I+III	2 III
10	I+III+I	1,5 II
11	III+I+I	1,5 II
12	I+III+III	2,5 IV
13	III+I+III	2,5 IV
14	III+III+I	2 III
15	III+III+III	3 V
16	II+II+III	2,5 IV
17	II+III+II	2,25 IV
18	III+II+II	2,25 IV
19	II+II+III	2,75 V
20	III+II+III	2,75 V
21	III+III+II	2,5 IV
22	I+II+III	2,25 IV
23	I+III+II	2 III
24	II+I+III	2,25 IV
25	II+III+I	1,75 II
26	III+I+II	2 III
27	III+II+I	1,75 II

Kombinatio

I  
 II  
 III

Häufigkeiten

I 3  
 II 8



III  
IV  
V

	5
	8
	3
<hr/>	
	27



an exponiert

nur Vermögenswerte exponiert

Fälle

3\*3\*3

27 Fälle

Risikovorsorge

Kriterien

Bauvorsorge  
Evakuierungsverhalten  
Risikovorsorge

Gewicht

bleibt s.v.

Wert: 1

Vert: 3

Legende: Transformation?

1-1,39

1,4-1,79

1,8-2,19

2,20-2,59

2,6-2,99

Berechnung Bewertung

1	I
2	III
3	V



**Bewältigung II= Bindung an Tätigkeit**

**gilt für alle Fälle, ob nur Flächen, nur Vermögenswerte oder beides exponiert ist**

Kriterium: Bindung an Tätigkeit

3 Fälle

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 3

Bewertungslegende: Transformation notwendig?

I 1-1,39  
II 1,4-1,79  
III 1,8-2,19  
IV 2,20-2,59  
V 2,6-2,99

<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
I	1	I
II	2	III
III	3	V



**Bewältigungskapazität**

die sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert haben

5*3	15 Fälle	
Kriterien	Bindung an Tätigkeit Hochwasservorsorge	
Gewicht	Bindung an Tätigkeit Hochwasservorsorge	einfach doppelt
geringster Wert:		1
höchster Wert:	4,33333333	

Bewertungslegende:

I	1-1,66
II	1,67-2,33
III	2,34-3,0
IV	3,01-3,67
V	3,68-4,34

Kombination	Berechnung	Bewertung
1 I+I	1	I
2 I+II	1,66666667	II
3 I+I	1,33333333	I
4 II+II	2	II
5 I+II	2,33333333	III
6 III+I	1,66666667	II
7 III+III	3	III
8 I+IV	3	III
9 I+V	3,66666667	IV
10 II+III	2,66666667	III
11 III+II	2,33333333	III
12 II+IV	3,33333333	IV
13 II+V	4	V
14 III+IV	3,66666667	IV
15 III+V	4,33333333	V

Häufigkeiten

I	2
II	3
III	5
IV	3
V	2
	<hr/> 15

**nur Flächen exponiert**

3*3	9 Fälle	
Kriterien	Bindung an Tätigkeit Risikovorsorge	
Gewicht	Bindung an Tätigkeit Risikovorsorge	einfach doppelt
geringster Wert:		1
höchster Wert:		3

Bewertungslegende:

i	1-1,39
ii	1,4-1,79
iii	1,8-2,19
iv	2,20-2,59
v	2,6-2,99

Kombination	Berechnung	Bewertung
1 i+i	1	i
2 i+ii	1,66666667	ii
3 ii+i	1,33333333	i
4 ii+ii	2	iii
5 i+iii	2,33333333	iv
6 iii+i	1,66666667	ii
7 iii+iii	3	v
8 ii+iii	2,66666667	v
9 iii+ii	2,33333333	iv

Häufigkeiten

i	2
ii	2
iii	1
iv	2
v	2
	<hr/> 9

**nur Vermögenswerte exponiert**

s.v. alles



## Vulnerabilität

die sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert haben

zus. Kriterien: Exposition

Anfälligkeit

Bewältigungskapazität

Gewicht	Exposition	drei	3/7	0,42857143
	Anfälligkeit	zwei	2/7	0,28571429
	Bewältigungskapazität	zwei	2/7	0,28571429

5\*5\*5

125 Fälle

### Bewertungslegende:

I	1,00-1,49
II	1,50-2,49
III	2,50-3,49
IV	3,50-4,49
V	4,50-5,00

	<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
1	I+I+I	1	I
2	I+I+II	1,28571429	I
3	I+II+I	1,28571429	I
4	II+I+I	1,42857143	I
5	I+II+II	1,57142857	II
6	I+I+III	1,57142857	II
7	I+III+I	1,57142857	II
8	II+I+II	1,71428571	II
9	II+II+I	1,71428571	II
10	III+I+I	1,85714286	II
11	I+I+IV	1,85714286	II
12	I+IV+I	1,85714286	II
13	I+II+III	1,85714286	II
14	I+III+II	1,85714286	II
15	II+II+II	2	II
16	II+I+III	2	II
17	II+III+I	2	II
18	I+III+III	2,14285714	II
19	I+I+V	2,14285714	II
20	I+V+I	2,14285714	II
21	III+I+II	2,14285714	II
22	III+II+I	2,14285714	II
23	I+II+IV	2,14285714	II
24	I+IV+II	2,14285714	II
25	IV+I+I	2,28571429	II
26	II+II+III	2,28571429	II
27	II+III+II	2,28571429	II
28	II+I+IV	2,28571429	II
29	II+IV+I	2,28571429	II
30	III+I+III	2,42857143	II
31	III+III+I	2,42857143	II
32	III+II+II	2,42857143	II
33	I+II+V	2,42857143	II
34	I+V+II	2,42857143	II
35	I+III+IV	2,42857143	II



36	I+IV+III	2,42857143	II
37	II+III+III	2,57142857	III
38	II+II+IV	2,57142857	III
39	III+IV+II	2,57142857	III
40	IV+I+II	2,57142857	III
41	IV+II+I	2,57142857	III
42	II+I+V	2,57142857	III
43	II+V+I	2,57142857	III
44	I+IV+IV	2,71428571	III
45	V+I+I	2,71428571	III
46	III+II+III	2,71428571	III
47	III+III+II	2,71428571	III
48	III+I+IV	2,71428571	III
49	III+IV+I	2,71428571	III
50	I+III+V	2,71428571	III
51	I+V+III	2,71428571	III
52	IV+II+II	2,85714286	III
53	II+II+V	2,85714286	III
54	II+V+II	2,85714286	III
55	II+III+IV	2,85714286	III
56	II+IV+III	2,85714286	III
57	IV+I+III	2,85714286	III
58	IV+III+I	2,85714286	III
59	III+III+III	3	III
60	V+I+II	3	III
61	V+II+I	3	III
62	III+II+IV	3	III
63	III+IV+II	3	III
64	III+I+V	3	III
65	III+V+I	3	III
66	I+IV+V	3	III
67	I+V+IV	3	III
68	IV+I+IV	3,14285714	III
69	IV+IV+I	3,14285714	III
70	II+IV+IV	3,14285714	III
71	IV+II+III	3,14285714	III
72	IV+III+II	3,14285714	III
73	II+III+V	3,14285714	III
74	II+V+III	3,14285714	III
75	I+V+V	3,28571429	III
76	V+II+II	3,28571429	III
77	III+III+IV	3,28571429	III
78	III+IV+III	3,28571429	III
79	V+I+III	3,28571429	III
80	V+III+I	3,28571429	III
81	III+II+V	3,28571429	III
82	III+V+II	3,28571429	III
83	IV+II+IV	3,42857143	III
84	IV+IV+II	3,42857143	III
85	IV+III+III	3,42857143	III
86	II+IV+V	3,42857143	III
87	II+V+IV	3,42857143	III
88	IV+I+V	3,42857143	III
89	IV+V+I	3,42857143	III
90	III+IV+IV	3,57142857	IV
91	III+III+V	3,57142857	IV



92	III+V+III	3,57142857	IV
93	V+I+IV	3,57142857	IV
94	V+IV+I	3,57142857	IV
95	V+II+III	3,57142857	IV
96	V+III+II	3,57142857	IV
97	II+V+V	3,71428571	IV
98	IV+III+IV	3,71428571	IV
99	IV+IV+III	3,71428571	IV
100	IV+II+V	3,71428571	IV
101	IV+V+II	3,71428571	IV
102	V+I+V	3,85714286	IV
103	V+V+I	3,85714286	IV
104	V+III+III	3,85714286	IV
105	V+II+IV	3,85714286	IV
106	V+IV+II	3,85714286	IV
107	III+IV+V	3,85714286	IV
108	III+V+IV	3,85714286	IV
109	IV+IV+IV	4	IV
110	IV+III+V	4	IV
111	IV+V+III	4	IV
112	V+II+V	4,14285714	IV
113	V+V+II	4,14285714	IV
114	III+V+V	4,14285714	IV
115	V+III+IV	4,14285714	IV
116	V+IV+III	4,14285714	IV
117	IV+IV+V	4,28571429	IV
118	IV+V+IV	4,28571429	IV
119	V+III+V	4,42857143	IV
120	V+V+III	4,42857143	IV
121	V+IV+IV	4,42857143	IV
122	IV+V+V	4,57142857	V
123	V+IV+V	4,71428571	V
124	V+V+IV	4,71428571	V
125	V+V+V	5	V

Häufigkeiten

I	4
II	32
III	53
IV	32
V	4



Vulnerabilität

Kriterien: Exposition  
Anfälligkeit  
Bewältigungskapazität

Gewicht	Exposition	drei	3/7	0,42857143
	Anfälligkeit	zwei	2/7	0,28571429
	Bewältigungskapazität	zwei	2/7	0,28571429

5\*5\*5                      125 Fälle

Bewertungslegende:

I	1,00-1,49
II	1,50-2,49
III	2,50-3,49
IV	3,50-4,49
V	4,50-5,00

<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
1 I+I+I		I
2 I+I+II	1,285714286	I
3 I+II+I	1,285714286	I
4 II+I+I	1,428571429	I
5 I+II+II	1,571428571	II
6 I+I+III	1,571428571	II
7 I+III+I	1,571428571	II
8 II+I+II	1,714285714	II
9 II+II+I	1,714285714	II
10 III+I+I	1,857142857	II
11 I+I+IV	1,857142857	II
12 I+IV+I	1,857142857	II
13 I+II+III	1,857142857	II
14 I+III+II	1,857142857	II
15 II+II+II		II
16 II+I+III		II
17 II+III+I		II
18 I+III+III	2,142857143	II
19 I+I+V	2,142857143	II
20 I+V+I	2,142857143	II
21 III+I+II	2,142857143	II
22 III+II+I	2,142857143	II
23 I+II+IV	2,142857143	II
24 I+IV+II	2,142857143	II
25 IV+I+I	2,285714286	II
26 II+II+III	2,285714286	II
27 II+III+II	2,285714286	II
28 II+I+IV	2,285714286	II
29 II+IV+I	2,285714286	II
30 III+I+III	2,428571429	II
31 III+III+I	2,428571429	II
32 III+II+II	2,428571429	II
33 I+II+V	2,428571429	II
34 I+V+II	2,428571429	II
35 I+III+IV	2,428571429	II

Handwritten text at the top left, possibly a date or page number, which is mostly illegible due to fading.

2

0

36	I+IV+III	2,428571429	II
37	II+III+III	2,571428571	III
38	II+II+IV	2,571428571	III
39	II+IV+II	2,571428571	III
40	IV+I+II	2,571428571	III
41	IV+II+I	2,571428571	III
42	II+I+V	2,571428571	III
43	II+V+I	2,571428571	III
44	I+IV+IV	2,714285714	III
45	V+I+I	2,714285714	III
46	III+II+III	2,714285714	III
47	III+III+II	2,714285714	III
48	III+I+IV	2,714285714	III
49	III+IV+I	2,714285714	III
50	I+III+V	2,714285714	III
51	I+V+III	2,714285714	III
52	IV+II+II	2,857142857	III
53	II+II+V	2,857142857	III
54	II+V+II	2,857142857	III
55	II+III+IV	2,857142857	III
56	II+IV+III	2,857142857	III
57	IV+I+III	2,857142857	III
58	IV+III+I	2,857142857	III
59	III+III+III	3	III
60	V+I+II	3	III
61	V+II+I	3	III
62	III+II+IV	3	III
63	III+IV+II	3	III
64	III+I+V	3	III
65	III+V+I	3	III
66	I+IV+V	3	III
67	I+V+IV	3	III
68	IV+I+IV	3,142857143	III
69	IV+IV+I	3,142857143	III
70	II+IV+IV	3,142857143	III
71	IV+II+III	3,142857143	III
72	IV+III+II	3,142857143	III
73	II+III+V	3,142857143	III
74	II+V+III	3,142857143	III
75	I+V+V	3,285714286	III
76	V+II+II	3,285714286	III
77	III+III+IV	3,285714286	III
78	III+IV+III	3,285714286	III
79	V+I+III	3,285714286	III
80	V+III+I	3,285714286	III
81	III+II+V	3,285714286	III
82	III+V+II	3,285714286	III
83	IV+II+IV	3,428571429	III
84	IV+IV+II	3,428571429	III
85	IV+III+III	3,428571429	III
86	II+IV+V	3,428571429	III
87	II+V+IV	3,428571429	III
88	IV+I+V	3,428571429	III
89	IV+V+I	3,428571429	III
90	III+IV+IV	3,571428571	IV
91	III+III+V	3,571428571	IV



92	III+V+III	3,571428571	IV
93	V+I+IV	3,571428571	IV
94	V+IV+I	3,571428571	IV
95	V+II+III	3,571428571	IV
96	V+III+II	3,571428571	IV
97	II+V+V	3,714285714	IV
98	IV+III+IV	3,714285714	IV
99	IV+IV+III	3,714285714	IV
100	IV+II+V	3,714285714	IV
101	IV+V+II	3,714285714	IV
102	V+I+V	3,857142857	IV
103	V+V+I	3,857142857	IV
104	V+III+III	3,857142857	IV
105	V+II+IV	3,857142857	IV
106	V+IV+II	3,857142857	IV
107	III+IV+V	3,857142857	IV
108	III+V+IV	3,857142857	IV
109	IV+IV+IV	4	IV
110	IV+III+V	4	IV
111	IV+V+III	4	IV
112	V+II+V	4,142857143	IV
113	V+V+II	4,142857143	IV
114	III+V+V	4,142857143	IV
115	V+III+IV	4,142857143	IV
116	V+IV+III	4,142857143	IV
117	IV+IV+V	4,285714286	IV
118	IV+V+IV	4,285714286	IV
119	V+III+V	4,428571429	IV
120	V+V+III	4,428571429	IV
121	V+IV+IV	4,428571429	IV
122	IV+V+V	4,571428571	V
123	V+IV+V	4,714285714	V
124	V+V+IV	4,714285714	V
125	V+V+V	5	V

Häufigkeiten

I	4
II	32
III	53
IV	32
V	4



## Anfälligkeit

3\*3

9 Fälle

Kriterien Risikoverteilung 1: verschiedene Ernten  
Risikoverteilung 2: zusätzliche Einnahmen

Gewicht Risikoverteilung 1: verschiedene Ernten einfach  
Risikoverteilung 2: zusätzliche Einnahmen einfach

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 3

### Bewertungslegende:

I	1,00-1,39
II	1,40-1,79
III	1,80-2,19
IV	2,20-2,59
V	2,60-2,99

<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
1	I+I	I
2	I+II	II
3	II+I	II
4	I+III	III
5	III+I	III
6	II+II	III
7	II+III	IV
8	III+II	IV
9	III+III	V

### Häufigkeiten

I	1
II	2
III	3
IV	2
V	1
	<hr/>
	9



## Bewältigung I = Hochwasservorsorge

3\*3\*3

27 Fälle

Kriterien Bauvorsorge  
Evakuierungsverhalten  
Risikovorsorge

Gewicht Bauvorsorge einfach  
Evakuierungsverhalten einfach  
Risikovorsorge doppelt

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 3

### Bewertungslegende:

I 1-1,39  
II 1,4-1,79  
III 1,8-2,19  
IV 2,20-2,59  
V 2,6-2,99

	<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
1	I+I+I	1	I
2	I+I+II	1,5	II
3	I+II+I	1,25	I
4	II+I+I	1,25	I
5	I+II+II	1,75	II
6	II+I+II	1,75	II
7	II+II+I	1,5	II
8	II+II+II	2	III
9	I+I+III	2	III
10	I+III+I	1,5	II
11	III+I+I	1,5	II
12	I+III+III	2,5	IV
13	III+I+III	2,5	IV
14	III+III+I	2	III
15	III+III+III	3	V
16	II+II+III	2,5	IV
17	II+III+II	2,25	IV
18	III+II+II	2,25	IV
19	II+III+III	2,75	V
20	III+II+III	2,75	V
21	III+III+II	2,5	IV
22	I+II+III	2,25	IV
23	I+III+II	2	III
24	II+I+III	2,25	IV
25	II+III+I	1,75	II
26	III+I+II	2	III
27	III+II+I	1,75	II

### Häufigkeiten

I 3  
II 8  
III 5



IV  
V

8  
3  

---

27



## Bewältigung II= Bindung an Tätigkeit

Kriterium: Bindung an Tätigkeit

3 Fälle

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 3

### Bewertungslegende:

I	1-1,39
II	1,4-1,79
III	1,8-2,19
IV	2,20-2,59
V	2,6-2,99

<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
I	1	I
II	2	III
III	3	V



## Bewältigungskapazität

5\*3

15 Fälle

Kriterien Bindung an Tätigkeit  
Hochwasservorsorge

Gewicht Bindung an Tätigkeit einfach  
Hochwasservorsorge doppelt

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 4,33333333

### Bewertungslegende:

I 1-1,66  
II 1,67-2,33  
III 2,34-3,0  
IV 3,01-3,67  
V 3,68-4,34

	<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
1	I+I	1	I
2	I+II	1,66666667	II
3	II+I	1,33333333	I
4	II+II	2	II
5	I+III	2,33333333	III
6	III+I	1,66666667	II
7	III+III	3	III
8	I+IV	3	III
9	I+V	3,66666667	IV
10	II+III	2,66666667	III
11	III+II	2,33333333	III
12	II+IV	3,33333333	IV
13	II+V	4	V
14	III+IV	3,66666667	IV
15	III+V	4,33333333	V

### Häufigkeiten

I 2  
II 3  
III 5  
IV 3  
V 2  

---

15



## Vulnerabilität

Kriterien: Exposition  
Anfälligkeit  
Bewältigungskapazität

Gewicht	Exposition	drei	3/7	0,42857143
	Anfälligkeit	zwei	2/7	0,28571429
	Bewältigungskapazität	zwei	2/7	0,28571429

5\*5\*5

125 Fälle

### Bewertungslegende:

I	1,00-1,49
II	1,50-2,49
III	2,50-3,49
IV	3,50-4,49
V	4,50-5,00

<u>Kombination</u>	<u>Berechnung</u>	<u>Bewertung</u>
1 I+I+I		1 I
2 I+I+II	1,285714286	I
3 I+II+I	1,285714286	I
4 II+I+I	1,428571429	I
5 I+II+II	1,571428571	II
6 I+I+III	1,571428571	II
7 I+III+I	1,571428571	II
8 II+I+II	1,714285714	II
9 II+II+I	1,714285714	II
10 III+I+I	1,857142857	II
11 I+I+IV	1,857142857	II
12 I+IV+I	1,857142857	II
13 I+II+III	1,857142857	II
14 I+III+II	1,857142857	II
15 II+II+II	2	II
16 II+I+III	2	II
17 II+III+I	2	II
18 I+III+III	2,142857143	II
19 I+I+V	2,142857143	II
20 I+V+I	2,142857143	II
21 III+I+II	2,142857143	II
22 III+II+I	2,142857143	II
23 I+II+IV	2,142857143	II
24 I+IV+II	2,142857143	II
25 IV+I+I	2,285714286	II
26 II+II+III	2,285714286	II
27 II+III+II	2,285714286	II
28 II+I+IV	2,285714286	II
29 II+IV+I	2,285714286	II
30 III+I+III	2,428571429	II
31 III+III+I	2,428571429	II
32 III+II+II	2,428571429	II
33 I+II+V	2,428571429	II
34 I+V+II	2,428571429	II
35 I+III+IV	2,428571429	II



36	I+IV+III	2,428571429	II
37	II+III+III	2,571428571	III
38	II+II+IV	2,571428571	III
39	II+IV+II	2,571428571	III
40	IV+I+II	2,571428571	III
41	IV+II+I	2,571428571	III
42	II+I+V	2,571428571	III
43	II+V+I	2,571428571	III
44	I+IV+IV	2,714285714	III
45	V+I+I	2,714285714	III
46	III+II+III	2,714285714	III
47	III+III+II	2,714285714	III
48	III+I+IV	2,714285714	III
49	III+IV+I	2,714285714	III
50	I+III+V	2,714285714	III
51	I+V+III	2,714285714	III
52	IV+II+II	2,857142857	III
53	II+II+V	2,857142857	III
54	II+V+II	2,857142857	III
55	II+III+IV	2,857142857	III
56	II+IV+III	2,857142857	III
57	IV+I+III	2,857142857	III
58	IV+III+I	2,857142857	III
59	III+III+III	3	III
60	V+I+II	3	III
61	V+II+I	3	III
62	III+II+IV	3	III
63	III+IV+II	3	III
64	III+I+V	3	III
65	III+V+I	3	III
66	I+IV+V	3	III
67	I+V+IV	3	III
68	IV+I+IV	3,142857143	III
69	IV+IV+I	3,142857143	III
70	II+IV+IV	3,142857143	III
71	IV+II+III	3,142857143	III
72	IV+III+II	3,142857143	III
73	II+III+V	3,142857143	III
74	II+V+III	3,142857143	III
75	I+V+V	3,285714286	III
76	V+II+II	3,285714286	III
77	III+III+IV	3,285714286	III
78	III+IV+III	3,285714286	III
79	V+I+III	3,285714286	III
80	V+III+I	3,285714286	III
81	III+II+V	3,285714286	III
82	III+V+II	3,285714286	III
83	IV+II+IV	3,428571429	III
84	IV+IV+II	3,428571429	III
85	IV+III+III	3,428571429	III
86	II+IV+V	3,428571429	III
87	II+V+IV	3,428571429	III
88	IV+I+V	3,428571429	III
89	IV+V+I	3,428571429	III
90	III+IV+IV	3,571428571	IV
91	III+III+V	3,571428571	IV



92	III+V+III	3,571428571	IV
93	V+I+IV	3,571428571	IV
94	V+IV+I	3,571428571	IV
95	V+II+III	3,571428571	IV
96	V+III+II	3,571428571	IV
97	II+V+V	3,714285714	IV
98	IV+III+IV	3,714285714	IV
99	IV+IV+III	3,714285714	IV
100	IV+II+V	3,714285714	IV
101	IV+V+II	3,714285714	IV
102	V+I+V	3,857142857	IV
103	V+V+I	3,857142857	IV
104	V+III+III	3,857142857	IV
105	V+II+IV	3,857142857	IV
106	V+IV+II	3,857142857	IV
107	III+IV+V	3,857142857	IV
108	III+V+IV	3,857142857	IV
109	IV+IV+IV	4	IV
110	IV+III+V	4	IV
111	IV+V+III	4	IV
112	V+II+V	4,142857143	IV
113	V+V+II	4,142857143	IV
114	III+V+V	4,142857143	IV
115	V+III+IV	4,142857143	IV
116	V+IV+III	4,142857143	IV
117	IV+IV+V	4,285714286	IV
118	IV+V+IV	4,285714286	IV
119	V+III+V	4,428571429	IV
120	V+V+III	4,428571429	IV
121	V+IV+IV	4,428571429	IV
122	IV+V+V	4,571428571	V
123	V+IV+V	4,714285714	V
124	V+V+IV	4,714285714	V
125	V+V+V	5	V

Häufigkeiten

I	4
II	32
III	53
IV	32
V	4





Bundesamt  
für Bevölkerungsschutz  
und Katastrophenhilfe

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Eing.: 12. Dez. 2007

Abt./Ref.: RS II 5  
Az.: 13011/2

*Ku 12/12*

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe  
Postfach 1867, 53008 Bonn

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit  
- RS II 5 -  
Robert-Schumann-Straße 3  
53175 Bonn

HAUSANSCHRIFT Provinzialstraße 93, 53127 Bonn  
POSTANSCHRIFT Postfach 1867, 53008 Bonn  
TEL +49 (0)22899550-4103  
FAX +49 (0)22899550-4020  
BEARBEITET VON Herrn Flink  
E-MAIL Klaus.Flink@bbk.bund.de

INTERNET www.bbk.bund.de

BETREFF **Forschungsvorhaben 280 "Vulnerabilitäts-Indikatoren";  
hier: 1. und 2. Zwischenbericht**

BEZUG

AZ BBK III.1 - 623 - 10 - 00 - 280

DATUM Bonn, 10.12.2007

1, Ø UBA  
(Frau Hornemann ✓  
Frau Harrold Holz) 2/12

2, Frau Meyel ✓  
Frau Grottel ✓  
Herr Gladbach ✓  
Hinweis mündlich auf  
Indikatorantwortung für  
DOS?

Den 1. und 2. Zwischenbericht 2007 zu dem Forschungsvorhaben „Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren“ leiten wir Ihnen im Auftrag des Bundesministeriums des Innern mit der Bitte um Kenntnisnahme zu.

insbesondere Holzwerke!

Mit freundlichen Grüßen  
Im Auftrag

*Karsten Michael*  
Dr. Karsten Michael

RS II 5 → ~~WA I 3~~ → WA I 1  
zuständigheitshalber  
Zu 12/12 12/12

Anlage: - 2 Zwischenberichte -

Ministerium für Umwelt,  
Natur und Klimaschutz  
Eintr. 12. Dez. 2007  
Abt. 10  
AS 1

*Handwritten notes:*  
12.12.07  
AS 1

*Faint, mostly illegible text, possibly a list or report content.*

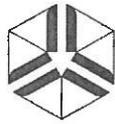
*Faint, mostly illegible text, possibly a list or report content.*

*Large block of very faint, illegible text, likely the main body of a document or report.*

*Handwritten signature or name:*  
Klaus...

*Handwritten notes in the bottom left corner:*  
12.12.07  
AS 1





United Nations  
University  
**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security

IN ZUSAMMENARBEIT MIT

Landeshauptstadt  
Dresden



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG



## I. Zwischenbericht

# INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen

*- am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren  
in urbanen Räumen -*

Project  
Interim  
Report

Ein Forschungsprojekt gefördert vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe



Bundesamt für Bevölkerungsschutz  
und Katastrophenhilfe

## KONTAKT



United Nations  
University

**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security

Herr Dr.-Ing. Jörn Birkmann (Projektleitung) / UNU-EHS  
Frau Susanne Lenz / UNU-EHS  
Herr Niklas Gebert / UNU-EHS (bis Jan. 2007)  
UNU-EHS  
UN Campus, Hermann-Ehlers-Str. 10  
53113 Bonn, Germany  
Phone: ++49-228-815-0208  
E-mail: [birkmann@ehs.unu.edu](mailto:birkmann@ehs.unu.edu)



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG

Herr Prof. Dr.-Ing. Wilfried Kühling / FG Raum- und  
Umweltplanung  
Frau Kathleen Liese / FG Raum- und Umweltplanung  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Geowissenschaften  
Von-Seckendorff-Platz 4  
Raum 4.4.25  
06120 Halle/Saale  
Phone: ++49-345-55-260-66  
E-mail: [wilfried.kuehling@geo.uni-halle.de](mailto:wilfried.kuehling@geo.uni-halle.de)



Herr Dr. Stefan Voigt / DFD - DLR  
Münchner Straße 20  
D-82234 Weßling

## In Zusammenarbeit mit den Praxispartnern



Frau Ivonne Wiczorrek / Hochwasserschutzzentrale  
Köln  
Ostmerheimer Str. 555  
51109 Köln



Herr Jens Seifert / Umweltamt Stadt Dresden  
Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden  
Grunaer Straße 2  
01069 Dresden

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	5
2. Aufbau des Forschungsvorhabens.....	7
2.1 Zielsetzung und Bearbeitungsstruktur.....	7
2.2 Arbeitsschritte der ersten Projektphase.....	10
3. Erläuterung und Definition zentraler Begriffe.....	12
4. Synopse aktueller Ansätze und Methoden zur Identifikation und Messung von Vulnerabilität.....	15
4.1 Aufbau der Analyse.....	15
4.2 Übersichtsanalyse.....	16
4.3 Tiefenanalyse.....	19
4.4 Folgerungen.....	46
4.5 Weitere zur Entwicklung von Indikatoren herangezogene Literatur.....	47
5. Eigene methodische Herangehensweise.....	48
5.1 Zugrunde liegende Konzepte und deren Verwendung.....	48
5.2 Ableitung erster vorläufiger Kriterien und Indikatoren.....	53
6. Weiteres Vorgehen.....	57
7. Literaturliste.....	58

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Entwurf Bearbeitungsstruktur.....	9
Abbildung 2: BBC-Konzept.....	49
Abbildung 3: Erläuterungen zur Methodik.....	51
Abbildung 4: Struktur der Beschreibung, Gewichtung und Bewertung innerhalb der Vulnerabilitätsanalyse.....	52
Abbildung 5: Präferenzmatrix Vulnerabilität.....	52
Abbildung 6: Methodische Herangehensweise für die Entwicklung erster Kriterien und Indikatoren für ausgewählte Dimensionen und Schutzobjekte.....	54

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Definitionen zentraler Begriffe.....	14
Tabelle 2: Ergebnisse der Übersichtsanalyse.....	18
Tabelle 3: Beispielhafte Kriterien und Indikatoren für den Bereich Landwirtschaft (Dimension Wirtschaft).....	55
Tabelle 4: Beispielhafte Kriterien und Indikatoren für die Bereiche Nahverkehr und Gesundheitswesen (Dimension Kritische Infrastrukturen).....	56

## 1. Einleitung

Der vorliegende Zwischenbericht skizziert die erste Projektphase und das wissenschaftliche Vorgehen der Entwicklung vorläufiger Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität im Hinblick auf wasserbezogene Naturgefahren in urbanen Räumen anhand der Fallbeispiele der Stadt Köln und der Stadt Dresden.

Im Rahmen der Startphase des Projekts wurden zahlreiche Abstimmungstreffen organisiert, die insbesondere dazu dienten, die Ausgestaltung von Verträgen und die Spezifizierung der ersten Projektphase vorzunehmen. In diesem Kontext wurden folgende Treffen in den ersten Monaten des Projekts abgehalten:

1. **18.-19. September 2006 – Auftaktveranstaltung** in Bonn, an der folgende Personen und Institutionen teilnahmen  
Herr Dr. Birkmann (UNU-EHS), Herr Prof. Dr. Bogardi (UNU-EHS),  
Herr Fekete (UNU-EHS), Herr Gebert (UNU-EHS), Herr Dr. Hildmann (MLU),  
Herr Prof. Dr. Kühling (MLU), Herr Lauwe (BBK), Frau Lenz (BBK),  
Frau Liese (MLU), Frau Mertsch (HSZ-Köln), Herr Dr. Preuss (BBK),  
Frau Shen (UNU-EHS) und Herr Dr. Voigt (DLR)
2. **28. September 2006 – Fachgespräch** mit der Hochwasserschutzzentrale in Köln  
(TeilnehmerInnen: Herr Dr. Birkmann (UNU-EHS), Herr Gebert (UNU-EHS),  
Frau Wieczorrek (HWZ), Herr Vogt (HWZ) und Frau Mertsch (HWZ)
3. **3. Oktober 2006 – Fachgespräch** mit dem Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden  
(TeilnehmerInnen Herr Dr. Birkmann, Herr Prof. Kühling, Frau Liese,  
Herr Seifert, Herr Frenzel, Herr Görtz)
4. **29. November 2006 – Fachgespräch** mit der Hochwasserschutzzentrale Köln in Bonn  
(TeilnehmerInnen: Herr Dr. Birkmann, Herr Gebert, Frau Liese,  
Frau Wieczorrek, und Herr Vogt)
5. **6. Dezember 2006 – Abstimmungsgespräch** mit Auftragnehmer BBK  
(TeilnehmerInnen: Frau Queste (BBK), Herr Lauwe (BBK) und  
Herr Dr. Birkmann (UNU-EHS))

Die Ergebnisse der Gespräche haben einerseits zu einer verbesserten Abstimmung, insbesondere mit den Praxispartnern, geführt, andererseits haben die beteiligten Forschungspartner (UNU-EHS, MLU und das DLR) einen präziseren Fokus für die Vorgehensweise und die Datenbeschaffung entwickelt. Beispielsweise wurde mit den VertreterInnen des BBK vereinbart, wichtige Daten des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) über das BBK in Amtshilfe zu beschaffen.

Des Weiteren wurden mit den Praxispartnern bereits vorliegende Konzepte diskutiert, wie z. B. das Konzept Hochwasserschutz der Stadt Köln; außerdem wurden erste Stadtteile für die anvisierte spätere Haushaltsbefragung thematisiert. Im Rahmen der Auftaktveranstaltung wurden erste Themenfelder für die Indikatorenentwicklung skizziert und gemeinsam erarbeitet. Diese Themenfelder sind u.a. als Grundlage zur Entwicklung eines ersten Sets von Indikatoren herangezogen worden.

Bei der Auftaktveranstaltung sowie den weiteren Fachgesprächen wurden jedoch auch die unterschiedlichen Interessen der Partner deutlich. Beispielsweise wurde von Seiten des BBK insbesondere der Wunsch geäußert, sich möglichst auf vorliegende Daten auf kommunaler Ebene bei der Indikatorenentwicklung zu stützen, wohingegen die an neuen Daten durch Haushaltsbefragung und Experteninterviews interessiert ist. Unterschiedliche Auffassungen wurden auch bezüglich der Definition von Vulnerabilität, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität deutlich. Hier wurde in der ersten Projektphase intensiv an der Definition der entsprechenden Termini für das Projekt gearbeitet (siehe Kapitel 3).

## 2. Aufbau des Forschungsvorhabens

### 2.1 Zielsetzung und Bearbeitungsstruktur

Das F+E-Vorhaben hat das Ziel, anhand von ausgewählten Schlüsselbereichen eine systematische Operationalisierung des Themas Vulnerabilität zu vollziehen, um einerseits eine gezieltere Aufklärung über mögliche Verwundbarkeiten durch wasserbezogene Naturgefahren zu ermöglichen und um andererseits Handlungspotenziale für Politik, Katastrophenschutz und Planung aufzeigen zu können.

Folglich liegt der Schwerpunkt der Studie in der Entwicklung und dem Test von Indikatoren zur Messung und Beurteilung der Vulnerabilität von Gesellschaft/ Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft und Kritischen Infrastrukturen durch Naturgefahren, insbesondere Hochwasser am Beispiel ausgewählter urbaner Räume in Deutschland.

Anhand der Fallbeispiele der Stadt Köln und der Stadt Dresden soll die Vulnerabilität von an großen Flüssen gelegenen, urbanen Räumen für den sozialen, ökonomischen und ökologischen Bereich untersucht werden. Hierfür sollen Kriterien und Indikatoren zur Messung und Beurteilung der Vulnerabilität von Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft und Kritischen Infrastrukturen durch wasserbezogene Naturgefahren (insbesondere Hochwasser) entwickelt und getestet werden. Dabei geht es insbesondere darum, verschiedene Arbeitsmethoden zur Messung der Vulnerabilität zu testen und vor dem Hintergrund der bisherigen Heterogenität und des vielfach isolierten Vorliegens unterschiedlicher Informationen und Statistiken sinnvolle Verknüpfungen dieser Daten zu realisieren.

Da in diesem Zusammenhang nicht nur die Identifikation der Anfälligkeit entsprechender Schutzobjekte gegenüber wasserbezogenen Naturgefahren von Interesse ist, sondern auch die Frage, wie Vulnerabilität reduziert und gemindert werden kann, wird neben der Analyse der Anfälligkeit eine erste Analyse der vorhandenen Bewältigungskapazität angestrebt.

Vor diesem Hintergrund zielt der Ansatz des F+E-Vorhabens auf die konkrete Erfassung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität sowie deren räumlicher Verteilung. Ziel ist es, verschiedene Schutzobjekte aus den Bereichen Bevölkerung (z. B. unterschiedliche soziale Gruppen), Umwelt (z. B. Boden, Wasser), Wirtschaft (z. B. Betriebe) und Kritischer Infrastrukturen (z. B. Verkehrsinfrastruktur) hinsichtlich ihrer Vulnerabilität vergleichend zu bewerten.

Hierfür wird, trotz Schwierigkeiten bezüglich unvollständiger Daten und Informationen, die Erfassung und Bewertung der Vulnerabilität der unterschiedlichen Schutzobjekte angestrebt, um räumliche Handlungsschwerpunkte und mögliche Handlungsansätze zu identifizieren.

Ein wesentliches Ziel der Studie besteht somit darin, neben den „klassischen“ Vulnerabilitätsindikatoren (z.B. Todesopfer durch Überschwemmungen), die aus Sicht der Forschungsnehmer für eine Analyse in Deutschland keine hinreichende Grundlage bieten, weitergehende Indikatoren für die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität ausgewählter Schutzobjekte für die Fallbeispiele zu entwickeln und zu testen.

Die bereits durch kleinere Störungen Kritischer Infrastrukturen<sup>1</sup> verursachten Folgewirkungen (Beispiel Stromausfall) zeigen die hohe Abhängigkeit der industrialisierten Gesellschaft vom zuverlässigen Funktionieren dieser Infrastrukturen auf. Unbeschadet der Tatsache, dass Kritische Infrastrukturen (z. B. Stromversorgung, Wasserversorgung etc.) eine zentrale Grundlage unserer Wohlfahrt und unseres Komforts bilden, soll u.a. untersucht werden, inwieweit die zunehmende Abhängigkeit von Kritischen Infrastrukturen zu einer Erhöhung der Vulnerabilität (Stadtbevölkerung, Betriebe etc.) geführt hat.

In diesem F+E-Vorhaben soll auch die bisher nicht oder nur marginal berücksichtigte ökologische Vulnerabilität untersucht werden. In der Literatur und der aktuellen Diskussion geht es im Zusammenhang mit Umweltauswirkungen nur um kurzfristige Nutzungsausfälle, z. B. in Form des Verlustes an landwirtschaftlicher Nutzfläche. Ökologische Funktionen bestimmter Räume werden aber beispielsweise durch Kontamination ebenfalls beeinträchtigt.

Ein weiteres Ziel des Forschungsvorhabens besteht darin, die Form und das Ausmaß der Vulnerabilität unterschiedlicher Wirtschaftsbranchen (Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe) zu ermitteln. Dabei sollen neben den bisher üblichen Verfahren der Darstellung der ökonomischen Schadenspotentiale, gemessen in Geldwerten, neue Ansätze entwickelt werden.

---

<sup>1</sup> Kritische Infrastrukturen sind nach offizieller Definition des AK KRITIS im Bundesministerium des Innern (BMI) vom 17.11.2003 „Einrichtungen und Organisationen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“. (vgl. BMI, 2005). Sie werden unterteilt in die Sektoren Energie, Informationstechnik und Telekommunikation, Versorgung, Transport und Verkehr, Gefahrstoffe, Finanz-, Geld- und Versicherungswesen, Behörden und Verwaltung sowie Sonstiges (z.B. Medien, Großforschungseinrichtungen).

Die unterschiedlichen Themenbereiche und Dimensionen (Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft, Kritische Infrastrukturen) zeigen, dass es notwendig ist, verschiedene Arbeitsmethoden zur Erfassung und Messung der unterschiedlichen Bestandteile von Vulnerabilität (Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) heranzuziehen und zu testen.

Im weiteren Verlauf des Projekts soll zudem die subjektive Vulnerabilitäts-einschätzung durch potenziell betroffene Bürger erfasst und bewertet werden, um sie mit den wissenschaftlich generierten Indikatoren zu vergleichen. Entsprechende Übereinstimmungen und Gegensätze sollen dokumentiert sowie Handlungsvorschläge zur Reduzierung objektiver und subjektiver Vulnerabilität formuliert werden.

Die Studie verfolgt darüber hinaus das Ziel, mögliche und sinnvolle Verknüpfungspotenziale zwischen den verschiedenen Datengrundlagen auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene aufzuzeigen, um die bisher vielfach heterogenen und unverbundenen Datenbestände zielführend für die Bewertung von Vulnerabilität nutzbar zu machen. Praktische Handlungshinweise zur Nutzung und Anwendung der Indikatoren in der städtischen Katastrophenvorsorge sowie der regionalen und bundesweiten Vulnerabilitätsbewertung sollen abgeleitet werden.

Der Aufbau des Forschungsvorhabens gliedert sich in mehrere Phasen, die im Zeit- und Kostenplan des Antrags enthalten sind und in Abbildung 1 verdeutlicht werden.

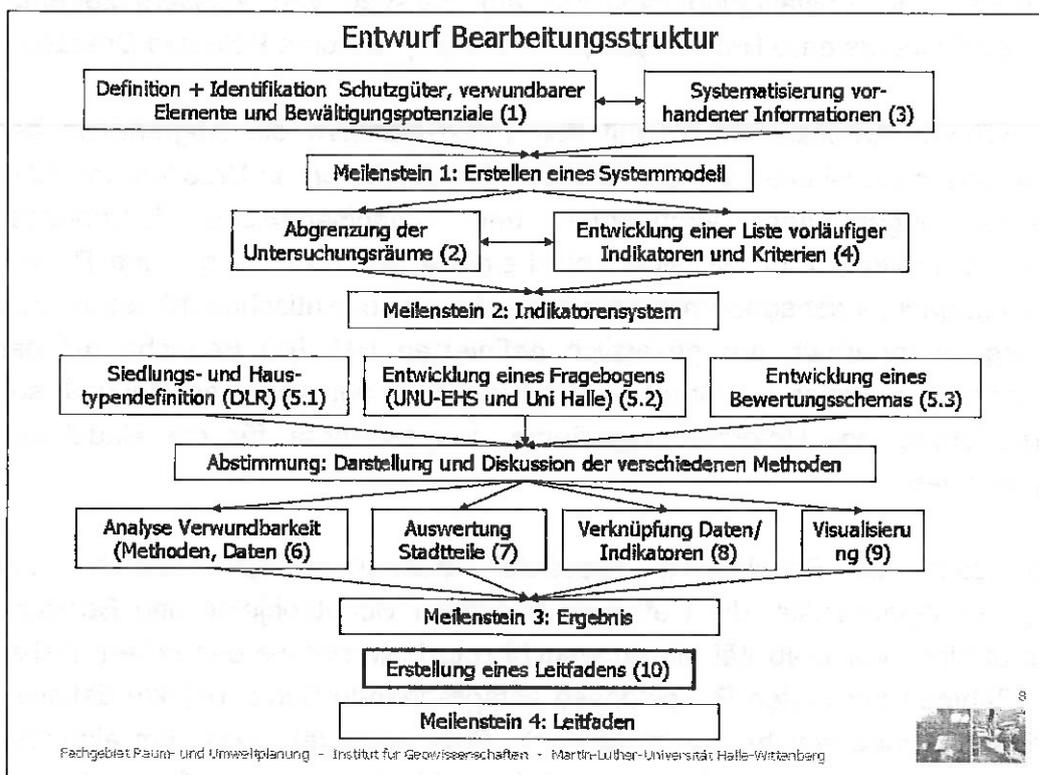


Abbildung 1: Entwurf Bearbeitungsstruktur (eigene Darstellung).

## 2.2 Arbeitsschritte der ersten Projektphase

Im Rahmen der ersten Projektphase wurde mit der Durchführung der im Zeit- und Kostenplan aufgeführten Arbeitsschritte 1) bis 4) begonnen.

Grundlegender Bestandteil dieser Projektphase war die gemeinsame Abstimmung der zentralen Begriffe (Vulnerabilität, Anfälligkeit, Bewältigungskapazität, Exposition etc.) sowie die Formulierung präziser Arbeitsdefinitionen (siehe Kapitel 5). Darüber hinaus wurden mit dem BBC-Konzept und der Präferenz-Matrix (als Teil der weiterentwickelten ökologischen Risikoanalyse) zwei Konzepte eingeführt, welche die systematische Erfassung und Bewertung von Vulnerabilität unterstützen sollen (Meta-Frameworks).

In einem weiteren Schritt wurde eine intensive wissenschaftliche Analyse aktueller Ansätze und Methoden zur Abschätzung von Vulnerabilität in Bezug auf wasserbezogene Naturgefahren durchgeführt. Diese umfasste sowohl eine Übersichtsanalyse als auch eine vertiefende Analyse (Kapitel 4). Hierfür wurden die Ansätze und Methoden aktueller Studien und Konzepte auf ihre Relevanz und Nutzbarkeit für das Forschungsvorhaben hin ausgewertet und in einer Synopse zusammengefasst. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Analyse dienen als Grundlage für die im Forschungsvorhaben zu entwickelnden Indikatoren und Methodiken zur Abschätzung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren (insbesondere Hochwasser) für die Beispielräume Köln und Dresden.

In einem weiteren Arbeitsschritt ist mit den Praxispartnern die Abgrenzung der Untersuchungsräume diskutiert worden. Mit den Praxispartnern in Dresden und Köln wurden erste Begehungen durchgeführt und organisatorische Zuordnungsschwierigkeiten ermittelt. Eine wichtige Entscheidung der Forschungs- und Praxispartner besteht darin, insbesondere die Siedlungsbereiche, Kritischen Infrastrukturen und Umweltgüter innerhalb der gesetzlich definierten HQ 100 Bereiche mit der gesamtstädtischen Situation der Stadt zu vergleichen. In den nächsten Monaten soll die Konkretisierung der Untersuchungsräume, insbesondere für die Haushaltsbefragung, erfolgen.

Methodisch setzt die Entwicklung relevanter Indikatoren zur Messung und Beurteilung der Vulnerabilität die Definition prioritärer Schutzobjekte und Bereiche voraus, die auf ihre Vulnerabilität hin untersucht und bewertet werden sollen. Daher wurden im Rahmen der ersten Projektphase entsprechende Schutzobjekte definiert. Eine Prioritätensetzung war hier unumgänglich. Dies bedeutet, dass zum aktuellen Zeitpunkt die Liste der vorgeschlagenen Schutzobjekte weder umfassend noch abschließend formuliert ist.

Eine Modifizierung durch den im Praxistest erfolgenden Informationszuwachs kann gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich sein.

Zum Abschluss der ersten Projektphase wurde unter Berücksichtigung der mit der Synopse ermittelten Kriterien und Indikatoren ein erster Entwurf für ein vorläufiges Indikatorenset für exemplarische Bereiche und Schutzobjekte der Dimensionen Wirtschaft und Kritische Infrastrukturen erarbeitet. Diese Kriterien und Indikatoren sind als „erste Diskussionsgrundlage“ zu verstehen und werden im Verlauf des Projekts ergänzt, präzisiert, weiter entwickelt, und gegebenenfalls modifiziert. Dabei wird insbesondere zu prüfen sein, welche Daten auf lokaler Ebene zur Verfügung stehen.

### 3. Erläuterung und Definition zentraler Begriffe

Der in diesem Forschungsvorhaben zentrale Begriff der Vulnerabilität wird in verschiedenen Diskursen (Global Change, Klimawandel, Naturgefahren und Risikobewertung, Entwicklungsforschung, Gesundheitswissenschaften, Umweltforschung und Nachhaltigkeitsforschung) unterschiedlich interpretiert und konzeptualisiert. So finden sich in der aktuellen Literatur mehr als 25 unterschiedliche Definitionen, Konzepte und Methoden zur Systematisierung von Vulnerabilität (siehe u.a. CHAMBERS, 1989; BOHLE, 2001; WISNER et al., 2004; DOWNING et al., 2005; UN/ISDR, 2004; PELLING, 2003; LUERS, 2005; GREEN, 2004; UN-HABITAT, 2003; SCHNEIDERBAUER und EHRLICHER, 2004; VAN DILLEN, 2004; TURNER ET AL, 2003; CARDONA, 2004; THYWISSEN, 2006, BIRKMANN, 2006). Daher ist es ein schwieriges Unterfangen, sich auf eine spezifische Definition von Vulnerabilität für die hier vorliegenden verschiedenen Themenbereiche zu verständigen, zumal jede Disziplin und der damit verbundene Sektor (Umwelt, Bevölkerung, Wirtschaft, Kritische Infrastrukturen) über eigene Interpretationen und Konzepte verfügt. Aus diesem Grund besteht ein Ziel des Forschungsvorhaben darin, diese unterschiedlichen definitorischen Ansätze als Grundlage für die Entwicklung einer einheitlichen Methodik zusammenzuführen bzw. eine gemeinsame Definitionsgrundlage zu schaffen, die dann in der weiteren Spezifizierung wieder unterschiedliche Schwerpunktsetzungen enthalten kann.

Der Ursprung des Wortes Vulnerabilität lässt sich zurückführen auf die lateinische Bedeutung der Worte *vulnerare* (verletzen) oder *vulnus* (Wunde). Im Fremdwörterbuch wird Vulnerabilität mit den Begriffen Verwundbarkeit oder Verletzlichkeit übersetzt, die jedoch damit eine gewisse Verkürzung des Terminus bewirken, da im Verständnis des englischen Begriffs *vulnerability* vielfach auch der Bewältigungsaspekt enthalten ist. Im Zusammenhang mit Naturgefahren und Risiko wird der Begriff der Vulnerabilität primär im Sinne von Verletzung, Verletzlichkeit, Schäden und Schwächungen verwendet und verstanden (siehe u.a. ADGER et al. 2005). Hierzu ist allerdings anzumerken, dass innerhalb der Vulnerabilitätsforschung verschiedene Schulen existieren, die zum Teil deutliche Differenzen bei der Definition des Begriffes und Konzepts der Vulnerabilität aufweisen (siehe u.a. BIRKMANN 2006, FÜSSEL/KLEIN 2006).

Nach WISNER (2002) bezieht sich Vulnerabilität auf die Wahrscheinlichkeit von Verletzung, Tod, Verlust, Beeinträchtigung der Existenzgrundlagen und anderen Schäden in Folge eines Extremereignisses (z. B. Hochwasser) sowie auf ungewöhnliche Schwierigkeiten bei der Bewältigung solcher Ereignisse.

In Bezug auf die soziale Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen sollte nach CANNON et al. (2003) Vulnerabilität eine vorsorgende bzw. vorausschauende Komponente beinhalten: Was könnte einer bestimmten Bevölkerungsgruppe unter besonderen Risiko- und Bedrohungsfaktoren passieren? Die Bestimmungsfaktoren hierfür bestehen aus einem vielfältigen Satz von Charakteristika einer Person, Gemeinschaft oder Gesellschaft. Hierzu zählen beispielsweise menschliches Wohlergehen (Gesundheit, Moral, etc.), Selbstschutz (Besitzstände, Kapital, Einkommen, Qualifikation, etc.), soziale Absicherung (Gefahrenvorbeugung einer Gesellschaft, Baustandards, Notunterkünfte, etc.), soziale und politische Netzwerke und Institutionen (Sozialkapital, institutionelles Umfeld, etc.).

Aufgrund der geschilderten Heterogenität der Begriffsdefinitionen und Denkschulen war es erforderlich, ein gemeinsames Verständnis der wesentlichen Begriffe des Projekts zu erarbeiten und daraus adäquate Definitionen abzuleiten, die dem Kontext der Vulnerabilität städtischer Räume in Deutschland gegenüber wasserbezogenen Naturgefahren gerecht werden. Diese sind in Tabelle 1 auf der folgenden Seite aufgeführt. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um Arbeitsdefinitionen handelt, die möglicherweise im weiteren Projektverlauf noch modifiziert werden.

Begriff	Definition
Vulnerabilität <i>(vulnerability)</i>	<p>Vulnerabilität setzt sich zusammen aus der von physischen, sozialen, ökonomischen und ökologischen Faktoren und Prozessen determinierten Anfälligkeit exponierter Gemeinschaften oder Elemente (z.B. Bevölkerung, Infrastrukturen) gegenüber den Auswirkungen von Extremereignissen (z.B. Hochwasser) und der Kapazität zur Bewältigung der Auswirkungen solcher Ereignisse.  <i>(Eigene Definition in Anlehnung an UNIISDR 2004)</i></p> <p>Die Summe der Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß der prinzipiell möglichen Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen bei einer Exposition unter Berücksichtigung der Bewältigungskapazität bestimmen.  <i>(Eigene Definition)</i></p>
Anfälligkeit <i>(susceptibility)</i>	<p>Die Summe der Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß der prinzipiell möglichen Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen bei einer Exposition ohne Berücksichtigung der Bewältigungskapazität bestimmen.  <i>(Eigene Definition)</i></p>
Bewältigungskapazität <i>(coping capacity)</i>	<p>Summe der aktuell zur Verfügung stehenden Maßnahmen, Ressourcen und Prozesse, die vor, während und nach Eintritt eines Extremereignisses ergriffen werden können, um negative Auswirkungen zu begrenzen und den Normalzustand wiederherzustellen.  <i>(Eigene Definition)</i></p>
Bewältigungspotenzial	<p>Die Summe der potenziell erreichbaren Maßnahmen, Ressourcen und Prozesse, die vor, während und nach Eintritt eines Extremereignisses ergriffen werden könnten, um negative Auswirkungen zu begrenzen und den Normalzustand wiederherzustellen.  <i>(Eigene Definition)</i></p>
Exposition <i>(exposure)</i>	<p>Ausgesetztsein eines Schutzguts gegenüber einem potenziell schädlichen Extremereignis.  <i>(Eigene Definition in Anlehnung an UNIISDR 2004)</i></p>
Expositionsabschätzung <i>(exposure assessment)</i>	<p>Abschätzung der Exposition von Flächen und Objekten gegenüber Extremereignissen anhand bestimmter Randbedingungen (Modelle), z. B. HQ 100, HQ200.  <i>(Eigene Definition)</i></p>
Schaden <i>(damage, harm)</i>	<p>Negativ bewertete Folge (z. B. physische, soziale, ökologische, gesundheitliche oder ökonomische Folgen) eines Ereignisses oder einer Handlung für Schutzobjekte.  <i>(Definition ergänzt nach Risikokommission 2003)</i></p>

Tabelle 1: Definitionen zentraler Begriffe.

## **4. Synopse: Analyse aktueller Ansätze und Methoden zur Messung von Vulnerabilität in Bezug auf wasserbezogene Naturgefahren**

### **4.1 Aufbau der Analyse**

Im Rahmen der ersten Projektphase wurden Ansätze und Methoden aktueller Studien und Konzepte, die sich mit den Themenbereichen Vulnerabilität und wasserbezogene Naturgefahren befassen, auf ihre Relevanz und Nutzbarkeit für das Forschungsvorhaben hin ausgewertet und in einer Synopse zusammengefasst. Mit diesem Vorgehen wurde eine Grundlage für die weitere Entwicklung einer geeigneten Methodik zur Untersuchung der Vulnerabilität der Fallbeispielräume Köln und Dresden geschaffen.

Für die Analyse wurden Arbeiten ausgewählt, welche die Thematik Naturgefahren, insbesondere Hochwasser, im Zusammenhang mit der Betrachtung der Anfälligkeit verschiedener Schutzobjekte und der Bewältigungskapazität in Form von Hochwasserschutz, Katastrophenmanagement und sonstigen Leistungen zur Senkung der Anfälligkeit beinhalten. Besonderes Interesse galt auch solchen Arbeiten, die für die Fallbeispiele Dresden und Köln erstellt wurden und/oder bereits Kriterien und Indikatoren der Vulnerabilität enthalten.

Insgesamt wurden dreizehn Konzepte und Studien berücksichtigt. Neun der dreizehn ausgewählten Arbeiten befassen sich explizit mit dem Thema Hochwasser durch Flüsse, eine mit sturmflutbedingtem Hochwasser und drei mit Naturgefahren im Allgemeinen. Darüber hinaus beziehen sich zwei der Arbeiten auf die nationale Ebene, drei auf die Ebene von Bundesländern bzw. Regionen, vier auf die Ebene von Flusseinzugsgebieten sowie vier weitere auf die lokale Ebene. Einen expliziten Vulnerabilitätsbezug weisen acht der dreizehn Studien auf. Adressaten der Arbeiten sind in 7 Fällen Entscheidungsträger, z. B. Behörden und in einem Fall die Betreiber Kritischer Infrastrukturen.

Im Einzelnen wurden folgende Studien und Konzepte analysiert:

- Hochwasser-Katastrophenmanagement in österreichischen Gemeinden (ADAM, 2006)
- Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept (BMI, 2005)
- Hochwasservorsorge in Deutschland (DKKV, 2003)
- Aktionsplan Hochwasserschutz Elbe (IKSE, 2003)
- Dokumentation des Elbe-Hochwassers 2002 (IKSE, 2004)
- Aktualisierung der Gefährdungsanalyse Mecklenburg-Vorpommern (KAISER et al., 2002)

- Katastrophenanfälligkeit und „Nachhaltige Entwicklung“ (LASS et al., 1998)
- Maßnahmen des Katastrophenschutzes und Reaktionen der Bürger in Hochwassergebieten (PFEIL, 2000)
- Die Vulnerabilität des schleswig-holsteinischen Küstenraumes durch Sturmfluten (REESE, 2003)
- Präventiver Hochwasserselbstschutz von Privathaushalten und Unternehmen (REUSSWIG und GROTHMANN, 2004)
- Verfahren zur HWSK-übergreifenden Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen (SOCHER ET AL, 2005)
- Hochwasserschutzkonzept Köln (STADT KÖLN, 1996)
- Naturgefahren als soziale Konstruktion (WEICHSELGARTNER und DEUTSCH, 2002; WEICHSELGARTNER, 2002)

Die Analyse dieser Arbeiten erfolgte auf zwei Ebenen und umfasste sowohl eine Übersichtsanalyse als auch eine Tiefenanalyse. Die Vorgehensweisen und Ergebnisse dieser beiden Analyseschritte werden in den folgenden beiden Teilkapiteln vorgestellt.

## 4.2 Übersichtsanalyse

Die Übersichtsanalyse gibt Aufschluss darüber, welche Elemente und Dimensionen der Vulnerabilität bzw. welche Kriterien und Indikatoren in den jeweiligen Konzepten und Studien Eingang finden. Die Kriterien der Analysemaske entsprechen den im Forschungsvorhaben sowie den in den ersten Arbeitstreffen definierten Elementen der Vulnerabilität und den ihr zugeordneten Analysekatégorien.

Um die Aussagen der ausgewerteten Arbeiten für die Projektkonzeption nutzbar zu machen, erfolgte in der Auswertungstabelle der Übersichtsanalyse eine Trennung zwischen Anfälligkeit und Bewältigung. Im Bereich der Anfälligkeit wurde untersucht, welche Auswirkungen auf die verschiedenen Schutzobjekte bezüglich eines Hochwasserereignisses in den Arbeiten thematisiert werden. Für die Bewältigung galt es, die aktuell erbrachten Maßnahmen bzw. Leistungen (Bewältigungskapazität) sowie die potenziell erreichbaren Leistungen (Bewältigungspotential) zur Minimierung dieser Auswirkungen aus den Arbeiten herauszufiltern. Mit der Übersichtsanalyse sollte zudem ermittelt werden, ob und welche Studien in den Bereichen Anfälligkeit und Bewältigung Kriterien und Indikatoren enthalten.

Ein weiteres Ziel der Übersichtsanalyse bestand darin, zu prüfen, welche von den in den ersten Arbeitsphasen ermittelten Schutzdimensionen und -objekten sowie Bewältigungsformen auch in den ausgewerteten Arbeiten Erwähnung finden.

Es wurden nur die Schutzobjekte und Formen der Bewältigung in die Auswertungstabelle aufgenommen, die auch in den Studien thematisiert werden. So erscheinen beispielsweise in der Dimension Kritische Infrastrukturen die Sektoren Gefahrstoffe, Finanz-, Geld- und Versicherungswesen, Behörden und Verwaltung sowie in der Umweltdimension die Bereiche Luft, Landschaftsbild, Integrität der Ökosysteme nicht in der Übersichtsanalyse, da sie in den analysierten Studien nicht erwähnt wurden. Hieraus lassen sich bereits erste Schlüsse dahingehend ziehen, welche Bereiche in den Arbeiten nur marginal oder gar nicht betrachtet werden. Das Ergebnis der Übersichtsanalyse ist in Tabelle 2 (auf der nächsten Seite) dargestellt.

Es ist festzustellen, dass außer für das Schutzobjekt Boden die Umweltauswirkungen nach einem Hochwasserereignis bisher nur marginal thematisiert wurden. Die Auswirkungen auf die Kritischen Infrastrukturen werden mit der Beschreibung der Beeinträchtigung des Verkehrs sowie dem Ausfall bzw. Unterbrechung der Energie- und Wasserversorgung ebenfalls sehr beschränkt betrachtet. Mit der Untersuchung der Anfälligkeit verschiedener sozialer Gruppen beschäftigen sich lediglich zwei Arbeiten.

Allgemein liegt der Schwerpunkt der Studien in der Beschreibung der Bewältigungskapazität, also der aktuell erbrachten Maßnahmen und der Erteilung von Handlungsempfehlungen (erreichbare Leistungen). Dabei werden vor allem technische und operationelle Maßnahmen in den Arbeiten thematisiert. Das natürliche Bewältigungsvermögen aber auch die Bewältigung durch finanzielle Mittel sowie soziale Bewältigungsformen wie soziale Netze oder das Hochwassergefahrenbewusstsein werden unzureichend betrachtet. Insgesamt leiten nur wenige Autoren ausgehend von den beschriebenen Auswirkungen und Fähigkeiten zur Bewältigung Kriterien und Indikatoren ab.



### 4.3 Tiefenanalyse

Mit der Tiefenanalyse erfolgte die weitergehende inhaltliche Auseinandersetzung mit den ausgewählten Studien, Konzepten und Forschungsberichten. Die Auswertung diente dazu, den Inhalt der jeweiligen Arbeit unter der Fragestellung, inwiefern bereits existierende Ansätze der Vulnerabilitätsabschätzung für das aktuelle Forschungsvorhaben von Relevanz sind und berücksichtigt werden können, in prägnanter Weise zusammenzufassen. Die Auswertung bezog sich dabei insbesondere auf die folgenden Kriterien:

- Ziel des Ansatzes
- Raumbezug
- inhaltlicher Fokus
- Definition bzw. Verständnis von Vulnerabilität
- verwendete Methodik
- entwickelte Indikatoren (wenn vorhanden)
- Schutzziele/Standards (wenn vorhanden)
- Adressat
- Produkte/Ergebnisse
- Kommentar

Die Ergebnisse der Tiefenanalyse werden auf den folgenden Seiten in tabellarischer Form aufgeführt:

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>ADAM, V. (2006): Hochwasser-Katastrophenmanagement. Wirkungsprüfung der Hochwasservorsorge und -bewältigung österreichischer Gemeinden</b>																				
<b>II. Ziel</b>	Entwicklung eines Konzeptes für eine wirkungsorientierte Prüfung des Katastrophenmanagements auf der Ebene von Gemeinden, das mit geringem Mehraufwand für andere Katastrophenarten bzw. in anderen Ländern anwendbar ist.																				
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kommunal/lokal</li> <li>• Detaillierte Vorstellung des Konzeptes und dessen Anwendung am Beispiel der niederösterreichischen Gemeinde Kamptal</li> </ul>																				
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	Entwicklung eines Prüfkonzepths für die Hochwasservorsorge und -bewältigung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfungen von staatlichen Programmen</li> <li>• Wirkungsprüfung des Katastrophenmanagements</li> </ul>																				
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	Vulnerabilitätsanalyse: „Auf qualitativer Ebene umfasst sie die Identifikation und Beurteilung der Gefährdung im Hinblick auf besonders exponierte Nutzungen der jeweiligen Flächen (zum Beispiel zur Lagerung gefährlicher Stoffe oder als Standort für Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten und wichtige Kulturgüter)“ (ADAM, 2006, S. 138).																				
<b>V. Methodik</b>	<p>Wirkungsprüfung für die Überprüfung des Katastrophenmanagements</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der relevanten Handlungsfelder im Katastrophenmanagement durch Untersuchung von Dokumentationen und Literatur über Hochwasserereignisse</li> <li>• Experteninterviews und schriftliche Befragung der betroffenen Bevölkerung</li> <li>• Ableitung eines Indikatorensystems zur Prüfung der Maßnahmen der Katastrophenvorsorge und -bewältigung (siehe Tabelle)</li> <li>• Bewertung der qualitativen Indikatoren in der räumlichen Analyse (Zuordnung der Werte auf einer Ordinalskala von „null“ bis „drei“) und der quantitativen Indikatoren anhand der Formulierung eines minimal zu erfüllenden Werts, der als Referenzpunkt dient (Zuordnung der Werte auf einer metrischen Skala von „null“ bis „drei“)</li> </ul> <p><b>Indikatoren in den einzelnen Handlungsfeldern des Katastrophenmanagements</b></p> <table border="1" data-bbox="469 1391 1394 1888"> <thead> <tr> <th colspan="3">Vorsorge</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">Risikoanalyse</td> <td rowspan="2">Gefahrenanalyse</td> <td>Analyse der Hochwassergefahr im relevanten Gebiet</td> </tr> <tr> <td>Dokumentation der erhobenen Gefahren</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Gefährdungsanalyse</td> <td>Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeiten</td> </tr> <tr> <td>Dokumentation der erhobenen Eintrittswahrscheinlichkeiten</td> </tr> <tr> <td>Gefahrenzonenplanung</td> <td>Gefahrenzonenplan</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Vulnerabilitätsanalyse</td> <td>Qualitative und quantitative Analyse möglicher Schäden</td> </tr> <tr> <td>Dokumentation der Analyse möglicher Schäden</td> </tr> <tr> <td>Exposition bei HQ 30, HQ 100, RHHQ</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Informationspolitik</td> <td>Informationsaustausch mit örtlichen Einsatzorganisationen</td> </tr> <tr> <td>Informationsaustausch mit der Bevölkerung</td> </tr> <tr> <td>Gefahrenbewusstsein der Bevölkerung</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">→ Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite</p>	Vorsorge			Risikoanalyse	Gefahrenanalyse	Analyse der Hochwassergefahr im relevanten Gebiet	Dokumentation der erhobenen Gefahren	Gefährdungsanalyse	Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeiten	Dokumentation der erhobenen Eintrittswahrscheinlichkeiten	Gefahrenzonenplanung	Gefahrenzonenplan	Vulnerabilitätsanalyse	Qualitative und quantitative Analyse möglicher Schäden	Dokumentation der Analyse möglicher Schäden	Exposition bei HQ 30, HQ 100, RHHQ	Informationspolitik	Informationsaustausch mit örtlichen Einsatzorganisationen	Informationsaustausch mit der Bevölkerung	Gefahrenbewusstsein der Bevölkerung
Vorsorge																					
Risikoanalyse	Gefahrenanalyse	Analyse der Hochwassergefahr im relevanten Gebiet																			
		Dokumentation der erhobenen Gefahren																			
	Gefährdungsanalyse	Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeiten																			
		Dokumentation der erhobenen Eintrittswahrscheinlichkeiten																			
	Gefahrenzonenplanung	Gefahrenzonenplan																			
	Vulnerabilitätsanalyse	Qualitative und quantitative Analyse möglicher Schäden																			
		Dokumentation der Analyse möglicher Schäden																			
		Exposition bei HQ 30, HQ 100, RHHQ																			
	Informationspolitik	Informationsaustausch mit örtlichen Einsatzorganisationen																			
		Informationsaustausch mit der Bevölkerung																			
Gefahrenbewusstsein der Bevölkerung																					

<b>V. Methodik (fortgesetzt)</b>	<b>Vorsorge (fortgesetzt)</b>		
	Vorbeugung	Raumplanung	Konfliktpotenzial der Raumordnung mit der Bevölkerung-, Siedlungs- und Wirtschaftsdynamik
			Durchführung einer gemeindeübergreifenden Raumordnung
			Gemeindeübergreifendes Raumordnungsprogramm
			Flächenwidmungsplanung
		Bauvorschriften	Nutzung der Steuerungsmöglichkeiten durch die zuständigen Baubehörden
		Aktive/ passive Schutzmaßn.	Vorhandensein eines Schutzkonzeptes
			Umsetzung des Schutzkonzeptes
			Überregionale Zusammenarbeit
		Planung der Notfallversorgung	Bevorratung
			Erstellung des Katastrophenschutzplanes
			Katastrophenschutzplan
		Eigenvorsorge der Bevölkerung	Bereitschaft zur Eigenvorsorge
			Akzeptanz der Eigenvorsorge
	Kenntnis über Möglichkeiten der Eigenvorsorge		
	Berücksichtigung Hochwasserschutz beim Bau		
	Angepasste Nutzung des Objektes		
	Vorbereitung für Ereignis		
	Monitoring und Frühwarnung	Hochwasserprognose	Hochwasserversicherung
			Bezug der Prognosedaten
		Warnung und Alarmierung	Pegelmessung
			Zeitdauer bis zum Erreichen der Bevölkerung
			Alarmplan
	<b>Bewältigung</b>		
Rettungsmaßnahmen	Einsatzleitung und Krisenstab	Infrastruktur für Einsatzleitung und Krisenstab	
		Besetzung	
		Führungsrhythmus	
	Informationsmanagement	Information gegenüber den Betroffenen	
		Wissensstand der Bevölkerung	
Humanitäre u. Finanzielle Hilfe	Notfallversorgung	Pressezentrum	
		Umgang mit den Medien	
	Beihilfen-/Spendenverteilung	Unterbringungs- und Versorgungsmöglichkeiten	
		Funktionieren der Notfallversorgung	
Wiederaufbau Reflexion	Wiederherstellung Infrastruktur	Schadensaufnahme	
		Verteilungsverfahren	
	Lessons Learned	Instandsetzung öffentlicher Einrichtungen	
		Dokumentation	
		Kenntnis der Bevölkerung über getroffene Maßnahmen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nach der Bewertung jedes Kriteriums bzw. Indikators erfolgt zusammenfassend für die Bereiche Risikoanalyse, Vorbeugung, Monitoring und Frühwarnung, Rettungsmaßnahmen, humanitäre und finanzielle Hilfe, Wiederaufbau und</li> </ul>		
<b>V.a) Indikatoren</b>	Siehe V.		
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	HQ <sub>30</sub> , HQ <sub>100</sub> und RHHQ.		
<b>VII. Adressat</b>	Direkter Adressat ist die niederösterreichische Gemeinde Kamptal. Allgemein ist es der österreichische Staat, dessen Verwaltungshandeln auf kommunaler Ebene im Rahmen dieser Arbeit überprüft werden soll.		
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	Standardisiertes Verfahren zur Wirkungsprüfung der Hochwasservorsorge und -bewältigung		
<b>Kommentar</b>	Die Arbeit ist sehr stark betriebswirtschaftlich orientiert. Dabei ist das Augenmerk auf die Überprüfung der Katastrophenvorsorge und -bewältigung gerichtet, nicht auf die Betroffenheit der Beteiligten oder die Auswirkungen von Ereignissen.		

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>BUNDESMINISTERIUM DES INNERN, BMI (2005): Schutz kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen</b>
<b>II. Ziel</b>	Ziel ist die Reduzierung der Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen gegenüber natürlichen Ereignissen und Unfällen sowie gegenüber terroristischen Anschlägen und kriminellen Handlungen.
<b>III. Raumbezug</b>	Lokale Ebene der Infrastrukturbetreiber, bundesweit
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	Schutzmaßnahmen für Kritische Infrastrukturen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• baulich</li> <li>• organisatorisch</li> <li>• personenbezogen</li> <li>• technisch</li> </ul>
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	Vulnerabilität wird verstanden als „Anfälligkeit des betrachteten Gebietes gegenüber schädlichen Einwirkungen zum Beispiel natürlicher, physischer, technischer, ökonomischer Art“ (BMI, 2005, S. 52).
<b>V. Methodik</b>	Aufzeigen eines <b>mehrstufigen Analyse- und Planungsprozesses</b> zur Ermittlung der Risiken sowie zur Überprüfung bzw. Anpassung von Schutzmaßnahmen, der aus folgenden Komponenten besteht: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bildung von Gefährdungskategorien, differenziert nach den Bereichen Naturkatastrophen, Unfälle, Terrorismus, Kriminalität</li> <li>2. Festlegung des jeweiligen Schutzniveaus</li> <li>3. Entwicklung von Schadens- und Bedrohungsszenarien</li> <li>4. Analyse von Schwachstellen</li> <li>5. Formulierung von Schutzzielen und daraus abgeleitet Darlegung von Schutz- und Gegenmaßnahmen</li> <li>6. Formulierung des jeweiligen Handlungsbedarfs</li> <li>7. Umsetzung des formulierten Handlungsbedarfs</li> <li>8. Regelmäßige Überprüfung dieses Analyse- und Planungsprozesses im Rahmen des Qualitätsmanagements</li> </ol> <p>Ein <b>Fragenkatalog</b> und eine <b>Checkliste</b> dienen als Hilfestellung für die Umsetzung des Basisschutzkonzeptes. Sie sollen als übergreifende Instrumente vor allem dazu dienen, einen unternehmensinternen Diskussionsprozess über die Erhöhung der Sicherheit zu initiieren und zielgerichtet zu steuern.</p>
<b>V.a) Indikatoren</b>	Das Basisschutzkonzept weist keine direkten Indikatoren aus. Allerdings können aus dem Fragenkatalog und der Checkliste Kriterien bzw. Indikatoren abgeleitet werden.
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Das Basisschutzkonzept selbst gibt keine konkreten Schutzziele bzw. Standards vor. Allerdings wird darauf verwiesen, dass sich der Bedarf für ein Basisschutzkonzept aus gesetzlichen Vorschriften und allgemein anerkannten Standards (z. B. § 91 Aktiengesetz, Störfallverordnung) sowie aus allgemein anerkannten unternehmerischen Prinzipien eines vorausschauenden Risikomanagements und einer strategischen, auf Erfolg und Kontinuität ausgerichteten Unternehmensplanung ergibt.
<b>VII. Adressat</b>	Unternehmensleitungen der Infrastrukturbetreiber sowie Ansprechpartner für die Entwicklung von strategischen Konzepten für Gefährdungsanalysen und Risikomanagementsystemen sowie von Maßnahmen zur Risikominimierung
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	Anleitung für einen mehrstufigen Analyse- und Planungsprozess zur Ermittlung von Risiken und zur Überprüfung bzw. Anpassung von Schutzmaßnahmen inklusive Fragebogen und Checkliste
<b>Kommentar</b>	Der Schwerpunkt des Konzepts liegt auf der objektbezogenen Identifizierung von Gefährdungen sowie der Analyse und Planung von Schutzmaßnahmen.

C

3

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>DEUTSCHES KOMITEE FÜR KATASTROPHENVORSORGE, DKKV [Hrsg.] (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland: Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet</b>
<b>II. Ziel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchführung einer interdisziplinären Analyse der derzeitigen Strukturen im Hochwassermanagement</li> <li>• Förderung eines Lessons Learned-Prozesses: Erfahrungen im Elbe-Einzugsgebiet sollen interdisziplinär aufgearbeitet und in konkrete, übertragbare Verbesserungen der Hochwasservorsorge integriert werden</li> </ul>
<b>III. Raumbezug</b>	Elbe-Einzugsgebiet, exemplarisch: Müglitztal, Dresden, Dessau, Bitterfeld, Havelpolder
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p>Analyse der Struktur des bisherigen Hochwassermanagements; Identifikation struktureller Defizite</p> <p><b>1. Analyse in Bezug auf Hochwasservorsorge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flächenvorsorge</b> = Mittel zur Schadenspotenzialminderung: Analyse der Instrumente der Flächenvorsorge auf allen bundesstaatlichen Ebenen, Instrumente:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Ausweisung von Flächen für die Hochwasservorsorge nach WHG, ROG, BauGB etc.</li> <li>b) Erstellung von Karten wie Gefahrenkarten oder Gefahrenhinweiskarten</li> </ol> </li> <li>• <b>Bauvorsorge</b> (= Eigenvorsorge)       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Verzicht auf Keller</li> <li>b) Anschaffung von mobilen und stationären Wassersperren</li> <li>c) Verbesserung der Standsicherheit: Vermeidung von Auftrieb, Wasserdruck, Strömungsdruck durch Gebäudeverankerung</li> <li>d) Bauwerksabdichtungen</li> <li>e) hochwasserangepasste Gebäudenutzung (geringwertige Nutzung von hochwassergefährdeten Stockwerken)</li> <li>f) Sichere Lagerung von Öl und umweltgefährdenden Stoffen</li> </ol> </li> <li>• <b>Verhaltensvorsorge:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Verstärkung der Informationsverbreitung: wie kann man sich im Ernstfall schützen</li> <li>b) Anbringen neuer und Vervollständigung bestehender Hochwasserschutzmarken in den Gemeinden</li> <li>c) Regelmäßige Informationsveranstaltungen, thematische Ausstellungen und Medienpräsentationen</li> </ol> </li> <li>• <b>Risikovorsorge:</b> finanzielle Deckung von Elementarschäden:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) öffentliche Vorsorge: Kompensationsleistungen, staatliche Fonds, Pflichtversicherung</li> <li>b) Eigenvorsorge: Ansparen von Kapital, freiwillige versicherungsgestützte Eigenvorsorge für Unternehmen und private Haushalte: privatwirtschaftliche Deckung von Elementarschäden</li> </ol> </li> <li>• <b>technischer Hochwasserschutz:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Polder zur Kappung des Scheitels bei extremem Hochwasser</li> <li>b) Modellierung von extremen Lastfällen und Versagensfällen muss vorsorgend in der Katastrophenabwehr berücksichtigt werden</li> <li>c) Landbewirtschaftung von Poldern muss den Hochwasserschutzzielen angepasst werden</li> </ol> </li> </ul>

<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b> <i>(fortgesetzt)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Natürlicher Rückhalt</b>  Deichrückverlegungen, Aufforstungen, spezielle Bodenbearbeitungsverfahren in der Landwirtschaft und Renaturierungen von Flüssen führen bei extremen Hochwässern nur zu einer geringen Scheitelkappung</li> </ul> <p><b>2. Analyse in Bezug auf Hochwasserbewältigung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hochwasservorhersage und -warnung, Hochwassermelddienste</b> sind länderübergreifend abzustimmen und zu optimieren</li> <li>• <b>Netzwerk der Katastrophenabwehr (Netzwerkanalyse)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) bundesweit einheitliche, standardisierte, interne Statistiken der Katastrophenschutzorganisationen zur Optimierung der Katastrophenabwehr</li> <li>b) Motivation, Schulung sozialer und kommunikativer Kompetenzen und Disziplin von Einsatz- und Führungskräften schulen</li> </ol> </li> </ul>
<b>IV.a) Vulnerabilität</b> <b>(Definition bzw. Verständnis)</b>	<p>Der Begriff wird nicht explizit definiert, er wird im Zusammenhang mit der Definition des Risikobegriffes erwähnt. „Risiko ergibt sich aus der Interaktion von Gefährdung und Vulnerabilität“ (DKKV, 2003, S. 15).</p> <p>Die Vulnerabilität beschreibt dabei die Exposition und die Empfindlichkeit von Menschen, Gütern und Umwelt.</p>
<b>V. Methodik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Flächenvorsorge, Bauvorsorge, Verhaltensvorsorge und Risikovorsorge: Literatursauswertungen, Experteninterviews, telefonische und schriftliche Befragungen.</li> <li>• Analyse anderer Vorsorgeelemente: Erhöhung des natürlichen Rückhalts, technischer Hochwasserschutz, Informationsvorsorge: Expertengespräche, eigenständige Vorortstudien, Tagungen und Workshops</li> <li>• Identifizierung von Strukturen bei der Katastrophenbewältigung: Netzwerkanalyse, Inhalts- und Dokumentenanalyse von Berichten und Auswertungen.</li> </ul>
<b>V.a) Indikatoren</b>	<p>Es werden keine Kriterien oder Indikatoren ausgewiesen; aus dem Sachzusammenhang könnten jedoch Indikatoren abgeleitet werden.</p>
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	<p>Es wird kein einheitliches Schutzziel/kein einheitlicher Schutzstandard genannt.</p>
<b>VII. Adressat</b>	<p>Bund, Länder, Gemeinden und Bevölkerung allgemein</p>
<b>VIII. Produkte / Ergebnisse</b>	<p>Vorsorgende Maßnahmen zur Schadensminderung, Verringerung von Extremabflüssen, Hochwasserwarn- und Frühwarnsysteme, Katastrophenabwehr.</p>
<b>IX. Kommentar</b>	<p>Der Schwerpunkt der Arbeit liegt im Bereich der Vorsorge und der Bewältigung, nicht in einer Vulnerabilitätsbetrachtung. Es werden keine Indikatoren und Kriterien ausgewiesen. Aus der Analyse der Hochwasservorsorge und -bewältigung sowie den Vorschlägen für ein besseres Hochwassermanagement könnten allerdings Indikatoren abgeleitet werden.</p>

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DER ELBE, IKSE [Hrsg.] (2003): Aktionsplan Hochwasserschutz Elbe</b>
<b>II. Ziel</b>	Ziel ist es, einen Maßnahmenkatalog und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu liefern Teilziel u. a.: Ermittlung von Hochwasserrisiken und Hochwasserschäden in den Gemeinden, um Maßnahmen zur Minimierung der Hochwasserschadens-potenziale vorzuschlagen
<b>III. Raumbezug</b>	Elbe-Einzugsgebiet
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p><b>1. Maßnahmen im Einzugsgebiet der Elbe</b></p> <p>a) Maßnahmen zur Erhöhung der Retentionsräume der Einzugsgebietsflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Retentionswirkung durch landwirtschaftliche Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>- zeitliche Ausdehnung der Bodenbedeckung</li> <li>- hangparallele Bodenbearbeitung</li> <li>- Vermeidung erosionsfördernder Kulturen/Anbau in Hanglagen</li> <li>- Verbesserung der Bodenstruktur mit agrotechn. Maßnahmen</li> <li>- Verkleinerung der Schläge und Strukturierung der Landschaft</li> </ul> </li> <li>• Erhöhung der Retentionswirkung durch forstwirtschaftliche Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vermeidung von Kahlschlag</li> <li>- Standortgerechte Aufforstung</li> </ul> </li> <li>• Erhöhung der Retentionswirkung durch infrastrukturelle Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenzung der Flächeninanspruchnahme/Flächenversiegelung</li> <li>- Entsiegelung von Industriebrachen und sonstigen Brachen</li> <li>- Förderung der Regenwassernutzung</li> </ul> </li> <li>• Erhöhung der Retentionswirkung durch wasserwirtschaftl. Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schaffung natürlicher Retentionsräume</li> <li>- Errichtung von Rückhaltebecken, Poldern und Trockenbecken</li> </ul> </li> </ul> <p>b) Beschreibung der Aufgabenstellung von Studien für die Ermittlung von Hochwasserrisiken und Hochwasserschäden</p> <p>c) Beschreibung der Aufgabenstellung einer Studie zur Reaktivierung ehemaliger Überschwemmungsflächen</p> <p>d) Beschreibung der Aufgabenstellung einer Studie zur Wirkung großer Talsperren</p> <p>e) Prioritäre technische Hochwasserschutzmaßnahmen (Aufzählungen der prioritären Sanierungsprogramme von Elbdeichen)</p> <p><b>2. Verbesserung des Hochwasserinformationssystems</b></p> <p>a) Konzeption eines gemeinsamen Hochwasservorhersagesystems</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verlängerung des Vorhersagezeitraumes</li> <li>- Erhöhung der Vorhersagegenauigkeit</li> <li>- Erhöhung der räumlichen Dichte der Vorhersage</li> <li>- Verbesserung der Kommunikation zwischen Hochwassermelde- und -vorhersagezentren</li> </ul> <p>b) Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Hochwasserabwehr und der Eigenvorsorge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deichwachdienst und Deichverteidigung</li> <li>- Eigenvorsorge der Bürger wie Bauwerksabdichtungen, Unterbringung hochwertiger Nutzungen in oberen Geschossen, Verankerung von Öltanks</li> <li>- Eigenvorsorge von Gewerbe- und Industrieunternehmen wie Verlagerung von empfindlichen Geräten oberhalb des maximal zu erwartenden Wasserstandes, Bau/Errichtung stationärer und mobiler Absperrungen, Verankerung von Tanks, Silos</li> <li>- Eigenvorsorge durch Versicherungen</li> </ul> <p>c) Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Bürgerinformation und Stärkung des Hochwasserbewusstseins</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Broschüren und Faltblätter</li> <li>- Fachbeiträge in Presse, Rundfunk, Fernsehen und Internet</li> <li>- Filme als Unterrichtsmaterial</li> <li>- Ausstellungen, Ereignisdokumentationen</li> <li>- Schulungen, Weiterbildungen, Bürgerversammlungen</li> </ul>

<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	Die Vulnerabilität ist nicht Inhalt dieser Dokumentation. Die Betroffenheit gegenüber Hochwasser wird durch die Einteilung in Schutzwertkategorien (s. V.) beschrieben.
<b>V. Methodik</b>	<p>Zu 1 a), c), e) und 2 a)-c) Zusammenstellung von Maßnahmen und Handlungsempfehlungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz</p> <p><b>1b) Ermittlung der Hochwasserrisiken und Hochwasserschäden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitales Geländemodell der Flussaue</li> <li>• Übertragen der Scheitellinie des Bemessungshochwassers in das digitale Geländemodell</li> <li>• Übernahme von Gemeinde-, Gemarkungs- und Flurgrenzen in das digitale Geländemodell</li> <li>• Zuordnung der Flächennutzungstypen zu den Fluren und Gemarkungen</li> <li>• Auswertung statistischer Grunddaten der betroffenen Gemeinden</li> <li>• Ermittlung des Gesamtvermögens auf Grundlage der spezifischen Vermögenswerte der Schutzwertkategorien (siehe Tabelle Schutzwertkategorien)</li> <li>• Ermittlung der Schadenshöhe für die einzelnen Schutzwertkategorien über die Schädigungsfunktionen (Infrastruktur, Gewerbe, Wohnungen, Viehbestand, Vorratsbestände) als prozentualer Schädigungsgrad in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe</li> </ul> <p><u>Schutzwertkategorien</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einwohner</li> <li>• Wohnkapital</li> <li>• Hausratsvermögen</li> <li>• Arbeitsplätze</li> <li>• Kfz-Vermögen</li> <li>• Öffentliche Einrichtungen</li> <li>• Handel und Dienstleistungen</li> <li>• Ver- und Entsorgungsanlagen</li> <li>• Gewerbe und Industrie</li> <li>• Land- und Forstwirtschaft</li> <li>• Vorratsvermögen</li> <li>• Öffentliche Parks und Plätze</li> <li>• Infrastruktur</li> <li>• Wald</li> <li>• Gartenland</li> </ul>
<b>V.a) Indikatoren</b>	In dem Aktionsplan werden keine Indikatoren explizit ausgewiesen. Es können jedoch aus den Darstellungen 1) und 2) Kriterien bzw. Indikatoren zur potentiellen Verwundbarkeit und zur Bewältigung abgeleitet werden .
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemein HQ 100</li> <li>• in begründeten Ausnahmefällen HQ 200</li> <li>• in begründeten Ausnahmefällen das höchste historisch dokumentierte Hochwasser</li> </ul>
<b>VII. Adressat</b>	Für Hochwasserschutzmaßnahmen zuständige Behörden in den Landkreisen und Kommunen (Aktionsplan zielt auf Umsetzung durch Behörden)
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	Maßnahmenkatalog und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes
<b>Kommentar</b>	Der Begriff und die Thematik der Vulnerabilität finden nur indirekt Eingang in die Arbeit. Der Aktionsplan stellt vorwiegend Maßnahmen und Handlungsempfehlungen vor. Die Betroffenheit wird über Schutzwertkategorien und nur durch die Zuordnung von Vermögenswerten und Schädigungsfunktionen dargestellt.

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DER ELBE, IKSE [Hrsg.](2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe</b>
<b>II. Ziel</b>	Erfassung der Hochwasserereignisse 2002 von der Entstehung bis zu den Folgen für das gesamte Elbe-Einzugsgebiet
<b>III. Raumbezug</b>	Elbe-Einzugsgebiet
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p>Dokumentation</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meteorologische Ursachen des Hochwassers       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Beschreibung der Wetterlage</li> <li>b) raum-zeitliche Niederschlagsverteilung im Elbegebiet</li> </ol> </li> <li>2. Hochwasserverlauf       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Aufschlüsselung der Scheitelverläufe in den einzelnen Einzugsgebieten</li> <li>b) Einzugsgebiet der Elbe im Bereich Dresden:            Durch die erste Hochwasserwelle der Weißeritz wurden der Süden und die Innenstadt massiv geschädigt, vor allem die Infrastruktur, Industrieanlagen, Wohn- und Kulturbauten und der bedeutsame Krankenhauskomplex Dresden-Friedrichstadt.            Durch die zweite Hochwasserwelle der Elbe massive Schädigung entlang des Elbtals an Siedlungsgebieten, Infrastruktur, Kulturbauten wie der Gemäldegalerie.            In der dritten Phase des Hochwasserablaufes sind die Aus- und Schädwirkungen durch den massiven Anstieg des oberflächennahen Grundwassers nur sehr langsam abgeklungen.</li> </ol> </li> <li>3. Hydrologische Bewertung des Hochwassers</li> <li>4. Wirksamkeit von Hochwasserschutzanlagen       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Die größte Stauanlage Sachsens, die Talsperre Eibenstock verzeichnete Überlauf.</li> <li>b) Durch Überschreiten der Bemessungshochwasserstände und durch Schwachstellen kam es in Sachsen zu 14 Deichbrüchen entlang der Elbe und ca. 110 entlang der Mulde.</li> </ol> </li> <li>5. Vorhersagesysteme</li> <li>6. Hochwasserabwehr       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) In Sachsen war die rechtzeitige Evakuierung aufgrund des schnellen Wasserstandsanstieges und teilweise Weigerung der Einwohner oft nicht möglich.</li> <li>b) In vielen Fällen war die Rettung der eingeschlossenen Bürger nur mit Hilfe der 39 Hubschrauber des Bundesgrenzschutzes, der Bundeswehr und der Polizei möglich.</li> <li>c) Trotz Füllen von Sandsäcken durch viele freiwillige Helfer, Einsatzkräfte der Bundeswehr, Feuerwehr und des Bundesgrenzschutzes zur Deicherhöhung konnte an einigen Stellen kein wirksamer Hochwasserschutz erreicht werden.</li> </ol> </li> <li>7. Hochwasserschäden       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) In Sachsen 21 Todesopfer, 110 Verletzte</li> <li>b) In Sachsen an 25 652 Wohngebäude Schäden in Höhe von 1,7 Mrd. € durch totale Zerstörung, Einsturzgefahr und Kontamination.</li> <li>c) Bei gewerbliche Unternehmen erlitt besonders der Handel einen großen finanziellen Schaden.</li> <li>d) In der Land- und Forstwirtschaft fiel der größte finanzielle Schaden auf die Wirtschaftsgüter, gefolgt vom Feldinventar und den Aufräum- und Evakuierungskosten.</li> <li>e) Die kommunale und staatliche Infrastruktur erlitt Schäden in Höhe von ca. 2,1 Mrd. €.</li> </ol> </li> <li>8. Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Wassers/der Sedimente       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Hochwasser hat enormes Mobilisierungspotenzial.</li> <li>b) Einträge aus Altstandorten, Altablagerungen, Deponien, Kanalisationen, Stauhaltungen, wenig überströmten Bühnen.</li> </ol> </li> </ol>

<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b> <i>(fortgesetzt)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>c) Entlang der Elbe, unterhalb der Mulde wurden Vorsorgewerte der BBodSchV bei mind. 3 Kenngrößen überschritten.</li> <li>d) Erhöhte Konzentrationen organischer Stoffe durch Auswaschungen aus Feldern und bebauten Flächen, durch Ausspülen von Kanalisationssystemen der Städte/Gemeinden.</li> <li>e) Erhöhte Konzentrationen einiger Schwermetalle und höherchlorierter Kohlenwasserstoffe - wahrscheinlich durch die Freisetzung aus alten Flusssedimenten.</li> <li>f) Mineralöle aus unzureichend gesicherten Lagerobjekten.</li> <li>g) Durch Sauerstoffzehrungsprozesse in überströmten Bereichen massives Fischsterben in einigen Nebenflüssen.</li> </ul>
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	<p>Die Vulnerabilität ist nicht direkt Inhalt dieser Dokumentation. Es werden vorwiegend Schäden beschrieben, die sich auf Tote/Verletzte bzw. auf Sachschäden, angegeben im Geldwert, beziehen.</p>
<b>V. Methodik</b>	<p>In der Dokumentation werden keine Indikatoren und Kriterien explizit genannt. Folgende in der Arbeit aufgeführten Daten könnten jedoch als solche angesehen werden:</p> <p>Zu 6. Hochwasserabwehr :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Einsatzkräfte, die Anzahl der freiwilligen Helfer</li> </ul> <p>Zu 7. Hochwasserschäden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Todesopfer, Verletzte</li> <li>• Sachschäden als Geldwert in oben genannten Kategorien</li> </ul> <p>Zu 8. Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Wassers und der Sedimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemessene Stoffwerte wie Gehalt an Cadmium, Zink, Arsen, Blei und organischen Stoffen etc.</li> </ul>
<b>V.a) Indikatoren</b>	<p>Zu 4. und 5.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weder Kriterien noch Indikatoren um die Wirksamkeit von Hochwasserschutzanlagen und die Vorhersagesysteme einzuschätzen</li> </ul> <p>Zu 6. Hochwasserabwehr:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Genannte Anzahl der Einsatzkräfte und die Anzahl der freiwilligen Helfer können als Kriterium bzw. Indikator angesehen werden.</li> </ul> <p>Zu 7. Hochwasserschäden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Todesopfer, Verletzte als Indikator</li> <li>• Sachschäden als Geldwert in oben genannten Kategorien können als Kriterium bzw. Indikator angesehen werden.</li> </ul> <p>Zu 8. Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Wassers und der Sedimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemessene Stoffwerte wie Gehalt an Cadmium, Zink, Arsen, Blei und organische Stoffen etc. könnten Indikatoren darstellen.</li> </ul>
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	<p>Vorsorge gegenüber Hochwasserereignissen der Kategorie HQ 100</p>
<b>VII. Adressat</b>	<p>Dokumentation dient als Grundlage für weitere Arbeiten im Hochwasserschutz und für das Verhalten von Akteuren und Entscheidungsträgern.</p>
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation des Hochwasserverlaufes, der Hochwasserabwehr und der Auswirkungen des Hochwassers</li> <li>• Beurteilung der Gewässergüte und der Schadstoffbelastung der Auensedimente</li> </ul>
<b>Kommentar</b>	<p>Der Begriff und die Thematik der Vulnerabilität finden keinen direkten Eingang in die Arbeit. Es handelt es sich primär um eine Dokumentation der Geschehnisse. In der Dokumentation werden nur die Beprobungsdaten von Messstellen unterhalb der Muldemündung in die Elbe ausgewertet, so dass für Sachsen und speziell für Dresden keine Aussagen zu Stoffkonzentrationen bestehen.</p>

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>KAISER, W., SCHINDLER, M., JOBST, T. und G. MUNSCHKE (2002): Aktualisierung der Gefährdungsanalyse Mecklenburg-Vorpommern Teil II, Projektabschnitt 2002/2002, Bestimmung der Vulnerabilität des Landes gegenüber besonderen Gefährdungslagen und Katastrophen</b>
<b>II. Ziel</b>	Zielsetzung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Vulnerabilität des Landes gegenüber besonderen Gefährdungslagen und Katastrophen</li> <li>• Erarbeitung einer Methode zur Erstellung einer realistischen Katastrophenabwehrplanung</li> </ul>
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bundesland Mecklenburg-Vorpommern, Analyseebene Gemeinden: Vulnerabilität wird für jede Gemeinde in Mecklenburg-Vorpommern ermittelt</li> </ul>
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	Beschreibung des Verfahrens zur Ermittlung der Einzelvulnerabilität für die unterschiedlichen Gefährdungslagen und zur Errechnung der Gesamtvulnerabilität Mecklenburg-Vorpommerns  <u>untersuchte Gefährdungen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sturmflut/Sturmhochwasser und Hochwasser Elbe</li> <li>• Waldbrand</li> <li>• Schadstoffunfall Küste</li> <li>• Versagen einer Produktleitung</li> <li>• Massenansturm von Betroffenen</li> <li>• Tierseuchen</li> <li>• Gefahrgutunfälle (Transportunfälle)</li> </ul>
<b>IV.a) Vulnerabilität (Definition bzw. Verständnis)</b>	„Grad des Verlustes, den die Bevölkerung, Gebäude, Industrieanlagen, Wirtschaft, Kulturgüter, technische Infrastruktur u.a. durch das Auftreten eines Schadensereignisses erfahren können. Der Grad des Schadens (Vulnerabilität) wird mit einer Ausmaßskala von 0 bis 1 bestimmt.“ (KAISER et al., 2002, S. 6)
<b>V. Methodik</b>	Für die Ermittlung der Vulnerabilität gegenüber Hochwasser wurden folgende Daten in den Gemeinden erhoben: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einwohner im Gefährdungsbereich</li> <li>• Wohngebäude im Gefährdungsbereich<sup>1</sup></li> <li>• Nutztiereinheiten im Gefährdungsbereich</li> <li>• AIS-I Anlagen (Anlagen nach der 26. BImSchV) im Gefährdungsbereich</li> </ul> <p><sup>1</sup>Die Anzahl der Wohngebäude im Gefährdungsbereich geht im Vergleich zu den anderen Daten nicht als Indikator mit in die Berechnung der Einzel- und Gesamtvulnerabilität ein.</p> <p>Die Vulnerabilitätsmittlung erfolgt entsprechend der Arbeitsschritte der Störfallverordnung der Schweiz (ohne Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit) :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Systematische Ermittlung der Landesgefahrenschwerpunkte und Festlegen von Schadenslagen durch Auswertung von Erfahrungen aus früheren Ereignissen.</li> <li>2. Abschätzung der Gefährdungsbereiche (a) und der möglichen Schadenspotenziale (b) bezogen auf bestimmte Schadenslagen:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Gefährdungsbereiche: Modellierung der potenziellen Auswirkungen von Katastrophen; plausible Ausgangsbedingungen für Szenarien werden z. B. anhand von Sicherheitsberichten für Betriebe und Informationen zum Transport von Gefahrgütern abgeleitet und mit Hilfe des Programmsystems DISMA ausgewertet. Ergebnis sind Standardszenarien z. B. für typische Anlagen und Transportprozesse (entsprechend der Störfall-Verordnung – 12.BImSchV). Gefährdete Flächen werden aus Erfahrungen mit Gefährdungslagen und den Modellberechnungen abgeleitet.</li> </ol> </li> </ol>

<b>V. Methodik</b> <i>(fortgesetzt)</i>	<p>b) Schadenspotenziale beziehen sich auf Personen, Nutztiere, Gebäude, Flächen etc. im Gefährdungsbereich.</p> <p>Abgeleitete Vulnerabilität eines Gebietes: z. B. Betroffene Fläche und die darin befindlichen Personen, Nutztiere und Schutzgüter (des Lebens und des Lebensraumes).</p> <p>3. Definition einer Ausmaßskala zur Einstufung der Vulnerabilität (Schädigungsgrad) für einbezogene Schadenspotenziale: logarithmischer Maßstab von 0 – 1, drei Klassen  niedrige V.: <math>0,01 &lt; V_i &lt; 0,30</math> → allgemein Gefährdungslage  V.: <math>0,01 &lt; V_i &lt; 0,60</math> → besondere Gefährdungslage  V.: <math>0,01 &lt; V_i &lt; 1,00</math> → Katastrophe</p> <p>4. Bestimmung von Schwellenwerten für den Übergang von einer Klasse der Vulnerabilität zu einer höheren. Schwellenwerte werden anhand von Erfahrungswerten durch Schätzungen der Bearbeiter definiert.</p> <p>5. Ermittlung der Einzelvulnerabilität für alle einbezogenen Schadenspotenziale bezogen auf eine Gemeinde (Bezugseinheit) = Dichtemaße der Vulnerabilität.</p> <p>6. Gesamtvulnerabilität von Mecklenburg-Vorpommern für alle Gefährdungslagen durch Zusammenfassung ereignisbezogener Vulnerabilität  → Quotient aus der Summe der für eine Gemeinde zutreffenden Einzelvulnerabilitäten <math>V_i</math> (<math>i = 1-15</math>) und der Anzahl der für die Gemeinde zutreffenden Schadensindikatoren <math>A_z</math>: Gesamtvulnerabilität zwischen 0 und 1.</p>																
<b>V.a) Indikatoren</b>	<p>Schadensindikatoren (Ausmaßskala<sup>©</sup>)</p> <table border="1" data-bbox="472 1144 1417 1541"> <thead> <tr> <th>Gefahrenstypen</th> <th>Schadenspotenzial</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sturmflut/Sturmhochwasser und Hochwasser Elbe</td> <td>Personen, Nutztiereinheiten und AIS-I-Anlagen in überflutungsgefährdeten Flächen</td> </tr> <tr> <td>Waldbrand</td> <td>Waldfläche der Waldbrandgefahrenklasse A</td> </tr> <tr> <td>Schadstoffunfall Küste</td> <td>Länge der gefährdeten Küste</td> </tr> <tr> <td>Versagen einer Produktenleitung</td> <td>(betroffene Fläche in km<sup>2</sup>/Fläche der Gemeinde)* Einwohner der Gemeinde</td> </tr> <tr> <td>Massenanfall von Betroffenen - See</td> <td>Anzahl von Schiffspassagieren oder Anzahl anlandender Migranten</td> </tr> <tr> <td>Tierseuchen</td> <td>Betroffene Nutztiereinheiten</td> </tr> <tr> <td>Gefahrgutunfälle (Transportunfälle)</td> <td>siehe Produktenleitungen</td> </tr> </tbody> </table>	Gefahrenstypen	Schadenspotenzial	Sturmflut/Sturmhochwasser und Hochwasser Elbe	Personen, Nutztiereinheiten und AIS-I-Anlagen in überflutungsgefährdeten Flächen	Waldbrand	Waldfläche der Waldbrandgefahrenklasse A	Schadstoffunfall Küste	Länge der gefährdeten Küste	Versagen einer Produktenleitung	(betroffene Fläche in km <sup>2</sup> /Fläche der Gemeinde)* Einwohner der Gemeinde	Massenanfall von Betroffenen - See	Anzahl von Schiffspassagieren oder Anzahl anlandender Migranten	Tierseuchen	Betroffene Nutztiereinheiten	Gefahrgutunfälle (Transportunfälle)	siehe Produktenleitungen
Gefahrenstypen	Schadenspotenzial																
Sturmflut/Sturmhochwasser und Hochwasser Elbe	Personen, Nutztiereinheiten und AIS-I-Anlagen in überflutungsgefährdeten Flächen																
Waldbrand	Waldfläche der Waldbrandgefahrenklasse A																
Schadstoffunfall Küste	Länge der gefährdeten Küste																
Versagen einer Produktenleitung	(betroffene Fläche in km <sup>2</sup> /Fläche der Gemeinde)* Einwohner der Gemeinde																
Massenanfall von Betroffenen - See	Anzahl von Schiffspassagieren oder Anzahl anlandender Migranten																
Tierseuchen	Betroffene Nutztiereinheiten																
Gefahrgutunfälle (Transportunfälle)	siehe Produktenleitungen																
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Gefährdungsabhängiges Schutzziel: z. B. für Sturmflut: Bemessungshochwasser BHW 1872																
<b>VII. Adressat</b>	Katastrophenschutzbehörde des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Landesamt für zentrale Aufgaben und Technik der Polizei, Brand- und Katastrophenschutz Mecklenburg-Vorpommern (LBPK M-V))																
<b>VIII. Produkte / Ergebnisse</b>	Ermittlung und Darstellung territorialer Gefährdungsbereiche Einzel- und Gesamtvulnerabilität für das Land (Analyseebene Gemeinde)																
<b>IX. Kommentar</b>	Das Hochwasser stellt in der Arbeit nur eine unter vielen untersuchten Gefährdungslagen dar. Die Vulnerabilität wird mit der Berücksichtigung der Personen, Nutztiereinheiten und AIS-I Anlagen im Gefährdungsgebiet nur sehr eingeschränkt betrachtet. Den einzelnen Schutzgütern werden keine speziellen Eigenschaften zugewiesen.																

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>LASS et al. (1998): Katastrophenanfälligkeit und „Nachhaltige Entwicklung“. Ein Indikatorensystem für Deutschland (Pilotstudie)</b>		
<b>II. Ziel</b>	Kommentierung und Entwicklung einer Alternative zu dem von der CSD entwickelten Indikator unter Berücksichtigung <ul style="list-style-type: none"> <li>a) anthropogener Verursachungskomponenten</li> <li>b) Qualität der Schäden</li> <li>c) des Potenzials einer Gesellschaft, auf eine Katastrophe zu reagieren</li> </ul>		
<b>III. Raumbezug</b>	Deutschland		
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<b>Entwicklung eines Indikatorensystems</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Anforderungen an Katastrophenschutz-Indikatoren im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzeptes             <ul style="list-style-type: none"> <li>o wissenschaftlich</li> <li>o politisch</li> <li>o kommunizierbar</li> </ul> </li> <li>b) Katastrophenanfälligkeit einer Industrienation am Beispiel Deutschlands             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Katastrophenanfälligkeit über die drei Dimensionen Ereignis, Schadenspotenzial und Reaktionspotenzial beschrieben</li> <li>o Deutschlands Anfälligkeit gegenüber Naturkatastrophen, zivilisatorischen und epidemischen Katastrophen, Verbundkatastrophen</li> <li>o In Deutschland: Hochwasser wichtigstes Katastrophenereignis</li> <li>o <b>Hauptschadenspotenzial in Deutschland:</b> Bevölkerung (Leben, Gesundheit, Wohlbefinden - je nach Bevölkerungsgruppe unterschiedlich), Sachkapital (Gebäude, Maschinen, Automobile, Ernteerträge, Ertragswert landwirtschaftlicher Nutzflächen), Infrastruktur (Telefon- und Kommunikationsnetze, Wasser- und Energieversorgung, Straßen, Bahnlinien, Schifffahrtsstraßen), Naturkapital (Funktionen des Naturhaushaltes)</li> <li>o <b>Reaktionspotenzial in Deutschland:</b> Warnung/Früherkennung/Vorsorge und Versicherung (Evakuierung, Schutzraumbau, Deichbefestigungen), Hilfe/Rettung und Linderung (Anzahl der Hilfsorganisationen, Ausbildung, technische Ausstattung, organisatorische Koordinierung), Nachsorge/Wiederaufbau, Reflexion/Lernen</li> </ul> </li> <li>c) Indikatorenvorschläge (siehe V.)</li> </ul>		
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	<p>„Die Versehr- oder Verwundbarkeit menschlicher Individuen, Gesellschaften und materiellen und immateriellen Infrastrukturen“ (LASS, 1998, S. 19)</p> <p>Die Vulnerabilität wird als Kombination von Schadenspotenzial und Reaktionspotenzial verstanden.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <b>Schadenspotenzial:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevölkerung</li> <li>• Sachkapital</li> <li>• Infrastruktur</li> <li>• Naturkapital</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <b>Reaktionspotenzial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warnung/Früherkennung/Vorsorge/Versicherung</li> <li>• Hilfe/Rettung und Linderung</li> <li>• Nachsorge und Wiederaufbau</li> <li>• Reflexion und Lernen</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>Schadenspotenzial:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevölkerung</li> <li>• Sachkapital</li> <li>• Infrastruktur</li> <li>• Naturkapital</li> </ul>	<b>Reaktionspotenzial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warnung/Früherkennung/Vorsorge/Versicherung</li> <li>• Hilfe/Rettung und Linderung</li> <li>• Nachsorge und Wiederaufbau</li> <li>• Reflexion und Lernen</li> </ul>
<b>Schadenspotenzial:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevölkerung</li> <li>• Sachkapital</li> <li>• Infrastruktur</li> <li>• Naturkapital</li> </ul>	<b>Reaktionspotenzial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warnung/Früherkennung/Vorsorge/Versicherung</li> <li>• Hilfe/Rettung und Linderung</li> <li>• Nachsorge und Wiederaufbau</li> <li>• Reflexion und Lernen</li> </ul>		
<b>V. Methodik</b>	<b>Entwicklung eines Indikatorensystems der Katastrophenanfälligkeit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expertenbefragung</li> <li>• Ableitung von Indikatoren als geeignete Messgrößen für die drei Bereiche: Ereignis, Schadenspotenzial, Reaktionspotenzial für verschiedene Arten von Katastrophen, z. B. Hochwasser, Sturm, Erdbeben, Kernkraft- und Chemieunfälle, Flugzeugabsturz</li> </ul>		

<b>V. Methodik</b> <i>(fortgesetzt)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwickelte Indikatoren für das Schadens- und Reaktionspotenzial für Hochwasser und Katastrophen im Allgemeinen:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="459 331 1356 929"> <thead> <tr> <th>Schadenspotenzial</th> <th>Reaktionspotenzial</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siedlungs- und Gewerbeflächen in hochwassergefährdeten Gebieten (ersatzweise Bevölkerungsdichte)<sup>1</sup></td> <td>Größe der Überflutungsflächen (Polder etc.)<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Dichte und Bedeutung von Versorgungsinfrastrukturen<sup>3</sup></td> <td>Qualität der Frühwarnsysteme<sup>4</sup></td> </tr> <tr> <td>Bevölkerungsdichten in „Disaster Risk Zones“<sup>5</sup></td> <td>Anteil der versicherten Schäden an den Gesamtschäden<sup>6</sup></td> </tr> <tr> <td>Gesamtwert des zivilisatorischen Inventars in „Disaster Risk Zones“<sup>7</sup></td> <td>Höhe staatlicher Aufwendungen für den Katastrophenschutz<sup>8</sup></td> </tr> <tr> <td>Gesamt-„Wert“ der gefährdeten natürlichen/naturnahen Ökosysteme<sup>9</sup></td> <td>Güte der technischen Ausstattung der Hilfskräfte<sup>10</sup></td> </tr> <tr> <td>Integration von Umweltbehörden in den Katastrophenschutz<sup>11</sup></td> <td>Anzahl der Helfer im Katastrophenschutz<sup>12</sup></td> </tr> <tr> <td>Bilanzierung ökologischer Schäden<sup>13</sup></td> <td>Grad der Koordination/Kooperation staatlicher/privater Hilfsdienste<sup>14</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grad der Vorbereitung der Bevölkerung auf den Katastrophenfall (z. B. Schulung in Erste-Hilfe-Maßnahmen)<sup>15</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>1-2</sup> gelten speziell für Hochwasser  <sup>3-15</sup> gelten für alle Katastrophen</p>	Schadenspotenzial	Reaktionspotenzial	Siedlungs- und Gewerbeflächen in hochwassergefährdeten Gebieten (ersatzweise Bevölkerungsdichte) <sup>1</sup>	Größe der Überflutungsflächen (Polder etc.) <sup>2</sup>	Dichte und Bedeutung von Versorgungsinfrastrukturen <sup>3</sup>	Qualität der Frühwarnsysteme <sup>4</sup>	Bevölkerungsdichten in „Disaster Risk Zones“ <sup>5</sup>	Anteil der versicherten Schäden an den Gesamtschäden <sup>6</sup>	Gesamtwert des zivilisatorischen Inventars in „Disaster Risk Zones“ <sup>7</sup>	Höhe staatlicher Aufwendungen für den Katastrophenschutz <sup>8</sup>	Gesamt-„Wert“ der gefährdeten natürlichen/naturnahen Ökosysteme <sup>9</sup>	Güte der technischen Ausstattung der Hilfskräfte <sup>10</sup>	Integration von Umweltbehörden in den Katastrophenschutz <sup>11</sup>	Anzahl der Helfer im Katastrophenschutz <sup>12</sup>	Bilanzierung ökologischer Schäden <sup>13</sup>	Grad der Koordination/Kooperation staatlicher/privater Hilfsdienste <sup>14</sup>		Grad der Vorbereitung der Bevölkerung auf den Katastrophenfall (z. B. Schulung in Erste-Hilfe-Maßnahmen) <sup>15</sup>
Schadenspotenzial	Reaktionspotenzial																		
Siedlungs- und Gewerbeflächen in hochwassergefährdeten Gebieten (ersatzweise Bevölkerungsdichte) <sup>1</sup>	Größe der Überflutungsflächen (Polder etc.) <sup>2</sup>																		
Dichte und Bedeutung von Versorgungsinfrastrukturen <sup>3</sup>	Qualität der Frühwarnsysteme <sup>4</sup>																		
Bevölkerungsdichten in „Disaster Risk Zones“ <sup>5</sup>	Anteil der versicherten Schäden an den Gesamtschäden <sup>6</sup>																		
Gesamtwert des zivilisatorischen Inventars in „Disaster Risk Zones“ <sup>7</sup>	Höhe staatlicher Aufwendungen für den Katastrophenschutz <sup>8</sup>																		
Gesamt-„Wert“ der gefährdeten natürlichen/naturnahen Ökosysteme <sup>9</sup>	Güte der technischen Ausstattung der Hilfskräfte <sup>10</sup>																		
Integration von Umweltbehörden in den Katastrophenschutz <sup>11</sup>	Anzahl der Helfer im Katastrophenschutz <sup>12</sup>																		
Bilanzierung ökologischer Schäden <sup>13</sup>	Grad der Koordination/Kooperation staatlicher/privater Hilfsdienste <sup>14</sup>																		
	Grad der Vorbereitung der Bevölkerung auf den Katastrophenfall (z. B. Schulung in Erste-Hilfe-Maßnahmen) <sup>15</sup>																		
<b>V.a) Indikatoren</b>	Es werden Indikatoren der Katastrophenanfälligkeit, auch im Hinblick auf eine Messung der nachhaltigen Entwicklung, vorgeschlagen (siehe V.).																		
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Es wird kein konkretes Schutzziel genannt.																		
<b>VII. Adressat</b>	Es wird kein konkreter Adressat benannt.  Das Deutsche IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung veranlasste diese Studie, um Konzepte für eine Präzisierung des Katastrophenindikators (siehe II.) zu entwickeln																		
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	Indikatorensystem der Katastrophenanfälligkeit für Deutschland																		
<b>Kommentar</b>	Die Indikatoren sind zum Teil noch sehr abstrakt. Es fehlt an einer weitergehenden Operationalisierung, und es stellt sich die Frage, welche Indikatoren realistisch messbar sind. beispielsweise, ob und wie man den „Gesamtwert“ der gefährdeten natürlichen/naturnahen Ökosysteme messen kann.																		

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>PFEIL, J. (2000): Maßnahmen des Katastrophenschutzes und Reaktionen der Bürger in Hochwassergebieten. Am Beispiel von Bonn und Köln.</b>
<b>II. Ziel</b>	Ableitung von Handlungsempfehlungen aus der Analyse des Akzeptanzverhältnisses zwischen den Akteuren.
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lokal (Raum Köln und Raum Bonn) und zum Teil einzelobjektbezogen</li> </ul>
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p>Untersuchung der Interaktionen und des Akzeptanzverhältnisses zwischen den betroffenen Bürgern in Hochwassergebieten und den von den Kräften des Katastrophenschutzes ergriffenen Hilfsmaßnahmen während der Akutphase eines Hochwassers.</p> <p>Zentrale Fragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie sehen die individuellen Anpassungsstrategien der Akteure an das Hochwasser aus?</li> <li>• Wie akzeptieren die Bürger die Maßnahmen der Katastrophenverwaltung?</li> <li>• Gibt es einen Akzeptanzkonflikt?</li> <li>• Wovon ist Akzeptanz bzw. Nicht-Akzeptanz allgemein abhängig?</li> <li>• Haben die Strukturen der Katastrophenverwaltung der Städte Köln und Bonn einen Einfluss auf die Wahrnehmung und Akzeptanz des Katastrophenschutzes?</li> </ul>
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	Kein direkter Bezug zum Thema Vulnerabilität, wobei zahlreiche Fragen wichtige Aspekte zur Bewältigungskapazität aufgreifen
<b>V. Methodik</b>	<p>Die Untersuchung erfolgt durch qualitative Methoden der empirischen Sozialforschung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenerhebung mit Hilfe von leitfadensbasierten, offenen Interviews</li> <li>• Befragte Personen: unmittelbar betroffene Bürger, im Hochwassereinsatz tätige Helfer, Mitglieder von Einsatzleitungen vor Ort und Mitglieder der rückwärtigen Führungsebene</li> </ul> <p>Strukturierte Interpretation der Interviews anhand von vier Kategorien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbsthilfe</li> <li>• Konflikte</li> <li>• Information und Partizipation</li> <li>• Die Katastrophenverwaltung und ihre Struktur</li> </ul>
<b>V.a) Indikatoren</b>	<p>In der Studie werden keine direkten Indikatoren genannt. Allerdings können aus den Erläuterungen zu den unter V. genannten Kategorien z. B. folgende Kriterien bzw. Indikatoren insbesondere für die Bewältigungskapazität abgeleitet werden:</p> <p><b>Kategorie Selbsthilfe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• angepasste Wohnraumnutzung (z. B. keine Wohnräume im Erdgeschoss)</li> <li>• angepasste Wohnraumausstattung (z. B. Fliesen im Keller-/Erdgeschoss)</li> <li>• Vorbereitung (z. B. Vorrichtungen zum Aufhängen von Möbelstücken, Anschaffung von Pumpen und Hochdruck-Reinigungsgeräten)</li> <li>• bauliche Maßnahmen (z. B. Verlegung von Heizung und Elektroversorgung)</li> <li>• Anschaffung von eigenen Booten</li> <li>• Informationsmöglichkeiten (z. B. durch Bürgerinitiativen)</li> <li>• Aufklärung von neu hinzugezogenen Bewohnern (z. B. durch erfahrene Alteingesessene oder Nachbarn)</li> <li>• Umfang der im Hochwasserfall auszuräumenden Gegenstände</li> <li>• Ausmaß der zur Verfügung stehenden Hilfe</li> <li>• Vorhandensein von Nachbarschaftshilfe</li> </ul>

<b>V.a) Indikatoren (fortgesetzt)</b>	<p><b>Kategorie Konflikte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitschaft, hochwasserbedingte Einschränkungen hinzunehmen (z. B. in Bezug auf eingeschränkte Mobilität)</li> <li>• Risikoeinschätzung und Verhalten der Neubürger im Vergleich zu dem der „Alteingesessenen“</li> <li>• (Mangelnder) Informationsaustausch zwischen „Alteingesessenen“ und Neubürgern</li> <li>• Akzeptanz von Bürgerinitiativen</li> <li>• Verständnis der Anwohner für Maßnahmen der Einsatzkräfte</li> </ul> <p><b>Kategorie Information und Partizipation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angebot und Nutzung von Informationsbroschüren</li> <li>• Angebot und Nutzung von telefonischen Informationsdiensten</li> <li>• Einbeziehung der Medien in die Informationsvermittlung</li> <li>• Kommunikation zwischen Betroffenen und Akteuren der Katastrophenverwaltung</li> <li>• Zusammenarbeit zwischen Betroffenen und Akteuren der Katastrophenverwaltung</li> <li>• Einbeziehung der Bürger in Planungsprozesse</li> <li>• Bereitschaft der Bürger, sich im Hochwasserschutz zu engagieren (z.B. in Bürgerinitiativen)</li> </ul> <p><b>Kategorie Katastrophenverwaltung und ihre Struktur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlenmäßige Anpassung der Einsatzkräfte an die jeweilige Hochwassersituation</li> <li>• Effektivität der Strukturen der Katastrophenverwaltung</li> <li>• Effektivität der ergriffenen Maßnahmen</li> <li>• Verfügbarkeit von (freiwilligen) Helfern</li> <li>• Durchführung von Übungen mit Bürgern im Hochwassergebiet</li> </ul>
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Keine Nennung von spezifischen Schutzzielen/Schutzstandards
<b>VII. Adressat</b>	Keine konkreten Adressaten
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	Aus der Untersuchung abgeleitete Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Akzeptanzverhältnisses zwischen Betroffenen und Akteuren, z. B. durch die Einbindung von Bürgerinitiativen und das Vorhalten von Strukturen zur Bewältigung, welche den Schadenspotenzialen möglichst optimal angepasst sind.
<b>Kommentar</b>	Im Fokus der Arbeit stehen die Erfahrungen, Einstellungen und Interaktionen unterschiedlicher Akteure sowie deren Risikowahrnehmung und Akzeptanzverhalten gegenüber Hochwasserschutzmaßnahmen. Die Arbeit bezieht sich nicht direkt auf Vulnerabilität.

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>REESE, S. (2003): Die Vulnerabilität des schleswig-holsteinischen Küstenraumes durch Sturmfluten</b>
<b>II. Ziel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluation der Vulnerabilität und Risiken der Küstenniederungen Schleswig-Holsteins.</li> <li>• Entwicklung einer methodischen Grundlage für die detaillierte (mikroskalige) Bestimmung der Vulnerabilität, um auch Aussagen für konkrete Maßnahmenplanungen treffen zu können.</li> </ul>
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nord- und Ostseeküste Schleswig-Holsteins</li> <li>• detaillierte Vulnerabilitätsanalyse am Beispiel von 8 Gemeinden: Kiel als städtischer Agglomerationsraum, Scharbeutz, Timmendorfer Strand und St. Peter-Ording als touristisch geprägte Regionen und Kaiser-Wilhelm-Koog, Bannesdorf, Westfehmar und Landkirchen als ländliche Räume</li> </ul>
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p><b>Beschreibung, Durchführung einer Risikoanalyse im schleswig-holsteinischen Küstenraum anhand von 8 Beispielen unter Erarbeitung von:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefährdungsanalyse und Ereignisszenarien</li> <li>• Vulnerabilitätsanalyse bestehend aus der Wertermittlung und der Schadensschätzung</li> </ul>
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	<p><b>Definition Vulnerabilität (Vulnerability):</b>  „Die zu erwartende Schädigung an den Risikoelementen in einem spezifischen Raum, als mögliche Konsequenz bei Eintritt der spezifischen Gefahrensituation. Der Grad der Schadenserwartung lässt sich als absoluter Wert z. B. monetär ausdrücken oder als relativer Wert auf einer Skala von 0 (kein Schaden) bis 1 (Totalschaden 100%) oder deskriptiv in Form von Vulnerabilitätsklassen“ (REESE, 2003, S. 21).</p> <p><b>Vulnerabilitätsanalyse (Vulnerability Analysis):</b>  „Vulnerabilitätsanalyse ist das systematische, nachvollziehbare und formale Verfahren, die von spezifischen Ereignissen, Zuständen, Prozessen oder Handlungen bedrohte Werte und zu erwartenden Schädigungen der Risikoelemente in einem spezifischen Raum abschätzen“ (REESE, 2003, S. 21).</p> <p><u>Verwundbarkeiten beziehen sich auf:</u>  Einwohner, Arbeitsplätze, Siedlungen, Verkehr, Tourismus, Land- und Forstwirtschaft, Freizeit und Erholung, Ausstattung und Vorrat.</p>
<b>V. Methodik</b>	<p><b>Durchführung einer Risikoanalyse und einer Risikoabschätzung</b></p> <p><b>Risikoanalyse</b></p> <p><u>Gefährdungsanalyse und Ereignisszenarien</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der hydrometeorologischen Gefahr einer Sturmflut hinsichtlich ihrer Ausprägung und den Auswirkungen</li> <li>• Ableitung von spezifischen hydrologischen Szenarien auf der Basis von Modellierungen</li> </ul> <p><u>Vulnerabilitätsanalyse</u></p> <p>1. Wertermittlung (=Inventarisierung)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausweisung direkter und indirekter Sturmflutschadenskategorien mit weiterer Unterteilung in tangible und intangible Schäden (siehe Tabelle Schadenskategorien)</li> <li>• Indirekte tangible Objekte = Vermögenswerte (Angabe in Marktpreisen)</li> <li>• Intangible Objekte wie Einwohner, Arbeitsplätze, Gästebetten lassen sich keinem monetären Wert zuordnen (Angabe in Anzahl)</li> <li>• Werte können qualitativ oder quantitativ erfasst werden</li> <li>• Je nach Schadenskategorien unterschiedliche Wertermittlungsansätze</li> </ul>

<b>V. Methodik</b> (fortgesetzt)	<p><b>Schadenskategorien</b></p> <table border="1" data-bbox="470 280 1401 705"> <thead> <tr> <th colspan="2">direkt</th> <th colspan="2">indirekt</th> </tr> <tr> <th>tangibel</th> <th>intangibel</th> <th>tangibel</th> <th>intangibel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Gebäude</td> <td>• Einwohner</td> <td>• Bruttowertschöpfung</td> <td>• Arbeitsplätze</td> </tr> <tr> <td>• Priv. Inventar</td> <td></td> <td></td> <td>• Gästebetten</td> </tr> <tr> <td>• Kraftfahrzeuge</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Verkehrsflächen</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Landwirt. Nutzfl.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Ernteerträge</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Viehvermögen</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Wald- u. Forstfl.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Bodenwerte im Siedlungsraum</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Freizeit- und Erholungsflächen</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Ausrüstungsvermögen</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Vorratsvermögen</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Windkraftanlagen</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>2. Schadensabschätzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuordnung von geeigneten Schadensfunktionen zu den erfassten Vermögensbeständen auf Basis der hydrologischen Szenarien und der Wertermittlung.</li> <li>• Dies ist möglich in den Schadenskategorien Gebäude, privates Inventar, Kraftfahrzeuge, Windkraftanlagen, Ausrüstungsvermögen und Vorratsvermögen.</li> <li>• In den restlichen Schadenskategorien erfolgt unter Anwendung von Experteninterviews und Literaturlauswertungen eine Abschätzung des Schadens bzw. Schädigungsgrads bei verschiedenen hydrologischen Szenarien.</li> </ul> <p><b>Risikoabschätzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung des spezifischen statistischen Risikos aus dem Produkt von</li> </ul>	direkt		indirekt		tangibel	intangibel	tangibel	intangibel	• Gebäude	• Einwohner	• Bruttowertschöpfung	• Arbeitsplätze	• Priv. Inventar			• Gästebetten	• Kraftfahrzeuge				• Verkehrsflächen				• Landwirt. Nutzfl.				• Ernteerträge				• Viehvermögen				• Wald- u. Forstfl.				• Bodenwerte im Siedlungsraum				• Freizeit- und Erholungsflächen				• Ausrüstungsvermögen				• Vorratsvermögen				• Windkraftanlagen			
direkt		indirekt																																																											
tangibel	intangibel	tangibel	intangibel																																																										
• Gebäude	• Einwohner	• Bruttowertschöpfung	• Arbeitsplätze																																																										
• Priv. Inventar			• Gästebetten																																																										
• Kraftfahrzeuge																																																													
• Verkehrsflächen																																																													
• Landwirt. Nutzfl.																																																													
• Ernteerträge																																																													
• Viehvermögen																																																													
• Wald- u. Forstfl.																																																													
• Bodenwerte im Siedlungsraum																																																													
• Freizeit- und Erholungsflächen																																																													
• Ausrüstungsvermögen																																																													
• Vorratsvermögen																																																													
• Windkraftanlagen																																																													
<b>V.a) Indikatoren</b>	<p>Innerhalb der Vulnerabilitätsanalyse werden keine Indikatoren genannt. Folgende der Arbeit entnommene Daten könnten allerdings als Indikatoren oder Kriterien herangezogen werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Einwohner, Arbeitsplätze, Gästebetten und Anteil der gefährdeten Einwohner, Arbeitsplätze, Gästebetten an den Gesamtzahlen der Untersuchungsgebiete</li> <li>• monetäres Schadenspotenzial (Gebäude, privates Inventar, Kraftfahrzeuge, Verkehrsflächen, landwirtschaftliche Nutzfläche, Ernteerträge, Viehvermögen, Wald- und Forstflächen, Bodenwerte im Siedlungsraum, Freizeit- und Erholungsflächen, Ausrüstungsvermögen, Vorratsvermögen, Windkraftanlagen, Bruttowertschöpfung) als absolute Zahlen und prozentualer Anteil am Gesamtschadenspotenzial je Untersuchungsgebiet</li> </ul>																																																												
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	<p>In der vorliegenden Arbeit gibt es kein einheitliches Schutzziel.</p>																																																												
<b>VII. Adressat</b>	<p>Das mikroskalige Verfahren soll als Grundlage für konkrete Maßnahmenplanungen in den Kommunen dienen.</p>																																																												
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Vulnerabilität und Risikoabschätzung für die Untersuchungsgebiete</li> <li>• Entwicklung eines mikroskaligen Instrumentariums zur Durchführung einer objektbezogenen Vulnerabilitätsanalyse</li> </ul>																																																												
<b>Kommentar</b>	<p>Bei diesem Ansatz handelt es sich um eine Methode zur Risikoanalyse, die sich in Teilen auf Vulnerabilität bezieht. Die Vulnerabilitätsanalyse beschränkt sich in der Arbeit auf Wertobjekte und die Erfassung von Arbeitsplätzen, Einwohnern und Gästebetten. Damit bleiben qualitative Aspekte wie Erfahrungen und Verhaltensweisen von Bürgern, Anfälligkeit und Widerstandfähigkeit der Umwelt unberücksichtigt.</p>																																																												

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>REUSSWIG, F. und T. GROTHMANN (2004): Präventiver Hochwasserschutz von Privathaushalten und Unternehmen.</b>
<b>II. Ziel</b>	Untersuchung der privaten, vorsorgenden Selbsthilfe gegen Hochwassergefahren durch Privathaushalte und Unternehmen sowie deren Ursachen und Beeinflussbarkeit durch Maßnahmen der Risikokommunikation
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lokal/kommunal (Stadtgebiet der Stadt Köln)</li> </ul>
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	Der Fokus der Studie liegt auf der Anpassung (Adaption). Hier wird unterschieden zwischen administrativer und privater Adaption sowie auf der Zeitskala zwischen präventiver (vor einem Hochwasser) und reaktiver Adaption (während eines Hochwassers).
<b>IV.a) Vulnerabilität (Definition bzw. Verständnis)</b>	Vulnerabilität wird als Anfälligkeit umschrieben, allerdings nicht näher spezifiziert.
<b>V. Methodik</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entwicklung eines Modells zur Schadensvorsorge auf Grundlage der sogenannten Schutzmotivationstheorie (Protection Motivation Theory) von Rogers (1983)<sup>2</sup>.</li> <li>2. Überprüfung des Modells durch Befragung von 157 Haushalten und 35 Unternehmen in den hochwassergefährdeten Stadtgebieten Kölns (HQ100) zu den Themenbereichen aufgetretene Schäden, Risikowahrnehmung, Bewertung verschiedener Selbstschutzmaßnahmen und tatsächliches Präventionsverhalten. <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Haushaltsbefragung <p>Maße der Analyse der Schadensvorsorge in privaten Haushalten anhand von vier Handlungsoptionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauliche Maßnahmen</li> <li>• Anschaffung von Wasserschutzvorrichtungen</li> <li>• Vermeidung wertvoller Inneneinrichtung in Kellern</li> <li>• Informationsbeschaffung über Möglichkeiten zum Selbstschutz</li> </ul> <p>Weitergehende Fragen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimawandel</li> <li>• Emotionen, Vertrauen auf öffentlichen Hochwasserschutz</li> <li>• Empfundene Verpflichtung zum Selbstschutz</li> <li>• Soziodemographie der Befragten</li> </ul> </li> <li>b) Unternehmensbefragung <p>Maß der Analyse der Schadensvorsorge anhand von vier Handlungsoptionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauliche Maßnahmen (Verlegen der Heizung in Obergeschosse, Anschaffung von Schotten für Fenster und Türen...)</li> <li>• Erstellung von Notfallplänen</li> <li>• Versicherungsschutz</li> <li>• Informationsbeschaffung über Selbstschutzmöglichkeiten</li> </ul> </li> </ul> </li> </ol>

<sup>2</sup> REUSSWIG und GROTHMANN verweisen hierzu auf folgende Quelle ROGERS, R.W.(1983): Cognitive and physiological processes in fear appeals and attitude change: A revised theory of protection motivation. In: CACIOPPO, B.L. und L.L. Petty [Hrsg.]: Social psychophysiology: A sourcebook. London: 153-176.

<b>V.a) Indikatoren</b>	In der Studie werden keine direkten Indikatoren genannt. Die unter V. genannten Aspekte der Befragungen könnten allerdings als Grundlage für die Bildung von relevanten Themenfeldern für Kriterien und Indikatoren verwendet werden.
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Vorsorgender Selbstschutz gegen Hochwassergefahren durch Haushalte und Unternehmen.
<b>VII. Adressat</b>	Adressaten sind Politik und Wissenschaft.
<b>VIII. Produkte / Ergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entscheidende Potenziale bzw. Hemmnisse liegen im Bereich der Handlungsfähigkeit der Betroffenen und deren eigenen Einschätzung sowie im praktischen Handlungskontext, in den das „außeralltägliche“ Thema Hochwasser bzw. Hochwasserschutz eingebettet werden muss.</li> <li>• Die Informationspolitik ist hinsichtlich der Informationsbeschaffung der Betroffenen zu verbessern.</li> <li>• Notfallplänen im Unternehmenssektor wird eine hohe Wirksamkeit und Machbarkeit zugeschrieben.</li> <li>• Baulichen Maßnahmen und Versicherungen wird zwar Wirksamkeit, jedoch schwierige Umsetzbarkeit zugewiesen, weshalb hier öffentliche Stellen und Versicherungswirtschaft gefragt sind.</li> <li>• Risikokommunikation sollte stets auf die eigenen Möglichkeiten der Akteure abstellen und gezielt auf Barrieren eingehen.</li> <li>• Die Aufgabenverteilung zwischen öffentlichem und privatem Hochwasserschutz ist deutlich zu machen.</li> </ul>
<b>IX. Kommentar</b>	Die Analyse bezieht sich ausschließlich auf das Selbsthilfepotenzial von Haushalten und Unternehmen. Aus den in den Interviews verwendeten Fragen können sich Kriterien und Indikatoren zur Vorsorge und Bewältigung ableiten lassen.

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>SOCHER, M.; SIEBER, H.-U. und G. MÜLLER (2005): Verfahren zur HWSK-übergreifenden Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen nach Socher, Müller, Sieber (SMS-Verfahren) – Verfahrensbeschreibung. Dresden</b>
<b>II. Ziel</b>	Systematische Entscheidungshilfe für die Auswahl und Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen (anhand von Kriterien)
<b>III. Raumbezug</b>	Sächsische Gewässer 1. Ordnung, 47 Flussgebiete
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p><b>Beschreibung des Priorisierungs-Verfahrens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen erfolgt anhand der vier Kriterien: kumuliertes Schadenspotenzial, Nutzen-Kosten-Verhältnis, wasserwirtschaftliche Effekte, Vulnerabilität</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kumuliertes Schadenspotenzial: alle unmittelbaren und mittelbaren materiellen Schäden, verursacht durch Hochwasser im potenziellen Überschwemmungsgebiet</li> <li>2. Nutzen-Kosten-Verhältnis: Nutzen = verhinderter Hochwasserschaden, Kosten = Brutto-Gesamtkosten der Schutzmaßnahme</li> <li>3. wasserwirtschaftliche Effekte: die von den Schutzmaßnahmen ausgehenden Effekte auf das Retentionsvermögen am Gewässer, auf die Abflussverhältnisse und die Gewässerstrukturgüte</li> <li>4. Vulnerabilität: Berücksichtigung der besonderen Betroffenheit, der besondere Folgegefahren und des besonderen Schutzefordernisses</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung der Priorisierungskriterien mit Hilfe eines Punkteschemas</li> </ul>
<b>IV.a) Vulnerabilität (Definition bzw. Verständnis)</b>	„Die im Allgemeinen nicht als Geldwert ausdrückbaren Effekte des Hochwassers und mögliche Schäden sollen unter dem Begriff Vulnerabilität zusammengefasst werden.“ (SOCHER et al., 2005, S. 15)
<b>V. Methodik</b>	<p><b>Vulnerabilität ergibt sich aus folgenden Bereichen:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Besondere Betroffenheit bzw. Verwundbarkeit infolge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fließgeschwindigkeit des Wassers</li> <li>• Wassertiefe im Überschwemmungsgebiet</li> <li>• Erosions- und Sedimentationsvorgänge</li> <li>• Treibgut- und Schwimmguttransportneigung</li> <li>• Inselbildungen im Abfluss- oder Überschwemmungsgebiet</li> </ul> <u>bezogen auf:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menschenleben</li> <li>• lebenswichtige Ver- und Entsorgungseinrichtungen</li> <li>• Bedeutende Infrastruktureinrichtungen</li> </ul>           Daten werden mit Hilfe von Intensitäts- und Gefahrenkarten abgeschätzt. </li> <li>2. Von betroffenen Objekten ausgehende „besondere“ Folgegefahren <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freisetzung von Gefahrstoffen</li> <li>• Mobilisierung von schwimmfähigen und wegtransportierbaren Materialien mit nachfolgender Gefahr</li> <li>• Initiierung von Flutwellen durch Damnbrüche</li> </ul>           Die Beurteilung der Folgegefahren erfolgt auf der Grundlage der individuellen und gezielten Begutachtung. </li> <li>3. Schutzefordernis von Objekten/Subjekten wegen unzureichender Verteidigbarkeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfügbare Vorwarnzeit</li> <li>• Einbindung in Hochwassernachrichten</li> <li>• Individuelle mobile Hochwasserschutzeinrichtungen</li> <li>• Deichverteidigungswege</li> </ul>           Die Beurteilung des Schutzefordernisses erfolgt auf der Grundlage der individuellen und gezielten Begutachtung. </li> </ol>

<p><b>V. Methodik</b> (fortgesetzt)</p>	<p><b>Ableitung der vier Kriterien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung der Kriterien anhand von Punkten</li> <li>• Kriterien sind wissenschaftlich oder anhand von Plausibilitätsbetrachtungen begründet.</li> </ul> <p>Grundsätze</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewertung erfolgt ohne Wichtungsfaktoren</li> <li>- Gesamtpunktzahl 100 Punkte, je Kriterium maximal 25 Punkte</li> <li>- Pro Kriterium erfolgt für jeden Teilaspekt (bei Vulnerabilität: besondere Betroffenheit, besondere Folgegefahren etc.) die Vergabe von Punkten.</li> </ul> <p>Aus der Bepunktung werden drei Kategorien abgeleitet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Priorität (65 – 100 Punkte)</li> <li>- Mittlere Priorität (35 – 60 Punkte)</li> <li>- Geringe Priorität (0 – 30 Punkte)</li> </ul> <p>Maßnahmen gelangen nur dann in die Kategorie „hohe Proirität“ wenn sie bei der Erreichung der Höchstpunktzahl in zwei Hauptkriterien in weiteren Priorisierungskriterien wenigstens 15 Punkte zusätzlich bekommen.</p> <p>Kategorien in Bezug auf Bewertung des Kriteriums der Vulnerabilität (siehe Punkt IVa):</p> <table border="1" data-bbox="475 887 1426 1227"> <thead> <tr> <th>Besondere Betroffenheit (Menschenleben, Versorgungs...etc.)</th> <th>Besondere Folgegefahren</th> <th>Besondere Schutzerfordernis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Keine besondere Betroffenheit</td> <td>Keine nennenswerten Folgegefahren</td> <td>Kein nennenswertes Schutzerfordernis</td> </tr> <tr> <td>Mittlere besondere Betroffenheit</td> <td>Mittlere Folgegefahren</td> <td>Mittleres Schutzerfordernis</td> </tr> <tr> <td>Schwere besondere Betroffenheit</td> <td>Große, schwerwiegende Folgegefahren</td> <td>Großes Schutzerfordernis</td> </tr> </tbody> </table>	Besondere Betroffenheit (Menschenleben, Versorgungs...etc.)	Besondere Folgegefahren	Besondere Schutzerfordernis	Keine besondere Betroffenheit	Keine nennenswerten Folgegefahren	Kein nennenswertes Schutzerfordernis	Mittlere besondere Betroffenheit	Mittlere Folgegefahren	Mittleres Schutzerfordernis	Schwere besondere Betroffenheit	Große, schwerwiegende Folgegefahren	Großes Schutzerfordernis
Besondere Betroffenheit (Menschenleben, Versorgungs...etc.)	Besondere Folgegefahren	Besondere Schutzerfordernis											
Keine besondere Betroffenheit	Keine nennenswerten Folgegefahren	Kein nennenswertes Schutzerfordernis											
Mittlere besondere Betroffenheit	Mittlere Folgegefahren	Mittleres Schutzerfordernis											
Schwere besondere Betroffenheit	Große, schwerwiegende Folgegefahren	Großes Schutzerfordernis											
<p><b>V.a) Indikatoren</b></p>	<p>In Bezug auf Vulnerabilität liefert das Verfahren primär Kriterien.</p>												
<p><b>VI. Schutzziel/ Standards</b></p>	<p>Kein konkretes Schutzziel; Maßnahmen sollen mögliche Schadenswirkungen bei einem HQ 100 minimieren.</p>												
<p><b>VII. Adressat</b></p>	<p>Der Ansatz dient insbesondere Genehmigungsbehörden bei der Auswahl und Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen, d.h. Adressat ist die Verwaltung.</p>												
<p><b>VIII Produkte / Ergebnisse</b></p>	<p>Übersichtstabelle und Methodik zur Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen</p>												
<p><b>Kommentar</b></p>	<p>Vulnerabilität stellt lediglich ein Kriterium dar. Das Vulnerabilitätsverständnis ist mit der Betrachtung der Betroffenheit, der Folgegefahren und des Schutzerfordernisses sehr eingeschränkt. Die Methodik dient weniger der Messung von Vulnerabilität, als vielmehr der nutzwertanalytischen Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen.</p>												

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<b>STADT KÖLN (1996): Hochwasserschutzkonzept Köln</b>
<b>II. Ziel</b>	Empfehlungen für den vorsorgenden Hochwasserschutz
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lokal/kommunal (Stadtgebiet der Stadt Köln)</li> </ul>
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p>Ableitung von Konsequenzen und konkreten Maßnahmen zum Hochwasserschutz aus der Betrachtung des ganzheitlichen ökologischen Wirkungsgefüges des Rheins:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochwasserursachen (natürlich, anthropogen)</li> <li>• Arten der Hochwassergefährdung (oberirdische/unterirdische Überflutung etc.)</li> </ul> <p>Berücksichtigung allgemeiner Gesamtaspekte für den Hochwasserschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vorbeugender überregionaler Hochwasserschutz</li> <li>• Möglichkeiten zur Bekämpfung der Ursachen des Rheinhochwassers</li> <li>• Maßnahmen zur Reduzierung der Hochwassergefährdung für alle Rheinanliegerkommunen</li> </ul> <p>Strategien zur Verringerung, Verlangsamung und Vermeidung von Abflüssen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausweisung von offenen Überflutungsflächen</li> <li>• Reduzierung städtebaulicher Entwicklung in überflutungsgefährdeten Bereichen</li> <li>• Schaffung von Retentionsräumen im Stadtgebiet</li> <li>• Niederschlagsversickerung</li> </ul> <p>Baulicher Hochwasserschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beibehaltung vorhandener und Planung neuer Überflutungsflächen</li> <li>• Beschreibung jetziger und zukünftiger Schutzhöhen mit allen erforderlichen baulichen Maßnahmen und entsprechenden Kostenschätzungen</li> </ul> <p>Organisatorische Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschläge zur Optimierung der Hochwassereinsätze und der Organisation der am Hochwasserschutz beteiligten städtischen Dienststellen mit der effektivsten Einbindung der wichtigsten Hilfsorganisationen, Behörden und Versorgungsunternehmen</li> <li>• Notwendige Verbesserungen der personellen und sachlichen Ausstattung</li> </ul>
<b>IV.a) Vulnerabilität (Definition bzw. Verständnis)</b>	Der Fokus des Hochwasserschutzkonzepts liegt auf dem Gefahrenaspekt. Auf den Aspekt der Vulnerabilität wird wenn nur indirekt eingegangen.
<b>V. Methodik</b>	<p><u>Hinweis auf vorzunehmende Schritte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung und Bewertung des Konfliktpotentials bei der Schaffung von Retentionsräumen mit Natur und Landschaft, Landwirtschaft, Freizeit/Erholung und anderen Nutzungen</li> <li>• Ausarbeitung eines Grobentwurfs für verschiedene technische Lösungskonzepte zur Bewertung der bautechnischen Schwierigkeiten sowie Abschätzung der Kosten der Hochwasserschutzmaßnahmen</li> <li>• Beschreibung der Strömungsvorgänge, Fließgeschwindigkeiten, Einstaudauer, Erosionsvorgänge an der Bodenoberfläche und Sedimentation sowie Schadstoffanreicherungen auf den hinzugewonnenen Rheinvorländern aus vorhandenen Untersuchungen</li> <li>• Bewertung der Sensitivität des Naturhaushaltes und der derzeitigen Nutzung auf einen Einstau bei Hochwasser unter Berücksichtigung von Bestandsdaten sowie Erstellung von Sensitivitätskarten</li> <li>• Durchführung der Gesamtbewertung für die betrachteten Planungsräume, indem sämtliche Konfliktkarten mittels eines Umweltbewertungsprogramms überlagert und in einer Gesamtbewertungskarte zusammengefasst werden</li> </ul>

<b>V.a) Indikatoren</b>	Es werden keine Indikatoren explizit ausgewiesen. Aus den aufgeführten natürlichen und anthropogenen Ursachen für Hochwasser können allerdings Kriterien abgeleitet werden.
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Verminderung von Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen (life lines) und Umwelt auf der Grundlage des HQ 100 bzw. HQ 200.  Festlegung einer Schutzhöhe für das gesamte Stadtgebiet, die dem HQ 100-Bemessungsstand entspricht.
<b>VII. Adressat</b>	Bezirksregierung Köln
<b>VIII. Produkte / Ergebnisse</b>	<p>Handlungsrichtlinien zu folgenden Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaffung von Retentionsräumen</li> <li>• Bebauung in Kölner Überschwemmungsgebieten</li> <li>• Niederschlagswasserversickerung und Bodenentsiegelung</li> <li>• Renaturierung von Bachläufen</li> <li>• Sonstige abflussvermindernde Maßnahmen</li> </ul> <p>Forderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrektur des Oberrheinausbaus (Renaturierung, Deichrückverlegung etc.)</li> <li>• Untersuchung des Mittelrheins und seiner Nebenflüsse auf Möglichkeiten zur Schaffung von Rückhaltemaßnahmen</li> <li>• Schaffung einer „Koordinierungsstelle Rheinhochwasser“ mit Kompetenzen zur Vorhersage und Steuerung der Rheinhochwasser</li> <li>• Mitgliedschaft eines Vertreters der Stadt Köln in der Hochwasserschutzkommission</li> <li>• Initiativen zur Sensibilisierung der Oberlieger</li> </ul> <p>Empfehlungen zu prioritären Maßnahmen für den baulichen Hochwasserschutz in Köln für 45 Planungsabschnitte.</p> <p>Empfehlungen für die Überarbeitung der Hochwasservorschriften für eine Optimierung der organisatorischen Abläufe des Hochwassermangements.</p>
<b>IX. Kommentar</b>	Im Vordergrund des Hochwasserschutzkonzepts stehen die Analyse der Gefährdungsfaktoren, stadtteilbezogene Hochwassergefährdungen und Möglichkeiten der Gefahrenabwehr (Bauvorsorge und Raumplanung, Schutz Kritischer Infrastrukturen) zur Reduzierung der Vulnerabilität. Jedoch werden auch Elemente der Anpassung (Adaption) thematisiert, vor allem im Bereich Kritischer Infrastrukturen. Schadenspotenziale / Sensitivitäten für die Umwelt werden skizziert.

<b>I. Name / Art / Typ des Konzeptes</b>	<p><b>WEICHSELGARTNER, J. und M. DEUTSCH (2002): Die Bewertung der Verwundbarkeit als Hochwasserschutzkonzept – Aktuelle und historische Betrachtungen. In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Bd. 46, H. 3, S. 102-109.</b></p> <p><b>WEICHSELGARTNER, J. (2002): Naturgefahren als soziale Konstruktion: Eine geographische Beobachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken. Aachen.</b></p>
<b>II. Ziel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration physischer und sozialer Parameter in die Bewertung der Verwundbarkeit räumlicher Einheiten zur Optimierung der Katastrophenvorsorge und Katastrophenbewältigung</li> <li>• Entwicklung eines geographisch-zentrierten Verwundbarkeitsansatzes</li> </ul>
<b>III. Raumbezug</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 Gemeinden der nordspanischen Provinz Kantabrien</li> </ul>
<b>IV. Inhaltlicher Fokus</b>	<p>Darstellung eines geographisch-zentrierten Verwundbarkeitsansatzes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Verwundbarkeit anhand von vier Faktoren (siehe IV.a, V.)</li> <li>• Erläuterung möglicher Indikatoren je Faktor zur Quantifizierung und Beschreibung der Verwundbarkeit (siehe V.)</li> <li>• Beurteilung der Auswahl der Faktoren (Überprüfung der Ergebnisse in der Praxis zeigte Übereinstimmung)</li> </ul>
<b>IV.a) Fokus auf / Verständnis von Vulnerabilität</b>	<p>„Verwundbarkeit bezeichnet den Zustand einer Person, Gesellschaft, Infrastruktur, System oder eines bestimmten Raumes gegenüber einer spezifischen Naturgefahr...“ (WEICHSELGARTNER, J. und M. DEUTSCH, 2002, S. 106)</p> <p>„ Verwundbarkeit als ein Resultat aus naturräumlichen Faktoren und sozialen Bewältigungscharakteristiken“ (WEICHSELGARTNER und DEUTSCH, 2002, S. 106)</p> <p>Die vier Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturprozess</li> <li>• Exponiertheit</li> <li>• Prävention</li> <li>• Bereitschaft</li> </ul> <p>sind die entscheidenden Faktoren zur Bestimmung der Vulnerabilität.</p>
<b>V. Methodik</b>	<p><b>Erfassung der Vulnerabilität anhand von vier Faktoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung von Indikatoren je Faktor (siehe Tabelle )</li> <li>• Die Bewertung der Indikatoren der Faktoren Exponiertheit, Prävention und Bereitschaft erfolgt in binärer Form, d.h. ja/nein oder positiv/negativ</li> <li>• Jeder Faktor wird entsprechend der räumlichen Analyse mit einem Subindex der Verwundbarkeit versehen (1: niedrig, 2: mittel, 3: hoch)</li> <li>• Räumliche Verteilung der vier Faktoren mit Anfertigung einer Karte je Faktor für die 13 Gemeinden</li> <li>• Überlagerung der Datensätze der vier Karten mit GIS und Bemessung des Verwundbarkeitsgrades der einzelnen Gemeinden</li> <li>• Da Erfahrungswerte fehlen, gehen die Faktoren zur Bestimmung der Verwundbarkeit zu gleichen Teilen ein.</li> <li>• Ergebnis der Verschneidung: Karte zeigt Verwundbarkeit räumlicher Einheiten als arithmetisches Mittel der Subindizes der einzelnen Faktoren.</li> </ul>

<b>V. Methodik</b> <i>(fortgesetzt)</i>	<b>Indikatoren je Faktor</b>																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Naturprozess</th> <th>Exponiertheit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abfluss</td> <td>&lt;/&gt; 300 Einwohner (EW)/km<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Abflussgeschwindigkeit</td> <td>&lt;/&gt; 200 Unternehmen/km<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Wasserstand</td> <td>&lt;/&gt; 18.000 €/a Einkommen/EW</td> </tr> <tr> <td>Dauer des Hochwasserstandes</td> <td>&lt;/&gt; 100 Stück Vieh/km<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Sedimentkonzentration</td> <td>Flughafen vorhanden?</td> </tr> <tr> <td>Wellengeschwindigkeit</td> <td>Krankenhaus vorhanden?</td> </tr> <tr> <td>Windgeschwindigkeit</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Prävention</th> <th>Bereitschaft</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Präsenz von Landnutzungsbeschränkungen</td> <td>Hazardereignis in den letzten 20 Jahren</td> </tr> <tr> <td>Präsenz von Retentionsräumen</td> <td>Aufklärungs- und Informationsmaterial für die Bevölkerung</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Präsenz von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen wie Dämme, Deiche</td> <td>Präsenz Frühwarnsystem</td> </tr> <tr> <td>Existenz Evakuierungspläne</td> </tr> <tr> <td>Existenz Feuerwehration</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>(aus WEICHSELGARTNER und DEUTSCH, 2002, S. 105-106)</i></p>	Naturprozess	Exponiertheit	Abfluss	</> 300 Einwohner (EW)/km <sup>2</sup>	Abflussgeschwindigkeit	</> 200 Unternehmen/km <sup>2</sup>	Wasserstand	</> 18.000 €/a Einkommen/EW	Dauer des Hochwasserstandes	</> 100 Stück Vieh/km <sup>2</sup>	Sedimentkonzentration	Flughafen vorhanden?	Wellengeschwindigkeit	Krankenhaus vorhanden?	Windgeschwindigkeit		Prävention	Bereitschaft	Präsenz von Landnutzungsbeschränkungen	Hazardereignis in den letzten 20 Jahren	Präsenz von Retentionsräumen	Aufklärungs- und Informationsmaterial für die Bevölkerung	Präsenz von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen wie Dämme, Deiche	Präsenz Frühwarnsystem	Existenz Evakuierungspläne
Naturprozess	Exponiertheit																									
Abfluss	</> 300 Einwohner (EW)/km <sup>2</sup>																									
Abflussgeschwindigkeit	</> 200 Unternehmen/km <sup>2</sup>																									
Wasserstand	</> 18.000 €/a Einkommen/EW																									
Dauer des Hochwasserstandes	</> 100 Stück Vieh/km <sup>2</sup>																									
Sedimentkonzentration	Flughafen vorhanden?																									
Wellengeschwindigkeit	Krankenhaus vorhanden?																									
Windgeschwindigkeit																										
Prävention	Bereitschaft																									
Präsenz von Landnutzungsbeschränkungen	Hazardereignis in den letzten 20 Jahren																									
Präsenz von Retentionsräumen	Aufklärungs- und Informationsmaterial für die Bevölkerung																									
Präsenz von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen wie Dämme, Deiche	Präsenz Frühwarnsystem																									
	Existenz Evakuierungspläne																									
	Existenz Feuerwehration																									
<b>V.a) Indikatoren</b>	Tabelle siehe V.																									
<b>VI. Schutzziel/ Standards</b>	Es werden keine Schutzziele genannt.																									
<b>VII. Adressat</b>	Grundlage für Entscheidungsträger bei der Identifikation und Auswahl von zweckmäßigen Hochwasserschutzmaßnahmen																									
<b>VIII Produkte / Ergebnisse</b>	Karte der Verwundbarkeit für 13 Gemeinden in Kantabrien																									
<b>Kommentar</b>	Bei diesem Ansatz handelt es sich um eine Methode zur Risikoanalyse, die sich lediglich in Teilen auf Vulnerabilität bezieht. In Bezug auf die verwendeten Indikatoren ist nicht nachvollziehbar, wie die Autoren von der Bewertung der einzelnen Indikatoren zu einem Subindex je Faktor kommen.																									

#### 4.4 Folgerungen

Die Analyse der ausgewählten Arbeiten hat gezeigt, dass der Großteil der untersuchten Ansätze den aktuellen internationalen Konzeptionalisierungsansprüchen von Vulnerabilität nicht gerecht wird. So werden dem Begriff der Vulnerabilität beispielsweise vielfach lediglich Aspekte der räumlichen Exposition zum Gefahrenereignis sowie potenzielle ökonomische Schadenspotenziale in direkter oder indirekter Weise zugeordnet. Zur sozialen und ökologischen Vulnerabilität sowie zur Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen finden sich nur sehr vereinzelt Aussagen und Indikatoren.

Die in den Ansätzen verwendeten Vulnerabilitätsindikatoren stellen meist keine quantifizierbaren Größen dar, sondern ermitteln in binärer oder gestufter Form, ob Elemente der Anfälligkeit und der Bewältigung vorhanden sind oder nicht. Vielfach wird nicht deutlich, inwiefern Konzeption und Auswahl der verwendeten Indikatoren auf der begrenzten Datenverfügbarkeit beruhen und ob bestimmte Indikatoren als besonders bedeutsam erachtet werden.

Da die Aufführung von Kriterien und Indikatoren in den untersuchten Studien lückenhaft ist, empfiehlt es sich, zusätzlich Schadensdokumentationen vergangener Ereignisse zur Entwicklung von weiteren Indikatoren heranzuziehen.

Vielfach stehen Studien zur Verhaltens- und Eigenvorsorge (z. B. PFEIL, 2000; REUSSWIG und GROTHMANN, 2004) Studien zur physischen Vulnerabilität und Exposition (KAISER et al., 2002) isoliert gegenüber. Handlungsorientierte Ansätze bezogen auf die Einstellung von Bevölkerung und die eher monetären Konzepte wurden bisher nicht zusammengeführt.

Aus den Studien lassen sich jedoch auch Ideen und Vorschläge für bestimmte Kriterien und mögliche Indikatoren für verschiedene thematische Bereiche gewinnen, wie z. B. der Aspekt der baulichen Eigenvorsorge von privaten Haushalten oder einige allgemeine Indikatoren für städtische Vulnerabilität.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die in den bestehenden Ansätzen aufgeführten Kriterien und Indikatoren zwar eine gute und in Teilen verwertbare Grundlage für das F+E-Vorhaben bilden, dass hier allerdings ein deutlicher Ergänzungsbedarf besteht. Dieser soll durch die projektbezogene Entwicklung weiterer relevanter und systematisch abgeleiteter Kriterien und Indikatoren gedeckt werden.

#### 4.5 Weitere zur Entwicklung von Indikatoren herangezogene Literatur

Neben den für die Synopse verwendeten Arbeiten wurden weitere Fachstudien, Hochwasserdokumentationen, Schadensberichte etc. identifiziert, die im weiteren Verlauf des F+E-Vorhabens als zusätzliche Grundlage für die Entwicklung von Indikatoren verwendet werden können. Diese Arbeiten wurden zwar nicht in die Übersichts- und Tiefenanalyse einbezogen, da sie sich beispielsweise sehr speziell mit nur einem Schutzobjekt beschäftigen oder sehr umfangreich sind. Doch sind sie in Teilen durchaus für die Ableitung von Kriterien und Indikatoren in den einzelnen Dimensionen geeignet, weshalb sie an dieser Stelle als zusätzliche Grundlagenliteratur aufgeführt werden. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um folgende Arbeiten:

- Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002 (GELLER et al., 2004)
- Das Sommerhochwasser an der Oder 1997 (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, 1998)
- Umweltbericht 2001-2004. Fakten zur Umwelt (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN, 2006)
- Forschungsbericht. Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN, 2005)
- Risiken durch Naturgefahren in Deutschland (MERZ und APEL, 2004)
- Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2005)
- Ereignisanalyse. Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2004)
- Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (UBA, 2006)

## **5. Eigene methodische Herangehensweise**

### **5.1 Zugrunde liegende Konzepte und deren Verwendung**

Das umfangreiche und vielfältige Themenfeld der Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren macht es erforderlich, eine stringente Untersuchungsstruktur zu entwickeln, die einerseits methodisch verlässlich ist und andererseits auch bei unsicherer Datenlage oder vagen Ergebnissen eine ausreichende Bewertung von Vulnerabilität zulässt. Darüber hinaus sind die gewonnenen und zusammengeführten Ergebnisse auch in ihrer räumlichen (und ggf. zeitlichen) Verteilung darzustellen (Karten).

Der in dem F+E-Vorhaben verwendete Forschungsansatz zur Messung der Vulnerabilität gegenüber wasserbezogenen Naturgefahren basiert auf dem Konzept des BBC-Meta-Framework (Birkmann 2006). Dieses sieht die Analyse verschiedener Charakteristiken der Vulnerabilität strukturiert entlang einer sozialen, ökonomischen und umweltbezogenen Dimension vor. Damit beinhaltet die Analyse beispielsweise die Identifizierung und Beurteilung der Vulnerabilität exponierter Bevölkerungsgruppen, Kritischer Infrastrukturen und Umweltfunktionen (z. B. Trinkwasser, Produktionsfunktion des Bodens).

Das BBC-Konzept impliziert, dass nicht nur exponierte und anfällige Elemente (Anfälligkeit), sondern auch die Bewältigungskapazität von z. B. verschiedenen Bevölkerungsgruppen Bestandteil der Vulnerabilitätserfassung sind. Folglich schreibt das Modell der Vulnerabilität nicht nur defizitäre Eigenschaften zu, sondern sucht durch die Analyse von Bewältigungskapazitäten von Elementen und Gesellschaften zudem positive Potenziale zur Verringerung der Anfälligkeit zu erfassen. Zudem zeigt das BBC-Konzept die Bedeutung der Evaluierung potenzieller Steuerungsinstrumente (Intervention Tools) zur Verringerung der sozial-, ökonomie- und umweltbezogenen Vulnerabilität auf, z. B. durch Maßnahmen der Frühwarnung und Umsetzung von Vorsorgestrategien.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das BBC-Konzept einen Problemlösungsansatz. Es betont die Bedeutung proaktiver Handlungen zur Reduzierung der Vulnerabilität bevor ein Extremereignis mit seinen negativen Auswirkungen die Gesellschaft, Ökonomie und Umwelt trifft ( $t=0$ ). Im Gegensatz zu anderen Modellen wird durch die Integration der drei Säulen der Nachhaltigkeit (Soziales, Ökonomie, Umwelt) explizit ein Zusammenhang zwischen Nachhaltiger Entwicklung und der Bewertung von Vulnerabilität hergestellt (BIRKMANN 2006). Das BBC-Konzept wird in dem Forschungsvorhaben als Meta-Konzept für eine systematische Erfassung der Vulnerabilität z. B. anhand eines Wirkungsmodells genutzt.

Das BBC-Konzept ermöglicht zudem die Integration weiterer Konzepte für spezifische Fragestellungen, wie z. B. die Nutzung weiterer Konzepte für eine thematische Dimension. Ein Beispiel hierfür ist der „Sustainable Livelihood - Ansatz“ zur Messung und weiteren Spezifizierung der sozialen Dimension von Vulnerabilität.

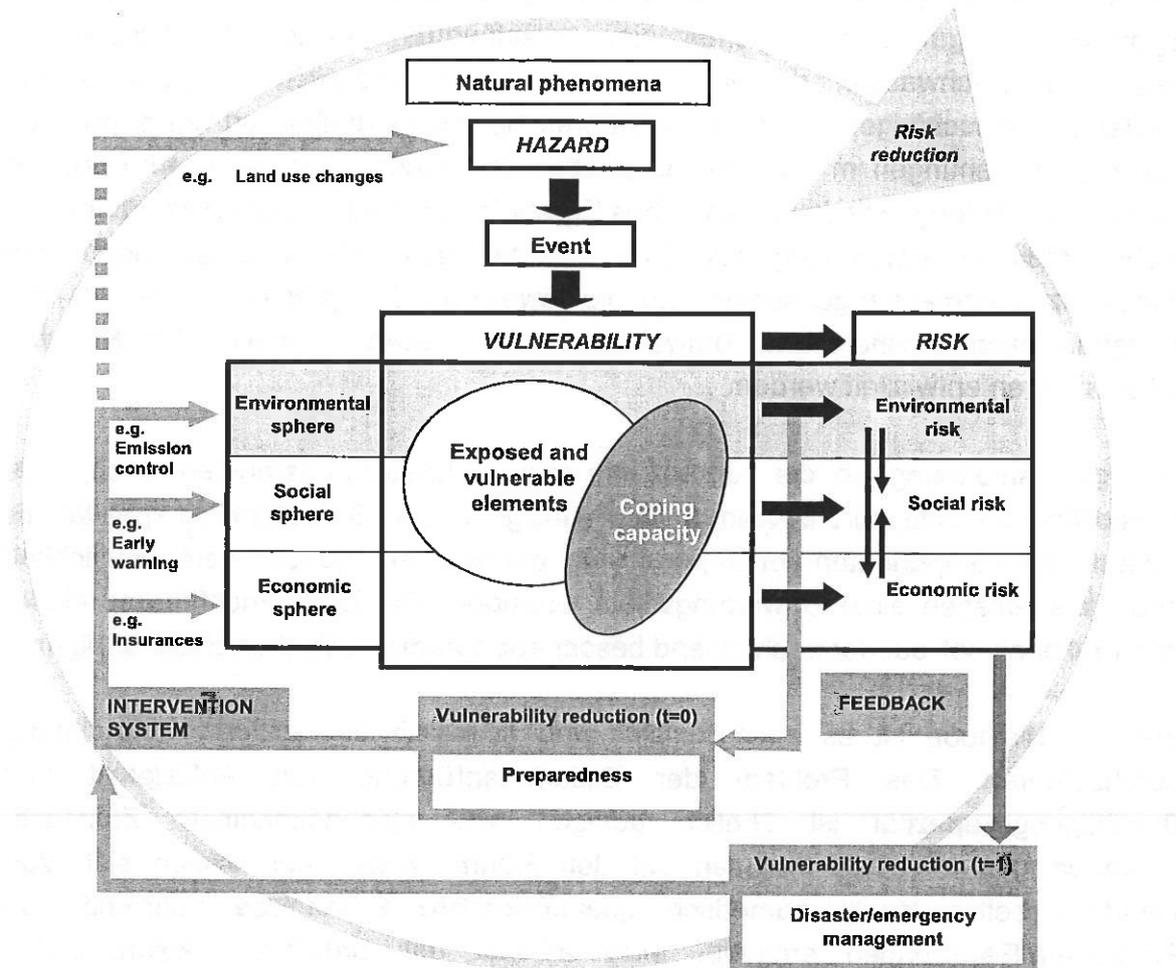


Abbildung 2: BBC-Konzept (Quelle: BIRKMANN, 2006, basierend auf BOGARDI und BIRKMANN, 2004; CARDONA, 1999; CARDONA, 2000).

Unter Berücksichtigung der drei Sphären des BBC-Konzepts (*environmental sphere*, *social sphere*, *economic sphere*) wurden die Bereiche **Bevölkerung**, **Umwelt** und **Wirtschaft** als wesentliche Dimensionen definiert, wobei zusätzlich aufgrund ihrer Bedeutung zur Aufrechterhaltung wichtiger Funktionen und Prozesse im sozialen, ökonomischen und Umwelt-Bereich auch die **Kritischen Infrastrukturen** hier als weitere eigenständige Dimension hinzugefügt wurden. Für diese Dimensionen soll im Rahmen des Forschungsvorhabens eine Untersuchung der Vulnerabilität anhand konkretisierter Schutzobjekte erfolgen.

Darüber hinaus wurden in Anlehnung an das BBC-Konzept die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität exponierter Gemeinschaften oder Elemente als die beiden konstituierenden Komponenten der Vulnerabilität bestimmt. Diese Grundstruktur bildet eine zentrale Grundlage für das weitere methodische Vorgehen.

Als zweite Grundlage für das Verständnis und die Ableitung von Indikatoren dient ein **System-Wirkungsmodell**, welches ein vereinfachtes Abbild der Vulnerabilität gegenüber „Hochwasser“ darstellt. Es erlaubt, die wesentlichen Elemente des Systems und nachfolgend daraus Indikatoren herauszuarbeiten und zu begründen sowie die Beziehungen im System darzustellen. Die nachfolgend daraus abgeleiteten Indikatoren stellen somit ein verlässliches Ergebnis dar. Das System-Wirkungsmodell steht dabei in Verbindung zur Grundstruktur des BBC-Modells, indem die Wirkungszusammenhänge speziell für die jeweiligen Schutzobjekte innerhalb der sozialen, ökonomischen und Umwelt-Dimension sowie zusätzlich für Kritische Infrastrukturen entwickelt werden.

In enger Anlehnung an die Abgrenzung von Untersuchungsräumen erfolgt das Aufstellen von Indikatorensystemen für Anfälligkeit und Bewältigungskapazität als wesentliche Komponenten der Vulnerabilität, deren Ausprägungen nach Möglichkeit auch das Anlegen einer Bewertungsskala erlauben. Die Zusammenführung dieser Informationen soll auf der nachfolgend beschriebenen methodischen Basis erfolgen.

Ziel der Methode ist es, eine sachlich und räumlich differenzierte Betrachtung durchzuführen. Das Problem der Zusammenführung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität ist ähnlich gelagert wie planungsbedingte Zustandsveränderungen mit Auswirkungen auf den Raum. Zum einen lassen sich dort ebenfalls selten exakt numerisch quantifizierbare Ergebnisse aufgrund von Prognosen/Erwartungen ermitteln. Man arbeitet mit ordinalen Skalen, wobei allerdings auch höherwertige Skalen transformiert werden können. Zum anderen geht es darum, zwei unterschiedliche Indikatorensysteme (Anfälligkeit, Bewältigungskapazität) im Hinblick auf die neue Aussage und Beurteilung der Vulnerabilität zusammenzuführen. Für eine solche Herangehensweise existiert bereits eine eingeführte Methode<sup>3</sup>, die im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen seit langer Zeit Anwendung findet. Diese weiterentwickelte Methodik der Ökologischen Risikoanalyse lässt sich für die hier anstehende Fragestellung verwenden. Der Grundansatz ist, drei Größen zu ermitteln:

---

<sup>3</sup> BACHFISCHER (1978), FÜRST und SCHOLLES (2001)

- die *Anfälligkeit* als Summe der Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß der prinzipiell möglichen Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen bei einer Exposition ohne Berücksichtigung der Bewältigungskapazität bestimmen;
- die *Bewältigungskapazität* als Summe der aktuell zur Verfügung stehenden Maßnahmen, Ressourcen und Prozesse, die vor, während und nach Eintritt eines Extremereignisses ergriffen werden können, um negative Auswirkungen zu begrenzen und den Normalzustand wiederherzustellen;
- aus der Verknüpfung dieser beiden Erhebungen wird die *Vulnerabilität* mit Hilfe einer Präferenzmatrix ermittelt, wobei die grundlegende Annahme lautet: Je höher die Anfälligkeit und geringer die Bewältigungskapazität, desto höher ist die Vulnerabilität (s. Abbildungen 3, 4 und 5).

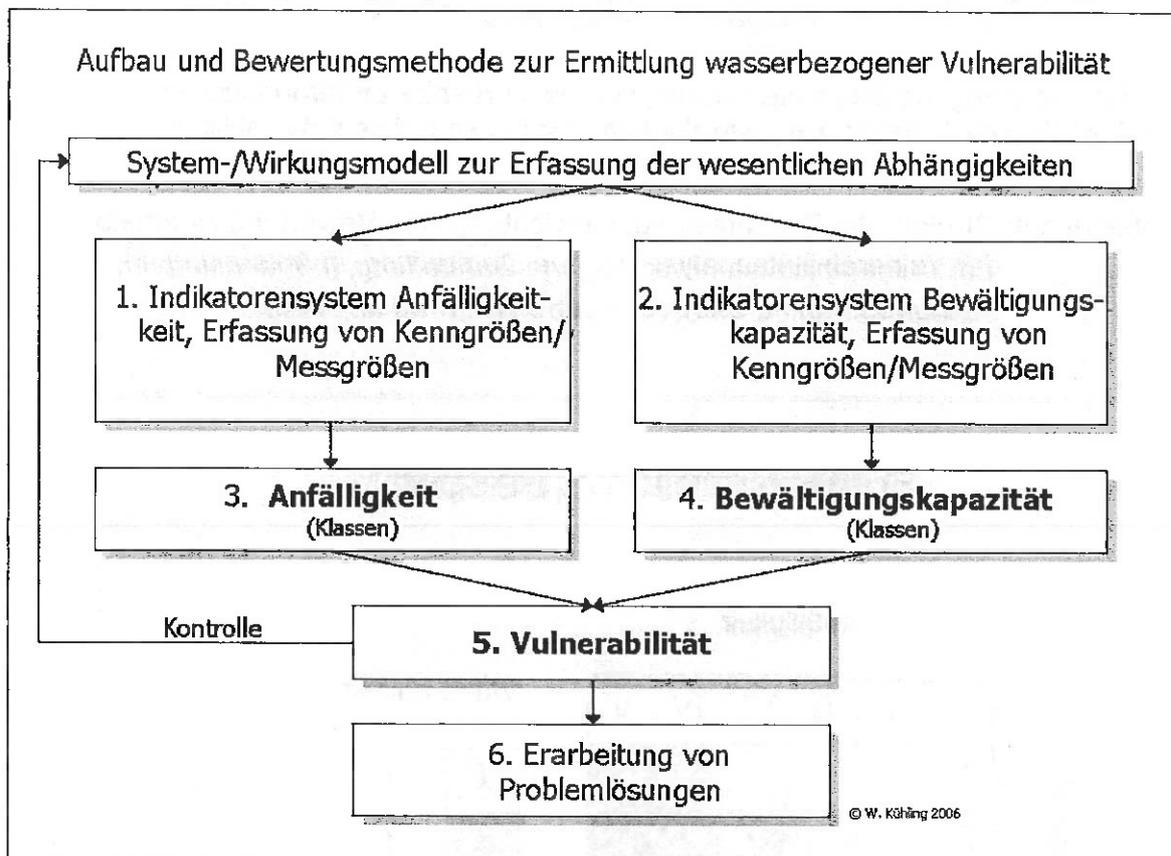


Abbildung 3: Erläuterungen zur Methodik (eigene Darstellung).

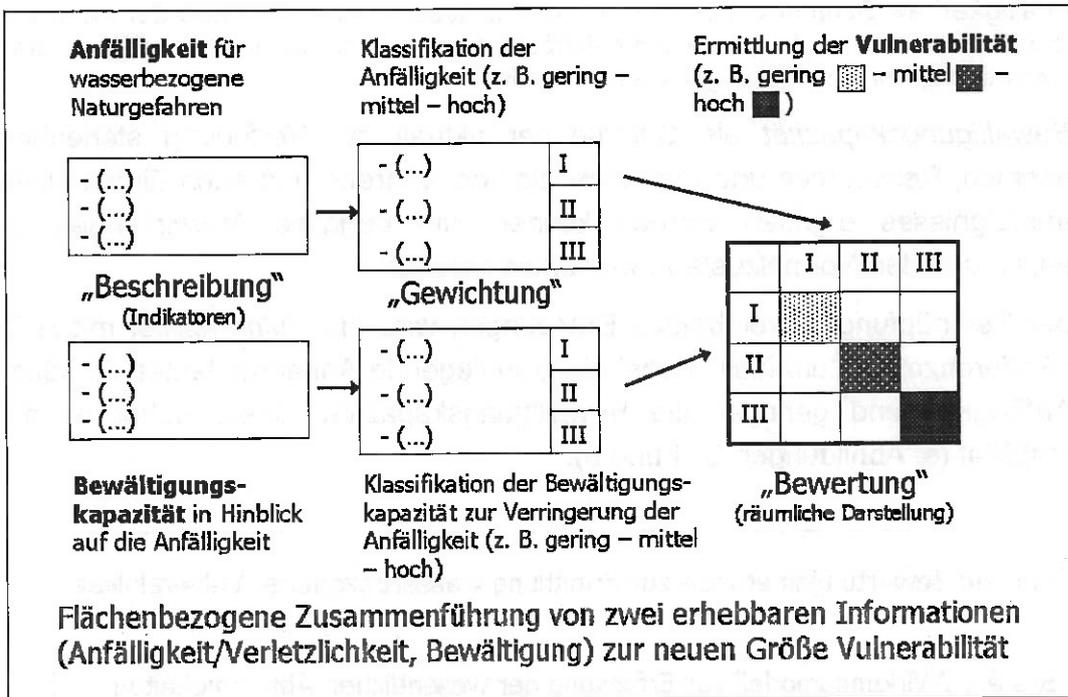


Abbildung 4: Struktur der Beschreibung, Gewichtung und Bewertung innerhalb der Vulnerabilitätsanalyse (eigene Darstellung, in Anlehnung an PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT et al., 1993).

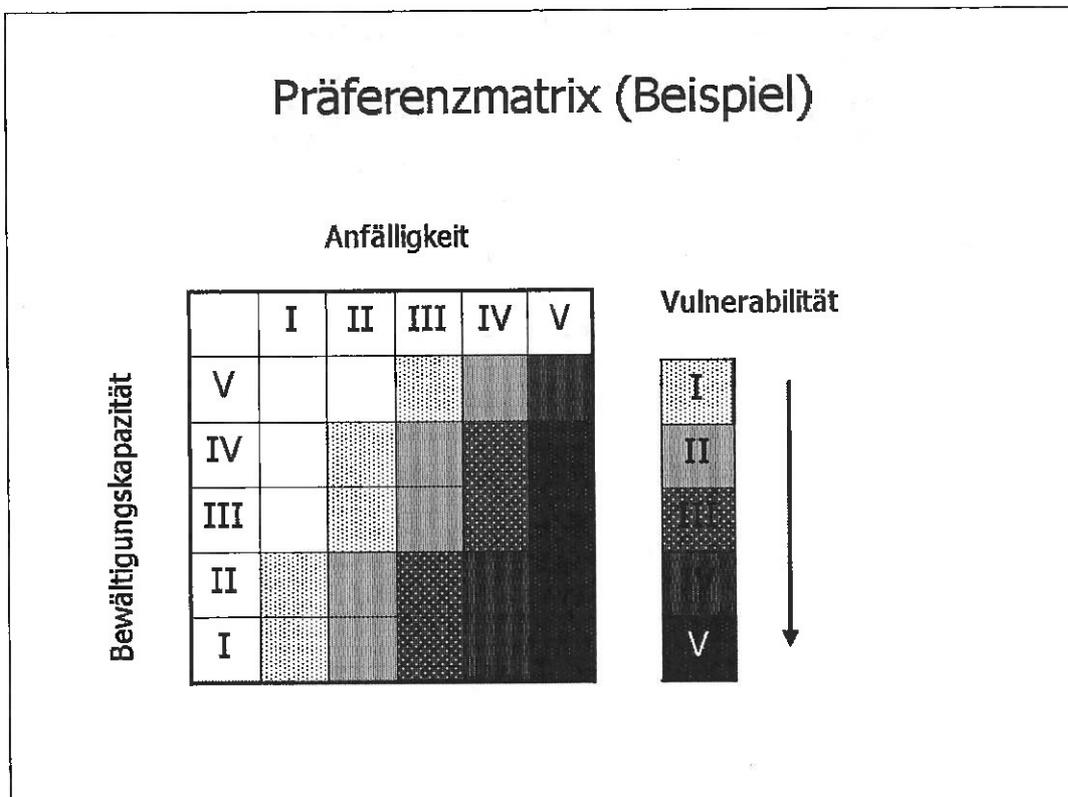


Abbildung 5: Präferenzmatrix Vulnerabilität (eigene Darstellung, in Anlehnung an BACHFISCHER, 1978).

## 5.2 Ableitung erster vorläufiger Kriterien und Indikatoren

Auf der Grundlage des BBC-Modells und des daran geknüpften System-Wirkungsmodells<sup>4</sup> für Vulnerabilität gegenüber Hochwasser wurden zunächst vorläufige, exemplarische Kriterien und Indikatoren entwickelt. Die Systembeschreibung stellte den ersten Schritt bei der Erarbeitung eines System-Wirkungsmodells für die Vulnerabilität gegenüber Hochwasser dar. Dabei wurde mit Hilfe eines Brainstormings der Projektbeteiligten versucht, die wesentlichen Systemelemente zu identifizieren. Das sind zum einen die von einem möglichen Hochwasserereignis betroffenen Objekte und Funktionen (Schutzobjekte) sowie die direkten/indirekten Auswirkungen des Ereignisses auf diese Schutzobjekte, zum anderen die Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß dieser Auswirkungen bestimmen. Die zusammengetragenen Systemelemente ließen sich in die thematischen Dimensionen Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft und Kritische Infrastrukturen einteilen sowie durch Aspekte der Anfälligkeit und Bewältigung konkretisieren (siehe BBC-Modell).

Für die Ableitung erster Indikatoren werden ausgehend von der Systembeschreibung die Auswirkungen bzw. potenzielle Schädwirkungen auf die verschiedenen Schutzobjekte benannt.

Im Rahmen der weiteren Operationalisierung wird der Versuch unternommen, für mögliche Auswirkungen ein Anfälligkeitskriterium zu formulieren. Davon ausgehend sind ein oder mehrere Indikatoren abzuleiten, welche das Ausmaß dieser Auswirkungen beeinflussen oder charakterisieren. Erfüllen die Messgrößen die Prüfkriterien Plausibilität, Relevanz und Datenverfügbarkeit, werden sie in das Indikatorenset für die Anfälligkeit aufgenommen. Parallel dazu besitzen die Akteure innerhalb und außerhalb des Untersuchungsgebietes (z. B. Einwohner oder politische Entscheidungsträger) das Vermögen, die Anfälligkeit zu reduzieren.

Die Operationalisierung der Bewältigung verläuft analog zur Anfälligkeit über das Identifizieren von Kriterien und die Ableitung von Indikatoren. Dabei gibt es einerseits Bewältigungskapazitäten, die konkret eine Anfälligkeit gegenüber einer Auswirkung bzw. Schädwirkung minimieren, so kann z. B. eine konservierende Bodenbearbeitung und eine ganzjährige Bodenbedeckung die Anfälligkeit gegenüber der Bodenerosion vermindern. Andererseits reduzieren Bewältigungskapazitäten wie ein hoher Kenntnisstand über zu treffende Maßnahmen im Hochwasserfall allgemein die Anfälligkeit *jedes* Schutzobjektes.

---

<sup>4</sup> Das System-Wirkungsmodell wird erst im Laufe des Projekts fertig gestellt. Die ersten Arbeitsschritte zur Erarbeitung des Modells dienen bereits der Ableitung vorläufiger Indikatoren.

Im Rahmen der ersten Projektphase wurden mit dieser methodischen Herangehensweise für erste ausgewählte Dimensionen und Schutzobjekte vorläufige Kriterien und Indikatoren entwickelt. Die hierfür erforderlichen Schritte sind in Abbildung 6 dargestellt:

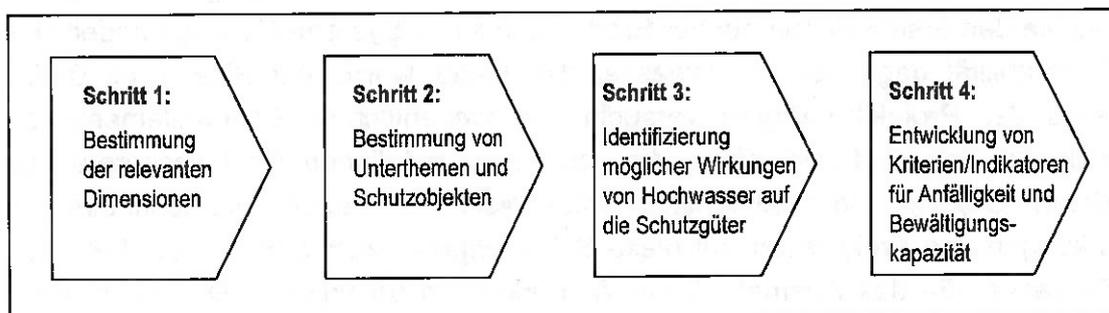


Abbildung 6: Methodische Herangehensweise für die Entwicklung erster Kriterien und Indikatoren für ausgewählte Dimensionen und Schutzobjekte (*eigene Darstellung*).

Für die Dimension *Wirtschaft* wurde zum Zweck der Verdeutlichung zunächst exemplarisch der Bereich Landwirtschaft mit den Schutzobjekten landwirtschaftliche Nutzfläche und Ertragspflanzen betrachtet. In diesem Bereich beeinflussen oft mehrere Messgrößen (z. B. Hangneigung, Bodenart, etc.) die skizzierten Auswirkungen des Hochwassers (z. B. Bodenerosion). Der Indikator, der die Erosionsanfälligkeit misst, setzt sich somit aus unterschiedlichen Hilfsindikatoren zusammen. Mit Hilfe von Relevanzbäumen könnten sie zu einem bewertungsfähigen Indikator aggregiert werden. Gleiches gilt auch für die Bewältigungsindikatoren. Es ist Aufgabe der nächsten Arbeitsphasen, die geeigneten Methoden dafür zu finden. Einige beispielhafte Kriterien und Indikatoren für den Bereich der Landwirtschaft sind in Tabelle 3 dargestellt.

Für die exemplarische, vorläufige Entwicklung erster Kriterien für die Dimension *Kritische Infrastrukturen* wurden zunächst der Bereich Nahverkehr mit dem Schutzobjekt Strecken von U-Bahn/Straßenbahn sowie der Bereich Gesundheitsversorgung mit dem Schutzobjekt Krankenhäuser ausgewählt. Tabelle 4 zeigt erste exemplarische Kriterien und Indikatoren für die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität dieser Schutzobjekte auf.

Bereich	Schutzobjekt	Auswirkung/ pot. Schadwirkung	Beispiel-Kriterien für Anfälligkeit	Beispiel-Indikatoren für Anfälligkeit	Beispiel-Kriterien für Bewältigung	Beispiel-Indikatoren für Bewältigung
Landwirtschaft	Ackerbauliche Nutzfläche	Erosion	Erosionsanfälligkeit nutzbarer Flächen	Hilfsindikatoren: • Bodenart • Hangneigung • Bodenbedeckungsgrad • Entfernung vom Flusslauf	Minderung der Erosionsanfälligkeit durch Bodenbewirt- schaftung	Hilfsindikatoren • Anteil konservierender Bodenbearbeitung • Bodenbedeckungsgrad • Anteil landschaftsstruk- turierender Elemente
	Landwirtschaftliche Nutzfläche	Kontamination durch • Schwermetalle/Salze • organ. Verbindungen • Bakterien/Viren • Pharmazeut. Stoffe aus möglichen Quellen • Anlagen mit Umgang wassergefährdender Stoffe • Kläranlagen/ Kanalisation • Altlasten • Heizölbehälter	Kontaminations- anfälligkeit nutzbarer Flächen	Hilfsindikatoren: • Stoffkonzentrationen (Vorbelastung) • Menge an wassergefährdenden Stoffe aus entspr. Anlagen im HQ 100 • Anteil Altlastenflächen im HQ 100	Minderung der Kontamination durch Filter- und Pufferkapazität des Bodens	Hilfsindikatoren • pH-Wert • Tonanteil • Anteil org. Substanz
	Landwirtschaftliche Nutzfläche	Schlammablagerung/ Sedimentation	Sedimentations- anfälligkeit nutzbarer Flächen	Hilfsindikatoren: • Hangneigung • Geländehöhe • Oberflächenrauigkeit • Entfernung vom Flusslaufes		
	Landwirtschaftliche Nutzfläche	Wertminderung durch • Kontamination • veränderte Boden- beschaffenheit	Wertminderungs- anfälligkeit nutzbarer Fläche	Bodenwert	Finanzieller Ausgleich zur Wertminderung	Hilfsindikatoren • Höhe der Kapitalrücklage • versicherter Anteil

Tabelle 3: Beispielhafte Kriterien und Indikatoren für den Bereich Landwirtschaft (Dimension Wirtschaft).

Bereich	Schutzobjekt	Auswirkung/ pot. Schädigung	Beispiel-Kriterien für Anfälligkeit	Beispiel-Indikatoren für Anfälligkeit	Beispiel- Kriterien für Bewältigung	Beispiel-Indikatoren für Bewältigung
Nahverkehr	Strecken von U-Bahn bzw. Straßenbahn	Störung bzw. Ausfall der Funktion mit negativen Auswir- kungen auf die Mobilität der betroffenen Bevölkerung	Relevanz  Schutzvorkehrungen	Anteil des Verkehrsauf- kommens auf den im gefährdeten Gebiet gelegenen Streckenabschnitten am gesamstädtischen Verkehrsaufkommen  Anteil der im gefährdeten Gebiet durch Schutzmaß- nahmen gegen Hochwasser gesicherten Strecken- abschnitte an der in diesem Gebiet gelegenen Gesamtstrecke	Redundanzen  Bereitschaft	Anteil der im gefährdeten Gebiet gelegenen Streckenabschnitte, für die redundante Strecken vorhanden sind  Anteil der im gefährdeten Gebiet gelegenen Strecken, deren Funktionsfähigkeit auch während eines Hochwasserereignisses durch entsprechende Vorkehrungen aufrecht erhalten werden kann, an der Gesamtheit der Strecken in diesem Gebiet
Gesundheits- wesen	Krankenhäuser	Störung bzw. Ausfall der Funktion mit negativen Auswir- kungen auf die Gesundheitsversorgu ng der betroffenen Bevölkerung	Relevanz  Abhängigkeit	Anteil der Bettenkapazität der im gefährdeten Gebiet gelegenen Krankenhäuser an der Gesamtbettenkapazität des Untersuchungsgebiets  Grad der Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen, die durch ein Hochwasserereignis ausfallen könnten, z. B. Energieversorgung, Wasserver-/entsorgung, Transport/Verkehr)	Redundanzen  Bereitschaft	Anteil der im gefährdeten Gebiet gelegenen Krankenhäuser, für die redundante Einrichtungen vorhanden sind  Anteil der im gefährdeten Gebiet gelegenen mit adäquaten Vorkehrungen zur Aufrechterhaltung des Betriebs an der Gesamtheit der in diesem Gebiet gelegenen Einrichtungen

Tabelle 4: Beispielhafte Kriterien und Indikatoren für die Bereiche Nahverkehr und Gesundheitswesen (Dimension Kritische Infrastrukturen).

## 6. Weiteres Vorgehen

Die ersten vorläufigen Indikatoren und Kriterien zeigen an, dass im Rahmen des weiteren Vorgehens die Datenverfügbarkeit und Erhebbarkeit der Indikatoren auf kommunaler Ebene zu überprüfen ist. In dieser Hinsicht sollen die im Rahmen der ersten Projektphase identifizierten Schutzobjekte für die Dimensionen Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft und Kritische Infrastrukturen sowie die bisher erstellten Kriterien und Indikatoren mit den Praxispartnern in Köln und Dresden diskutiert sowie in Bezug auf ihre Plausibilität und Relevanz geprüft werden.

Darüber hinaus sollen die bisherigen Kriterien und Indikatoren weiterentwickelt und komplettiert werden, um eine Liste vorläufiger Indikatoren und Kriterien zu erstellen, die mittels verschiedener Methoden auf kommunaler Ebene messbar sind. In diesem Zusammenhang sollen die für die ausgewählten Themenbereiche vorhandenen Informationen gesichtet werden, um die Verfügbarkeit von relevanten Daten für die jeweiligen Indikatoren festzustellen. Ferner ist die Beschaffung der vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) benötigten georeferenzierten Daten durch das BBK vorgesehen. Die Verortung der verschiedenen Stadtteile hinsichtlich ihrer Exposition (HQ 100, HQ200 und/oder HQ 500) ist dabei ein wichtiges Ziel.

In diesem Kontext sollen im Rahmen der nächsten Projektphase die Untersuchungsräume in Köln und Dresden – insbesondere für die Haushaltsbefragung – weiter abgegrenzt und die Befragungen vorbereitet werden.

## 7. Literaturliste

- ADAM, V. (2006): Hochwasser-Katastrophenmanagement. Wirkungsprüfung der Hochwasservorsorge und -bewältigung österreichischer Gemeinden. Zürich.
- ADGER, W.N., HUGHES, T.P., FOLKE, C., CARPENTER, S.R., und J. ROCKSTRÖM (2005): Socio-Ecological Resilience to Coastal Disasters. In: *Science* 309: 1039-1039.
- BACHFISCHER, R. (1978): Die ökologische Risikoanalyse, Diss. an der TU München. München.
- BIRKMANN, J. (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: BIRKMANN, J. [Hrsg.]: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo.
- BOGARDI, J. und J. BIRKMANN (2006): Vulnerability Assessment: the First Step Towards Sustainable Risk Reduction. In: MALZAHN, D. und T. PLAPP [Hrsg.]: *Disaster and Society – From Hazard Assessment to Risk Reduction*. Berlin: 75-82.
- BOHLE, H.-G. (2001): Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography. IHDP Update 2/2001. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change: 1-7.
- BUNDESMINISTERIUM DES INNERN, BMI (2005): Schutz kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. Berlin
- CANNON, T., TWIGG, J., und J. ROWELL (2003): Social Vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters. Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office. Im Internet verfügbar unter:  
[http://www.benfieldhrc.org/disaster\\_studies/projects/soc\\_vuln\\_sust\\_live.pdf](http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf).
- CARDONA, O.D. (2004): The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. In: BANKOFF, G., FRERKS, G. und D. HILHORST [Hrsg.]: *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. London.
- CARDONA, O.D. (2001): Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Barcelona: Technical University of Catalonia. Im Internet verfügbar unter: <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>.

CARDONA, O.D. (1999): Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics: A Holistic Risk Assessment and Management Approach. In: Ingleton, J. [Hrsg.]: Natural Disaster Management. London.

CHAMBERS, R. (1989): Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. IDS Bulletin 20(2): 1-7.

DEUTSCHES KOMITEE FÜR KATSROPHENVORSORGE E.V., DKKV (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Bonn.

DOWNING, T., AERTS, J., SOUSSAN, J., BARTHELEMY, O., BHARWANI, S., HINKEL, J., IONESCU, C., KLEIN, R.J.T., MATA, L.J., MATIN, N., MOSS, S., PURKEY, D. und G. ZIERVOGEL (2005): Integrating Social Vulnerability into Water Management. NeWater Working Paper No. 5. New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty. Stockholm.

FÜRST, D. und F. SCHOLLES [Hrsg.](2001): Handbuch Theorien + Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund.

FÜSSEL, H.-M. und R.J.T. KLEIN (2006): Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 75(3), 301-329.

GELLER, W., OCKENFELD, K., BÖHME, M. und A. KNÖCHEL [Hrsg.] (2004): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Endbericht des Ad-hoc-Projekts „Schadstoffuntersuchungen nach dem Hochwasser vom August 2002 – Ermittlung der Gefährdungspotentiale an Elbe und Mulde“. Magdeburg.

GREEN, C. (2004): The Evaluation of Vulnerability to Flooding. *Disaster Prevention and Management* 13(4): 323-329.

GRÜNFLÄCHENAMT DRESDEN [Hrsg.](1998): Landschaftsplan - Teillandschaftsplan in den Stadtgrenzen vom 31.12.1996. Dresden.

HGN HYDROGEOLOGIE GMBH (2004): Studie zur Hochwasserschutzkonzeption für die Elbe auf sächsischem Territorium – Amtsgebiet des Staatliches Umweltfachamtes Radebeul, Strom-km 0,0 (Landesgrenze) bis Strom-km 123, 8. Dresden.

IKSE [Hrsg.](2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe

IKSE [Hrsg.](2003): Aktionsplan Hochwasserschutz Elbe. Magdeburg.

KAISER, W.; SCHINDLER, M; JOBST, T. und G. MUNSCHE (2002): Aktualisierung der Gefährdungsanalyse Mecklenburg-Vorpommern Teil II, Projektabschnitt 2001/2002, Bestimmung der Vulnerabilität des Landes gegenüber besonderen Gefährdungslagen und Katastrophen. Berlin.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN [Hrsg.](2006): Umweltbericht 2001-2004. Fakten zur Umwelt. Dresden.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN [Hrsg.](2005): Forschungsbericht. Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser. Dresden.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN STADTPLANUNGSAMT (2003): Integriertes Stadtentwicklungskonzept der Landeshauptstadt Dresden - Bericht 2003. Dresden. unveröff.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN STADTPLANUNGSAMT [Hrsg.] (2003): Flächennutzungsplan – Ergänzung für den Flächennutzungsplan in den Stadtgrenzen vom 01.01.1999 ergänzt durch die Ortschaften Altfranken, Gompitz (ohne Gemarkung Ockerwitz), Oberwartha, Langebrück, Schönborn, Schönfeld-Weißig, die Gemarkungen Kauscha und die eingemeindete Teilfläche von Boxdorf. Dresden.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN UMWELTAMT (2006): Plan zur Verbesserung des vorsorgenden Schutzes der Landeshauptstadt Dresden vor Hochwasser der Elbe, der Vereinigten Weißeritz, des Lockwitzbaches, der Gewässer 2. Ordnung und des Grundwassers. Dresden. unveröff.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN UMWELTAMT [Hrsg.](2004): Flutkatastrophe 2002: Das Augusthochwasser in Dresden. Dresden.

LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG [Hrsg.](1998): Das Sommerhochwasser an der Oder 1997 – Fachbeiträge anlässlich der Brandenburger Ökologietage II. In: Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Bd. 16. Potsdam.

LASS et al. (1998) : Katastrophenanfälligkeit und „Nachhaltige Entwicklung“. Ein Indikatorensystem für Deutschland. Pilotstudie. In: Deutsche IDNDR-Reihe, Nr. 14. Bonn.

LUERS, A.L. (2005): The Surface of Vulnerability: An Analytic Framework for Examining Environmental Change. Global Environmental Change 15: 214-223.

MERZ, B. und H. APEL [Hrsg.] (2004): Risiken durch Naturgefahren in Deutschland. Abschlussbericht des BMBF-Verbundprojekts Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen (DNFK). Potsdam.

PELLING, M. (2003): The Vulnerability of Cities: Social Resilience and Natural Disaster. London.

PFEIL, J. (2000): Maßnahmen des Katastrophenschutzes und Reaktionen der Bürger in Hochwassergebieten. Am Beispiel von Bonn und Köln. Bonn.

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT et al. (1993): Neubau der Bundesautobahn A 82 / 140 Göttingen – Halle/Leipzig. Umweltverträglichkeitsstudie-. Planungsablauf und Bewertungsmethodik – Grundlagen - . Hannover.

REESE, S. (2003): Die Vulnerabilität des schleswig-holsteinischen Küstenraumes durch Sturmfluten. In: Berichte aus dem Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel, Nr. 30. Büsum.

REUSSWIG, F. und T. GROTHMANN (2004): Präventiver Hochwasserselbstschutz von Privathaushalten und Unernehmen. In: MERZ, B. und H. APEL [Hrsg.]: Risiken durch Naturgefahren in Deutschland. Abschlussbericht des BMBF-Verbundprojekts Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen (DNFK). Potsdam

RISIKOKOMMISSION [Hrsg.](2003): Abschlussbericht der Risikokommission - ad hoc-Kommission Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland. Salzgitter.

ROGERS, R.W.(1983): Cognitive and physiological processes in fear appeals and attitude change: A revised theory of protection motivation. In: CACIOPPO, B.L. und L.L. PETTY [HRSG.]: Social psychophysiology: A sourcebook. London: 153-176.

SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI [Hrsg.](2003): Auguthochwasser 2002 - Schadensausgleich und Wiederaufbau im Freistaat Sachsen. Dresden.

SÄCHSISCHES LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2005): Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 10. Jg., H. 12.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE LfUG [Hrsg.](2005):  
Sofortbewertung der Sonderproben Elbe vom 28.08.2002. In:  
[www.umwelt.sachsen.de/lfug/hwz/nachrichten/probe/Internet\\_1/Fax\\_Sofort\\_20\\_8.xls](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/hwz/nachrichten/probe/Internet_1/Fax_Sofort_20_8.xls)

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE LfUG[Hrsg.](2005): Proben –  
Hochflutsedimente/Schlämme Elbtal – Probennahmetag 19./21./22./23.08/11.09.02  
(Boden-Mensch) In: [www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/documents/Stoffgehalte\\_Elbtal.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/documents/Stoffgehalte_Elbtal.pdf)

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE LfUG [Hrsg.] (2005):  
Hochwasser in Sachsen - Gefahrenhinweiskarten. Dresden.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE [Hrsg.] (2004): Ereignisanalyse.  
Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. Dresden.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE LfUG [Hrsg.] (2002):  
Ergänzende Bewertung der Sonderproben Elbe vom 24.08.2002. In:  
[http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/hwz/nachrichten/probe/Internet\\_1/Fax\\_Erw\\_Bew\\_24\\_08.xls](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/hwz/nachrichten/probe/Internet_1/Fax_Erw_Bew_24_08.xls)

SCHNEIDERBAUER, S. und D. EHRLICHER, (2004): Risk, Hazard and People`s  
Vulnerability to natural Hazards: A Review of Definitions, Concepts and Data.  
Brussels: European Commission – Joint Research Centre (EC-JRC).

SOCHER, M., SIEBER, H.-U. und G. MÜLLER (2005): Verfahren zur HWSK-  
übergreifenden Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen nach Socher,  
Müller, Siebe(SMS-Verfahren) – Verfahrenbeschreibung. Dresden.

STADT KÖLN [Hrsg.](1996): Hochwasserschutzkonzept Köln. Köln.

STADTENTWÄSSERUNGSBETRIEBE, AÖR; HOCHWASSERSCHUTZZENTRALE KÖLN [Hrsg.]  
(2004): „Et kütt wie et kütt!“. CD-ROM.

STADTENTWÄSSERUNGSBETRIEBE, AÖR; HOCHWASSERSCHUTZZENTRALE KÖLN [Hrsg.]  
(o.J.): Hochwasser – Was tun?. CD-ROM.

STADTENTWÄSSERUNGSBETRIEBE, AÖR; HOCHWASSERSCHUTZZENTRALE KÖLN [Hrsg.]  
(o.J.): Hochwassergefahrenkarte 11,30 Meter am Kölner Pegel.

THYWISSEN, K. [Hrsg.] (2006): Components of Risk. A Comparative Glossary.

TURNER, B.L., KASPERSON, R.E., MATSON, P.A., MCCARTHY, J.J., CORELL, R.W., CHRISTENSEN, L., ECKLEY, N., KASPERSON, J.X., LUERS, A., MARTELL, M.L., POLSKY, C., PULSIPHER, A. und A. SCHILLER (2003): A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14): 8074-8079.

UMWELTBUNDESAMT, UBA [Hrsg.] (2006): Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereiche gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen). Dessau.

UN/ISDR (2004): *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*, 2004 version. Geneva.

UN-HABITAT (2003): *The Challenge of Slums. Global Report on Human Settlements 2003*. London.

VAN DILLEN, S. (2004): *Different Choices: Assessing Vulnerability in a South Indian Village*. Studien zur geographischen Entwicklungsforschung. Band 29. Saarbrücken.

WEICHSELGARTNER, J. (2002): *Naturgefahren als soziale Konstruktion. Eine geographische Beobachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken*. Aachen.

WEICHSELGARTNER, J. und M. DEUTSCH (2002): *Die Bewertung der Verwundbarkeit als Hochwasserschutzkonzept – Aktuelle und historische Betrachtungen*. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Bd. 46, H. 3, S. 102-109.

WISNER, B. (2002): *Who? What? Where? When? in an Emergency: Notes on Possible Indicators of Vulnerability and Resilience: By Phase of the Disaster Management Cycle and Social Actor*. In: PLATE, E. [Hrsg.]: *Environment and Human Security. Contributions to a workshop in Bonn. 23-25 October 2002: 12/7-12/14*.

WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T. und I. DAVIS (2004): *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2<sup>nd</sup> edition. London.





United Nations  
University  
**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security

IN ZUSAMMENARBEIT MIT



MARTIN-LUTHER-  
UNIVERSITÄT HALLE-  
WITTENBERG



Stadtentwässerungs-  
betriebe Köln, AöR



## II. Zwischenbericht

# INDIKATOREN zur Abschät- zung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen

*- am Beispiel von wasserbezogenen  
Naturgefahren in urbanen Räumen -*

Project  
Interim  
Report

Ein Forschungsprojekt gefördert vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe



Bundesamt für Bevölkerungsschutz  
und Katastrophenhilfe

## KONTAKT



United Nations  
University  
**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security

Herr Dr.-Ing. Jörn Birkmann (Projektleitung)  
Frau Susanne Lenz  
UNU-EHS  
UN Campus, Hermann-Ehlers-Str. 10  
53113 Bonn, Germany  
Phone: ++49-228-815-0208  
E-mail: birkmann@ehs.unu.edu



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-  
WITTENBERG

Herr Prof. Dr.-Ing. Wilfried Kühling  
Frau Kathleen Liese  
FG Raum- und Umweltplanung  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Geowissenschaften  
Von-Seckendorff-Platz 4  
Raum 4.4.25  
06120 Halle/Saale  
Phone: ++49-345-55-260-66  
E-mail: wilfried.kuehling@geo.uni-halle.de



Herr Dr. Stefan Voigt  
DFD - DLR  
Münchner Straße 20  
D-82234 Weßling

In Zusammenarbeit mit den Praxispartnern



Stadtentwässerungs-  
betriebe Köln, AöR



Frau Yvonne Wieczorrek  
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR  
Hochwasserschutz-Zentrale Köln

Postanschrift:  
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR  
Hochwasserschutz-Zentrale Köln  
Ostmerheimer Str. 555  
51109 Köln

Büroanschrift:  
Willy-Brandt-Platz 2  
50679 Köln

Umweltamt der  
Landeshauptstadt  
Dresden



Herr Horst Ullrich  
Umweltamt Stadt Dresden  
Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden  
Grunaer Straße 2  
01069 Dresden

## **Inhaltsverzeichnis II. Zwischenbericht**

### **Teil I: Darstellung der wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse und Ereignisse der zweiten Projektphase (Februar bis August 2007)**

1.	Einleitung.....	4
2.	Fortgang der Indikatorenentwicklung.....	5
2.1	Überblick.....	5
2.2	Indikatoren für den Bereich Bevölkerung/Soziales.....	11
2.3	Indikatoren für den Bereich Umwelt.....	12
2.4	Indikatoren für den Bereich Wirtschaft.....	14
2.5	Indikatoren für den Bereich Kritische Infrastrukturen.....	15
3.	Haushaltsbefragung zum Thema Vulnerabilität gegenüber Hochwasser.....	17
3.1	Zielsetzung der Haushaltsbefragung.....	18
3.2	Vorbereitung und Organisation der Befragung.....	19
3.3	Struktur und Themenfelder des Fragebogens.....	23
3.4	Fazit.....	30
4.	Weitere Aktivitäten im Rahmen des Projekts.....	30
4.1	Evakuierungsübung in Köln.....	30
4.2	Exkursion der Hochwasserschutzzentrale Köln.....	31
4.3	Veranstaltungen zum Thema „5 Jahre nach der Flut“ in Dresden.....	31
5.	Weiteres Vorgehen.....	33

### **Teil II: Ergänzende Angaben**

1.	Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung.....	36
2.	Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Ausgabenzeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert?.....	36
3.	Sind inzwischen von dritter Seite Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?.....	36
4.	Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?.....	36

Literaturverzeichnis .....	37
----------------------------	----

Anlagen (Anschreiben und Fragebogen für die Befragung in Köln)

## **Teil I: Darstellung der wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse und Ereignisse der zweiten Projektphase (Februar bis August 2007)**

### **1. Einleitung und Zusammenfassung des 1. Zwischenberichts**

Das Forschungsvorhaben hat das Ziel, anhand von ausgewählten Schlüsselbereichen eine systematische Operationalisierung des Themas Vulnerabilität zu vollziehen. Die Ergebnisse sollen zum einen als Grundlage für eine gezieltere Aufklärung über mögliche Verwundbarkeiten durch wasserbezogene Naturgefahren dienen, und zum anderen sollen sie Handlungspotenziale für Politik, Katastrophenschutz und Planung aufzeigen. Am Beispiel der Städte Köln und Dresden soll die Vulnerabilität von an großen Flüssen gelegenen urbanen Räumen für den sozialen, ökonomischen, infrastrukturellen und ökologischen Bereich untersucht werden. Hierfür sollen Kriterien und Indikatoren zur Messung und Beurteilung der Exposition, der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität von Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft und Kritischen Infrastrukturen durch Hochwasser entwickelt und getestet werden, aus deren Zusammenspiel Vulnerabilität resultiert.

Die erste Projektphase umfasste die folgenden Arbeitsschritte:

- Abstimmung zentraler Begriffe (Vulnerabilität, Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungskapazität u.a.) und Formulierung präziser Arbeitsdefinitionen
- Auswahl und Vorstellung zweier Konzepte zur Unterstützung der systematischen Erfassung und Bewertung von Vulnerabilität (BBC-Konzept, Präferenzmatrix)
- Wissenschaftliche Analyse aktueller Ansätze und Methoden zur Abschätzung von Vulnerabilität in Bezug auf wasserbezogene Naturgefahren (Übersichtsanalyse, Tiefenanalyse) als Grundlage für die Indikatorenentwicklung
- Gemeinsame Vorüberlegungen mit den Praxispartnern zur Abgrenzung der Untersuchungsräume (Begehungen, Diskussionen)
- Definition prioritärer Schutzgüter und Bereiche, die auf ihre Vulnerabilität hin untersucht und bewertet werden sollen
- Entwurf eines ersten, vorläufigen Indikatorensets für exemplarische Bereiche und Schutzobjekte der Dimensionen Landwirtschaft und Kritische Infrastrukturen.

Der vorliegende Zwischenbericht zeigt den bisherigen Arbeitsfortschritt auf, der sich insbesondere auf die Prüfung und Sichtung kommunaler Daten für die Indikatorenentwicklung und auf die aktuelle Durchführung einer Haushaltsbefragung zum Thema Vulnerabilität gegenüber Hochwasser in Köln und Dresden bezieht. Er verdeutlicht die weitere Indikatorenentwicklung seit dem ersten Zwischenbericht und stellt die Konzeption der Befragung dar. Des Weiteren werden Informationen über relevante Ereignisse und Veranstaltungen gegeben. Abschließend wird das weitere Vorgehen in der nächsten Projektphase dargestellt.

## **2. Fortgang der Indikatorenentwicklung**

### **2.1 Überblick**

Der im Forschungsvorhaben verwendete Ansatz zur Messung der Vulnerabilität gegenüber Hochwasser basiert auf dem Konzept des BBC-Meta-Frameworks (vgl. Birkmann 2006). Dieses sieht die Analyse verschiedener Charakteristika der Vulnerabilität strukturiert nach einer sozialen, einer ökonomischen und einer umweltbezogenen Dimension vor (siehe Abb. 1). Dabei wird Vulnerabilität nicht allein mit negativen Charakteristika wie Fragilität gleichgesetzt, sondern beinhaltet nach dem BBC-Konzept insbesondere eine Expositions-, eine Anfälligkeits- und eine Bewältigungskomponente. Erst die integrative Betrachtung der Expositionsproblematik, der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität des jeweiligen exponierten Elements (z.B. Mensch, Ökosystem, Infrastruktur) lassen hinreichende Rückschlüsse auf die Vulnerabilität insgesamt zu. Darüber hinaus verdeutlicht das BBC-Konzept, dass die Messung von Vulnerabilität auch präventive Vorsorgemaßnahmen ( $t=0$ ) und die Kapazitäten im Notfall ( $t=1$ ) erfassen bzw. berücksichtigen sollte.

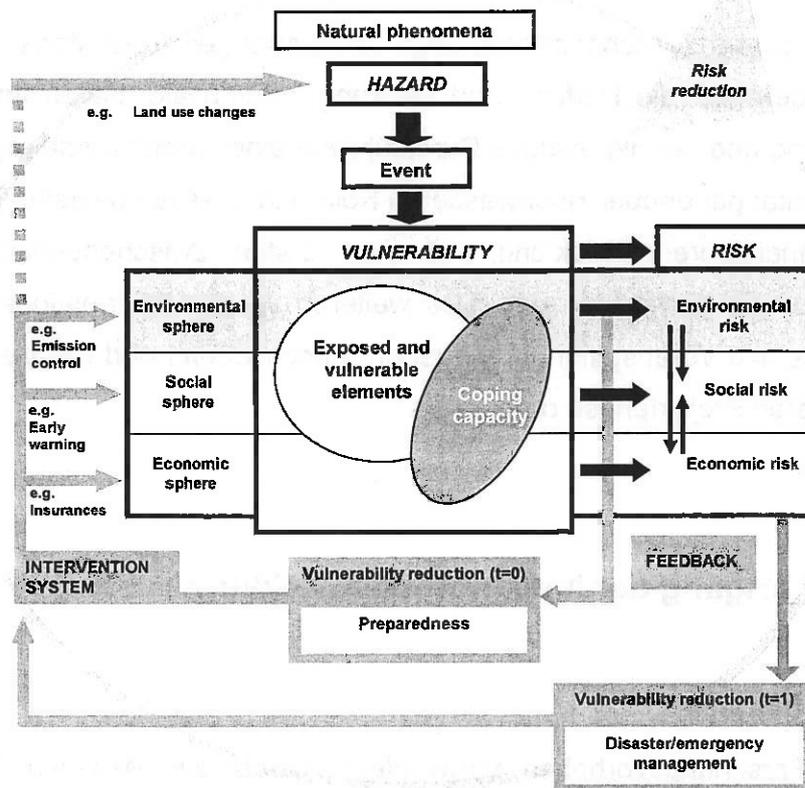


Abb. 1: Das BBC-Framework (Quelle: BIRKMANN, 2006, basierend auf BOGARDI & BIRKMANN, 2004; CARDONA, 1999; CARDONA, 2001)

Unter Berücksichtigung der drei Dimensionen des BBC-Konzepts (*environmental sphere*, *social sphere*, *economic sphere*) wurden die folgenden thematischen Bereiche als wesentlich für das Forschungsvorhaben definiert: 1) **Bevölkerung**, 2) **Umwelt** und 3) **Wirtschaft**, sowie außerdem 4) **Kritische Infrastrukturen (KRITIS)** aufgrund ihrer Bedeutung zur Aufrechterhaltung wichtiger Funktionen und Prozesse im sozialen, ökonomischen und Umweltbereich.

Aufgrund der Unterschiedlichkeit dieser vier Themenbereiche, für die Vulnerabilität operationalisiert und gemessen werden soll, ist es erforderlich, verschiedene Arbeitsmethoden zur Erfassung und Messung der jeweiligen Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität zu verwenden. Trotz unterschiedlicher Methoden besteht eine Gemeinsamkeit der Vulnerabilitätsmessung in allen Bereichen (Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft, KRITIS) darin, dass Fragen der Exposition, der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität gleichzeitig beachtet und berücksichtigt werden sollen.

Darüber hinaus ist für die Vulnerabilitätsmessung kennzeichnend, dass entlang von potenziellen oder bereits in Hochwasserereignissen aufgetretenen Wirkungsketten bestimmte Charakteristika der Vulnerabilität eines exponierten Systems (z.B. Mensch, Energieversorgung) oder Elements (z.B. Energieleitung, Trinkwasserbrunnen etc.) identifiziert werden können.

Nach Abschluss der Entwicklung aller Indikatoren soll eine Zusammenführung und Aggregation bestimmter Indikatoren mit Hilfe der Ökologische Risikoanalyse erfolgen. Dabei werden die Angaben der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität exponierter Elemente in einer Präferenzmatrix zusammengeführt. Dafür müssen zunächst die erhobenen Ausprägungen der Anfälligkeits- und der dazugehörigen Bewältigungsindikatoren bewertet werden. Die mit maximal 7 Bewertungsstufen ordinal skalierten Indikatoren werden dann in der Präferenzmatrix zu einer Vulnerabilitätsaussage aggregiert.

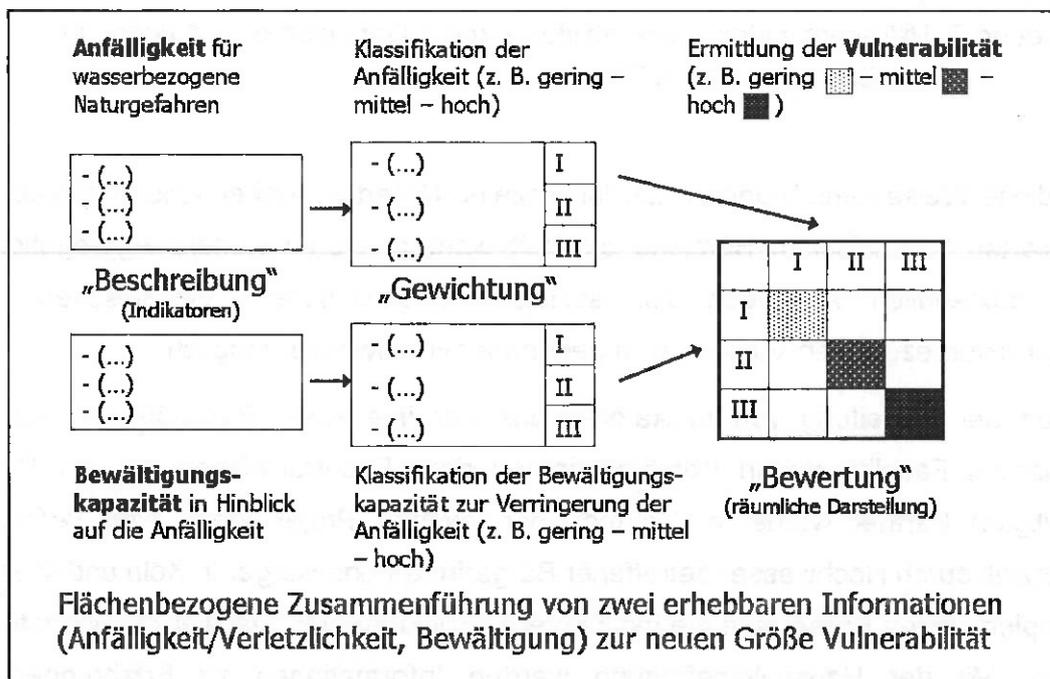


Abbildung 2: Struktur der Beschreibung, Gewichtung und Bewertung innerhalb der Vulnerabilitätsanalyse (eigene Darstellung, in Anlehnung an PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT et al., 1993).

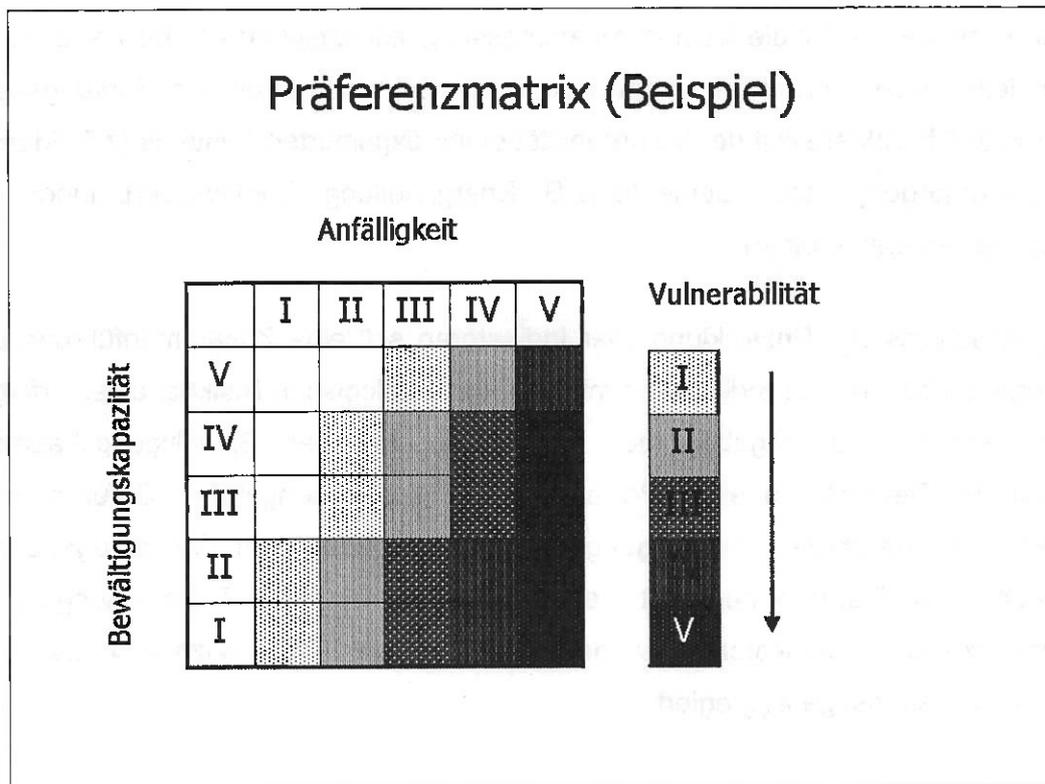


Abbildung 3: Präferenzmatrix Vulnerabilität (eigene Darstellung, in Anlehnung an BACHFISCHER, 1978).

Auf diese Weise kann Vulnerabilität für einzelne Unterthemenbereiche innerhalb der definierten thematischen Bereiche ermittelt werden. Durch weitere Aggregationen sind letztendlich Aussagen zur sozialen, ökonomischen, ökologischen und infrastrukturbezogenen Vulnerabilität gegenüber Hochwasser möglich.

Neben der Herleitung von Indikatoren aus der intensiven Beschäftigung mit der relevanten Fachliteratur in Kombination mit dem Expertenwissen der am Projekt beteiligten Partner wurde im Rahmen der zweiten Projektphase eine Befragung potenziell durch Hochwasser betroffener Bürgerinnen und Bürger in Köln und Dresden konzipiert, deren Ergebnisse die Indikatorenentwicklung und -validierung unterstützen sollen. Mit der Haushaltsbefragung werden Informationen zu Erfahrungen mit Hochwasserereignissen, zu Vorbereitung und Bewältigungskapazität sowie zum Notfallverhalten der Befragten erhoben. Neben der Generierung neuer Daten und Informationen für die Erfassung der Vulnerabilität im Bereich Bevölkerung werden in der Haushaltsbefragung auch Aspekte der Themenbereiche Umwelt, Wirtschaft und Kritische Infrastrukturen berücksichtigt, die auf der Ebene von Haushalten und Bürgern eine Rolle spielen.

Darüber hinaus wird es für die Bereiche Kritische Infrastrukturen, Umwelt und Wirtschaft erforderlich sein, Experten-Interviews zu führen, um zusätzliche Informationen zu erheben, beispielsweise bezüglich der Vulnerabilität von Objekten der Kritischen Infrastruktur.

Parallel zur Entwicklung und Abstimmung der Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden wurden in der zweiten Projektphase die verfügbaren kommunalen Daten weiter gesichtet und geprüft. Durch die Einbindung der Stadt Köln und der Stadt Dresden als Partner im Projekt konnte zu verschiedenen kommunalen Stellen und Ämtern sowie zu kommunalen Versorgungseinrichtungen Kontakt aufgenommen werden. In den Gesprächen und bei der Sichtung der Daten wurde allerdings deutlich, dass zwischen den wissenschaftlich abgeleiteten vorläufigen Indikatoren (gewünschte Daten) und den tatsächlich zur Verfügung stehenden Daten auf kommunaler oder regionaler Ebene deutliche Diskrepanzen bestehen. Beispielsweise finden sich in der traditionellen Statistik kaum hinreichende Daten zur Bestimmung der Exposition oder der Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren.

Des Weiteren besteht einerseits der Anspruch an die Indikatoren, die entscheidenden Parameter zur Bestimmung der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität urbaner Räume widerzuspiegeln, andererseits können in der Praxis im Wesentlichen nur die in den Kommunen vorhandenen Daten zur Bestimmung der Vulnerabilität verwendet werden. Es ist davon auszugehen, dass die Städte Köln und Dresden aufgrund ihrer Größe und Bedeutung über vergleichsweise umfangreiches Datenmaterial verfügen, welches in kleineren Kommunen nicht unbedingt zu erwarten ist. Dies ist bei der Projektbearbeitung zu berücksichtigen, da der zu erarbeitende Handlungsleitfaden einschließlich des Indikatorensatzes zur Vulnerabilitätsmessung auch auf andere Kommunen übertragbar sein soll. Demzufolge kann es notwendig werden, neben einem Gesamtbündel von Indikatoren, welche für die Städte Köln und Dresden getestet und validiert wurden, ein Kern-Indikatorenset festzulegen, welches auch in kleineren Kommunen auf jeden Fall erhoben werden kann.

Im Rahmen der zweiten Projektphase wurde auch mit dem Aufbau eines Geographischen Informationssystems (GIS) für das Projekt begonnen. Mit Unterstützung durch das BBK wurden vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) georeferenzierte Daten aus dem Amtlich Topographisch-Kartographischen Informationssystem ATKIS für das Projekt zur Verfügung gestellt. Es handelt sich hierbei um Daten der Themenbereiche Siedlung, Verkehr, Vegetation, Gewässer und Gebiete. Diese Daten ermöglichen die räumliche Darstellung der Untersuchungsgebiete und ihrer spezifischen räumlichen Charakteristika und bilden damit die Grundlage des Informationssystems. Sie werden im weiteren Projektverlauf durch kommunale Daten der Stadt Köln und der Stadt Dresden sowie durch eigene Daten, z.B. aus der Haushaltsbefragung, ergänzt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Test und die Entwicklung neuer Methoden, wie beispielsweise die Ermittlung der Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen mit Hilfe der Haushaltsbefragung, auch für kleinere Kommunen eine wichtige Handreichung für eigene Erhebungen und Strategien des präventiven Bevölkerungsschutzes sein wird. Aus Sicht der Autoren werden Befragungen und Vulnerabilitätserfassungen vor und auch nach sogenannten Katastrophen zentrale Elemente eines strategischen Risikomanagements der Zukunft sein. Insbesondere angesichts des Klimawandels und der damit verbundenen Prognosen hinsichtlich der Zunahme von Extremwetterereignissen werden sich staatliche und kommunale Vorsorgemaßnahmen immer weniger auf die Reduzierung bzw. Steuerung von Naturgefahren beziehen können, sondern müssen stärker als bisher die Vulnerabilität von Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt und Kritischen Infrastrukturen zum Gegenstand machen (vgl. BIRKMANN & BOGARDI 2007, S. 21-23).

In diesem Kontext fordert die Vorsitzende des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge Schwätzer, dass sich Katastrophenschutz in Zukunft – z.B. angesichts des Klimawandels, der zunehmenden Abhängigkeit von Infrastrukturen und der zunehmenden Vulnerabilität – nicht allein auf das Katastrophenmanagement beschränken darf, sondern vielmehr eine Netzwerkaufgabe sein muss, die von der Risikoerfassung über angepasste Raum- und Landesplanung bis zum Katastrophenschutz reicht (vgl. SCHWÄTZER 2007, S. 5-6).

Das vorliegende Forschungsvorhaben leistet einen wichtigen Beitrag zur Frage, wie man Vulnerabilität bezüglich unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen, Wirtschaftsbereiche und -aktivitäten, Umweltmedien und Kritischen Infrastrukturen konkretisieren und auf kommunaler Ebene messen kann. Dabei ist es von wissenschaftlicher Seite geboten, entsprechende Assessment-Methoden zu entwickeln, um überhaupt ein Instrumentarium zu haben, welches Vulnerabilität konkret fassbar und überprüfbar macht. Nur so können die Belange der Vulnerabilität von Gesellschaft/Bevölkerung, Umwelt, Wirtschaft und KRITIS in entsprechenden Risiko-Management-Prozessen sowie im Bevölkerungsschutz und der räumlichen Planung (Bauleitplanung, Regionalplanung, Landesplanung) überhaupt berücksichtigt werden.

## **2.2 Indikatoren für den Bereich Bevölkerung/Soziales**

Für den Bereich Bevölkerung/Soziales wurde in einem ersten Schritt eine Liste potenziell relevanter Daten und Parameter erstellt, die Aussagen zur Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen und Stadtteile ermöglichen. Basierend auf dieser „Wunschliste“ von Daten wurde in einem zweiten Schritt ein direktes Gespräch mit dem Amt für Stadtentwicklung und Statistik in Köln – insbesondere Herrn Asselborn und Herrn Dr. Hermsdörfer – geführt. Dabei zeigte sich, dass die Anzahl der verfügbaren Daten deutlich geringer ist als die Anzahl der gewünschten Parameter.

In einem dritten Schritt wurde eine erste Analyse sozio-ökonomischer und demographischer Parameter, z.B. „Arbeitslosigkeit“ und „alleinstehende hochbetagte Haushalte“ für verschiedene Stadtteile durchgeführt. Es wurde deutlich, dass diese (relativ generellen) kommunalen Indikatoren einer weiteren Validierung und Verfeinerung durch gezielte Umfragen und die Haushaltsbefragung (siehe Kapitel 3.3) bedürfen. Insbesondere soll die Haushaltsbefragung überprüfen, ob die Kriterien „hochbetagte und alleinstehende Personen“ besonders vulnerable Gruppen aufzeigen, die tatsächlich in ihrem Wissen und der Bewältigungskapazität deutlich schlechter gestellt sind als andere Bevölkerungs- und Personengruppen. Folglich sollen mit Hilfe der durch die Haushaltsbefragung gewonnenen detaillierteren Informationen auch ausgewählte Parameter und Indikatoren aus der kommunalen Statistik validiert und hinsichtlich ihrer Aussagekraft überprüft werden.

Insgesamt wird deutlich, dass zwischen den Befragungen, der Auswertung der Haushaltsbefragung und der Analyse kommunaler Daten vielfach Verknüpfungen bestehen bzw. entwickelt werden.

Darüber hinaus wird zur Zeit mit der Stadt Köln verhandelt, inwieweit flächendeckende Daten für die Stadt auch mittels eines Mikrozensus erhoben werden können. Dies würde dem Projekt erlauben, bestimmte Fragen zur Bewältigungskapazität, die sich in der Haushaltsbefragung in ausgewählten Stadtteilen als besonders aussagekräftig erwiesen haben, auch für die gesamte Stadt zu erheben.

Die Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden basieren auf einem Fragebogen, der in Kapitel 3.3 erläutert wird und im Anhang aufgeführt ist. Die neuen Daten bieten wichtige Grundlagen für die Kriterien- und Indikatorenentwicklung zur Vulnerabilität im Bereich Bevölkerung und Soziales sowie in Teilen für die Bereiche KRITIS, Umwelt und Wirtschaft.

### **2.3 Indikatoren für den Bereich Umwelt**

Für den Bereich Umwelt (eingeschränkt auch für Land- und Forstwirtschaft) konnten in der Stadt Dresden relevante Daten aus dem Geoinformationssystem CARDO ermittelt und für die Bearbeitung des Projektes zur Verfügung gestellt werden. Teilweise liegen die Daten bereits aggregiert vor, beispielsweise für die Themen „Erosionsanfälligkeit ackerbaulich genutzter Böden“ und „Schutzwürdigkeit der Böden“. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Daten in anderen urbanen Räumen nicht in der gleichen Form vorliegen, wurde ermittelt, aus welchen Messgrößen sich diese aggregierten Aussagen zusammensetzen.

Um in den beiden Projektstädten vergleichbare Aussagen zur Vulnerabilität treffen zu können, wurden analog zum Vorgehen in Dresden die Daten beim Umwelt- und Verbraucherschutzamt in Köln abgefragt. Hier wurden entsprechende Daten aus dem Umweltinformationssystem der Stadt Köln bereitgestellt. Bei den jeweiligen Ämtern für Land- und Forstwirtschaft wurden ebenfalls für das Projekt relevanten Daten angefragt. Der Bereich der Land- und Forstwirtschaft wird auch unter umweltbezogenen Aspekten betrachtet, da land- und forstwirtschaftliche Flächen auch

ökologische Funktionen erfüllen. Der Vorgang der Datenbereitstellung befindet sich derzeit noch in Bearbeitung. Nach der Datenschau wird sich zeigen, ob darüber hinaus weitere Informationen von den Regierungspräsidien und anderen Behörden einzuholen sind. Die von den Umweltämtern bereitgestellten Daten liegen im GIS-Format vor, so dass eine Verschneidung und Aggregation der Daten für die Projektbearbeitung möglich ist.

Für die im Bereich Umwelt zu führenden Experten-Interviews kommen Vertreter der Umweltbelange in relevanten Behörden (z.B. Bodenschutzbehörden, Wasserbehörden und Naturschutzbehörden) sowie Vertreter von Umwelt- und Naturschutzverbänden und -initiativen in Frage. Im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sollten einerseits die Angestellten der Verwaltungen in den staatlichen Ämter für Land- und Forstwirtschaft, andererseits die konkret Betroffenen wie Landwirte und Förster befragt werden. Um auch in der Landwirtschaft mögliche Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit der Betroffenheit und dem Hochwasserbewusstsein/vorhandenem Hochwasserschutz aufzudecken, sollen, so fern das möglich ist, ebenfalls Experten-Interviews mit häufig und mit selten betroffenen Landwirten geführt werden. Insgesamt besteht das Ziel, das gesamte Spektrum an möglichen Ereignisschilderungen, Meinungen und Bewertungen zu erfassen. In den Interviews mit Experten aus Umwelt, Forst- und Landwirtschaft soll zunächst die Relevanz der in der Literatur beschriebenen Auswirkungen des Hochwassers abgefragt werden, um die entscheidenden potenziell zu Schäden führenden Prozesse in den Kommunen herauszufiltern. In einem zweiten Schritt können die dabei ablaufenden Vorgänge, Wirkzusammenhänge und indirekten Wirkungen abgefragt werden. Nur für die relevanten Bereiche macht es Sinn, nach den ausschlaggebenden, die Prozesse und Wirkungszusammenhänge bestimmenden Größen (Indikatoren) zu fragen und somit die bereits abgeleiteten Indikatoren zu validieren oder zu berichtigen. Parallel dazu können die vorläufigen Indikatoren nach der Durchführung der Experten-Interviews durch die Analyse möglicher Zusammenhänge zwischen den aufgetretenen Schäden und den durch die Behörden zur Verfügung stehenden Daten getestet werden. Die Experten-Interviews beinhalten auch Fragen nach den Vorkehrungen und Maßnahmen, die getroffen wurden, um die negativen Hochwasserauswirkungen vor, während und nach einem Ereignis zu reduzieren. Neben den Auswirkungen des Hochwassers, die zu Schäden führen, sollen auch positive Effekte wie die Düngung durch mitgeführtes und abgelagertes Material und die Retentionswirkung von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Freiflächen erfragt werden.

## 2.4 Indikatoren für den Bereich Wirtschaft

Auch im Bereich der gewerblichen Wirtschaft (Produzierendes Gewerbe, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe, Energieversorgung, Baugewerbe, Handwerk, Groß- und Einzelhandel, Gastgewerbe, Tourismus, Dienstleistungen) liegen die erforderlichen Daten selten in der gewünschten Form vor.

Eine erste Gruppierung von besonders Hochwasser-kritischen Anlagen umfasst die folgenden Bereiche:

- Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§ 19g WHG), insbesondere Anlagen zum Umgang mit Heizölen und Kraftstoffen (Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen)
- Anlagen zur Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern
- Betriebsbereiche und Anlagen, die der Störfall-Verordnung - 12. BImSchV unterliegen.

Durch Experten-Interviews ist zu klären, welche weiteren Bereiche sinnvollerweise zu integrieren sind und inwieweit die genannten Anlagen nach § 19g WHG ausreichend definiert sind bzw. welche Datengrundlage für gebietstypische Aussagen zur Verfügung stehen. Hinzu kommen Fragen zur Anfälligkeit (wirtschaftliche Leistungsfähigkeit bei Betriebsausfällen/Verlusten, Versicherungsstatus etc.) und zur Bewältigungskapazität, insbesondere aufgrund der 3 Gebietskategorien nach §§ 31b Abs. 1f, Abs. 5 und 31c WHG, in denen die Länder entsprechende Vorschriften erlassen.

Für die Erfassung der ökonomischen Anfälligkeit und Bewältigungskapazitäten der Land- und Forstwirtschaft wurden bereits bei den jeweiligen Ämtern für Land- und Forstwirtschaft entsprechende Daten angefragt (s.o.). Parallel dazu wird geprüft, welche ökonomischen Größen der kommunalen und regionalen Statistik als Indikatoren fungieren können. Für die Gewinnung und Validierung der Indikatoren sind Interviews mit den ortsansässigen Land- und Forstwirten in Dresden und Köln unerlässlich (s.o.). Hierbei soll erfragt werden, welche Auswirkungen die erlebten

Hochwasser auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und den Wirtschaftsstandort hatten sowie welche Maßnahmen vor, während und nach dem letzten erlebten Hochwasserereignis ergriffen wurden, um die Schäden des wirtschaftlichen Betriebes und der Wirtschaftsflächen zu reduzieren. Darüber hinaus ist es interessant zu erfahren, welcher vorsorgende Hochwasserschutz aktuell besteht um für künftige Hochwasser gewappnet zu sein.

## **2.5 Indikatoren für den Bereich Kritische Infrastrukturen**

Für den Bereich Kritische Infrastrukturen, wurden die im ersten Zwischenbericht vorgestellten exemplarischen Indikatoren weiterentwickelt und ergänzt. Inzwischen liegt eine erste Aufstellung möglicher Indikatoren für die Exposition, Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität von Infrastrukturanlagen der unterschiedlichen KRITIS-Sektoren vor. Hierbei wurden neben der räumlichen Lage der zu untersuchenden Objekte Kriterien ihrer physischen, betrieblichen und organisatorischen Anfälligkeit und Bewältigungskapazität berücksichtigt. Die hieraus abgeleiteten potenziellen Indikatoren gilt es im Rahmen von Expertengesprächen zu diskutieren, um sie zu verifizieren, gegebenenfalls zu ergänzen und besonders aussagekräftige Indikatoren zu selektieren. Hierfür sind im weiteren Projektverlauf Gespräche mit KRITIS-Experten des BBK und Vertretern relevanter städtischer Behörden in Köln und Dresden sowie mit den zuständigen KRITIS-Betreibern (z.B. Energieversorgung, Wasserver- und -entsorgung, Nahverkehr, Gesundheitswesen) geplant.

Parallel zur Weiterentwicklung der Indikatoren wurden aus den vom BKG bereitgestellten ATKIS-Daten alle für das Kölner Stadtgebiet verfügbaren georeferenzierten Infrastrukturdaten in das Projekt-GIS eingepflegt. Mit diesen Daten lassen sich beispielsweise Karten erstellen, die unterschiedliche Kritische Infrastrukturen und ihre potenzielle Hochwasser-Exposition darstellen. Abbildung 4 zeigt dies exemplarisch für die Infrastruktur der Stromversorgung in Bezug auf die Überschwemmungsbereiche eines 100-jährlichen Hochwassers (HQ 100).

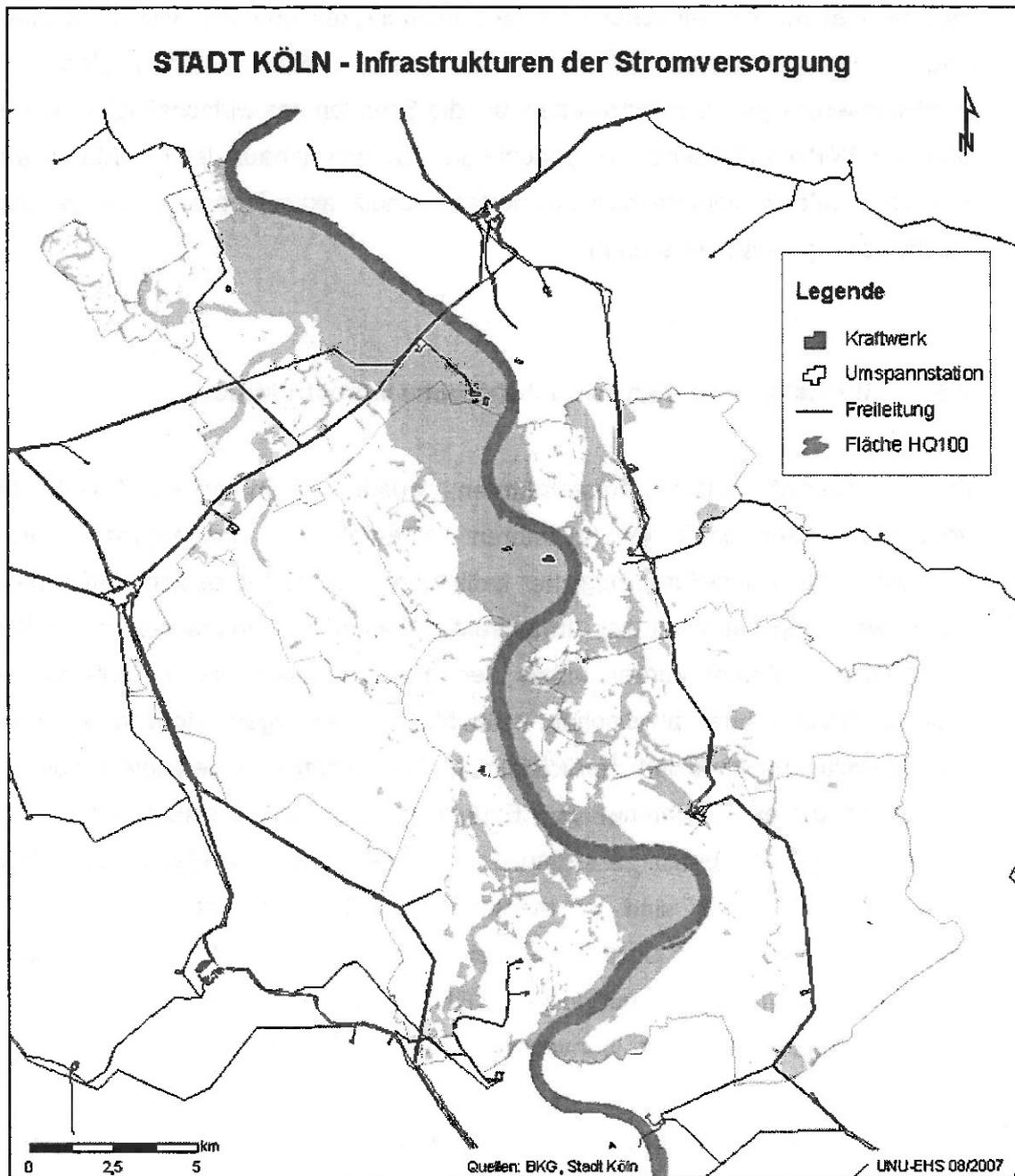


Abbildung 4: Stadt Köln: Infrastrukturen der Stromversorgung.

Neben der Erstellung solcher Karten sollen diese Daten mit weiteren Informationen (z.B. zur Bevölkerungsdichte) verknüpft und als Grundlage für GIS-gestützte räumliche Analysen verwendet werden. Für die Kritischen Infrastrukturen der Stadt Dresden wird in den nächsten Monaten mit den im ATKIS-Datensatz verfügbaren Informationen ein analoges System aufgebaut werden.

Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die vom BKG bereitgestellten Datensätze nicht unbedingt alle tatsächlich vorhandenen Infrastrukturobjekte enthalten. So hat sich in einem Gespräch mit Vertretern der RheinEnergie AG am 25.04.2007 gezeigt, dass beispielsweise die für das Kölner Stadtgebiet vorliegenden ATKIS-Daten der Umspannwerke nicht vollständig sind. Für die Entwicklung der Methodik zur Bestimmung der Vulnerabilität von Kritischen Infrastrukturen bzw. der Bevölkerung in Bezug auf deren Abhängigkeit von Infrastrukturleistungen ist dies nicht weiter von Bedeutung. Bei einer späteren Anwendung dieser Methodik sollte dieser Umstand allerdings unbedingt berücksichtigt und für die jeweilige Kommune an der Realität überprüft werden. Dieser Aspekt wird bei der späteren Erstellung des Handlungsleitfadens berücksichtigt werden.

### **3. Haushaltsbefragung zum Thema Vulnerabilität gegenüber Hochwasser**

Im Forschungsplan für das vorliegende Projekt wurde bereits die Notwendigkeit formuliert, neben der Sichtung und Entwicklung von Indikatoren aus kommunalen Daten weitere Parameter mit Hilfe einer Haushaltsbefragung zu erheben, um detailliertere und validere Informationen über Aspekte der Exposition, der Anfälligkeit und des Bewältigungspotenzials von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen gegenüber Hochwassergefahren zu gewinnen. Auch die Abhängigkeit unterschiedlicher Haushalte von Kritischen Infrastrukturen ist ein wichtiger Aspekt der Vulnerabilität von KRITIS, der nur mittels einer Haushaltsbefragung fassbar und messbar ist. Die traditionelle Statistik auf Landes- und kommunaler Ebene bietet keine hinreichenden Informationen hinsichtlich unterschiedlicher Bewältigungskapazitäten, z.B. bezogen auf den Versicherungsschutz oder das Wissen über das richtige Notfallverhalten. Diese Themen lassen sich also durch bestehende Statistiken nicht hinreichend abdecken, so dass bereits im Forschungsantrag die Entwicklung einer Haushaltsbefragung mit dem Ziel aufgeführt wurde, neue Daten für diese besonders relevanten Fragen hinsichtlich der Vulnerabilität von Haushalten und unterschiedlichen Gruppen gegenüber Hochwassergefahren zu entwickeln.

Bei der Entwicklung und Strukturierung des Fragebogens sowie der Entwicklung entsprechender Fragen und Antwortkategorien wurden gängige Standards der empirischen Sozialforschung berücksichtigt, wie sie z.B. in DIEKMANN 1999, S. 375 und 404ff. dargelegt sind.

Bevor näher auf Zielsetzung, Struktur und einzelnen Themenfelder des Fragebogens eingegangen wird, ist festzustellen, dass insbesondere die Entwicklung und die Diskussion der Fragen mit den Projektpartnern sowie den Praxispartnern, hier insbesondere der Stadt Köln und der Stadt Dresden, bereits ein wichtiger Schritt war, um sich einerseits genauer mit den kommunalen Interessen und den Forschungsinteressen zu befassen sowie andererseits einen gewissen Konsens über zentrale Aspekte der Anfälligkeit, der Sensibilisierung, und der Bewältigungskapazität der Bevölkerung zwischen den Partnern herzustellen.

Darüber hinaus ist zu betonen, dass durch die Kooperation mit der Stadt Köln eine strategische und repräsentative Stichprobenauswahl aus der Einwohnerstatistik für drei wesentliche Stadtbereiche (Kölner Norden, Innenstadt und Kölner Süden) erfolgen konnte. Bei der Auswahl der Stichprobe wurden insbesondere die Faktoren Exposition zu potenziellen Hochwassern berücksichtigt. Die Ziehung einer entsprechenden Stichprobe für die Befragung in Dresden wird in Kürze durch das dortige Einwohner- und Standesamt erfolgen.

### **3.1 Zielsetzung der Haushaltsbefragung**

Im Forschungsantrag sowie dem zugehörigen Zeit- und Kostenplan (Arbeitsschritt Nr. 5 bzw. 5.2) ist die Entwicklung eines Fragebogens zur Erfassung sozialer, ökonomischer und ökologischer Verwundbarkeit von Haushalten bzw. unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen als Ziel definiert. Die Haushaltsbefragung ist eine der zentralen Methoden, die im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelt und getestet werden soll. Sie zielt insbesondere darauf, Fragen zu entwickeln, die Aussagen über die Exposition von Haushalten und ihr Wissen über Hochwassergefahren erlauben, sowie Informationen über die Anfälligkeit unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen aufgrund ihrer physischen oder sozialen Lage bieten. Zudem

wird die Bewältigungskapazität der Haushalte gegenüber Hochwasser mittels des Fragebogens systematisiert, operationalisiert und erhoben.

Insbesondere die Hurrikan-Katrina-Katastrophe im August 2005 zeigte in dramatischer Weise, dass nicht allein die richtige Vorhersage des Hurrikans und eine entsprechende Vorwarnung hinreichend für den Katastrophen- und Bevölkerungsschutz sind. Vielmehr können darüber hinaus auch soziale und demographische Faktoren sowie das Wissen über zuständige Behörden und Hilfsdienste im Katastrophenschutz relevante Parameter sein, die darüber entscheiden, ob es zu einer Katastrophe für bestimmte Bevölkerungsgruppen oder Regionen kommt oder nicht. In dieser Hinsicht wird in diesem Vorhaben bei der Messung der Vulnerabilität als Strategie zur Stärkung des präventiven Bevölkerungsschutzes bewusst ein Schwerpunkt darauf gelegt, bisher unzureichend betrachtete Aspekte in die Erfassung und Abschätzung der Vulnerabilität von Menschen, Wirtschaft, Umwelt und Kritischen Infrastrukturen mit einzubeziehen. In dieser Hinsicht betritt das Forschungsvorhaben Neuland. Bisher wurden Interviews und Befragungen von Haushalten bezüglich Hochwassergefahren vielfach nur nach entstandenen Katastrophen durchgeführt. Im Unterschied dazu zielt die hier verfolgte Haushaltsbefragung auf die Ermittlung von Vulnerabilität gegenüber Hochwasser, ohne dass die Befragten schon einmal Hochwasser in Köln oder Dresden erlebt haben müssen. Diese z.T. fehlende persönliche Betroffenheit ist eine Herausforderung für die Methodik der Befragung, da bei den Haushalten durch den Fragebogen selbst eine hinreichende Sensibilisierung erzeugt werden muss, die es ermöglicht, dass sich ein Haushalt auch ohne direkte Betroffenheit mit dem Thema Hochwasservulnerabilität befasst.

### **3.2 Vorbereitung und Organisation der Befragung**

Für die Befragung in Köln und Dresden wurden jeweils drei Stadtgebiete mit unterschiedlicher sozio-ökonomischer und baulicher Struktur ausgewählt. Innerhalb dieser drei Bereiche werden zum einen solche Personen bzw. Haushalte befragt, die durch die Lage ihres Wohnhauses gegenüber Hochwasserereignissen mit statistisch gesehen häufigerer Eintretenswahrscheinlichkeit exponiert sind. Zum anderen werden Personen bzw. Haushalte befragt, die durch die Lage ihres Wohnhauses

statistisch selteneren Extremhochwassern ausgesetzt sein könnten. Damit erfolgt die Stichprobenziehung und anschließende Befragung in den beiden Städten je in sechs räumlich getrennten Gebieten. In Köln sind dies Gebiete im Kölner Norden, im Innenstadtbereich und im Kölner Süden (s. Abbildung 5). In jedem dieser Gebiete wird die Befragung zum einen im HQ 100-Bereich und zum anderen im HQ 500-Bereich durchgeführt.

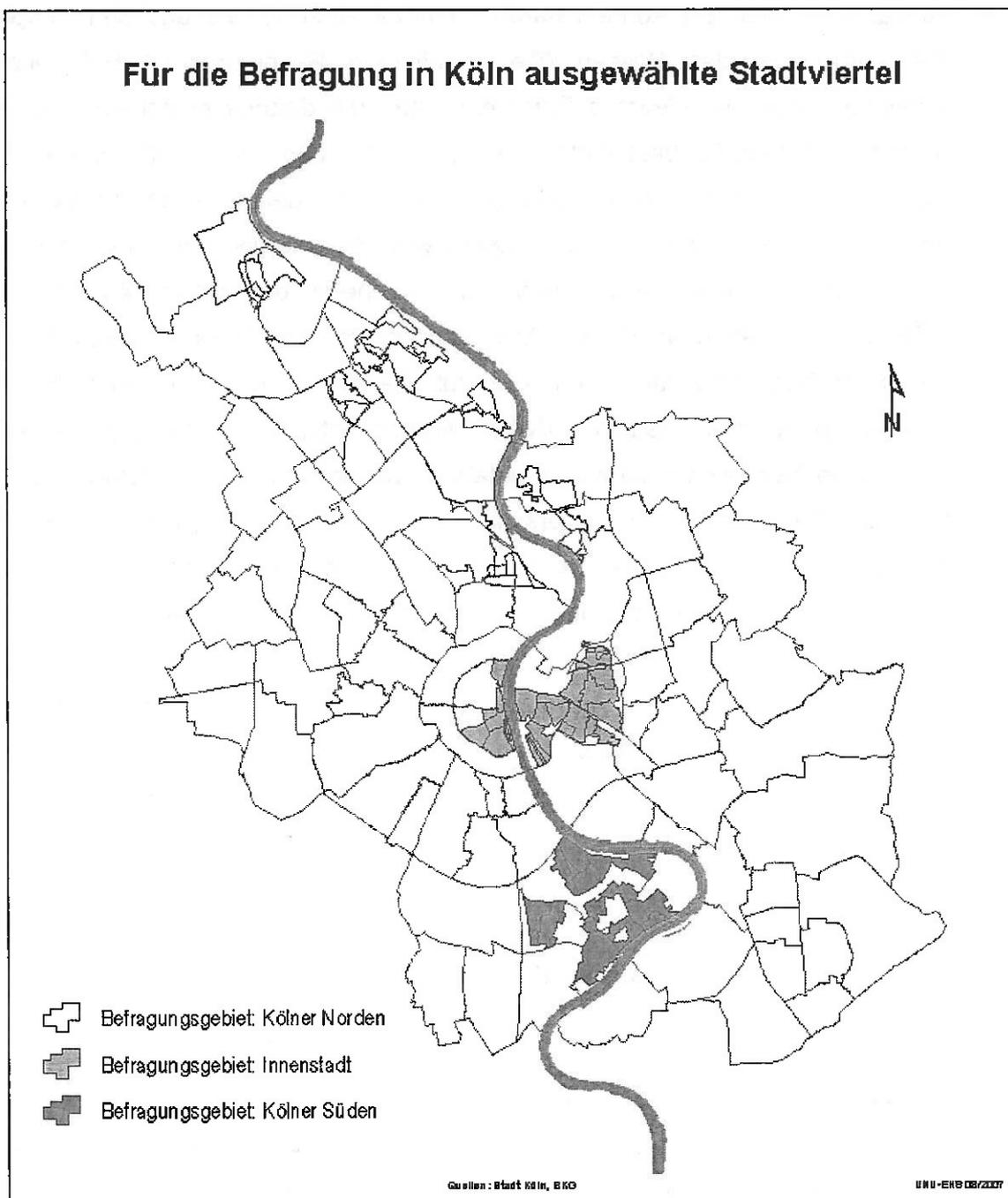


Abbildung 5: Karte der für die Befragung in Köln ausgewählten Stadtviertel.

In Dresden sind die Stadtteile Cossebaude, Friedrichstadt und Kleinzschachwitz Grundlage der Stichprobenziehung. Friedrichstadt stellt einen innerstädtischen Stadtteil mit hochverdichteter Mehrfamilienhausbebauung und angrenzenden Industrie- und Gewerbegebieten (mit Brachflächen) dar. Verglichen mit den Stadtteilen Cossebaude und Kleinzschachwitz weist Friedrichstadt eine hohe Arbeitslosenquote, einen hohen Anteil an Leerständen und an Personen mit Migrationshintergrund auf. Dieser Stadtteil ist geprägt durch einen hohen Anteil an sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen. Cossebaude weist eine sehr heterogene Bau- und Sozialstruktur auf. Zum einen ist der Stadtteil mit der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen sehr ländlich geprägt, zum anderen wurden im Zuge der Suburbanisierung viele Einfamilienhäuser in den Flutungspolder von Cossebaude errichtet. Kleinzschachwitz ist durch eine sehr aufgelockerte und durchgrünte Einfamilienhausbebauung sowie einem hohen Anteil an wohlhabenden Bevölkerungsgruppen geprägt. Da in Dresden der Sonderfall gegeben ist, dass zwischen einem 100-jährlichen Hochwasser und einem Extremhochwasser nur eine sehr geringe räumliche Differenz besteht, steht die endgültige Auswahl der unterschiedlichen Expositionsbereiche noch aus.



Abbildung 6: Vorläufige Karte der für die Befragung in Dresden ausgewählten Stadtteile.

Mit der Auswahl von jeweils drei Stadtbereichen, die sich durch ihre bauliche und soziale Struktur unterscheiden, sollen unterschiedliche Bevölkerungsstrukturen in der Befragung repräsentiert sein. Darüber hinaus soll durch die räumliche Unterscheidung von Gebieten mit unterschiedlicher Überschwemmungswahrscheinlichkeit ein Korrelation zwischen der Häufigkeit der Betroffenheit und dem Hochwasserbewusstsein sowie dem Grad der Vorbereitung ermöglicht werden.

In beiden Städten wird für die ausgewählten Bereiche eine ausreichend große Stichprobe von ca. 1.500 bis 2.000 Personen/Adressen per Zufallsauswahl gezogen, um jeweils 400-500 erfolgreich geführte Interviews erzielen zu können.<sup>1</sup> Um eine möglichst hohe Ausschöpfungsquote zu erreichen, werden die durch die Stichprobe ermittelten Bürgerinnen und Bürger ein bis zwei Wochen vor der Durchführung der Befragung mit einem offiziellen Anschreiben über Hintergrund, Inhalt und Zeitraum der Befragung informiert und um ihre Unterstützung gebeten (s. Anlagen). Durch die Betonung der Kooperation der Forschungseinrichtungen mit der jeweiligen Stadt, der Schilderung des Befragungszweckes und des Nutzens, den auch die Bürger aus den Ergebnissen der Befragung ziehen können sowie den Hinweis auf Freiwilligkeit und Anonymität sollen die Personen zur Teilnahme motiviert werden.

Von der Möglichkeit, telefonisch nähere Informationen zu erfragen oder Interview-Termine zu vereinbaren, wurde von den in Köln angeschriebenen Bürgerinnen und Bürgern reger Gebrauch gemacht, wobei der Großteil der Anrufer Interesse an der Befragung zeigte. Die Befragung in Köln wird zur Zeit (09. bis 25.08.2007) durch persönliche Interviews mit den durch die Stichprobe ermittelten Bürgerinnen und Bürgern durchgeführt. Mit einem Teil der Personen wurden hierfür bereits vorab telefonische Termine vereinbart.

In Köln wurden bei der Auswahl der relevanten Stadtteile neben der Exposition in HQ 100- bzw. HQ 500-Bereichen auch drei Stadtprofile abgedeckt: Der Kölner Norden mit vielen Haushalten mit Migrationshintergrund, die Kölner Innenstadt und der Kölner Süden mit eher wohlhabenden Haushalten.

---

<sup>1</sup> Nach Erfahrungswerten liegt die Ausschöpfungsquote der gezogenen Stichprobe bei einem Drittel.

Bei der Befragung handelt es sich um eine mündliche, vollstandardisierte Befragung<sup>2</sup>, die mit studentischen Hilfskräften als Interviewer durchgeführt werden. Die in Köln eingesetzten Interviewer sind Studenten der Geographie der Universitäten Bonn und Köln, die durch ihr Studium bereits persönliche Erfahrung mit der Durchführung von standardisierten Interviews besitzen. Im Rahmen mehrerer vorbereitender Treffen wurden die Interviewer über das Ziel der Befragung informiert und mit dem Fragebogen vertraut gemacht. Zudem wurden sie im Hinblick auf den Umgang mit mögliche Schwierigkeiten bei der Befragung vor Ort geschult. Ein Zwischentreffen nach den ersten drei Befragungstreffen diente dem gegenseitigen Erfahrungsaustausch. In Dresden wird die Befragung im Form eines Geländepraktikums von Geographiestudenten der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt.

Die Befragung in Dresden wird im Zeitraum vom 10.09 bis zum 16.09.2007 unter Verwendung des gleichen Fragebogens (mit kleineren Anpassungen an ortstypischen Gegebenheiten) durchgeführt werden.

Zur weiteren Information der Bürgerinnen und Bürger werden im Rahmen der Befragung Broschüren zum Thema Hochwasser und Notfallvorsorge an die Befragten verteilt („Für den Notfall vorgesorgt“, BBK; „Hochwasserschutzfibel“, BMVBS; „Was Sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten“, UBA).

### **3.3 Struktur und Themenfelder des Fragebogens**

Der Fragebogen umfasst rund 60 Fragen, die in sieben Themenbereiche differenziert sind. Die Dauer der Befragung beträgt rund 30 Minuten. Basierend auf den derzeitigen Erfahrungen in Köln im August 2007 hat sich dieser Zeitraum von 30 Minuten für die Befragung pro Haushalt als durchaus praktikabel erwiesen.

Thematisch greift die Haushaltsbefragung in ihrer Grundstruktur auf die Bausteine des BBC-Konzepts zurück. So werden neben sozialen auch ökonomische und umweltbezogene Fragestellungen sowie die Abhängigkeit von Kritischen Infrastrukturen thematisiert. Als grobes Klassifikationsmuster, um Vulnerabilität integrativ

---

<sup>2</sup> Wessel, K. (1996): Empirisches Arbeiten in der Wirtschaft- und Sozialgeographie.

auf der Haushaltsebene zu erfassen, werden Fragen entlang der drei Hauptkomponenten der Vulnerabilität (Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) gestellt. Zur weiteren Ermittlung der Vulnerabilität für bestimmte Bereiche werden die in der Haushaltsbefragung gewonnenen und validierten Expositions-, Anfälligkeits- und Bewältigungsindikatoren bewertet, ordinal skaliert und in der Präferenzmatrix zusammengeführt.

Um allerdings den Fluss des Interviews bzw. des Gesprächs und die direkte Verständlichkeit zu erleichtern wurden weitere Unterthemen gebildet, die z.T. Fragen der Exposition und Anfälligkeit oder der Bewältigungskapazität gemeinsam erfassen. Bei der Analyse der Daten wird jedoch auf die Komponenten Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität ein besonders Gewicht gelegt.

Insgesamt gliedern sich die Fragen in die folgenden sieben Themenbereiche, die nachfolgend ausführlicher erläutert werden:

- 1) Gefährdungseinschätzung und Exposition
- 2) Informationen über Hochwasser
- 3) Erfahrungen mit und persönliche Betroffenheit durch Hochwasser
- 4) Vorsorge/Bewältigung
- 5) Wissen zum Notfallverhalten
- 6) Wohnen
- 7) Statistische Angaben

### **Gefährdungseinschätzung und Exposition**

Der erste Themenbereich des Fragebogens zielt zum einen auf die Frage, welche Bedeutung die befragte Person unterschiedlichen Naturgefahren für die jeweilige Stadt (Köln oder Dresden) einräumt, und zum anderen auf die persönliche Einschätzung der Exposition des Haushaltes bzw. der Wohnung gegenüber Hochwassergefahren. Die geplante Gegenüberstellung der tatsächlichen Exposition des Hauses (GIS-Analyse) mit der Einschätzung der Exposition durch den befragten Bewohner lässt aus unserer Sicht u.a. Rückschlüsse darüber zu, ob Haushalte, die in einem statistisch gesehen häufiger betroffenen Hochwasserbereich leben (HQ 100), über eine höhere Sensibilisierung und einen besseren Informationsgrad verfügen als solche die nur bei einem Extremhochwasser betroffen sein würden (in Köln HQ 500).

Auch die Verbindung mit Fragen zum Zeitraum, seit dem die Person in Köln oder Dresden lebt, sowie die Frage, ob man beim Bezug der Wohnung oder dem Bau des Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen erhalten hat, erlaubt Rückschlüsse auf besonders vulnerable Bevölkerungsgruppen, die hinsichtlich der Sensibilisierung und persönlichen Informationslage deutliche Defizite aufweisen. So lautet eine Forschungshypothese, dass Haushalte, die erst kürzlich nach Köln oder Dresden gezogen sind, über weniger Informationen und einen geringeren Sensibilisierungsgrad gegenüber Hochwassergefahren verfügen, als Haushalte, die schon mehrere Jahrzehnte in diesen Städten wohnen, insbesondere dann, wenn sie in Räumen leben, die von einem statistisch häufigeren Hochwasser betroffen sein könnten.

### **Informationen über Hochwasser**

Des Weiteren wird durch die Haushaltsbefragung geprüft, wie und wo sich potenziell betroffene Bürger am ehesten über Hochwasser informieren. Da der Informationszugang im Rahmen der präventiven Katastrophenvorsorge oft darüber entscheidet, ob sich Haushalte überhaupt präventiv auf solche Szenarien wie Hochwasser vorbereiten oder ob sie im Falle einer notwendigen Evakuierung überhaupt erreicht werden, ist der Zugang zu Informationen und die Art des Informationsmediums von besonderer Relevanz. Diese Parameter sollen mit sozialen, demographischen und bildungsbezogenen Angaben verknüpft werden (Korrelations- und Regressionsanalysen), um zu prüfen, ob bestimmte Altersgruppen oder soziale Merkmale von Haushalten mit einem eingeschränkten Zugang zu Informationen korrelieren. Falls dies der Fall ist, wäre hier eine weitere Indikatorenbildung möglich.

### **Erfahrungen mit und persönliche Betroffenheit durch Hochwasser**

Der dritte Themenbereich, der sich mit den Erfahrungen mit Hochwasser befasst, basiert insbesondere auf der Hypothese, dass Haushalte, die bereits eigene Erfahrungen mit Hochwasser sammeln mussten bzw. konnten, über eine höhere Sensibilität und über bessere Bewältigungskapazität verfügen. Zahlreiche Fragen und Antworten in diesem Themenbereich sollen mit Antworten bezüglich der Sensibilität und der Bewältigungskapazität korreliert werden. Eine Forschungshypothese beinhaltet, dass die Haushalte mit Hochwassererfahrung über ein umfangreicheres Wissen hinsichtlich des Notfallverhaltens verfügen (Frage 5.2) sowie potenziell auch der Bauvorsorge einen höheren Stellenwert beimessen (Frage 6.7).

Um die Relevanz des Themenbereiches Freizeit/Erholung aus dem Bereich Umwelt für die Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hochwasser zu prüfen, wurde die Frage nach der Betroffenheit der Freizeitaktivitäten in den Fragebogen aufgenommen. Mit dieser Frage soll die These validiert werden, dass sich nur diejenigen Personen in ihrer Freizeitausübung eingeschränkt fühlten, die nicht oder nur indirekt vom Hochwasser betroffen waren. Es ist davon auszugehen, dass sehr stark betroffene Bewohner zu diesem Zeitpunkt kein Interesse hatten, ihren gewohnten Freizeitaktivitäten nachzugehen. Wird bei der Befragung eine Betroffenheit angegeben, so ist es interessant zu erfahren, welche Aktivitäten vorwiegend durch das Hochwasser eingeschränkt wurden, um so auf besonders anfällige Erholungsformen zu schließen.

### **Vorsorge/Bewältigung**

Der vierte Themenbereich „Vorsorge/Bewältigung“ zielt auf die Entwicklung eines gänzlich neuen Indikators bzw. Indikatorensets zur Abbildung von Bewältigungskapazität. Ausgehend von der Fachliteratur und praktischen Handlungshinweisen bezüglich der Hochwasservorsorge von Haushalten sowie des möglichen persönlichen Notfallplans (z.B. Handbuch Hochwasser der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen e.V., 2004) wurden verschiedene Gegenstände aufgeführt, die bei der Bewältigung eines Hochwassers entscheidend dazu beitragen können, sich persönlich sowie Sach- und Wertgegenstände gegenüber den Einwirkungen von Hochwasser zu schützen. Obschon man die Liste wichtiger Gegenstände noch ausweiten könnte, ist die vorliegende Zusammenstellung (siehe Fragebogen im Anhang) hinreichend, um einerseits eine Einschätzung der Wichtigkeit der Gegenstände für unterschiedliche Haushalte zu ermitteln und andererseits zu prüfen, welche der genannten Gegenstände tatsächlich zur Zeit im jeweiligen Haushalt verfügbar sind. Insbesondere aus der Erdbebenrisikoforschung ist bekannt, dass einerseits das Wissen über wichtige Gegenstände im Notfall von wesentlicher Bedeutung ist und dass andererseits deren Verfügbarkeit im Haushalt entscheidend dazu beitragen kann, mögliche Gefahrensituationen zu überstehen und Schäden zu vermeiden.

Obwohl man die räumliche Lage der jeweiligen Haushalte (z.B. Stockwerk der Wohnung) in der späteren Analyse mit berücksichtigen muss, wird die Ausgangshypothese vertreten, dass Personen, die nur wenige Informationen zum und Kennt-

nisse über das Thema Hochwasser haben, grundsätzlich die Bedeutung dieser Gegenstände geringer einschätzen als solche, die über präzisere Informationen verfügen. Zudem wird davon ausgegangen, dass Haushalte, die eine hohe Anzahl der aufgeführten Gegenstände im Haushalt verfügbar haben, auch im Falle eines Hochwassers eine bessere Bewältigungskapazität besitzen. Für die Abbildung der Bewältigungskapazität werden weitere soziale und demographische Parameter berücksichtigt (Alter, Einkommen), die in einem späteren Teil des Fragebogens erhoben werden.

Zusätzlich zu der Abschätzung der haushaltsbezogenen Vorsorge- und Bewältigungskapazität aufgrund von Ausstattungsmerkmalen des Haushalts wird in diesem Themenfeld die Abhängigkeit unterschiedlicher Haushalte vom Funktionieren Kritischer Infrastrukturen untersucht. Die Frage 4.3 prüft ab, wie lange die befragten Personen bzw. Haushalte auf bestimmte Leistungen und Funktionen im Bereich Wohnen verzichten könnten, die mit der Funktionsfähigkeit von Kritischen Infrastrukturen zusammenhängen. Die Antworten sollen zum einen Rückschlüsse auf die Einschätzung der Bedeutung der unterschiedlichen KRITIS erlauben und zum anderen eine Profilbildung von Haushalten und ihrer Abhängigkeit von KRITIS ermöglichen.

Weitere Fragen in diesem Bereich zielen auf die Erfassung bestehender Bewältigungskapazität, z.B. aufgrund eines für Hochwasserschäden relevanten Versicherungsschutzes oder die Möglichkeit, bestimmte Wertgegenstände in höher gelegene Stockwerke bzw. auch sich selbst in Sicherheit zu bringen.

Die Frage des Versicherungsschutzes ist bewusst offener formuliert und umfasst mehrere z.T. für Hochwasserschäden nicht relevante Versicherungen. Demzufolge wird erstens abgeprüft, welche Versicherungstypen unterschiedliche Haushalte haben und zweitens, ob der Befragte weiß, inwieweit die von ihm genannte Versicherung auch Hochwasserschäden abdeckt.

Neben den persönlichen Möglichkeiten, Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen und die eigene Bewältigungskapazität zu erhöhen, zielen weitere Fragen auf das Wissen über kommunale Hochwasserschutzmaßnahmen. Diese Informationen sind insbesondere für die Praxispartner relevant, da so die Städte Köln und Dresden prüfen können, inwieweit ihre Maßnahmen zum Hochwasserschutz in unterschiedlichen Bevölkerungskreisen bekannt sind und wie sie bewertet werden.

## **Wissen zum Notfallverhalten**

Der Themenbereich fünf befasst sich mit dem Wissen zum Notfallverhalten. Dabei greifen die Fragen Aspekte sowohl der Anfälligkeit als auch der Bewältigungskapazität auf. Beispielsweise zielt die Frage: „Wo würden Sie im Falle einer Evakuierung am ehesten Zuflucht suchen?“ darauf ab, ob die Person über soziale Netzwerke verfügt, auf die sie im Falle einer Notsituation zurückgreifen kann. Es wird angenommen, dass insbesondere hochbetagte Haushalte(/Personen) und Haushalte ohne größere soziale Netzwerke anfälliger gegenüber Hochwassergefahren sind, da sie im Falle einer Evakuierungsaufforderung allein auf städtische Einrichtungen und Notunterkünfte angewiesen sind. Wenn sich zudem Personen im Haushalt befinden, die nicht selbstständig eine kürzere Distanz (ca. 1 km) bewältigen können, sind diese umso stärker auf fremde Hilfe angewiesen.

Ein wesentliches Ziel dieses Themenbereiches ist die Bildung von Indikatoren, die besonders vulnerable Haushaltsprofile charakterisieren können. Beispielsweise soll die Auswertung der Haushaltsbefragung u.a. zeigen, inwieweit Haushalte im Notfall besonders anfällig sind, deren Mitglieder erstens ein besonders hohes Alter aufweisen und zudem ggf. auch noch allein stehend sind. Diese Größen ließen sich mittels kommunaler Daten für die gesamte Stadt erheben, so dass man sogenannte räumliche Hotspots abbilden könnte. Erst die Auswertung dieser Fragen wird jedoch ergeben, welche Parameter besonders signifikant über die Möglichkeiten und Grenzen der eigenen Bewältigungskapazität im Notfall entscheiden. Es wäre beispielsweise auch denkbar, dass insbesondere junge Familien mit Kleinkindern im Rahmen eines Hochwasser auf erhebliche Unterstützung von außen bzw. auf fremde Hilfe angewiesen sind.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Statistiken nach dem Hurrikan Katrina den Schluss zu lassen, dass insbesondere Haushalte älterer alleinstehender Personen überdurchschnittlich hohe Opferzahlen aufweisen.

## **Wohnen**

Der sechste Themenbereich „Wohnen“ erfasst einerseits Angaben zur Exposition des Hauses bzw. der Wohnung gegenüber Hochwassergefahren, andererseits werden auch physisch-bauliche Parameter des Hauses (Bauweise, Hochwasserschutzvorkehrungen) und ökonomische Angaben über den Haushalt erhoben. Neben der Bauweise und den Hochwasserschutzvorkehrungen, die als direkte Indikatoren fungieren können, dienen die Fragen zum Wert der Hauseinrichtung, die Angaben zur Miethöhe und zum Wiederbeschaffungswert der Einrichtung bzw. der Wohnung/des Wohnhauses dazu, einen Indikator zu bilden, der Aussagen darüber erlaubt, wie lange ein bestimmter Haushalt potenziell für die Wiederherstellung seines Hauses oder seiner Wohnung nach einem Schadensereignis durch Hochwasser benötigen würde (Recovery-Index). Hierzu werden auch weitere Angaben bezüglich des Einkommens, des Beschäftigungs-Profiles und der Art der Beschäftigung (Tätigkeit) des Haushalts aus dem Abschnitt 7 (statistische Angaben) sowie die Exposition aus dem Abschnitt 1 und der GIS-Analyse verwendet.

## **Statistische Angaben**

Die statistischen Angaben, die mittels des Fragebogens erhoben werden, lassen sich grob in drei Kategorien untergliedern: Bildungsniveau, Haushaltsstruktur und Verdienst bzw. Einkommen. Zahlreiche Parameter dienen als Grundlage für die noch durchzuführenden Korrelations- und Regressionsanalysen, beispielsweise bezüglich des Notfallverhaltens und der Bewältigungs- und Vorsorgekapazität. Es wird z.B. die Hypothese vertreten, dass Befragte mit einem höheren Bildungsniveau generell über mehr Informationen zum Thema Hochwasservorsorge verfügen als solche mit einem geringeren Bildungsniveau. Dieser Zusammenhang wurde beispielsweise in einer Befragung des GFZ Potsdam nach dem Elbe-Hochwasser nachgewiesen (KREIBICH et al. 2005a, b, c). Inwieweit dieser Zusammenhang statistisch auch für die befragten Haushalte in Köln und Dresden vor einem Hochwasserereignis festgestellt werden kann, bleibt abzuwarten. Parameter, die für das Themenfeld Wirtschaft und Beschäftigung relevant sind, werden auch im Rahmen der Angaben zur Haushaltsstruktur (Frage 7.6) erfasst, wie z.B. der Wirtschaftsbereich in dem die verschiedenen Mitglieder eines Haushalts tätig sind sowie die Art der Tätigkeit.

### **3.4 Fazit**

Die Entwicklung des Fragebogens ist ein wichtiger Schritt, um bestimmte bisher noch nicht hinreichend bekannte und operationalisierte Themen, z.B. Bewältigungskapazität und Exposition, zu konkretisieren. Darüber hinaus wird deutlich, dass eine solche Haushaltsbefragung insbesondere für die Operationalisierung und Messung der Vulnerabilität im Bereich Soziales/Bevölkerung geeignet ist.

Die Integration des Themas Umwelt in die Haushaltsbefragung ist vielfach nur indirekt möglich, beispielsweise über die Frage des Heizungssystems und der Problematik der Öl-Heizung sowie über mögliche persönliche Betroffenheiten durch Hochwasser im Freizeitbereich. So lassen sich mit der Haushaltsbefragung insbesondere Mensch-Umwelt-Interaktionen und mögliche Gefährdungen der Umwelt durch anthropogene Nutzungen z.B. Öl-Heizung im Keller exponierter Haushalte abbilden. Für spezielle Fragen der Vulnerabilität einzelner Umweltmedien sind allerdings Experten-Interviews notwendig. Folglich sind für die Bereiche KRITIS, Umwelt und Wirtschaft Experten-Interviews geplant, die detailliertere Aussagen zu bestimmten Problemen und Objekten zulassen.

## **4. Weitere Aktivitäten im Rahmen des Projekts**

### **4.1 Evakuierungsübung in Köln**

Am 31. März 2007 führte die Stadt Köln in Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr Köln und Hilfsorganisationen eine Evakuierungsübung in Köln durch, an der Herr Dr. Birkmann und Frau Lenz als Beobachter teilnehmen durften. Die Übung bezog sich auf das Szenario eines Hochwasserereignisses, das die Evakuierung von über 500 Betroffenen in einem Stadtteil erfordern würde. Die Übung zielte auf das zielgerichtete Zusammenwirken von Ämtern und Organisationen und umfasste folgende Bereiche:

- Herrichtung eines Betreuungsobjekts mit Versorgungseinrichtungen und Schlafplätzen
- Einrichtung eines Sammelplatzes mit Empfang, Kurzinformation und erster Registrierung
- Transport von Menschen und Tieren zum hergerichteten Betreuungsobjekt
- Aufnahme, Versorgung und Betreuung über einen längeren Zeitraum

#### **4.2 Exkursion der Hochwasserschutzzentrale Köln**

Eine von der Hochwasserschutzzentrale Köln organisierten Exkursion am 06.06.2007 vermittelte einen umfassenden Einblick in die Hintergründe der Hochwassergefährdung der Stadt sowie die zahlreichen aktuellen Maßnahmen zum Hochwasserschutz.

#### **4.3 Veranstaltungen zum Thema „5 Jahre nach der Flut“**

Folgende Veranstaltungen wurden anlässlich des 5. Jahrestages des Hochwassers in Dresden besucht:

##### **Ausstellung**

Zum Thema „5 Jahre nach der Flut – Hochwasserschutz und Klimawandel“ liefert eine Ausstellung im Lichthofes des Dresdener Rathauses Informationen über Hochwasserursachen, Hochwasserverlauf in den Gewässersystemen der Stadt Dresden, über Risiko- und Katastrophenmanagement und über den Hochwasserschutz unter dem Leitfrage „Wer muss handeln“. Die Informationen der Ausstellung stammen aus dem Plan Hochwasservorsorge Dresden, an dem fortlaufend gearbeitet wird. Danach wurden für die Stadt Dresden 23 unterschiedlich gefährdete Gebiete (stadträumliche Betrachtungsgebiete) ausgewiesen. Für jedes stadträumliche Betrachtungsgebiet erfolgte individuell die Ableitung von Hochwasserschutzzielen und die Erarbeitung von umzusetzenden Hochwasserschutzmaßnahmen.

### **Hochwasserschutzkonferenz**

Am 9. August 2007 fand im Landtag Sachsens in Dresden eine Hochwasserschutzkonferenz anlässlich der Jährung des Hochwasserereignisses im August 2002 statt. Teilnehmer aus Politik, Verwaltung und Hochwasserexperten diskutierten über die strategische Ausrichtung des Hochwasserschutzes in Sachsen, über den aktuellen Stand der Hochwasserschutzmaßnahmen, über erforderliche Handlungsschwerpunkte, abgeleitet aus dem Kirchbach-Bericht 2002, und über die weitere Umsetzung und Finanzierung geplanter Hochwasserschutzmaßnahmen. Die Teilnehmer kamen zu dem Fazit, dass in Sachsen bereits einige Maßnahmen, vorwiegend im Bereich des technischen Hochwasserschutzes, erfolgreich umgesetzt wurden und auch den Test durch das Frühjahrshochwasser 2006 bestanden haben, dass es dennoch eine Generationenaufgabe ist, weitere Maßnahmen im vorsorgenden Hochwasserschutz umzusetzen. Die von der Landestalsperrenverwaltung Sachsen erarbeitete Priorisierung der geplanten Maßnahmen, deren Finanzierung an das Hochwasserinvestitionsprogramm gebunden ist, wurde kritisch diskutiert. Nur 13 % aller geplanten Maßnahmen sind der ersten Prioritätsstufe zugewiesen und werden somit vordringlich umgesetzt. Die Landestalsperrenverwaltung hat das Verfahren damit gerechtfertigt, dass in dieser ersten Stufe bereits 70 % der Gesamtkosten aller Maßnahmen umgesetzt werden. Demonstranten der BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN vor dem sächsischen Landtag forderten statt der Umsetzung der technischen Hochwasserschutzmaßnahmen, die Schaffung von Retentionsräumen und die Erhöhung des Wasserrückhaltes in den Einzugsgebieten, z. B. durch Rückverlegung von Deichen.

### **Gewässerwanderungen**

Vom 10. bis zum 19. August werden vom Umweltamt zusammen mit dem Umweltzentrum Dresden unter dem Motto „Mit dem Hochwasser von 2002 laufen“ Gewässerführungen entlang des Keppbaches, des Kaitzbaches und den Bächen in Weißig angeboten. Das sind die Bäche, die maßgeblich zu den großen Sachschäden in der Stadt Dresden beitrugen. Die Teilnehmer besichtigen vor Ort die beseitigten Flutschäden, die bereits realisierten Hochwasserschutzmaßnahmen und erfahren etwas über die noch in Planung befindlichen Maßnahmen.

## **Dresdner Wasserbaukolloquium 2007**

Das am 8. und 9. Oktober stattfindende Dresdner Wasserbaukolloquium bezieht sich dieses Jahr ebenfalls auf das Thema „5 Jahre nach der Flut“. Hochwasserschutzkonzepte, deren Planung, Berechnung und Realisierung stellen den Schwerpunkt dieser Tagung dar.

## **5. Weiteres Vorgehen**

Das weitere Vorgehen orientiert sich an dem im Zeit- und Kostenplan aufgestellten Zeitplan. Dabei ist zu beachten, dass die Umsetzung der Befragung sowie die Dateneingabe und statistische Analyse mehr Zeit in Anspruch nehmen wird als geplant. Es ist des Weiteren geplant, mit dem DLR einen intensiveren Austausch über die Analyse der Siedlungs- und Haustypenstruktur zu führen und zu prüfen, inwieweit bereits erhobene sozio-ökonomische Daten für die weitere automatisierte Klassifizierung der Stadtteile bzw. Stadtstrukturtypen genutzt werden können. Insgesamt werden die Schwerpunkte der dritten Projektphase auf folgenden Aktivitäten liegen:

- 1) Dateneingabe und statistische Analyse der Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden
- 2) Entwicklung weiterer Indikatoren und Bewertungskriterien insbesondere bezüglich der Bereiche Umwelt, Wirtschaft und Kritische Infrastrukturen mittels Experten-Interviews
- 3) Auswahl und Modifikation der vorläufigen Kriterien und Indikatorenlisten
- 4) Diskussion der vorläufigen Zwischenergebnisse für ausgewählte Stadtteile mit den Städten und dem BBK sowie ggf. weiteren Einrichtungen
- 5) Verknüpfung und Validitätsprüfung der unterschiedlichen Daten

Die Haushaltsbefragung wird in Köln im August 2007 abgeschlossen, in Dresden wird sie Mitte September 2007 durchgeführt. Neben der Dateneingabe und der Datenaufbereitung der Antwortkategorien von mehr als 60 Fragen pro Fragebogen für rund 1.000 Haushalte wird in den folgenden Monaten insbesondere die statistische Auswertung der Daten einen großen Zeitraum in Anspruch nehmen.

Die Einstellung ausgewählter Fragen zur Bewältigungskapazität in den kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln wird derzeit mit dem Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln verhandelt.

Insgesamt werden die statistische Auswertung, die Selektion und Berechnung aussagekräftiger Indikatoren zur Abschätzung der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität unterschiedlicher Haushalte und Bevölkerungsgruppen und der Vergleich der aussagekräftigen Indikatoren und Kriterien für Köln und Dresden einen erheblichen Zeitraum in Anspruch nehmen. Dabei soll auch geprüft werden, welche Aspekte der Vulnerabilität mittels einer solchen Befragung besonders gut erfassbar und welche kaum oder nur sehr begrenzt mittels der Methode Haushaltsbefragung abprüfbar sind.

Für die Weiterentwicklung der Indikatoren im Bereich Umwelt, Land- und Forstwirtschaft sowie im Bereich der gewerblichen Wirtschaft ist weiterhin eine zweigleisige Bearbeitung vorgesehen. Nach dem Top-Down-Ansatz werden aus der Analyse von Ereignisberichten, wissenschaftlichen Studien und anderen Literaturquellen systematisch die Größen herausgefiltert, die das Maß der Anfälligkeit und Bewältigung bestimmen. Parallel dazu erfolgt die Prüfung auf Datenverfügbarkeit bzw. die Prüfung der in den Kommunen vorhandenen Daten auf Verwertbarkeit. Aus der Schnittmenge beider Ansätze kristallisieren sich die für das Forschungsprojekt einsetzbaren Indikatoren heraus.

Wegen der bei Hochwasserereignissen neuen Situation fehlt es oft an direkt abrufbaren Indikatoren. In den meisten Fällen müssen aussagefähige Indikatoren aus anderen Daten generiert werden oder es sind Hilfsindikatoren zu verwenden. Auch muss berücksichtigt werden, dass Daten, die aufgrund der guten Datenlage in den Städten Köln und Dresden vorhanden sind, eventuell in kleineren Kommunen nicht zur Verfügung stehen. Da der zu bearbeitende Handlungsleitfaden auch in anderen Kommunen zur Bestimmung der Vulnerabilität zum Einsatz kommen sollte, sind einfache und schnell verfügbare Daten und Verfahrensweisen zu bevorzugen. Um die so entwickelten Indikatoren zu validieren, zu ergänzen und/oder zu berichtigen, müssen Experten-Interviews geführt werden (siehe 2.1). Diese sind für das Frühjahr 2008 geplant.

Im Umweltbereich besteht allerdings das Problem, dass es kaum „interviewbare“ Betroffene gibt. Vertreter der Umweltbelange wie die Verwaltungsangestellten in den Kommunen, Forschungseinrichtungen oder Umweltverbände können nur beobachten und messen, wie sich das Hochwasser auf einzelne Kompartimente eines Ökosystems ausgewirkt hat. Die durch ein Hochwasser verursachten Funktionsbeeinträchtigungen und die damit verbunden tatsächlich realen Wirkeffekte im Ökosystem sind sehr schwierig nachzuvollziehen. Zudem lassen sich die Beobachtungen und Messungen der Umweltbeeinträchtigungen z. T. aufgrund fehlender langjähriger Messreihen nicht exakt einem Hochwasserereignis zuordnen (auch andere Prozesse könnten die Messwerte beeinflusst haben), so dass die beschriebenen Auswirkungen eines Hochwassers auf die Umwelt teilweise abgeschätzt werden müssen.

Auch für den Bereich Kritische Infrastrukturen sind für die Diskussion und Verifizierung der bisher entwickelten Indikatoren Expertengespräche notwendig. Hierfür sind im weiteren Projektverlauf (Frühjahr 2008) Gespräche mit KRITIS-Experten des BBK und Vertretern relevanter städtischer Behörden in Köln und Dresden sowie mit den zuständigen KRITIS-Betreibern (z.B. Energieversorgung, Wasserver- und -entsorgung, Nahverkehr, Gesundheitswesen) geplant.

Insgesamt wird sich das weitere Vorgehen in den nächsten Monaten wie im Zeit- und Kostenplan grob skizziert insbesondere auf folgende Aktivitäten und Arbeitsschritte beziehen:

- a) Analyse der Vulnerabilität auf Basis unterschiedlicher Methoden (hier wird auch eine stärkere Abstimmung mit dem DLR erfolgen)
- b) Auswertung der Befragungen und kommunalen Daten sowie Diskussion der Ergebnisse (hier wird ein Workshop im November oder Dezember 2007 oder ggf. Anfang 2008 mit dem BBK angestrebt)
- c) Verknüpfung der Daten zu Indikatoren und Validitätsprüfung der Kriterien und Indikatoren.

## **Teil II: Ergänzende Angaben**

### **1. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung**

Der Stand des Vorhabens entspricht der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Umsetzung der Befragung sowie die Dateneingabe und statistische Analyse mehr Zeit in Anspruch nehmen werden als ursprünglich geplant.

### **2. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Ausgabenzeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert?**

Die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Ausgabenzeitraums haben sich gegenüber dem ursprünglichen Antrag nicht geändert, allerdings sind für einige Themenbereiche die Datenakquisition und Datennutzung (Nutzungsrechte) deutlich schwieriger als gedacht.

### **3. Sind inzwischen von dritter Seite Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Es sind inzwischen keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

### **4. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Es sind derzeit keine Änderungen der Zielsetzung notwendig.

## Literatur

BACHFISCHER, R. (1978): Die ökologische Risikoanalyse, Diss. an der TU München. München.

BIRKMANN, J. & J. BOGARDI (2007): Katastrophenforschung im Dienste der Vereinten Nationen. Herausforderungen, Erfahrungen und zukünftige Forschungsbedarfe aus Sicht von UNU-EHS in Bonn. In: Notfallvorsorge 1/2007: S. 21-23.

BIRKMANN, J. (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: BIRKMANN, J. [Hrsg.]: Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. Tokyo.

BOGARDI, J. und J. BIRKMANN (2004): Vulnerability Assessment: the First Step Towards Sustainable Risk Reduction. In: MALZAHN, D. und T. PLAPP [Hrsg.]: Disaster and Society – From Hazard Assessment to Risk Reduction. Berlin: 75-82.

BÜRGERINITIATIVE HOCHWASSER ALTGEMEINDE RODENKIRCHEN E.V. (2004): Handbuch Hochwasser. Köln-Rodenkirchen.

CARDONA, O.D. (1999): Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics: A Holistic Risk Assessment and Management Approach. In: Ingleton, J. [Hrsg.]: Natural Disaster Management. London.

CARDONA, O.D. (2001): Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Barcelona: Technical University of Catalonia. Im Internet verfügbar unter: <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>.

DIEKMANN, A. (1999): Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Reinbek.

KREIBICH, H., PETROW, T., THIEKEN, A.H., MÜLLER, M. & B. MERZ (2005a): Consequences of the extreme flood event of August 2002 in the city of Dresden, Germany. In: Sustainable Water Management Solutions for Large cities (proceedings of symposium S2 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguacu, Brazil, April 2005). IAHS Publ. 293.

KREIBICH, H., THIEKEN, A.H. & B. MERZ (2005b): Precautionary measures reduce flood losses of households and companies – insights from the 2002 flood in Saxony,

Germany. In: VAN ALPHEN, VAN BEEK & TAAL (Hrsg.): Floods, from Defence to Management. London: 851-859.

KREIBICH, H., THIEKEN, A.H., PETROW, T., MÜLLER, M. & B. MERZ (2005c): Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures – lessons learned from the Elbe flood in August 2002. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 5/2005: S. 117-126.

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT et al. (1993): Neubau der Bundesautobahn A 82 / 140 Göttingen – Halle/Leipzig. Umweltverträglichkeitsstudie-. Planungsablauf und Bewertungsmethodik – Grundlagen - . Hannover.

SCHWÄTZER (2007): Forschung im Katastrophenmanagement. In: Notfallvorsorge 1/2007: S. 5-6

WESSEL, K. (1996): Empirisches Arbeiten in der Wirtschaft- und Sozialgeographie. Paderborn.

# **ANLAGEN**





UNITED NATIONS  
UNIVERSITY  
**UNU-EHS**  
Institute for Environment  
and Human Security



Stadt Köln



Stadtentwässerungs-  
betriebe Köln, AöR



Frau  
xxx  
xxx  
  
xxx Köln

26.07.2007

## Haushaltsbefragung zum Thema Hochwasser in Köln

Sehr geehrte Frau xxx,

**Ihre Meinung zum Thema Hochwasser ist uns wichtig!** Daher führt das Institut für Umwelt und menschliche Sicherheit der UNITED NATIONS UNIVERSITY in Kooperation mit der Stadt Köln und den Stadtentwässerungsbetrieben Köln im August 2007 eine Befragung zum Thema Hochwasser in Köln durch.

Die Umfrage soll dazu dienen, Ihre persönlichen Erfahrungen und Ansichten bei der weiteren Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes zu berücksichtigen.

Die Befragung wird im Zeitraum vom **09. bis 25. August** durch unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durchgeführt, die Ihnen hierfür einen persönlichen Besuch abstatten werden. Die Dauer der Befragung beträgt ungefähr 25 Minuten.

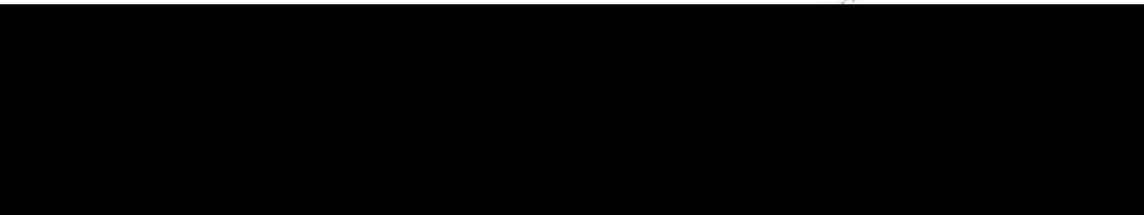
Ihre Teilnahme an der Umfrage ist selbstverständlich freiwillig und die Befragungsdaten werden anonym (ohne Ihren Namen) erfasst und ausgewertet.

Wir bitten Sie herzlich, an der freiwilligen Befragung teilzunehmen, da wir nur mit Ihrer Hilfe ein zuverlässiges, repräsentatives Bild über die Erfahrung und Ansichten der Kölnerinnen und Kölner zum Thema Hochwasser erhalten können.

Wenn Sie einen festen Termin für die Befragung vereinbaren möchten oder noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte unter der folgenden Telefonnummer an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der UNITED NATIONS UNIVERSITY: 02 28 - 815 - 02 30.

Für Ihre freundliche Unterstützung möchten wir uns im Voraus bedanken.

Mit freundlichen Grüßen





Interviewer-Team: Nr.

Datum: \_\_\_\_\_

Beginn des Interviews: \_\_\_\_\_ Uhr

## Fragebogen: Hochwasser in Köln

Guten Tag Frau/Herr ...

Wie bereits per Post (und ggf. auch telefonisch) angekündigt, führen wir zur Zeit im Auftrag der Universität der Vereinten Nationen und der Stadt Köln eine Befragung zum Thema Hochwasser bzw. Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser durch.

Wir möchten Ihnen einige Fragen zu Ihren persönlichen Erfahrungen und Ansichten zum Thema Hochwasser stellen.

Die Ergebnisse der Befragung sollen als Grundlage für die weitere Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes in Köln dienen.

Ihre Teilnahme an der Umfrage ist selbstverständlich freiwillig und die Befragungsdaten werden anonym (ohne Ihren Namen) ausgewertet.

Die Befragung wird ca. 25 Minuten dauern.

# 1. Gefährdungseinschätzung und Exposition

1.1 Für wie bedeutsam bzw. wichtig halten Sie die nachfolgend aufgeführten Naturgefahren für Köln auf einer Skala von 1 bis 8?

*(1 unbedeutsam – 8 sehr bedeutsam)*

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sturm	<input type="checkbox"/>							
Hitzewelle	<input type="checkbox"/>							
Hochwasser	<input type="checkbox"/>							
Erdbeben	<input type="checkbox"/>							
Hangrutschung	<input type="checkbox"/>							
Starkregen	<input type="checkbox"/>							

1.2 Für wie wahrscheinlich halten Sie es auf einer Skala von 1 bis 8, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?

*(1 unwahrscheinlich – 8 sehr wahrscheinlich)*

1	2	3	4	5	6	7	8
<input type="checkbox"/>							

1.3 Liegt das Haus, in dem Sie wohnen, in einem Gebiet, das durch ein extremes Hochwasser des Rheins gefährdet sein könnte?

Ja       Nein       Weiß nicht

---

## 2. Informationen über Hochwasser

2.1 Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen erhalten oder eingeholt?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

- Ja, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten
- Ja, ich habe selbst Informationen eingeholt
- Nein, ich habe keine Informationen erhalten oder selbst eingeholt

Falls Ja:

2.1.1 Von wem haben Sie diese Informationen erhalten bzw. eingeholt?

Antwort: \_\_\_\_\_

2.2 Wie und wo würden Sie sich informieren, wenn ein Hochwasser tatsächlich kommt?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

- Nachbarn oder Bekannte
- Zeitung
- TV
- Videotext
- Radio
- Telefon-Hotline der Hochwasserschutzzentrale
- Internetseite der Hochwasserschutzzentrale
- Sonstige Internetseiten
- Sonstiges: \_\_\_\_\_
- Überhaupt nicht
- Weiß nicht

### 3. Erfahrungen mit Hochwasser

3.1 Haben Sie persönlich schon jemals ein Hochwasser an irgendeinem Ort erlebt?

- Ja       Nein

**Falls Nein:** → weiter mit Frage 4.1

3.2 Wann und wo haben Sie das/die Hochwasser erlebt?

Jahr	Ort

3.3 Haben Sie persönlich schon ein Hochwasser in Köln erlebt?

- Ja       Nein

**Falls Nein:** → weiter mit Frage 4.1

3.4 Wie sind Sie auf das Hochwasser aufmerksam geworden? (zuletzt erlebtes Ereignis in Köln)

(Mehrfachnennungen möglich)

- Wasser im Keller/im Wohnhaus
- Behördliche Hochwasserwarnung
- Warnung durch Nachbarn, Freunde oder Bekannte
- Berichterstattung in den Medien
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.5 In welchen Bereichen waren Sie von Hochwasser in Köln betroffen?

(Mehrfachnennungen möglich)

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

Bereich	JA	NEIN	Falls Ja:
Wohnhaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.6
Berufsleben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.7
Mobilität/Verkehrswege	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.8
Versorgung (z.B. Strom, Wasser, Einkaufen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.9
Freizeitaktivitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.10
Gesundheit/seelisches Wohlbefinden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.11

**Falls kein Bereich betroffen:** → weiter mit Frage 4.1

## Fragen zu persönlicher Betroffenheit durch Hochwasser

(Mehrfachnennungen möglich)

3.6 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrem **Wohnhaus** betroffen?

- a  Wasser im Keller
- b  Wasser in der eigenen Wohnung
- c  Eingeschränkter Zugang zum Haus/zur Wohnung durch Hochwasser
- d  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.7 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrem **Berufsleben** betroffen?

- a  Ich war privat mit der Bekämpfung des Hochwassers beschäftigt
- b  Ich war als ehrenamtlicher Helfer im Hochwassereinsatz
- c  Ich konnte meine Arbeitsstätte hochwasserbedingt nicht erreichen
- d  Meine Arbeitsstätte hatte den Betrieb hochwasserbedingt eingestellt
- e  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.8 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Mobilität** bzw. Ihren **Verkehrswegen** betroffen?

- a  Ausfall des öffentlichen Nahverkehrs (Bus, Bahn usw.)
- b  Beschädigung des eigenen Fahrzeugs
- c  Unpassierbare Straßen und Wege
- d  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.9 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Versorgung** betroffen?

- a  Stromausfall
- b  Ausfall der Heizung
- c  Ausfall der Trinkwasserversorgung
- d  Ausfall der Abwasserentsorgung
- e  Ausfall der Telekommunikation (Telefon, Internet)
- f  Ausfall der Gesundheitsversorgung (häusliche Pflege, Ärzte, Apotheke)
- g  Ausfall von behördlichen Diensten (Ämter usw.)
- h  Ausfall von Einkaufsmöglichkeiten
- i  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.10 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihren **Freizeitaktivitäten** betroffen?

- a  Spazieren/Joggen
- b  Radfahren/Skaten
- c  Wasserbezogene Aktivitäten (z.B. Rudern, Paddeln, Angeln)
- d  Sportplatzaktivitäten (z.B. Fußball, Tennis, Basketball)
- e  Garten/Kleingartenanlage
- f  Kulturelle Aktivitäten
- g  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.11 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Gesundheit** oder Ihrem **seelischen Wohlbefinden** betroffen?

- a  Infektionskrankheiten (z.B. Durchfall)
- b  Schimmelpilz
- c  Depression
- d  Sonstiges: \_\_\_\_\_

#### 4. Vorsorge/Bewältigung

4.1 Stellen Sie sich vor, das Haus, in dem Sie wohnen, würde bei einem extremen Hochwasser im überfluteten Bereich liegen, und das Hochwasser könnte zu einer Unterbrechung der Strom- und Wasserversorgung führen. Für wie wichtig halten Sie die folgenden Dinge, um eine solche Situation möglichst gut zu meistern?  
(1 unwichtig – 8 sehr wichtig)

A N T W O R T K A R T E	Gegenstand	Einschätzung der Wichtigkeit							
		1	2	3	4	5	6	7	8
a	Gummistiefel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Schwimmweste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Schlauchboot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Sandsäcke und Füllmaterial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Wasserpumpe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	Klebeband	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i	Kordel/Seil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j	Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k	Taschenlampe (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	Netzunabhängige Heizmöglichkeit (z.B. Ofen/Kamin)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n	Trinkwasservorrat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o	Haltbare Lebensmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p	Toiletteneimer mit Deckel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
q	Mobiltelefon (aufgeladen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2 Welche der genannten Gegenstände haben Sie zur Zeit im Haus?

A N T W O R T K A R T E	Gegenstand	z.Zt im Haus	
		JA	NEIN
a	Gummistiefel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
b	Schwimmweste	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
c	Schlauchboot	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
d	Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
e	Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
f	Sandsäcke und Füllmaterial	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
g	Wasserpumpe	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
h	Klebeband	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
i	Kordel/Seil	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
j	Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
k	Taschenlampe (funktionsfähig)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
l	Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
m	Netzunabhängige Heizmöglichkeit (z.B. Ofen/Kamin)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
n	Trinkwasservorrat	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
o	Haltbare Lebensmittel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
p	Toiletteneimer mit Deckel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
q	Mobiltelefon (aufgeladen)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>

4.3 Was schätzen Sie: Wie lange könnten Sie im Falle eines Hochwassers **problemlos** auf die folgenden Dinge verzichten?

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

Ausfall von	Geschätzte Dauer eines problemlos ertragbaren Verzichts				
	gar nicht	wenige Stunden	1-2 Tage	3-5 Tage	länger als 5 Tage
Elektrische Beleuchtung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Fernseher	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Radio	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Computer/Internet	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Telefon/Handy	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Kühlschrank	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Herd/Ofen/Mikrowelle	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Heizung (im Winter)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Leitungswasser	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
WC-Spülung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Öffentliche Verkehrsmittel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

4.4 Besteht für Sie die Möglichkeit, Gegenstände, die Sie vor Hochwasser schützen möchten, in höher gelegene Stockwerke umzulagern?

- Ja       Nein       Weiß nicht

Falls Ja:

4.4.1 Können Sie diese Gegenstände **selbständig** dorthin umlagern?

- Ja       Nein       Weiß nicht

4.5 Können Sie Stromanschlüsse im Haus selbst vor Hochwasser sichern?

- Ja       Nein       Weiß nicht

Versicherungsschutz

4.6 Haben Sie eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?  
(*Mehrfachnennungen möglich*)

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

- a  Wohngebäudeversicherung
- b  Elementar(risiko)versicherung
- c  Haftpflichtversicherung
- d  Hausratsversicherung
- e  Sonstige: \_\_\_\_\_
- f  Weiß nicht

Falls Ja:

4.6.1 Sind Hochwasserschäden durch Ihre Versicherung abgedeckt?

Ja

Nein

Weiß nicht

Hochwasserschutzmaßnahmen in Köln

4.7 Sind Ihnen Hochwasserschutzmaßnahmen bekannt, die die Stadt Köln und insbesondere die Hochwasserschutzzentrale nach den Hochwassern 1993 und 1995 durchgeführt hat?

Ja

Nein

Falls Ja:

4.7.1 Welche Hochwasserschutzmaßnahmen sind Ihnen bekannt?

---

---

---

---

4.7.2 Wie beurteilen Sie diese Maßnahmen für den Schutz vor neuen Hochwassern?

*(1 unzureichend – 8 sehr gut)*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<input type="checkbox"/>							

4.7.3 Glauben Sie, dass die neuen Hochwasserschutzanlagen in Köln Ihnen eine absolute Sicherheit gegen Hochwasser bieten?

Ja

Nein

Weiß nicht

---

## 5. Wissen zum Notfallverhalten

5.1 Was würden Sie im Falle einer Hochwasserwarnung zuerst unternehmen?

(3 Nennungen möglich)

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

5.2 Wer ist Ihrer Meinung nach für die direkte Hilfe bei einem Hochwasser zuständig?

(Mehrfachnennungen möglich)

- Stadtentwässerungsbetriebe
- Andere städtische Behörden
- Polizei
- Feuerwehr
- Bundeswehr
- THW
- Rotes Kreuz
- Sonstige: \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

5.3 Wen würden Sie im Falle eines drohenden Hochwasserschadens in Ihrer Wohnung oder Ihrem Haus kontaktieren, um Hilfe bei der Sicherung von Möbeln und Inventar zu bitten?

(Mehrfachnennungen möglich)

- Freunde
- Verwandte
- Nachbarn
- Polizei
- Feuerwehr
- Bundeswehr
- THW
- Rotes Kreuz
- Sonstige: \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

5.4 Wo würden Sie im Falle einer Evakuierung am ehesten Zuflucht suchen?

- bei Bekannten oder Freunden
- bei Verwandten
- Hotel/Pension
- Städtische Einrichtungen/Notunterkünfte
- Sonstige: \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

5.5 Würden Sie es im Falle einer Evakuierung **ohne fremde Hilfe** schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen?

Ja

Nein

Weiß nicht

5.6 Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die keine weitere Strecke (ca. 1 km) zu Fuß bewältigen könnten (z.B. Kleinkinder, ältere Personen)?

Ja

Nein

Falls Ja:

5.6.1 Wie viele Personen?

Anzahl: \_\_\_\_\_

5.7 Haben sie Personen in Ihrem Haushalt, die ständig auf Medikamente oder medizinische Geräte angewiesen sind?

Ja

Nein

Falls Ja:

5.7.1 Wie viele Personen?

Anzahl: \_\_\_\_\_

5.8 Haben Sie Haustiere?

Ja

Nein

5.9 Wenn Sie Ihre Wohnung **so schnell wie möglich** verlassen müssten:

Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z.B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?

\_\_\_\_\_

5.10 Wenn eine **ausreichend lange Vorwarnzeit** gegeben wäre:

Wie lange würden Sie brauchen, um Ihre wichtigsten Einrichtungs- und Wertgegenstände (z.B. Fernseher, Computer, Schmuck, Bücher) in Sicherheit zu bringen?

\_\_\_\_\_

## 6. Wohnen

6.1 Seit wann wohnen Sie in Köln?

Seit: \_\_\_\_\_

6.2 Wie groß ist Ihre Wohnfläche in Quadratmetern?

ca. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

6.3 Hat das Haus, in dem Sie wohnen, einen Keller?

Ja  Nein

6.4 In welchem Jahr wurde das Haus, in dem Sie wohnen (ungefähr) erbaut?

ca. im Jahr: \_\_\_\_\_  Weiß nicht

6.5 Wie beurteilen Sie den baulichen Zustand des Hauses, in dem Sie wohnen?

**(1 ungenügend/sanierungsbedürftig – 8 sehr gut)**

1      2      3      4      5      6      7      8

6.6 In welcher Bauweise wurde das Haus, in dem Sie wohnen, gebaut?

- Massivbau (Stein-, Ziegel-, Mauerwerksbau)
- Fertigbau
- Fachwerkbauweise
- Stahlbeton
- Plattenbauweise
- Andere Bauweise: \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

6.7 Sind am Wohnhaus bauliche Hochwasserschutzvorkehrungen vorhanden?

Ja  Nein  Weiß nicht

6.8 Welches Heizungssystem hat das Gebäude, in dem Sie wohnen?

- Öl
- Gas
- Kohle
- Fernwärme
- Elektro (Nachtspeicher, Wärmepumpe, Direktheizung)
- Andere: \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**Falls Eigentümer mit Ölheizung:**

6.8.1 Können Sie Ihren Öltank selbständig gegen Auftrieb und Auslaufen im Falle eines Hochwassers sichern?

Ja

Nein

Weiß nicht

**Mögliche Hausschäden und Wiederbeschaffungswerte**

6.9 Was ist der geschätzte Wiederbeschaffungswert Ihrer Wohnungs- bzw. Hauseinrichtung?

ca. \_\_\_\_\_ Euro

keine Angabe

6.10 Sind Sie Mieter oder Eigentümer der Wohnung bzw. des Hauses?

Mieter

Eigentümer

**Falls Mieter:**

6.11 Wie hoch ist Ihre Kaltmiete?

\_\_\_\_\_ Euro

keine Angabe

oder

\_\_\_\_\_ Euro pro m<sup>2</sup>

**Falls Eigentümer:**

6.12 Was ist der geschätzte Wiederbeschaffungswert Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses (ohne Inventar)

ca. \_\_\_\_\_ Euro

keine Angabe

-----

## 7. Statistische Angaben

7.1 Haben Sie einen PKW im Haushalt?

- Ja       Nein

7.2 Welche Verkehrsmittel benutzen Sie regelmäßig?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

- PKW  
 Mofa/Roller/Motorrad  
 Fahrrad  
 Bus  
 Straßenbahn/U-Bahn  
 S-Bahn/DB  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

7.3 Welchen höchsten Schulabschluss haben Sie?

- kein Schulabschluss  
 Volks-/Hauptschulabschluss  
 Mittlere Reife, Realschulabschluss  
 Fachhochschulreife/Hochschulreife  
 keine Angabe

7.4 Welchen höchsten berufsbildenden Abschluss haben Sie?

- kein berufsbildender Abschluss  
 Berufsschule/Berufsfachschule  
 Fachschule (Meister, Technikerschule)  
 (Fach-)Hochschule  
 keine Angabe

7.5 Wie viele Personen leben (dauerhaft) in Ihrem Haushalt („unter einem Dach“)?

\_\_\_\_\_ Personen

7.6 Bitte geben Sie für jede im Haushalt lebende Person folgende Angaben an:

	Alter	Geschlecht	Nationalität	Tätigkeit	Wirtschaftsbereich	Ort der Arbeitsstätte
Person 1						
Person 2						
Person 3						
Person 4						
Person 5						
Person 6						
Person 7						
Person 8						
<u>Alter:</u> Zahl eintragen		<u>Geschlecht:</u> M: männlich W: weiblich		<u>Nationalität:</u> 1: deutsch 2: europäisch 3: außereuropäisch		
<u>Tätigkeit:</u> A: Angestellt B: Arbeiter/Facharbeiter(in) C: Beamter/Beamtin D: Selbständig E: Freiberuflich F: Rentner/in G: Hausfrau/-mann H: arbeitslos I: in der Ausbildung		<u>Wirtschaftsbereich der Tätigkeit:</u> 1: Land- und Forstwirtschaft 2: Bau 3: Industrie 4: Handwerk 5: Dienstleistungen 6: Öffentlicher Dienst, Gebietskörperschaften 7: Sonstiges		<u>Ort der Arbeitsstätte:</u> 1: außerhalb Köln 2: in Köln 3: im selben Haus wie die Wohnung		

7.7 Wie hoch ist ungefähr das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushaltes insgesamt?  
*(Erläuterung: Das Nettoeinkommen umfasst die Summe aller Einnahmen, die dem Haushalt nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungsbeträge verbleibt. Hierzu zählen beispielsweise auch Kindergeld, Einkünfte aus Vermietung/Verpachtung und Zinseinkünfte)*

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> unter 500 Euro           | <input type="checkbox"/> 3500 bis unter 4000 Euro |
| <input type="checkbox"/> 500 bis unter 1000 Euro  | <input type="checkbox"/> 4000 bis unter 4500 Euro |
| <input type="checkbox"/> 1000 bis unter 1500 Euro | <input type="checkbox"/> 4500 bis unter 5000 Euro |
| <input type="checkbox"/> 1500 bis unter 2000 Euro | <input type="checkbox"/> 5000 bis unter 5500 Euro |
| <input type="checkbox"/> 2000 bis unter 2500 Euro | <input type="checkbox"/> 5500 bis unter 6000 Euro |
| <input type="checkbox"/> 2500 bis unter 3000 Euro | <input type="checkbox"/> 6000 Euro und mehr       |
| <input type="checkbox"/> 3000 bis unter 3500 Euro | <input type="checkbox"/> keine Angabe             |

8. Eine letzte Frage:

Würden Sie sich nochmals für ein Interview zur Verfügung stellen?

- 1  Ja      2  Nein

**Vielen Dank!**

Interviewer-Team: Nr. \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Beginn: \_\_\_\_\_ Uhr (z.B. 10:35)

Ende: \_\_\_\_\_ Uhr

Stadtviertel: \_\_\_\_\_

Exposition:  HQ 100  HQ 500

Wasserhöhe bei HQ  bis 60cm  bis 120cm  bis 240cm  >240cm

Anzahl der Etagen des Hauses: \_\_\_\_\_

Etage der Wohnung:  Souterrain  
 Erdgeschoss  
 1. OG  
 2. OG  
 3. OG  
 4. OG oder höher

Erreichbarkeit mit Aufzug:  Ja  Nein

Baulicher Zustand des Hauses (1 sehr gut – 8 ungenügend, sanierungsbedürftig):

1  2  3  4  5  6  7  8

Bauweise:  Massivbau (Stein-, Ziegel-, Mauerwerksbau)  
 Stahlbeton  
 Fertigbau  
 Fachwerkbauweise  
 Plattenbauweise  
 Andere Bauweise: \_\_\_\_\_

Haustyp:  Einfamilienhaus (freistehend)  
 Einfamilienhaus (Reihenhaus)  
 Mehrfamilienhaus (1-5 Etagen)  
 Mehrfamilienhaus (über 5 Etagen)  
 Wohn- und Geschäftshaus  
 Anderer Typ: \_\_\_\_\_

Hausnutzung:  Reines Wohngebäude  
 Mischnutzung (z.B. Einzelhandel/Dienstleistung und Wohnen)

Sprachkenntnisse (nur bei Befragten mit Migrationshintergrund):

1  sehr gut  
2  gut  
3  mittelmäßig  
4  gering  
5  sehr gering

1900  
 1901  
 1902  
 1903  
 1904  
 1905  
 1906  
 1907  
 1908  
 1909  
 1910  
 1911  
 1912  
 1913  
 1914  
 1915  
 1916  
 1917  
 1918  
 1919  
 1920  
 1921  
 1922  
 1923  
 1924  
 1925  
 1926  
 1927  
 1928  
 1929  
 1930  
 1931  
 1932  
 1933  
 1934  
 1935  
 1936  
 1937  
 1938  
 1939  
 1940  
 1941  
 1942  
 1943  
 1944  
 1945  
 1946  
 1947  
 1948  
 1949  
 1950  
 1951  
 1952  
 1953  
 1954  
 1955  
 1956  
 1957  
 1958  
 1959  
 1960  
 1961  
 1962  
 1963  
 1964  
 1965  
 1966  
 1967  
 1968  
 1969  
 1970  
 1971  
 1972  
 1973  
 1974  
 1975  
 1976  
 1977  
 1978  
 1979  
 1980  
 1981  
 1982  
 1983  
 1984  
 1985  
 1986  
 1987  
 1988  
 1989  
 1990  
 1991  
 1992  
 1993  
 1994  
 1995  
 1996  
 1997  
 1998  
 1999  
 2000

1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000



Bundesamt  
für Bevölkerungsschutz  
und Katastrophenhilfe

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Eing.: 16. April 2010

Abt./Ref.: WA I 1

Az.: 4005410

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe  
Postfach 1867, 53008 Bonn

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Referat WA I 1  
Frau Almut Nagel  
Robert-Schumann-Platz 3  
53175 Bonn

HAUSANSCHRIFT Provinzialstraße 93, 53127 Bonn

POSTANSCHRIFT Postfach 1867, 53008 Bonn

TEL +49 (0)22899550-4107

FAX +49 (0)22899550-

BEARBEITET VON Johann Teichröb

E-MAIL johann.teichroeb@bbk.bund.de

INTERNET www.bbk.bund.de

BETREFF **Abschlussbericht des Indikatoren-Projektes**

2140

BEZUG Telefonat vom 13.04.10, E-Mail vom 04.04.10

AZ

DATUM Bonn, 15.04.2010

Sehr geehrte Frau Nagel,

beiliegend erhalten Sie den Abschlussbericht und die entsprechende DVD des Forschungs-  
vorhabens „**Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzia-  
len am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen**“  
(BBK Nr. 280) zu Ihrer Verwendung.

Mit freundlichen Grüßen  
Im Auftrag

Teichröb

Erreichbar mit öffentlichen  
Verkehrsmitteln

Haltestelle:  
Mühlenhof

Servicezeit  
Anrufe bitte möglichst

Mo.-Do 08:00 – 16:30 Uhr  
Fr. 08:00 – 15:30 Uhr

Überweisungsempfänger  
Bundeskasse Trier  
Konten

Deutsche Bundesbank Filiale Saarbrücken  
Nr. 590 010 20 (BLZ 590 000 00)





United Nations University  
UNU-EHS  
Institute for Environment and Human Security

Projektleitung: 

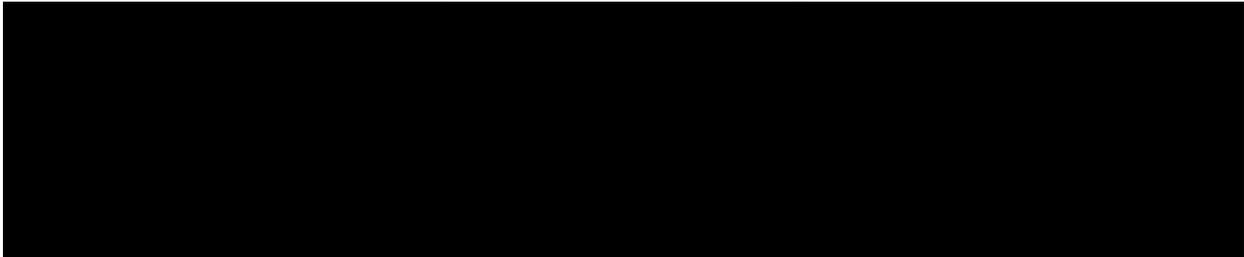
**Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und  
Bewältigungspotenzialen  
- am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen  
Räumen -**

AZ BBK F2-440-00-280

September 2009

*(Inklusive kostenneutraler Laufzeitverlängerung vom 1.8.2009 bis zum 30.9.2009)*

  
Kühling, Wilfried, Prof. Dr. (MLU); Meisel, Kathleen (MLU)



**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist von UNU-EHS im Auftrag der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des Vorhabens *Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen* erstellt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren. Insbesondere gibt dieser Bericht die Meinung und Auffassung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung der Auftraggeberin übereinstimmen.







# Inhaltsverzeichnis

## 1 Einleitung

(Verfasser: [REDACTED])

- 1.1 Vulnerabilität als forschungsleitendes Konzept
- 1.2 Zielsetzungen und zentrale Fragestellungen des F+E Vorhabens
  - 1.2.1 Fokus auf die lokale Ebene
  - 1.2.2 Adressatenorientierung
  - 1.2.3 Nutzung und Zusammenführung unterschiedlicher Daten
  - 1.2.4 Erweiterung der Datenbasis
  - 1.2.5 Zentrale Fragestellungen
- 1.3 Begriffe und ihre Positionierung im Rahmen des Vorhabens
- 1.4 Rahmenkonzepte
  - 1.4.1 Das BBC-Rahmenkonzept
  - 1.4.2 System- und prozessorientiertes Vulnerabilitätsverständnis

## 2 Verwundbarkeit Kritischer Infrastruktur gegenüber Hochwasserereignissen

(Verfasser: [REDACTED])

- 2.1 Kritische Infrastruktur als Untersuchungsgegenstand
  - 2.1.1 Definition Kritische Infrastruktur (*KRITIS*)
  - 2.1.2 Mehrebenenaufbau von *KRITIS*
  - 2.1.3 Abhängigkeitsbeziehungen im Kontext von *KRITIS*
  - 2.1.4 Flächenhafte Ausdehnung von *KRITIS*
  - 2.1.5 Öffentliche und private Akteure
- 2.2 Methodisches Vorgehen
  - 2.2.1 Methodenentwicklung zum Verwundbarkeitsassessment von *KRITIS*
  - 2.2.2 Verwundbarkeit von *KRITIS*: Verwundbarkeitskriterien und Mehrebenenaufbau
  - 2.2.3 Umsetzung des Verwundbarkeitsverständnisses in der Assessment-Methode
  - 2.2.4 Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der ersten Assessment-Phase
  - 2.2.5 Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der zweiten Assessment-Phase
- 2.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung
  - 2.3.1 Rahmenbedingungen der Strom- und Trinkwasserversorgung
  - 2.3.2 Beschreibung der Untersuchungsräume hinsichtlich ihrer Strom- und Trinkwasserversorgungsinfrastrukturen
  - 2.3.3 Beispielhafte Darstellung der empirischen Ergebnisse und Validierung der Verwundbarkeitskriterien
  - 2.3.4 Beispielhafte Anwendung des Verwundbarkeitsassessments
- 2.4 Schlussbetrachtungen

### **3 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen**

(Verfasser: ██████████)

#### 3.1 Der Verwundbarkeitsbereich Bevölkerung

#### 3.2 Methodisches Vorgehen

##### 3.2.1 Datenerhebung über eine Haushaltsbefragung

##### 3.2.2 Verwendete statistische Verfahren

###### 3.2.2.1 Kreuztabellen

###### 3.2.2.2 Lineare Regression

###### 3.2.2.3 Logistische Regression

###### 3.2.2.4 Varianzanalyse

##### 3.2.3 Auswahl der Verwundbarkeitsindikatoren

###### 3.2.3.1 Kernindikatoren

###### 3.2.3.2 Kommunalspezifische Indikatoren

##### 3.2.4 Diskussion und Validierung der Indikatoren

#### 3.3 Anwendung der Berechnungsmethoden und Validierung der Ergebnisse

##### 3.3.1 Diskussion und Validierung der Kernindikatoren für die Städte Köln und Dresden

###### 3.3.1.1 Bereich Exposition

###### 3.3.1.2 Bereich Anfälligkeit

###### 3.3.1.3 Bereich Bewältigung

##### 3.3.2 Diskussion und Validierung der kommunalspezifischen Indikatoren für die Städte Köln und Dresden

#### 3.4 Anwendung und Nutzen der Indikatoren

#### 3.5 Schlussbetrachtung

### **4 Verwundbarkeit von Umwelt und Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen**

(Verfasser: ██████████)

#### 4.1 Verwundbarkeitsassessment der Umwelt

##### 4.1.1 Umwelt als Untersuchungsgegenstand

###### 4.1.1.1 Definition Umwelt

###### 4.1.1.2 Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen

##### 4.1.2 Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode

###### 4.1.2.1 Methodisches Vorgehen

###### 4.1.2.1.1 Methodische Grundlagen

###### 4.1.2.1.2 Verwundbarkeitskonzept

###### 4.1.2.1.3 Verwundbarkeitsmodell

###### 4.1.2.1.4 Systemmodell

###### 4.1.2.1.5 Bewertung und Aggregation

###### 4.1.2.1.6 Handlungsempfehlungen

###### 4.1.2.2 Vorstellung der Assessment-Methode

##### 4.1.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung

###### 4.1.3.1 Beispielhafte Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit

###### 4.1.3.2 Kommunale Vergleichsindikatoren der Umweltverwundbarkeit

- 4.2. Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft
  - 4.2.1 Landwirtschaft als Untersuchungsgegenstand
    - 4.2.1.1 Definition Landwirtschaft
    - 4.2.1.2 Verwundbarkeit der Landwirtschaft
  - 4.2.2 Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode
    - 4.2.2.1 Methodisches Vorgehen
      - 4.2.2.1.1 Methodische Grundlagen
      - 4.2.2.1.2 Verwundbarkeitskonzept
      - 4.2.2.1.3 Verwundbarkeitsmodell
      - 4.2.2.1.4 Systemmodell
      - 4.2.2.1.5 Bewertung und Aggregation
      - 4.2.2.1.6 Handlungsempfehlungen
    - 4.2.2.2 Vorstellung der Assessment-Methode
  - 4.2.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung
    - 4.2.3.1 Beispielhafte Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft
    - 4.2.3.2 Vergleichsindikatoren der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft

**4.3 EXKURS: Verwundbarkeit der Wirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen auf**  
*(Verfasser: [REDACTED])*

- 4.3.1 Gliederung der Wirtschaftssektoren
- 4.3.2 Industriell-gewerbliche Wirtschaftszweige
  - 4.3.2.1 Untersuchungsgegenstand
  - 4.3.2.2 Methodisches Vorgehen
  - 4.3.2.3 Befragungen
  - 4.3.2.4 Indikatoren der Verwundbarkeit
  - 4.3.2.5 Ermittlung der Verwundbarkeit

**5 Nutzung von Fernerkundungsmethoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen**

*(Verfasser: [REDACTED])*

- 5.1 Fernerkundung
- 5.2 Auswertung von Fernerkundungsdaten
- 5.3 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Verwundbarkeitsassessment
  - 5.3.1 Optische Fernerkundungsdaten aus passiven Aufnahmesystemen
  - 5.3.2 Oberflächenmodelle aus aktiven Sensoren
  - 5.3.3 Zusätzliche raumbezogene Datengrundlagen
  - 5.3.4 Datenvorverarbeitung
- 5.4 Verwundbarkeitsassessment mit Methoden der Fernerkundung
  - 5.4.1 Expositionsanalyse – objekt-orientierte Landbedeckungsklassifikation
  - 5.4.2 Identifikation urbaner Strukturen auf Einzelhaus- / Gebäudeblockebene
  - 5.4.3 Bevölkerungsabschätzung
  - 5.4.4 Stadtstrukturtypenklassifizierung
  - 5.4.5 Überflutungstiefenabschätzung
  - 5.4.6 Zusammenfassung

## 6 Quellenverzeichnis

## 7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

## 8 Abkürzungsverzeichnis

### Anhang

#### Anhang A:

A Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwassergefahren auf kommunaler Ebene (*Entwurf; im August 2009 beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe eingereicht*)

A1 Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft  
(*liegt auf Datenträger in digitaler Form vor*)

A2 Abbildungen zum Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft  
(*liegt auf Datenträger in digitaler Form vor*)

#### Anhang B:

B1 Fragebogen der UNU-EHS Haushaltsbefragung (Köln)

B2 Fragen zum Thema Hochwasserschutz im Rahmen des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009 der Stadt Köln

B3 Karten zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung  
(*liegt auf Datenträger in digitaler Form vor*)

#### Anhang C:

C1 Online-Fragebogen Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung) und Online-Fragebogen Gartenbaubetriebe

C2 Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung) und Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Gartenbaubetriebe

C3 Fragenkatalog Teil I Gesundheits- / Umweltgefahren

#### Anhang D:

Karthographische Darstellung ausgewählter Untersuchungsergebnisse im Bereich Fernerkundung  
(*liegt auf Datenträger in digitaler Form vor*)

# 1. Einleitung

(Verfasser: [REDACTED])

Der vorliegende Abschlussbericht des Forschungsprojekts *Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen* fasst zentrale Ergebnisse der dreijährigen Projektarbeit zusammen und skizziert dabei, wie sich das zunächst abstrakte Konzept der Vulnerabilität – welches für die Risikoreduktion und Anpassung an Naturgefahren eine zentrale Rolle spielt – für ausgewählte Handlungsbereiche fassbar machen lässt. Als Themenbereiche wurden in dem Vorhaben *Kritische Infrastruktur (KRITIS), Bevölkerung / Soziales* sowie *Umwelt* und *Landwirtschaft* betrachtet – einschließlich eines Exkurses zum Bereich *Wirtschaft*<sup>1</sup> – und zusätzlich die Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten und -methoden für die Verwundbarkeitsabschätzung ausgelotet. Diese Themenfelder umfassen höchst unterschiedliche Forschungsgegenstände und Herangehensweisen, allerdings ist allen gemeinsam, dass sie für den vorsorgenden Bevölkerungsschutz sowie eine nachhaltige und resiliente Stadtentwicklung eine wichtige Rolle spielen.

Die unterschiedlichen Themenbereiche sowie die darin erfassten Schutzgüter bedürfen auch unterschiedlicher Methoden und Herangehensweisen zur Bestimmung ihrer Vulnerabilität. Trotz Verwendung unterschiedlicher Daten (z. B., Befragungsdaten, statistische Daten, Satellitendaten etc.) und verschiedener methodischer Verfahren (z. B. Haushaltsbefragung, Expertengespräch, GIS-Analyse, etc.) im Rahmen des jeweiligen Assessments, verbindet die unterschiedlichen Bereiche ein gemeinsames Rahmenkonzept, welches insbesondere die Differenzierung von Vulnerabilität in eine Expositions-, Anfälligkeits- und Bewältigungskomponente umfasst. Des Weiteren ist den in diesem Endbericht skizzierten Ansätzen gemeinsam, dass sie ein prozessorientiertes Verständnis von Vulnerabilität aufweisen, d. h. im Vergleich zu statischen Schadensfunktionen wird hier in allen Bereichen davon ausgegangen, dass sich Vulnerabilität daraus ergibt, dass Schutzgüter in unterschiedlichem Maße exponiert und anfällig sind, und zudem auch Kapazitäten aufweisen, um mit diesen Gefahren mehr oder weniger gut umgehen zu können. Bei Veränderung der einzelnen Aspekte (Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) kann unter Annahme des gleichen Hochwasserereignisses (z.B. HQ 100) ein völlig anderes Bild der Verwundbarkeit entstehen. In dieser Hinsicht liegt den Ansätzen ein Verständnis von Vulnerabilität zu Grunde, welches sich an einem Systemgedanken orientiert und neben den zu erwartenden direkten Wirkungen der Hochwassergefahr auf das betrachtete Element oder System auch entsprechende Rückkopplungsprozesse unter dem Stichwort der Bewältigungskapazitäten erfasst. Auf diesen generischen Rahmen wird im folgenden Kapitel näher eingegangen, um zu verdeutlichen, wie die unterschiedlichen Methoden und Ansätze miteinander in Beziehung stehen bzw. welche gemeinsamen konzeptionellen Grundlagen die Ansätze aufweisen.

## 1.1 Vulnerabilität als forschungsleitendes Konzept

Die Beiträge eint, dass sie sich einem relativ neuen forschungsleitenden Konzept in der Risiko- und Katastrophenforschung widmen – dem Konzept der Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren. Im Vergleich zu bekannten und erprobten Methoden zur Bewertung von Hochwasserereignissen und weiteren Naturgefahren, ist das Forschungsfeld der Vulnerabilität für industrialisierte Länder deutlich weniger erforscht. Insbesondere auf lokaler Ebene finden sich bisher nur vereinzelte Beiträge. Dies ist ein Defizit, da zahlreiche internationale und nationale Studien die Bedeutung der lokalen Ebene als Handlungsebene zur Risikoreduktion explizit hervorheben (vgl. UN 2005, UN/ISDR 2004).

Der Begriff „vulnerability“ wird häufig mit Anfälligkeit übersetzt (vgl. u. a. EU Kommission 2007; BMI 2008: 43). Dieses Verständnis greift jedoch zu kurz, da Definition und Messung von Vulnerabilität oder Verwundbarkeit oftmals über die Beschreibung von möglichen Schäden und „Verletzungen“ hinausgehen (vgl. Birkmann 2008). Aktuelle Forschungsansätze greifen neben dem

<sup>1</sup> Aufgrund der ungünstigen Datenlage stellte sich die Bearbeitung des Projektbereichs *Wirtschaft* schwierig dar. Daher werden Ergebnisse aus diesem Projektbereich in Form des Exkurses zusammengefasst. Dieser Umstand wurde dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) frühzeitig mitgeteilt.

Aspekt der Anfälligkeit (*susceptibility*) auch die Aspekte Bewältigungspotential (*coping capacity*) und Exposition (*exposure*) auf (vgl. Bohle 2001, Cardona et al. 2005 sowie die Übersicht bei Birkmann 2006b und Tywsissen 2006).

Insgesamt ist festzustellen, dass das Konzept der Vulnerabilität heute ein interdisziplinäres sowie transdisziplinäres Forschungsfeld geworden ist, welches in verschiedenen Disziplinen für unterschiedliche Fragestellungen genutzt wird. Obwohl es Versuche gibt, die verschiedenen Diskussionslinien und Ansätze in ein universelles Konzept zu integrieren, wie dies z. B. Füssel (2007) im Hinblick auf die Klimawandelforschung vornimmt, sind diese Ansätze oftmals sehr allgemein gehalten und z. T. in ihrer Abgrenzung mit Problemen behaftet. Im Gegensatz zu dem Versuch, eine für alle Themenbereiche einheitliche Methodik zu entwickeln, besteht eine wesentliche Zielsetzung des vorliegenden Forschungsberichts darin, unterschiedliche Zugänge zum Konzept der Vulnerabilität für verschiedene Themenbereiche zu verdeutlichen sowie einen generischen Rahmen, der ein gemeinsames Grundverständnis des Konzeptes umfasst, zu formulieren.

## ***1.2 Zielsetzungen und zentrale Fragestellungen des F+E Vorhabens***

Verwundbarkeit ist zunächst ein abstraktes Konzept, dessen Bedeutung in der Realität zwar nach einem Naturereignis offensichtlich wird, dessen Erfassung jedoch gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt. Um die Anwendbarkeit des Verwundbarkeitskonzeptes im Interesse einer Verwundbarkeitsabschätzung und -reduktion zu ermöglichen, müssen auf das jeweilige Schutzgut und die konkrete Gefahrensituation zugeschnittene Methoden entwickelt werden. Eine wesentliche Zielsetzung des Forschungsvorhabens bestand deshalb darin, für ausgewählte Bereiche und Schutzgüter Fragen der Vulnerabilität zu systematisieren, zu konkretisieren und in Form von Kriterien und Indikatoren zu operationalisieren. Die Arbeit an der vorliegenden Studie konzentrierte sich auf die Entwicklung von Indikatoren und Kriterien für die Messung und Beurteilung der Vulnerabilität und des Bewältigungspotenzials von Gesellschaft bzw. Bevölkerung, KRITIS (Versorgung mit Strom- und Trinkwasser), Natur und Landwirtschaft sowie der gebauten Umwelt gegenüber Hochwassergefahren.

Neben der Ermittlung der Exposition bestand ein weiteres Ziel des Vorhabens darin, nicht nur Anfälligkeiten oder Schadenspotenziale zu erfassen, sondern auch Aspekte zu berücksichtigen, die man als Bewältigungskapazität bezeichnen kann. Folglich wird in dem Vorhaben in allen dargelegten Assessments die Auffassung vertreten, dass die Vulnerabilität auch positive Aspekte, die zur Bewältigung der Hochwassersituation beitragen, umfasst. So können beispielsweise Einwohner, die potenziell einer Hochwassergefahr ausgesetzt sind, gleichzeitig auch über Fähigkeiten und Ressourcen verfügen, die sie in die Lage versetzen mit ihr umzugehen bzw. sie relativ schadlos zu überstehen. Diese Bewältigungskapazitäten sind in Abhängigkeit vom betrachteten Untersuchungsgegenstand höchst unterschiedlich ausgebildet und verteilt. So spielen im Bereich KRITIS etwa die Redundanz und der Vorbereitungsgrad des Personals, welche es den Betreibern ermöglichen, im Fall eines Hochwassers den Ausfall von KRITIS zu verhindern eine wichtige Rolle. Wenn man sich demgegenüber mit der Verwundbarkeit der Bevölkerung beschäftigt, so können die finanzielle Vorsorge (Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden) oder die hochwasserangepasste Bauweise von Wohngebäuden als Charakteristika der Bewältigungskapazität dienen.

### ***1.2.1 Fokus auf die lokale Ebene***

Im Vergleich zu anderen Forschungsvorhaben, die sich mit Fragen der Vulnerabilität auf nationaler oder regionaler Ebene auseinandersetzen – wie z. B. das Vorhaben DISFLOOD – fokussierte die vorliegende Studie auf die lokale Ebene. Auf diesem Weg konnten zentrale Akteure auf lokaler Ebene mit in die angewandte Forschung zur Erfassung von Vulnerabilität und Bewältigungskapazitäten eingebunden und durch Erhebungen vor Ort Aspekte der Bewältigungskapazität überhaupt erst erfasst werden. Obwohl Hochwasserereignisse in ihrer Ausdehnung und ihren Folgen vielfach einen regionalen oder nationalen Charakter aufweisen, war es gerade im Hinblick auf den Bevölkerungsschutz vor Ort wichtig, unterschiedliche Verwundbarkeiten und Bewältigungskapazitäten auf kleinräumiger Ebene zu ermitteln, um so die spezifischen Unterschiede in der *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* von hochwasserexponierten Haushalten,

KRITIS oder Landwirtschaftsbetrieben ermitteln zu können. Auf diesem Weg war es möglich, ausgehend von der kleinräumigen Analyse z. T. auf der Basis von eigenen Erhebungen (Haushalts- oder Expertenbefragungen) entsprechende Verwundbarkeitsaussagen hochzuskalieren und in der Fläche darzustellen. Durch die Entwicklung von Assessment-Methoden bzw. Indikatoren für die ausgewählten Themenfelder können die Ergebnisse der Forschungsarbeit auch für andere Kommunen nutzbar gemacht werden (vgl. *Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwassergefahren auf kommunaler Ebene* in Anhang A).

### **1.2.2 Adressatenorientierung**

Die Operationalisierung des Verwundbarkeitskonzepts in Form von Assessment-Verfahren und die Entwicklung von Kriterien und Indikatoren verfolgt dabei keinen Selbstzweck, sondern soll neben der konzeptionellen Weiterentwicklung vor allem dazu dienen, einerseits eine gezielte Aufklärung über mögliche Verwundbarkeiten durch Naturgefahren in der Bevölkerung und bei weiteren relevanten Akteuren zu erreichen, und andererseits Handlungspotenziale für Politik, Katastrophenschutz und kommunale Planung zu verdeutlichen. Insbesondere durch die stetige Einbeziehung von zentralen lokalen Akteuren, wie der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln und dem Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden sowie der jeweiligen statistischen Ämter und zahlreicher Fachexperten, wurden die entwickelten Konzepte, Zwischenergebnisse der Forschung und die Interpretation der Daten kontinuierlich mit der Praxis rückgekoppelt und zur Diskussion gestellt. Auf diesem Weg konnte bereits während des Forschungsvorhabens ein Mehrwert für die beteiligten Projektpartner entstehen. So ist es beispielsweise geplant, Teilergebnisse der Forschung in den Entwicklungsprozess des Plans Hochwasservorsorge Dresden einfließen zu lassen. Neben diesen verfahrensbezogenen Zielen bot das Vorhaben die Chance, Fragen der Vulnerabilität konkret am Beispiel von urbanen Räumen – den Städten Köln und Dresden – untersuchen zu können. So konnte sich dem zunächst abstrakten Konzept mit Hilfe sehr konkreter Beispiele und Erfahrungen sowie praxisorientierter Herangehensweisen angenähert werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Studie zum einen Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von Vulnerabilität mittels Kriterien und Indikatoren auf und bieten zum anderen Anleitungen zur systematischen Durchführung und Ausgestaltung von Vulnerabilitätsassessments für die dargelegten Handlungsbereiche, die auch in einem gesonderten Leitfaden dokumentiert wurden (siehe Anhang A). Die neu erstellten Karten und Abbildungen, die verwundbarkeitsrelevante Zusammenhänge darstellen, sind eine wichtige Informationsgrundlage für einen effektiven vorsorgenden Bevölkerungsschutz sowie eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Stadtentwicklung. Bisher orientieren sich entsprechende Handlungskonzepte häufig primär an der Naturgefahr bzw. den Hochwasserszenarien, ohne hinreichend überprüfen zu können, welche Vulnerabilitäten in den potenziell betroffenen Gebieten vorliegen und wie diese für unterschiedliche Handlungsbereiche fassbar gemacht werden können. Gerade vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion zum Klimawandel wird immer deutlicher, dass entsprechende Anpassungsstrategien des Bevölkerungsschutzes sowie der Stadtplanung nicht allein auf der Modellierung von Hochwasserereignissen beruhen können, sondern vielmehr gezielt die Frage der Vulnerabilität als Ausgangspunkt für entsprechende Anpassungsstrategien nutzen müssen. Da eine absolute Kontrolle möglicher Naturphänomene gerade angesichts des Klimawandels immer unwahrscheinlicher wird, sind die gezielte Herabsetzung der Anfälligkeit und die Steigerung der Bewältigungskapazität zentrale Zielsetzungen für einen angepassten Bevölkerungsschutz sowie eine auf Nachhaltigkeit bedachte Stadtentwicklung.

### **1.2.3 Nutzung und Zusammenführung unterschiedlicher Daten**

Vor dem Hintergrund der bisher vorliegenden Heterogenität und vielfachen Isolierung der unterschiedlichen Datenbestände war es ein wichtiges Ziel des Vorhabens, unterschiedliche Daten sowie unterschiedliche Datenerhebungsmethoden zu entwickeln, zu nutzen und sinnvoll zusammenzuführen. Die Ergebnisse des Vorhabens zeigen nun auf, wie beispielweise mittels Fernerkundungsdaten und -methoden kleinräumige Expositionsanalysen der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren durchgeführt werden können und wie diese Erkenntnisse mit Hilfe der im

Projektbereich Bevölkerung / Soziales entwickelten Vulnerabilitätsindikatoren (ermittelt aus der Kombination von Befragungsdaten und kommunalstatistischen Daten) ergänzt werden können. Die Kombination und Verknüpfung der Befragungsdaten mit Daten der kommunalen Statistik ist gerade deshalb eine wichtige Methode, da die Aussage von Indikatoren auf diesem Weg in der Fläche (d. h. für die gesamte Stadt) dargestellt werden können. In Form von Karten können entsprechende Verwundbarkeitsaussagen verständlich und anschaulich dargestellt und ihre Kommunikation gegenüber relevanten Akteuren erleichtert werden.

Die Zusammenführung bislang getrennter Datenbestände ist auch ein zentrales Anliegen der in Kapitel 2 ausführlich beschriebenen Methode zur Verwundbarkeitsabschätzung der KRITIS Strom- und Trinkwasserversorgung. In diesem Themenbereich galt es, die unterschiedlichen Interessen, Kompetenzen und Datenbestände von privaten Betreibern und öffentlichen Einrichtungen zu berücksichtigen, und über deren zielgerichtete Zusammenführung eine nachvollziehbare und zur Anwendung geeignete Verwundbarkeitsaussage zu ermöglichen.

#### **1.2.4 Erweiterung der Datenbasis**

Darüber hinaus lag eine weitere Zielsetzung des Vorhabens darin, zu prüfen, wie man die bisher vielfach nicht entsprechend genutzten Datensätze der kommunalen Statistik, der Infrastrukturbetreiber und weiterer Akteure nicht nur zusammenführen, sondern auch durch weitere, gezielt erhobene Daten bzw. Informationen erweitern kann, um zukünftig Aspekte der Vulnerabilität gegenüber Hochwassergefahren besser erfassen und bewerten zu können. In dieser Hinsicht zeigte die Indikatorenentwicklung im Bereich Bevölkerung / Soziales, dass neben den bestehenden Daten zukünftig mit dem Ziel der systematischen Verwundbarkeitsabschätzung bzw. eines entsprechenden Monitorings auch neue Daten von den Kommunen erhoben werden sollten.

Klassische, auf globaler Ebene angewendete Verwundbarkeitsindikatoren, wie z. B. die Anzahl der Todesopfer durch Überschwemmungen, bieten für Deutschland keine hinreichende Aussagekraft, so dass das Vorhaben gezielt eine weitergehende Operationalisierung wichtiger Aspekte der Vulnerabilität vollziehen musste. So erscheint es im Sinne des vorsorgenden Bevölkerungsschutzes sowie einer nachhaltigen und resilienten Stadtentwicklung notwendig, auch Daten, wie z. B. den Vorsorgegrad der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren, in exponierten Stadtgebieten gezielt zu erheben. Die Fragen, die im kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln integriert werden konnten (siehe Anhang B), sind ein Beleg dafür, wie sich Fragestellungen in stadtweiten Erhebungen konkret zur Erfassung neuer Informationen für das Verwundbarkeitsassessment nutzen lassen. So geben die Daten zum Versicherungsschutz gegenüber Hochwassergefahren in Köln ein deutliches Bild über die Unterschiede der ökonomischen Bewältigungskapazität in den unterschiedlichen Stadtteilen (siehe Kapitel 3).

#### **1.2.5 Zentrale Fragestellungen**

Aufbauend auf den dargelegten Zielsetzungen lassen sich die zentralen Fragestellungen des Forschungsvorhabens wie folgt zusammenfassen:

- ❖ Welches sind zentrale Aspekte der Vulnerabilität für die ausgewählten Handlungsfelder gegenüber Hochwassergefahren?
- ❖ Wie lassen sich diese Aspekte systematisieren und anhand von mindestens drei Kernkomponenten der Vulnerabilität – *Exposition, Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* – differenzieren?
- ❖ Welche unterschiedlichen Herangehensweisen und Informationsquellen können genutzt werden, um systematisch entsprechende Aspekte der Vulnerabilität in den Themenbereichen Bevölkerung / Soziales, KRITIS, Umwelt und Landwirtschaft sowie physische Vulnerabilität mit Methoden der Fernerkundung zu erfassen?

- ❖ Welches sind zentrale Kriterien und Indikatoren, die die Vulnerabilität der unterschiedlichen „Schutzgüter“ auf lokaler Ebene und hinsichtlich ihrer zentralen Aspekte (*Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungskapazität*) messbar bzw. evaluierbar machen?
- ❖ Welche Datenquellen lassen sich für die Auswertung und Darstellung der Kriterien und Indikatoren auf kommunaler Ebene erschließen?
- ❖ Welche Verfahren und Methoden (z. B. statistische Methoden, GIS-Analysen, Methoden der Fernerkundung, etc.) sind besonders geeignet, um die jeweiligen Indikatoren anzuwenden, zu testen und zu validieren?
- ❖ Welche Möglichkeiten bieten Fernerkundungsdaten und -methoden um aktuelle, flächendeckende Informationen über das Untersuchungsgebiet zu erhalten und wie lassen sich diese Informationen mit den Vulnerabilitätsindikatoren aus den anderen Themenbereichen vereinbaren?
- ❖ Wo sind erhebliche Datenlücken zu erkennen? Wie können diese Datenlücken durch ergänzende Erhebungen gezielt ausgefüllt werden? (Haushaltsbefragungen, Expertenbefragungen)
- ❖ Wie beurteilen ausgewählte Experten sowie potenziell betroffene Akteure die Bedeutung und Validität der unterschiedlichen Kriterien und Indikatoren (Akzeptanz)?
- ❖ Wie lassen sich Kriterien und Indikatoren der Verwundbarkeit in den einzelnen Themenbereichen graphisch oder räumlich differenziert darstellen?
- ❖ Wie können die Assessmentverfahren sowie die darin verwendeten Kriterien und Indikatoren, einerseits dem wissenschaftlichen Anspruch gerecht werden und andererseits die Bedürfnisse der Praxis und der Endnutzer hinreichend berücksichtigen?

Die skizzierten zentralen Fragestellungen wurden durch weitere Unterfragen in den Themenbereichen KRITIS, Bevölkerung / Soziales, Umwelt und Landwirtschaft sowie Ermittlung physischer Vulnerabilität mit Methoden der Fernerkundung erweitert und vertieft. Auch die Entwicklung der konzeptionellen Rahmenkonzepte, wie z. B. der Systemmodelle für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt, oder der Aufbau eines systematischen Assessments für den Bereich der KRITIS, der die Betrachtung von Komponenten und Prozessen mit Hilfe einer Mehrebenenanalyse vollzieht, umfasst weitere Unterfragen, die hier nicht im einzelnen aufgeführt sind. Vielmehr zielen die hier dargelegten Forschungsfragen darauf ab, zu verdeutlichen, wie die unterschiedlichen Beiträge durch die entsprechenden zentralen Fragen verknüpft sind..

### ***1.3 Begriffe und ihre Positionierung im Rahmen des Vorhabens***

Angesichts der Tatsache, dass sich in den verschiedenen Denkschulen heute mehr als 30 unterschiedliche Definitionen von Vulnerabilität finden lassen, lässt darauf schließen, dass es auch für dieses Vorhaben ein schwieriges Unterfangen war, sich auf eine spezifische Definition von Vulnerabilität zu verständigen. Insbesondere vor dem Hintergrund der gezielt interdisziplinären Ausrichtung des Vorhabens mit sehr unterschiedlichen Handlungsbereichen und verschiedenen methodischen Herangehensweisen stellte dies eine besondere Herausforderung dar.

Im Zusammenhang mit Naturgefahren und Risiko wird der Begriff der Vulnerabilität primär im Sinne von Verletzung, Verletzlichkeit, Schäden und Schwächungen verwendet und verstanden (siehe u. a. Adger et al. 2001). Dabei ist allerdings anzumerken, dass, wie bereits erwähnt, innerhalb der Vulnerabilitätsforschung verschiedene Denkschulen existieren, die z. T. deutliche Differenzen bei der Definition des Begriffs und Konzepts der Vulnerabilität aufweisen (siehe u. a. Birkmann 2006,

Füssel / Klein 2006, Bohle et al. 1994). Deshalb wird im Folgenden eine Diskussion der zentralen Begriffe aus der spezifischen Sicht des Projekts vorgenommen und entsprechende Arbeitsdefinitionen skizziert.

Insgesamt ist festzustellen, dass heute in verschiedenen Vulnerabilitätsanalysen sehr unterschiedliche Aspekte und Parameter erhoben werden, um Vulnerabilität zu messen (vgl. Adger et al. 2005; Sterr / Klein / Reese (o. J.); Füssel / Klein 2006, Bohle 2007; Galderisi / Menoni 2006: 97-125). In der eher ingenieurwissenschaftlichen Erdbebenrisikoforschung wird Vulnerabilität mit der Wahrscheinlichkeit des Einsturzes eines Gebäudes unter der Annahme von bestimmten Erdbebenszenarien verbunden – einschließlich der potenziellen menschlichen Opfer und ökonomischen Verluste. (vgl. Merz et al. 2002: 8ff., Galderisi / Menoni 2006: 114ff.). Demgegenüber werden in der Klimafolgenforschung mit dem Terminus Vulnerabilität besonders vom Klimawandel betroffene Regionen bezeichnet, die zudem eine Häufung anfälliger gesellschaftlicher Gruppen, Landnutzungsformen oder Wirtschaftsbereiche aufweisen (vgl. Kropp 2007). Diese primär auf „Impact-Szenarien“ (z. B. im Hinblick auf ökonomische Schäden) beruhenden Analysen unterscheiden sich deutlich von den sozialwissenschaftlichen Ansätzen der sog. „Human“ bzw. „Social Vulnerability“ (vgl. Brklacich / Bohle 2006). Die Ansätze der Human and Social Vulnerability werden in der eher sozialwissenschaftlich ausgerichteten Risikoforschung sowie in der Entwicklungsforschung verwendet. Sie wurden auch als Gegenkonzept zu der rein hazard-orientierten Katastrophenforschung entwickelt (vgl. Birkmann 2006a, Schneiderbauer / Ehrlich 2004, Hilhorst / Bankoff 2004). Eine detaillierte Übersicht über die unterschiedlichen Denkschulen findet sich in Birkmann 2006 sowie in Birkmann 2008.

Eine erste und international weit verbreitete Definition von Vulnerabilität aus der Risikoforschung bzw. der Schule der Disaster-Risk-Community ist die der UN-Strategy for Disaster Reduction (UN / ISDR):

*“Vulnerability: The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards“*  
(UN / ISDR 2004, Annex 1).

Obwohl diese Formulierung wenig Aufschluss darüber gibt, um welche spezifischen Faktoren oder Prozesse es sich bei der Vulnerabilität handelt, macht die UN / ISDR - Definition deutlich, dass Vulnerabilität die Situation und die Bedingungen in einer Gesellschaft oder in einem Raum kennzeichnet, welche durch physische, soziale, ökonomische und umweltbezogene Faktoren oder Prozesse bestimmt werden und die Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen von Naturgefahren erhöhen. In dieser Hinsicht bezeichnet Vulnerabilität diejenigen Faktoren und Prozesse, die die Anfälligkeit, die Schadenshöhe und teilweise auch das Bewältigungspotenzial determinieren, und ist somit nicht allein auf den Begriff der ökonomischen Schadenspotenziale zu reduzieren.

Physische Faktoren, die die Vulnerabilität einer Stadt beispielsweise gegenüber der Naturgefahr Erdbeben erhöhen, kann z. B. durch unangepasste Baustandards entstehen, die im Falle eines Erdbebens die Schadenshöhe erheblich beeinflusst. Im Vergleich dazu können die zunehmende Akkumulation von Werten in Gefahrenzonen sowie eine fehlende finanzielle Vorsorge bezüglich möglicher ökonomischer Schäden (z. B. fehlender Versicherungsschutz) eine höhere ökonomische Vulnerabilität bedeuten. Zudem sind in die Betrachtung der Vulnerabilität auch soziale und umweltbezogene Faktoren einzubeziehen. So kann sich die Vulnerabilität von Haushalten und Bevölkerungsgruppen unterschiedlicher sozialer Lage trotz gleicher räumlicher Exposition unterscheiden, wie die Indikatoren im Bereich Bevölkerung / Soziales in Kapitel 3 verdeutlichen. Die Vulnerabilität der Umwelt gegenüber Naturgefahren wird in vielen Risikoanalysen bisher nur unzureichend berücksichtigt. Umweltbezogene Vulnerabilität bezieht sich nach Ansicht der Verfasser zum einen auf die Abhängigkeit einer Stadt oder bestimmter Gruppen, z. B. der Landwirte, von ökologischen Funktionen bzw. Umweltressourcen (z. B. Boden als Produktionsstandort) und zum anderen auf die Anfälligkeit der Umweltressourcen selbst gegenüber den Einwirkungen von Naturgefahren. Diese Fragen werden im Kapitel zu den Projektbereichen Landwirtschaft und Umwelt (Kapitel 4) näher untersucht und in Indikatoren operationalisiert. Darüber hinaus spielen gerade für industrialisierte Nationen KRITIS eine herausragende Rolle bei der Sicherung und Gewährleistung von Daseinsgrundfunktionen. Die enorme

Abhängigkeit zahlreicher gesellschaftlicher Prozesse vom Vorhandensein der Leistungen bestimmter KRITIS, wie Strom- oder Wasserversorgung, führt dazu, dass ihr Ausfall erhebliche Beeinträchtigungen des gesellschaftlichen Lebens auslösen kann. Die Frage, wie man die Vulnerabilität von KRITIS sowohl im Hinblick auf die verschiedenen Komponenten solcher Infrastrukturen wie auch bezogen auf die mit ihnen verbundenen und eigentlich zentralen Prozesse, systematisch operationalisieren kann, wird in Kapitel 2 dargelegt.

Neben den Aspekten *Exposition* und *Anfälligkeit* geht es in den verschiedenen Themenfeldern auch darum, die *Bewältigungskapazitäten* systematisch zu ermitteln. So macht beispielsweise Wisner (2002) in seiner Definition von Vulnerabilität darauf aufmerksam, dass sich Vulnerabilität nicht nur auf die Wahrscheinlichkeit von Verletzung, Tod, Verlust, Beeinträchtigung der Existenzgrundlagen und andere Schäden in Folge eines Extremereignisses bezieht, sondern auch auf die Schwierigkeiten bei der Bewältigung solcher Ereignisse (vgl. Wisner 2002).

Zu Beginn des Projekts wurden daher in zahlreichen Diskussionsrunden Arbeitsdefinitionen für die Begriffe *Verwundbarkeit*, *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* definiert, die im Laufe der Projektarbeit für die einzelnen Themenbereiche jeweils weiter konkretisiert wurden. Beispielsweise werden im Bereich der Landwirtschaft auch Expositionsfragen zweiter Ordnung aufgegriffen, wie beispielsweise die Exposition landwirtschaftlicher Betriebe und Nutzflächen gegenüber Kontaminationen, die bei Eintritt eines Hochwasserereignisses negative Wirkungen entfalten können. Die folgende Tabelle gibt einen groben Überblick über die im Projekt genutzten Arbeitsdefinitionen:

Tabelle 1.1: Übersicht über Arbeitsdefinitionen, die in dem Projekt genutzt wurden.

Begriff	Definition
Vulnerabilität	<p>Vulnerabilität bezeichnet: durch physische, soziale, ökonomische und ökologische Faktoren und Prozesse determinierte Bedingungen, die die Anfälligkeit einer Gemeinschaft gegenüber den Auswirkungen von Naturgefahren erhöhen. (UN / ISDR 2004, eigene Übersetzung)</p> <p>“Vulnerability: The conditions determined by physical, social, economic, and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards“ (UN / ISDR 2004, Annex 1).</p> <p>„...die Wahrscheinlichkeit von Verletzung, Tod, Verlust und Beeinträchtigung von Leben und Existenzgrundlagen in Folge eines Extremereignisses und / oder besondere Schwierigkeit der Bewältigung eines solchen Ereignisses (Wisner 2002, eigene Übersetzung)</p> <p>Englische Originalfassung: vulnerability means “... the likelihood of injury, death, loss, disruption of livelihood or other harm in an extreme event, and / or unusual difficulties in recovering from such effects“. (Wisner, 2002)</p>

Begriff	Definition
<p><b>Soziale Vulnerabilität</b></p> <p><i>(relevant besonders für die Erfassung der Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen – daher wird diese Definition hier gesondert aufgeführt)</i></p>	<p>Verwundbarkeit (im Gegensatz zu Armut als ein Maß für einen gegenwärtigen Zustand) sollte primär einen vorhersagenden Charakter aufweisen. Was könnte einer identifizierten Bevölkerungsgruppe unter besonderen Risiko- und Bedrohungsfaktoren passieren? Die Bestimmungsfaktoren bestehen aus einem komplexen Satz von Charakteristika einer Person, der folgende Aspekte umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menschliches Wohlergehen (Gesundheit, Moral, etc)</li> <li>• Selbstschutz (Besitzstände, Kapital, Einkommen, Qualifikation etc.)</li> <li>• Soziale Absicherung (Gefahrenvorbeugung einer Gesellschaft, Baustandards, Notunterkünfte etc.)</li> <li>• Soziale und politische Netzwerke und Institutionen (Sozialkapital, Institutionelles Umfeld etc.)</li> </ul> <p>(vgl. Cannon et al 2003, eigene Übersetzung)</p> <p>“Vulnerability (in contrast to poverty which is a measure of current status) should involve a predictive quality: it is supposedly a way of conceptualizing what may happen to an identifiable population under conditions of particular risk and hazards. Is the complex set of characteristics that include a person’s</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- initial well-being (health, morale, etc.)</li> <li>- self-protection (asset pattern, income, qualifications, etc.)</li> <li>- social protection (hazard preparedness by society, building codes, shelters, etc.)</li> <li>- social and political networks and institutions (social capital, institutional environment, etc.)”.</li> </ul> <p>(vgl. Cannon et al 2003)</p>
<p>Bewältigungskapazität E: Coping Capacity</p>	<p>Maß für die tatsächlichen technischen, finanziellen, sozialen, rechtlich / planerischen, institutionellen Leistungen zur Verringerung der (potenziellen) Vulnerabilität (in Anlehnung an UN / ISDR 2004)</p>
<p>Bewältigungspotenzial E: coping capability</p>	<p>Maß für die unter definierten Bedingungen erreichbaren Leistungen zur Verringerung der potenziellen Vulnerabilität</p>
<p>Anpassungskapazität E: Adaptation Capacity</p>	<p>Im Gegensatz zu Bewältigungskapazität bedeutet Anpassungskapazität einen mittel- und langfristigen gesellschaftlichen Prozess zur gezielten Reduzierung der Vulnerabilität, der eine Umstellung und Anpassung an veränderte Umwelt- und Gesellschaftsbedingungen umfasst, um so potenziellen negativen Wirkungen des Umweltwandels vorzubeugen. (in Anlehnung an Birkmann 2006)</p>
<p>Exposition E: exposure</p>	<p>Ausgesetzt sein eines Schutzguts gegenüber einer Gefahr (in Anlehnung an UNDP-BCPR 2004)</p>

Begriff	Definition
Expositionsabschätzung E: exposure assessment	Abschätzung, ob oder mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Exposition anhand bestimmter Randbedingungen (Modelle) eintritt (vgl. Risikokommission 2003, verändert)
Risiko E: risk	Im Rahmen der Risikoforschung wird Risiko vielfach als Ergebnis der Interaktion von Gefährdung und Vulnerabilität bezogen auf eine bestimmte Wahrscheinlichkeit charakterisiert.  Auch die Risikokommission 2003 definiert Risiko im Kern als: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Gefahr, die auf vulnerable Elemente trifft und dann zu einem Schaden führt (vgl. Risikokommission 2003).
Schaden E: harm, damage	Negativ bewertete Folge (z. B. soziale, ökologische, gesundheitliche oder ökonomische Folgen) eines Ereignisses oder einer Handlung (vgl. Risikokommission 2003)
Gefährdung E: hazard / natural hazard	Gefahr / Naturgefahr – eine Wirkung oder ein konkretes Ereignis eines Naturphänomens, welches schädigende Wirkungen haben kann (Hochwasser, Hangrutschung, Erdbeben etc.) (in Anlehnung an UN / ISDR 2004)

Insgesamt kann Vulnerabilität somit als interne Seite des Risikos und als entscheidende Stellschraube für Konzepte der menschlichen Sicherheit eingestuft werden (vgl. u. a. Birkmann 2006). Vulnerabilität umfasst damit den Kontext (Rahmenbedingungen) sowie die Anfälligkeit und Reaktionsfähigkeit gegenüber den Einwirkungen bestimmter Naturgefahren. Während besonders vulnerable Gesellschaften oder Schutzgüter nur ein geringes Reaktionsvermögen gegenüber den Einwirkungen von Naturgefahren aufweisen und damit im Sinne einer (negativen) Rückkopplung wenig Kapazitäten haben, wichtige Funktionen zu erhalten, bedeutet eine hohe Bewältigungskapazität, auch unter den Einwirkungen von Naturgefahren zentrale Prozesse und Leistungen aufrecht erhalten zu können.

Im Folgenden werden die grundlegenden Rahmenkonzepte erläutert und dargestellt, die diesem Forschungsvorhaben zu Grunde gelegt wurden. Dabei ist anzumerken, dass die Konzepte als erste Orientierung genutzt werden konnten und eine weitergehende Konkretisierung für die unterschiedlichen Themenfelder sinnvoll und notwendig war.

#### **1.4 Rahmenkonzepte**

Dem Forschungsvorhaben liegen insbesondere zwei Rahmenkonzepte zu Grunde, die direkt oder indirekt in den verschiedenen Themenbereichen und den darin enthaltenen methodischen Herangehensweisen zur Abschätzung der Vulnerabilität genutzt wurden. Die Rahmenkonzepte dienen als Eckpfeiler für die weitere Konkretisierung und Operationalisierung der Vulnerabilität in den einzelnen Themenfeldern. Demzufolge dienen die Rahmenkonzepte nicht der direkten Ableitung oder Bestimmung von Indikatoren, vielmehr zeigen sie die Perspektive und das Grundgerüst auf, welches bei der weiteren Entwicklung der Indikatoren genutzt und je nach Anwendungsbereich weiter ausdifferenziert wurde. Als erstes Rahmenkonzept, welches bereits im Antrag dargelegt wurde, ist das sog. BBC-Framework (im Folgenden BBC-Rahmenkonzept) zu nennen, welches im Rahmen einer Risikoanalyse das Konzept der Vulnerabilität ins Zentrum der Betrachtung rückt. Darüber hinaus

haben zahlreiche Beiträge direkte oder indirekte Bezüge zu einem system- und prozessorientierten Vulnerabilitätskonzept.

#### 1.4.1 Das BBC-Rahmenkonzept

Das BBC-Rahmenkonzept, welches auf Arbeiten von Bogardi / Birkmann und Cardona (1999 / 2001) basiert und in Birkmann 2006 näher erläutert wird, umfasst eine prozessorientierte Sichtweise bezüglich der Betrachtung von Vulnerabilität. Durch die Betrachtung von Reaktions- und Rückkopplungsprozessen weist das Konzept auch deutliche Bezüge zur Kybernetik auf, ohne dabei allerdings von einer linearen Steuerbarkeit der Vulnerabilität oder des Risikos auszugehen.

#### Hier Abbildung 1.1\_BBC-Framework

Abbildung 1.1: BBC-Rahmenkonzept

Quelle: Birkmann 2006a (basierend auf Bogardi / Birkmann 2004, Cardona 1999 / 2001)

Das BBC-Rahmenkonzept zeigt die Bedeutung der Vulnerabilität als zentralen Ansatzpunkt für die Erfassung und Reduzierung von Folgen der Einwirkungen von Naturgefahren auf Gesellschaften oder exponierte Schutzgüter. Es folgt zudem der Vorstellung der Denkschule der Disaster-Risiko-Forschung, dass sich ein Risiko als Funktion der Interaktion zwischen einer Naturgefahr einerseits und einer vulnerablen Gesellschaft andererseits ergibt (vgl. Wisner et al. 2004: 49, UN / ISDR 2004). Folglich wird hervorgehoben, dass nicht allein die Naturgefahr, sondern insbesondere die Vulnerabilität das Problem für den gesellschaftlichen Umgang mit Naturgefahren und längerfristigem Umweltwandel darstellen. Die Konzeption eines Regelkreises, in das die Vulnerabilität eingebettet ist, deutet die Notwendigkeit einer systemischen und prozessorientierten Betrachtung an. Darüber hinaus werden die verschiedenen Rückkopplungs- und Steuerungsprozesse hervorgehoben, die im Verlauf von Krisen und Katastrophen von entscheidender Bedeutung sind, wobei das Rahmenkonzept auf einer noch recht groben Auflösungsebene der Systemmodellierung (vgl. White / Mottershead / Harrison 1984: 16) operiert, d. h. es ist als Rahmenkonzept ausgestaltet und bedarf der weiteren Konkretisierung und Kontextualisierung in der Anwendung. Insgesamt wird auf die Idee der rückgekoppelten Systeme aus der Kybernetik und der Umweltsystemforschung aufgebaut (vgl. Wiener 1948, Vester 1980 und 2002, White / Mottershead / Harrison 1984).

In der Anwendung des Konzepts wird dabei nicht von einer linearen Steuerbarkeit ausgegangen, sondern Nicht-Linearität explizit berücksichtigt, beispielsweise in Form der möglichen Verschiebungen von Risiken und Vulnerabilitäten zwischen der sozialen, ökonomischen und ökologischen Dimension (vgl. Birkmann 2006a: 34). Die grundlegenden Dimensionen der Vulnerabilität – *ökonomische Vulnerabilität*, *soziale Vulnerabilität* und *ökologische Vulnerabilität* – greifen den Diskurs um die drei Dimensionen nachhaltiger Entwicklung auf und verknüpfen so die Schule der Disaster-Risiko-Forschung mit den Elementen der Nachhaltigkeitsforschung. Die Projektbereiche, die sich mit der Verwundbarkeit von KRITIS und der Verwundbarkeitserfassung mittels Fernerkundungsmethoden auseinandersetzen, nehmen eine übergreifende Stellung ein.

Während sich die Untersuchung von Reaktions- und Rückkopplungsprozessen vielfach auf Handlungen und Aktivitäten in der Phase der Katastrophe konzentrieren, unterstreicht Birkmann (2006) mit dem BBC-Rahmenkonzept die Möglichkeit, auch vor der Manifestierung und Realisierung von Katastrophen entsprechende Vorsorgemaßnahmen vorzunehmen, die die Reduktion von Vulnerabilität beinhalten. Die beiden Rückkopplungsprozesse ( $t=0$ ,  $t=1$ ) zeigen mögliche Ansatzpunkte für längerfristige Adaptionsstrategien auf.

Darüber hinaus verdeutlicht das Rahmenkonzept, dass sich die Erfassung von Vulnerabilität im Kontext von Naturgefahren auf die drei zentrale Parameter *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazitäten* beziehen muss. Das heißt, die alleinige Betrachtung von *Anfälligkeiten* oder *Exposition* greift zu kurz, da exponierte Bevölkerungsgruppen und Schutzgüter auch über Fähigkeiten oder Ressourcen verfügen können, die den Umgang mit bzw. das Überleben trotz dieser Gefahren und

Ereignisse ermöglichen. Dieses Rahmenkonzept – insbesondere die Differenzierung der drei zentralen Parameter der Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren – *Exposition, Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* – spiegeln sich in den verschiedenen Handlungsbereichen und ihren spezifischen Assessmentmethoden wider. Des Weiteren verdeutlicht das BBC-Rahmenkonzept, dass das Assessment der Vulnerabilität nicht allein auf ökonomische oder soziale Fragen, wie in den meisten Risiko- und Vulnerabilitätsansätzen im Kontext von Naturgefahren bislang der Fall, begrenzt werden sollte (vgl. neben zahlreichen Praxisbeispielen u. a. Cardona / Barbat 2000, UNDP 2004 und Dilley et al. 2005), sondern dass über die Integration der drei Säulen der Nachhaltigkeit (vgl. WCED 1987, UN 1993) auch die Frage der ökologischen Vulnerabilität aufgegriffen werden muss. Das BBC-Rahmenkonzept wurde insbesondere im Zusammenhang der Post-Tsunami Forschung genutzt, es wird heute allerdings auch von weiteren Forschern in der Naturrisikoforschung angewendet.

#### **1.4.2 System- und prozessorientiertes Vulnerabilitätsverständnis**

Als zweites Rahmenkonzept, welches explizit in den Projektbereichen Landwirtschaft und Umwelt thematisiert wird (vgl. Kapitel 4), ist das Denken in Systemen mit engen Bezügen zur Kybernetik und Allgemeinen Systemtheorie zu nennen. Hier werden die in der Projektarbeit berücksichtigten Schutzgüter als Systeme bestehend aus verschiedenen Systemkomponenten, die über unterschiedlich starke und unterschiedlich geartete Beziehungen verbunden sind, betrachtet. Im Sinne von Vester (vgl. 2004: 18, 25, 55f.) stellen Systeme damit Gebilde dar, in denen die Systemkomponenten in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinander stehen. Durch die zwischen den Elementen bestehende Ordnung aus Beziehungen werden die Systemkomponenten von ihrer Umgebung abgegrenzt, obschon es sich bei den im Rahmen der Projektarbeit untersuchten Themenbereichen nicht um geschlossene Systeme handelt.

Die einzelnen Komponenten und ihre Beziehungen zueinander beeinflussen die Vulnerabilität des Schutzgutes gegenüber einem Naturereignis, wie etwa einem Hochwasser. Durch die in der Projektarbeit geleistete Fokussierung auf diese Wirkbeziehungen und die Berücksichtigung von Rückkopplungsprozessen, über die Ermittlung von Bewältigungskapazitäten bei Eintritt eines Hochwassers, werden für ausgewählte Systemkomponenten entsprechende Wirkbeziehungen erkennbar – dies wird insbesondere im Bereich Umwelt und Landwirtschaft verdeutlicht. Es werden daher nicht nur singuläre Zustandsindikatoren zur Charakterisierung der Vulnerabilität herangezogen, sondern vielmehr Zusammenhänge und Prozesse in ihrer Dynamik betrachtet.

Um sinnvolle Lösungen für Probleme (die beispielsweise im Zusammenhang mit einem Naturereignis auftreten können) zu finden, ist es wichtig, diese vernetzten Zusammenhänge zur Kenntnis zu nehmen und sich über lineare Denkweisen hinweg zu setzen. Der Begriff der Bewältigungskapazitäten soll in dieser Hinsicht verdeutlichen, dass nicht eine einzelne Stellgröße oder ein einziger Regler für die entsprechenden Rückkopplungs- und Reaktionsprozesse verantwortlich ist, sondern Rückkopplungsprozesse vielmehr ein ganzes Bündel von geplanten und ungeplanten Maßnahmen umfassen, die nur z. T. einem Assessment zugänglich gemacht werden können. Das zentrale Prinzip negativer Rückkopplung soll im Folgenden vereinfacht anhand des Regelkreises (nach Vester 2004) erläutert werden.

Ein Regelkreis besteht aus den Komponenten: Störgröße, Messfühler, Regelgröße, Istwert, Regler, Führungsgröße, Sollwert, Stellglied. Der Regler misst über den Messfühler den momentanen Zustand der Regelgröße (Istwert). Ist der Zustand durch einen Störfaktor verändert, weicht also der Istwert von einem von der Führungsgröße definierten Sollwert ab, gibt der Regler eine entsprechende Anweisung an ein Stellglied, die Störung zu beheben, d. h. den Istwert auf den gewünschten Sollwert zu bringen. Auf diese Weise ist das System mit sich selbst rückgekoppelt. Ein System, das nach dem Prinzip des Regelkreises im Sinne einer negativen Rückkopplung funktioniert, ist somit in der Lage, auftretende Störungen selbstregulierend auszugleichen (Vester 2004: 43, 154f.). Über diesen Rückkopplungsprozess kann sich das System nach der aufgetretenen Störung stabilisieren (Krieger 1998: 26; Malik 2006: 384; Laszlo 1998: 56; Moser 2001: 216).

## Hier Abbildung 1.2 Regelkreis

Abbildung 1.2: Regelkreis mit den gängigen Bezeichnungen aus der Kybernetik

Quelle: Vester 2004: 43.

Diese Konzeption des Regelkreises und die Grundgedanken der Kybernetik finden in der Projektarbeit insbesondere bei der Betrachtung der Vulnerabilität der Bereiche Umwelt und Landwirtschaft direkte Anwendung. So stellen Hochwasserereignisse in diesen Bereichen eine Störgröße dar. Nach einem Hochwasserereignis wird anhand des Schadensausmaßes ersichtlich, wie verwundbar das System ist. Hat ein Hochwasserereignis zu Schäden in der Umwelt und / oder der Landwirtschaft geführt, so zeigt der Istwert eine hohe Verwundbarkeit an. Eine Führungsgröße definiert in diesem Fall, als Reaktion auf diesen Schaden, einen Sollwert der Verwundbarkeit. Über Gesetze, Richtlinien und Handlungsempfehlungen werden Vorgaben darüber gemacht, wie dieser Sollwert zu erreichen ist, während der Stellwert in der Praxis für die Umsetzung dieser Vorgaben sorgt. Im Bereich der Landwirtschaft stellt der Landwirt den Stellwert dar. Über die Art und Weise seiner Bewirtschaftung (z. T. durch Vorgaben beeinflusst, z. T. basierend auf eigenen Erfahrungen) beeinflusst er die Verwundbarkeit seines Betriebs. Hat ein Landwirt einen Hochwasserschaden erlitten, wird er Maßnahmen zur Minimierung der Hochwasserschäden treffen und ggf. durch eine Verhaltensänderung die Verwundbarkeit gegenüber zukünftigen Ereignissen reduzieren. Auch im Bereich Umwelt wird die direkte Anwendung der Systemtheorie nach Vester vollzogen (vgl. Kapitel 4).

Insgesamt erleichtert die Darstellung von Zusammenhängen in Systemen bzw. Systemmodellen die praktische Vorstellung von Wirkungsgefügen. Für Malik (2006: 80) sind Systeme dann lebensfähig, wenn sie die Eigenschaften adaptiv, lernfähig und selbstregulierend besitzen. Diese Eigenschaften sind ebenfalls wichtige Zielsetzungen innerhalb der Diskussion um Resilienz und Anpassung an Naturgefahren und den Klimawandel.

Unbeschadet der Komplexität, die bei den im Rahmen des Projektes betrachteten Systemen im Kontext von Naturgefahren vorliegen, zielen die Vulnerabilitätsanalysen und Assessments in allen Projektbereichen darauf ab, Reaktions- und Rückkopplungsprozesse mit in die Betrachtung der Vulnerabilität einzubeziehen. Diese Rückkopplungsprozesse werden beispielsweise über die Betrachtung von Bewältigungskapazitäten berücksichtigt und umfassen z. B. im Bereich der exponierten Bevölkerungsgruppen u. a. das Vorhandensein einer Elementar-(Schadens)Versicherung, die im Kern eine negative Rückkopplung gegenüber ökonomischen Schäden durch ein Hochwasser impliziert (vgl. Kapitel 3). Auch im Bereich KRITIS werden durch die Betrachtung der Aspekte *Funktionsanfälligkeit* sowie *technische* und *organisatorische Ersetzbarkeit* entsprechende Rückkopplungsprozesse berücksichtigt (vgl. Kapitel 2). Für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt werden darüber hinaus spezifische Systemmodelle und Wirkungsgefüge detailliert dargelegt und zur Grundlage der Indikatorenableitung genutzt (vgl. Kapitel 4).

## 2. Verwundbarkeit Kritischer Infrastruktur gegenüber Hochwasserereignissen

(Verfasserin: [REDACTED])

Das vorliegende Kapitel ist den konzeptionellen Überlegungen zur Verwundbarkeit der Strom- und Trinkwasserversorgungsinfrastrukturen, dem methodischen Vorgehen bei der Projektarbeit und den hier in exemplarischer Weise vorgestellten Ergebnissen der empirischen Arbeit gewidmet. Es ist demnach im Zusammenhang mit dem Leitfaden zur Abschätzung der Verwundbarkeit von Strom-Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasser (vgl. *Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwassergefahren auf kommunaler Ebene*, Anhang A), einer weiteren aus dem Forschungsprojekt *Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen* hervorgegangenen Publikation, zu sehen.

Das für den Leitfaden entwickelte Assessment-Werkzeug baut auf den im Folgenden dokumentierten Arbeiten auf. Beide Veröffentlichungen weisen demnach unterschiedliche Herangehensweisen auf. Während der Leitfaden konkrete Vorgehensweisen beschreibt, anwendungsbezogene Information liefert und ohne die zusätzlich Lektüre dieser Publikation anwendbar sein soll, werden im folgenden Kapitel die diesem zugrunde liegenden Annahmen und Vorarbeiten offengelegt. Dabei wird bei Bedarf auf den Leitfaden verwiesen, welcher in voller Länge dem Anhang (Anhang A) entnommen werden kann.

### 2.1 Kritische Infrastruktur als Untersuchungsgegenstand

Das zentrale Anliegen des oben genannten Forschungsprojektes war es, Konzepte und Methoden zu entwickeln, die es Kommunen ermöglichen, die eigene Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen abzuschätzen und auf dieser Grundlage ggf. Maßnahmen zu deren Absenkung zu ergreifen. Angesichts der großen Bedeutung, die Kritischen Infrastrukturen beigemessen wird (vgl. BMI 2009: 2) und der gesellschaftlichen Verwundbarkeit, die im Zusammenhang mit den vielfältigen Abhängigkeiten von deren Infrastrukturleistungen erkannt wird (vgl. BMI 2009: 3), erschien es für die Projektarbeit von besonderer Bedeutung, die Betrachtung von Kritischen Infrastrukturen im Interesse einer möglichst umfassenden Abschätzung kommunaler Verwundbarkeit zu berücksichtigen. In den folgenden Ausführungen sollen zunächst die grundsätzlichen Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes aufgezeigt und die darauf aufbauenden Entscheidungen zum Zugang zu und Umgang mit dem Gegenstand in der Projektarbeit dargelegt werden.

#### 2.1.1 Definition Kritische Infrastruktur (KRITIS)

Unter dem Begriff *Kritische Infrastruktur (KRITIS)* werden nach dem Bundesministerium des Inneren (BMI) „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“ (BMI 2008: 9), verstanden. Zu den unter dem Sammelbegriff *KRITIS* zusammengefassten Infrastrukturen im Sinne der eingangs zitierten Definition zählen, hier in der vom BMI und vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) verwendeten Reihenfolge wiedergegeben, die Energieversorgung, die Versorgung mit Wasser und Lebensmitteln, Gesundheits- und Notfallversorgungseinrichtungen, Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien), Transport- und Verkehrswesen, Einrichtungen, die mit Gefahrstoffen umgehen, Bank- und Finanzwesen, Verwaltung, Justiz, Medien und Großforschungseinrichtungen sowie Kulturgüter (vgl. BMI 2008: 10). LAUWE / RIEGEL systematisieren *KRITIS* mit Hilfe ihrer Zuordnung zu den *Basisinfrastrukturen*, den *sozioökonomischen* sowie den *soziokulturellen Infrastrukturen* (LAUWE / RIEGEL 2008: 113ff)<sup>2</sup>, während seitens des BMI eine Unterscheidung zwischen *technischen*

<sup>2</sup> Neben der hier ausführlich dargelegten Definition des BMI existiert eine Vielzahl Weiterer aus unterschiedlichen Quellen, von denen an dieser Stelle nur die für Deutschland und den europäischen Raum einflussreichsten genannt seien. Europaweit gilt die im Beschluss des Rates 2007 / 124 / EG, Euratom vom

*Basisinfrastrukturen und sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen* (BMI 2009: 5) getroffen wird.

Aus praktischen Gründen musste im Rahmen der Projektarbeit eine Auswahl aus der Gesamtheit aller Infrastrukturen und Infrastruktursektoren getroffen werden. Die Einschränkung auf die Versorgung mit Strom und Trinkwasser wurde notwendig, da sich die unter *KRITIS* zusammengefassten Infrastruktursysteme in ihren Eigenschaften in so hohem Maße unterscheiden, dass eine eingehende und empirisch begründete Betrachtung für alle Systeme nicht im Rahmen der Projektlaufzeit möglich gewesen wäre.

Die Wahl fiel aus mehreren Gründen auf die nach LAUWE/RIEGEL und BMI zu den *Basisinfrastrukturen* zu zählenden Strom- und Trinkwasserversorgungsinfrastrukturen (LAUWE / RIEGEL 2008: 114; BMI 2009: 5). Die Auswahl der Stromversorgung begründet sich zum einen durch eine Publikation von BMI und BBK, in der die hohe Bedeutung der Stromversorgung für die Gesellschaft der Bundesrepublik Deutschland explizit hervorgehoben wird (BMI / BBK 2007, vgl. auch REICHENBACH et al. 2008, MONSTADT 2008: 190f.). Die besonderen Eigenschaften der Stromversorgung verweisen auf die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Infrastrukturen und Infrastruktursektoren, denen es im weiteren Projektverlauf Rechnung zu tragen gilt. Darüber hinaus wird die Auswahl der Stromversorgung und die Ergänzung mit der Trinkwasserversorgung von den Ergebnissen der projektintern durchgeführten Haushaltsbefragung<sup>3</sup> (vgl. Kapitel 3) gestützt. Eine detaillierte Beschreibung der Eigenschaften der Strom- und Trinkwasserversorgung in Deutschland, welche die Rahmenbedingungen für die Projektarbeit darstellen, soll in Kapitel 2.3.1 gegeben werden.

Um die Spannweite der involvierten Kommunen und Infrastrukturbetreiber zu erweitern und eine Übertragbarkeit der innerhalb des Forschungsprojektes gewonnen Erkenntnisse auf Kommunen unterschiedlicher Größe und auf potenziell unterschiedlich ausgelegte Infrastruktursysteme sicherzustellen, wurden zusätzlich zu den offiziellen Projektpartnern, den Städten Köln und Dresden, zwei kleinere Kommunen als Fallbeispiele untersucht. Als solche boten sich die beiden Städte Radebeul an der Elbe und Andernach am Rhein an<sup>4</sup>.

---

12. Februar 2007 zur Auflegung des spezifischen Programms „Prävention, Abwehrbereitschaft und Folgenbewältigung im Zusammenhang mit Terrorakten und anderen Sicherheitsrisiken“ als Teil des generellen Programms „Sicherheit und Schutz der Freiheitsrechte“ für den Zeitraum 2007 bis 2013 festgelegte Definition, welche Kritische Infrastrukturen insbesondere als „natürliche Ressourcen, Dienstleistungen, informationstechnologische Einrichtungen, Netze und sonstige Infrastruktureinrichtungen, deren Störung oder Vernichtung gravierende Auswirkungen auf kritische Funktionsbereiche der Gesellschaft, unter anderem auf die Versorgungskette, die Gesundheit, die Sicherheit, das wirtschaftliche oder soziale Wohl der Bevölkerung oder das Funktionieren der Gemeinschaft oder ihrer Mitgliedstaaten hätte“ versteht (2007 / 124 / EG, Euratom Artikel 2c). Als eine weitere Definition sei die im USA Patriot Act of 2001 (Sec.1016(e)) festgelegte genannt: „Critical Infrastructure means systems and assets, weather physical or virtual, so vital to the United States that the incapacity or deconstruction of such systems and assets would have a debilitating impact on security, national economy security, national public health or safety, or any combination of those matters.“ (Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism (USA Patriot Act) Act of 2001, Pub. L. No. 107-56, 115 Stat. 272 (Oct. 26, 2001).

Einen kompakten Überblick über weitere Definitionen gibt LENZ 2009: 18.

<sup>3</sup> Auf die Frage nach dem Grad der Unverzichtbarkeit bestimmter Leistungen im Hochwasserfall wurden die Verfügbarkeit von Telefon und Trinkwasser, sowie Heizung und Radioempfang im oberen Bereich angesiedelt, also als vergleichsweise unverzichtbar eingestuft. Die Rolle des elektrischen Stroms drückt sich indirekt über den Bedarf an Radio und Telefon aus. Ähnlich verhält es sich im Bezug auf Heizungssysteme – unabhängig davon, ob elektrischer Strom als primäre Energiequelle zur Erzeugung der Heizwärme gebraucht wird, sind moderne Heizungssysteme in der Regel auf Reglungs- und Messelektronik angewiesen, die im Hochwasserfall durch den zu erwartenden Stromausfall den Dienst versagen und ggf. durch Überflutung Schaden nehmen würde. (Weitere Informationen zur Haushaltsbefragung sind Kapitel 3 der vorliegenden Publikation zu entnehmen).

<sup>4</sup> Die beiden Städte sehen sich, wie auch Dresden und Köln, durch ihre Lage einer Gefährdung durch Flusshochwasser ausgesetzt. Hochwasserereignisse traten in der Vergangenheit entweder wie im Fall der Städte Andernach und Köln regelmäßig auf und prägen daher die Stadt seit Langem, oder ereigneten sich wie im Fall der Städte Radebeul und Dresden, in den Jahren 2002 und 2005 mit unerwarteter Heftigkeit. Hinsichtlich ihrer Einwohnerzahl sind die Städte vergleichbar (vgl. Kapitel 2.3.2).

### 2.1.2 Mehrebenenaufbau von KRITIS

KRITIS werden allgemein nicht als in sich homogene Einrichtungen aufgefasst. Wie in Abbildung 2.1 illustriert, kann deren Aufbau vielmehr in mehrere hierarchisch angeordnete Funktionsebenen aufgliedert werden (vgl. LENZ 2009: 21ff., LAUWE / RIEGEL 2008:113; BBK 2006: 7ff.).

- Hier Abbildung 2.1 einfügen -

*Abbildung 2.1: Hierarchieebenen von KRITIS; Eigene Darstellung, verändert nach BBK 2006: 8*

Die Gesamtheit aller KRITIS lässt sich dabei zunächst in unterschiedliche Sektoren zerlegen. So werden beispielsweise auf der ersten funktionalen Ebene der Versorgungssektor oder der Energiesektor von einander unterschieden. Auf der darunter liegenden Ebene werden innerhalb der Sektoren einzelne Infrastrukturen identifiziert. Der Versorgungssektor lässt sich etwa in die Versorgung mit Trinkwasser oder mit Lebensmitteln gliedern, während innerhalb des Energiesektors die Gasversorgung oder die Versorgung mit Fernwärme funktional von der Stromversorgung getrennt betrachtet werden. Auf der untersten in dieser Abbildung enthaltenen Hierarchieebene sind die Komponenten der einzelnen Infrastrukturen zu finden<sup>5</sup>.

Die Stromversorgung auf der kommunalen Ebene erscheint als ein Ausschnitt aus dem Mehrebenenaufbau von KRITIS. Innerhalb dieses Schemas ist der im Rahmen des Forschungsprojekts betrachtete Ausschnitt zunächst auf die kommunale Ebene fokussiert. Aus den unterschiedlichen KRITIS-Sektoren wurde der Energieversorgungssektor als technische Basisinfrastruktur (BMI 2009: 5) ausgewählt, innerhalb dessen wiederum die Stromversorgung betrachtet wird. Auf der Komponentenebene erscheinen die auf kommunaler Ebene bedeutsamen Komponenten der Stromversorgung (vgl. Abbildung 2.2).

- Hier Abbildung 2.2 einfügen -

*Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der Stromversorgung und ihrer Komponenten; Eigene Darstellung*

Analog zur Stellung der Stromversorgung innerhalb des Mehrebenenaufbaus der KRITIS, lässt sich ein Ausschnitt auch zugeschnitten auf die Trinkwasserversorgung darstellen (vgl. Abbildung 2.3). Innerhalb der Gesamtheit der KRITIS, die auf der kommunalen Betrachtungsebene eine Rolle spielen, zählt auch die Trinkwasserversorgung zu den technischen Basisinfrastrukturen (vgl. BMI 2009: 5). Auf der untersten Ebene der Infrastruktur Trinkwasserversorgung werden die in der Abbildung enthaltenen Teilprozesse und Komponenten unterschieden. Analog zu den hier vorgestellten Strom- und Trinkwasserversorgungsinfrastrukturen kann auch für alle weiteren Sektoren und Infrastrukturen verfahren werden.

- Hier Abbildung 2.3 einfügen -

*Abbildung 2.3: Schematische Darstellung der Trinkwasserversorgung und ihrer Komponenten; Eigene Darstellung*

Es gilt in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass die Komponenten selbst ebenfalls in sich heterogen aufgebaut sind. Sie verbinden, um ihre Rolle innerhalb der Infrastrukturen ausüben zu können, je nach Art und Beschaffenheit der Komponenten, unterschiedlichste Elemente wie Personal, Gelände, Gebäude, Anlagen, Geräte, Daten und Unterlagen sowie Betriebsmittel (vgl. BMI 2008: 17). Diese tragen ggf. arbeitsteilig organisiert über eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsschritte zum Funktionieren der Komponente bei. Bei der Betrachtung der Verwundbarkeit von KRITIS innerhalb der Kommunen ist zwar die Unterscheidung zwischen den beiden unteren Funktionsebenen, der Komponentenebene und der Infrastrukturebene, besonders bedeutsam, die Eigenschaften, die sich aus dem Zusammenwirken der Elemente ergeben, sollen jedoch keineswegs ignoriert werden. Vielmehr erfassen die angewendeten Kriterien die in ihnen verborgenen verwundbarkeitsrelevanten Informationen. Die grundsätzlichen Unterschiede der Komponenten- und Infrastrukturebene werden

<sup>5</sup> Eine inhaltlich identische Abbildung unter dem Titel „Das System Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-System)“ ist zwischenzeitlich von LENZ veröffentlicht worden (vgl. LENZ 2009: 22).

hingegen explizit angesprochen und, wie in Kapitel 2.2 detailliert beschrieben werden soll, in der Methodenentwicklung in vielfältiger Weise berücksichtigt.

### **2.1.3 Abhängigkeitsbeziehungen im Kontext von KRITIS**

Ein weiteres Charakteristikum von *KRITIS* besteht in ihren zum Teil erheblichen gegenseitigen Abhängigkeiten (vgl. BMI 2008: 12, zu sektorinterner und sektorübergreifender Vernetzung vgl. auch LAUWE / RIEGEL 2008: 119). In diesem Kontext kommt vor allem der Stromversorgung<sup>6</sup> und den IuK-Technologien eine besondere Bedeutung zu (vgl. BMI 2009: 5, REICHENBACH et al. 2008: 16; BMI/BBK 2007; DStGB 2006: 7). Die Einbeziehung der internen und übergreifenden Abhängigkeitsbeziehungen ist, wie auch die Betrachtung der Beziehungen zwischen den bereits genannten Hierarchieebenen von entscheidender Bedeutung, da diese für die vielfältigen und in ihren Auswirkungen oft ebenso weitreichenden wie unvorhergesehenen Konsequenzen von Kaskadeneffekten verantwortlich sind (für eine genaue Beschreibung unterschiedlicher Abhängigkeitsbeziehungen im Kontext von *KRITIS* vgl. LENZ 2009: 24f.).

Abhängigkeiten zeigen sich jedoch nicht nur zwischen den einzelnen Infrastrukturen, sondern auch, wie in der Definition angesprochen, zur Wirtschaft und zur Bevölkerung, welche nach Ansicht von GEIER „heute mehr denn je von technischen, ökonomischen, sozialen und administrativen Dienstleistungen und der Verfügbarkeit umfassender infrastruktureller Versorgungsleistungen abhängig“ ist (GEIER 2008: 89). Die sog. Reichenbach Kommission geht davon aus, dass die primären und sekundären wirtschaftlichen Schäden eines Stromausfalls schnell ein „nach gängigen Bewertungsmaßstäben [...] mindestens im zweistelligen Milliarden-Euro-Bereich“ liegendes und damit als „katastrophal“ einzustufendes Ausmaß annehmen werden (REICHENBACH et al. 2008: 19, für eine detaillierte Auseinandersetzung mit Folgen eines längerfristigen Stromausfalls in Deutschland siehe REICHENBACH et al. 2008: 23ff.; vgl. auch Bundesnetzagentur 2006 zum Stromausfall im Münsterland, November 2005). Das Deutsche Rote Kreuz (DRK) fürchtet unter Annahme eines zweiwöchigen Stromausfallszenarios „chaotische Zustände“ und den Zusammenbruch des öffentlichen Lebens (DRK 2008). Diese Bewertung steht in einem deutlichen Gegensatz zur Einschätzung der Bevölkerung hinsichtlich des eigenen Abhängigkeitsgrads von den durch *KRITIS* erbrachten Leistungen: Eine aktuelle Studie des DRK zur Selbsteinschätzung der Bevölkerung ergab, dass über zwei Drittel der Befragten davon ausgehen, sich auch bei einem zwei Wochen anhaltenden Stromausfall noch selbst versorgen zu können (DRK 2008). Die Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich der von einem Stromausfall ausgehenden Gefahren hebt sich demnach deutlich von den Einschätzungen der Reichenbach Kommission und des DRK ab.

Der Bedeutung der Abhängigkeitsbeziehungen wurde mit der Auswahl der Stromversorgung für die Projektarbeit Rechnung getragen. Da auch zur ebenfalls genauer betrachteten Wasserversorgung Beziehungen bestehen, wurden diese mit betrachtet und explizit thematisiert. Darüber hinaus spiegeln sich die Abhängigkeiten in den in Kapitel 2.2.2 genauer beschriebenen Verwundbarkeitskriterien wider.

### **2.1.4 Flächenhafte Ausdehnung von KRITIS**

Zu den Eigenschaften von *KRITIS* gehört neben der funktionalen Vernetzung auch deren räumliche Ausdehnung. Dabei können nicht nur die einzelnen Arbeitsschritte in einem räumlichen Abstand zueinander stattfinden und über Transport und Logistik zusammengeführt werden, sondern auch die Funktion einzelner Komponenten, wie beispielsweise von Leitungs- oder Verkehrsnetzen, liegt in der Überwindung großer räumlicher Distanzen. Entsprechend sind die räumlichen Skalen in Abhängigkeit

---

<sup>6</sup> Ein eindrucksvolles Beispiel für die Verwundbarkeitsrelevanz der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Infrastrukturen (Strom- und Trinkwasserversorgung) bietet ein Vorfall aus Hamburg im Juli 2009. Nach der Abschaltung des Atomkraftwerks Krümmel am 4. Juli 2009 kam es zu einem Spannungsabfall im Stromnetz der Stadt. Infolgedessen fielen die Wasserpumpen zur Trinkwasserversorgung kurzzeitig aus. Das plötzliche Wiedereinsetzen der Pumpleistung führte zu einer Überlastung der Leitungen, was zu zahlreichen Leitungsschäden und Versorgungsausfällen innerhalb der Stadt führte (vgl. HAMBURG WASSER 2009).

von der jeweiligen Infrastruktur entweder lokal bis regional (wie in der Regel bei der Wasserversorgung der Fall, vgl. Kapitel 2.3.1), überregional bis international (wie im Fall der Stromversorgung, vgl. Kapitel 2.3.1) oder sogar global (Warenströme der Lebensmittelversorgung oder IuK-Technologien) anzusetzen. Dieser Umstand ergibt im Zusammenhang mit den bereits angesprochenen Kaskadeneffekten die Situation, dass auch Störungen, die an weit entfernten Orten auftreten, sich sektorintern oder -übergreifend auf *KRITIS* und damit auf die Gesellschaft auswirken können (vgl. BIRKMANN / KRINGS 2008: 26f.).

Ein anschauliches Beispiel für diesen Problemzusammenhang im Kontext der Stromversorgung bietet ein Zwischenfall im europäischen Verbundnetz. Am 4. November 2006 musste zur Überführung eines Schiffes eine über die Ems führende Höchstspannungstrasse abgeschaltet werden, was zu einem Kaskadeneffekt von automatischen Abschaltungen quer durch Deutschland, Österreich, Kroatien und Ungarn führte und viele weitere Länder in Mitleidenschaft zog (vgl. Bundesnetzagentur 2007: 8). Nach ca. 90 Minuten war die europaweite Störung weitgehend behoben und 15 Millionen Menschen, die zeitweise von Stromausfällen betroffen waren, wurden wieder versorgt (Bundesnetzagentur 2007: 3; LAUWE / RIEGEL nennen leicht abweichende Zahlen, vgl. LAUWE / RIEGEL 2008: 116f.). Der Vorfall veranschaulicht auf eindrucksvolle Weise, welche schwerwiegenden Folgen beim Ausfall einer einzelnen Trasse für die Stromversorgung – nicht nur im direkten Umfeld der betreffenden Leitung, sondern auch viele Hundert Kilometer entfernt – zu erwarten sind (vgl. dazu auch LAUWE / RIEGEL 2008:116f, BIRKMANN / KRINGS 2008: 26f., BBK 2006: 2f.). Bei einem vergleichbaren Vorfall, z. B. im Zusammenhang mit einem Naturereignis, könnten die Folgen ähnlich schwerwiegend sein. Das hier beschriebene Problem äußert sich im Kontext von Hochwasserereignissen in ähnlicher Weise auch auf der kommunalen Betrachtungsebene. So können im Fall eines Hochwassers auch Gebiete von Infrastrukturausfällen beeinträchtigt werden, die der Überflutung selbst nicht ausgesetzt sind. Dieses Problem findet in der innerhalb des Forschungsprojektes entwickelten Assessment-Methode Berücksichtigung.

Darüber hinaus können sich auch Probleme, die auf einer höheren räumlichen Maßstabebene angesiedelt sind, auf die Versorgungssicherheit der Kommune auswirken. Der Fokus der Projektarbeit liegt auf der lokalen, räumlich-administrativ definierten Ebene der Kommune, während sich die Infrastrukturnetze unabhängig davon und über diese hinaus erstrecken. Es ist also möglich, dass außerhalb des Betrachtungsbereichs liegende Probleme von der hier vorgestellten Methode nicht erfasst werden. Liegt die Schwachstelle im Versorgungssystem außerhalb der Kommune, sodass beispielsweise kein Strom bis an die Kommunengrenze gelangt, so ist ungeachtet der bestehenden Sicherheit der in der Kommune zu findenden Infrastrukturen ein Ausfall dennoch eine mögliche Folge. Dieses Problem ist der Beschränkung auf einen bestimmten Raumausschnitt, welcher sich nicht an den Grenzen der Versorgungsinfrastrukturnetze orientiert, sondern andere Parameter zur Abgrenzung heranzieht, immanent.

Neben dem bereits beschriebenen Problem, welches sich aus der funktionalen Vernetzung und räumlichen Ausdehnung ergibt, ist auch auf einen Zusammenhang zwischen dem Mehrebenenaufbau von *KRITIS* und den betrachteten räumlichen Maßstabebenen hinzuweisen. Zwar müssen diese anhand unterschiedlicher Kriterien definierten Ebenen nicht zwangsläufig miteinander interagieren, in der Realität ist dies jedoch der Fall. Dieser Zusammenhang wird von LENZ im Kontext der Vulnerabilität von *KRITIS* als „skalenbezogen“ bezeichnet: „So ist beispielsweise für die Analyse der *KRITIS*-Sektoren die nationale Betrachtungsebene geeignet, während für die Untersuchung von Infrastrukturen eine Betrachtung auf regionaler Ebene und für Infrastrukturkomponenten auf lokaler Ebene angemessen ist“ (LENZ 2009: 35). Bei der Entwicklung der Assessment-Methode wird daher eine konsequent lokal ausgerichtete Perspektive eingenommen, welche von der Komponentenebene ausgeht und darauf aufbauend die Verwundbarkeit der kommunalen Infrastruktur (Infrastrukturebene) ableitet. Dieses Vorgehen soll in Kapitel 2.2.2 ausführlich dargelegt werden.

### 2.1.5 Öffentliche und private Akteure

Es ist zu beobachten, dass der Begriff *KRITIS* auch für eine bestimmte Sichtweise auf die damit bezeichneten Einrichtungen steht, welche diese in einem sicherheitsrelevanten Kontext sieht. Dieser Umstand wird schon in der Definition deutlich und drückt sich bei näherer Betrachtung nicht nur in

der Sprachverwendung, sondern auch in den mit *KRITIS* in Zusammenhang gebrachten Themenfeldern aus. Gefahren für *KRITIS* gehen dabei zum einen aus auf internationaler Ebene angesiedelten Rahmenbedingungen hervor, wie etwa aus dem Klimawandel<sup>7</sup> (BBK 2008: 7ff.; BBK 2005: 4f.) und der sicherheitspolitischen Lage (v. a. Terrorismusgefahr; BMI 2009: 7; LAUWE / RIEGEL 2008: 118; BMI 2008: 10f.). Zum anderen spielen auch innergesellschaftliche, sozioökonomische Bedingungen, wie beispielsweise die steigende Abhängigkeit gesellschaftlicher Schlüsselbereiche von der kontinuierlichen Infrastrukturversorgung, Liberalisierungs- und Privatisierungstendenzen und der demographische Wandel (LAUWE / RIEGEL 2008: 118f., BMI 2008: 11), auf kleinräumigerer Ebene einzuordnende Naturgefahren (z.B. Extremwetterereignisse; BMI 2009: 7) sowie den Infrastrukturen immanente Eigenschaften, wie die bereits angesprochene großflächige Ausdehnung von Infrastrukturnetzen und sektorinterne und -übergreifende Abhängigkeiten (LAUWE / RIEGEL 2008: 119f., BMI 2008: 12) oder technisches / menschliches Versagen (BMI 2009: 7), eine wichtige Rolle. Mit der Begründung der „gesellschaftlichen Verletzlichkeit“, welche nach Auffassung des BMI aufgrund des „zunehmenden Durchdringungs- und Abhängigkeitsgrades nahezu sämtlicher Lebensbereiche mit und von Kritischen Infrastrukturen in den vergangenen Jahren rapide angestiegen“ ist (BMI 2009: 3), werden Aspekte der Inneren Sicherheit in den Kontext des Themenfeldes *KRITIS* gerückt. Fragen nach dem Schutz von *KRITIS*, dem Risiko- und Krisenmanagement und der Verwundbarkeit auf allen Ebenen nehmen eine dominante Stellung in der Auseinandersetzung mit *KRITIS* ein und dokumentieren die Bedeutung, die dem Thema von öffentlicher Seite beigemessen wird<sup>8</sup>.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, zu berücksichtigen, dass sich in Deutschland öffentliche und private Akteure den Besitz und den Betrieb der Einrichtungen die unter *KRITIS* zusammengefasst werden, teilen (vgl. BMI 2009: 6). GEIER gibt den Anteil der „für die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft notwendigen Infrastrukturen“, welche sich „ausschließlich in privater Hand befinden oder von privaten bzw. privatisierten Unternehmen betrieben und gesteuert werden“, mit 80 % an (GEIER 2008: 90). Auch wenn aus der Quelle nicht klar hervor geht, an welchen Gesichtspunkten dieser Anteil abgelesen werden kann, so ist doch davon auszugehen, dass die Privatwirtschaft erheblichen Einfluss innerhalb des Handlungsfelds Sicherheit von *KRITIS* hat. Von staatlicher Seite, welche mit der Definition von *KRITIS* ein öffentliches Interesse an deren Funktionieren artikuliert, werden alle zentralen Maßnahmen zu deren Schutz in Deutschland vom BMI koordiniert (GEIER 2008: 91, BMI 2009: 3). Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), das Bundeskriminalamt (BKA) sowie das Technische Hilfswerk (THW) werden damit beauftragt „Gefährdungsbewertungen, Analysen und Schutzkonzepte“ (BMI 2009: 3) zu erarbeiten.

Die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft wird im Handlungsfeld Schutz und Sicherheit von *KRITIS* als ein entscheidender Erfolgsfaktor betrachtet und die Erhöhung der Sicherheit als eine Gemeinschaftsaufgabe öffentlicher und privater Akteure definiert: „Das in den letzten Jahren deutlich gewachsene Politikfeld ‚Schutz Kritischer Infrastrukturen‘ auf allen Ebenen der staatlichen Verwaltung ist Ausdruck einer neuen Sicherheitspartnerschaft von Staat und Wirtschaft“ (GEIER 2008: 92). Auch in der *Nationalen Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie*, BMI 2009) wird die Partnerschaft unterschiedlicher Akteure zur Gewährleistung der Sicherheit Kritischer Infrastrukturen betont. Die Rolle des Staates wird im Leitbild der *KRITIS-Strategie* als „primär moderierend, nötigenfalls normierend“ (BMI 2009: 2) beschrieben. Die aktuelle „vertrauensvolle und konstruktive“ (BMI 2009: 2) Kooperation der Akteure und das erreichte Schutzniveau werden positiv bewertet und Fortsetzung und Vertiefung der Zusammenarbeit sind erklärtes Ziel.

<sup>7</sup> In der *Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS*, BMU 2008a) werden Infrastrukturen allgemein und einzelne Infrastruktursektoren explizit als Handlungsfelder angesprochen (vgl. BMU 2008a: 16f., 22f., 33f., 37f.).

<sup>8</sup> Informationen zur Bedeutung des Schutzes Kritischer Infrastrukturen sowie zu Zielen und Grundsätzen der Umsetzung sind der *Nationalen Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie*, BMI 2009) zu entnehmen.

Es sollte jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass trotz eines großen Überschneidungsbereiches von privaten und öffentlichen Interessen an der Erhöhung der Sicherheit von *KRITIS*, bei der Umsetzung von Maßnahmen unterschiedliche Interessen und Handlungszwänge der einzelnen Akteure eine Rolle spielen können. Während, wie von GEIER beschrieben, in vielen Fällen weniger technische, investitionsintensive Lösungsansätze (wie eine Verbesserung von Notfallplänen) für Probleme gefunden werden konnten, so können doch ggf. auch hohe Kosten auf Unternehmen, welche sich die Verbesserung der Sicherheit zum Ziel gesetzt haben, zukommen. Dennoch sieht GEIER „auch aus rein ökonomischer Sicht gewichtige Gründe, um genügend Ressourcen für die Sicherheit des Unternehmens und damit den Schutz der Infrastruktureinrichtungen zur Verfügung zu stellen“ (GEIER 2008: 92). Neben dem explizit favorisierten Weg der Kooperation und der Eigenverantwortung aller beteiligten Akteure die Sicherheit und den Schutz von *KRITIS* zu verbessern bzw. auf hohem Niveau zu erhalten, behält sich der Staat in der *KRITIS*-Strategie dennoch vor, bei Bedarf auch durch veränderte rechtliche Vorgaben für die Erreichung dieses Ziels zu sorgen: „Sofern erhebliche festgestellte Sicherheitsmängel in Kritischen Infrastrukturen durch die freiwillige Selbstverpflichtung der Unternehmen nicht beseitigt werden oder bestehende gesetzliche Regelungen im Umfeld der Anlagen-, Netz-, Betreiber- oder Nutzersicherheit aufgrund neuer Gefahren und Risiken nicht ausreichenden Schutz bieten oder Anwendung finden, behält er sich der Bund für seinen Zuständigkeitsbereich vor, durch geänderte oder neue Rechtsetzung den Schutz der betreffenden Infrastrukturen zu optimieren“ (BMI 2009: 13).

Gemäß dem Umstand, dass öffentliche und private Stellen sich Besitz und Betrieb von *KRITIS* teilen, stammen die Informationen, die im Rahmen der Projektarbeit ausgewertet wurden, zum Teil aus öffentlichen und zum Teil aus privaten Quellen. Neben Informationen, die von öffentlichen Einrichtungen (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Städte Köln und Dresden) in Form von Daten (z. B. GIS-Shapefiles) zur Verfügung gestellt wurden, wurden vor allem Expertengespräche und die Teilnahme an relevanten, städtischen Arbeitskreisen als Hauptinformationsquelle zur Bearbeitung des Projektbereichs *KRITIS* genutzt. Die Interviewpartner, die sich zu Expertengesprächen bereit erklärten, kamen sowohl aus der Privatwirtschaft als auch aus relevanten Abteilungen unterschiedlicher Behörden.

Insgesamt wurde im privatwirtschaftlichen Bereich Kontakt zu drei verschiedenen Stromversorgern (DREWAG-Stadtwerke Dresden GmbH, RheinEnergie AG, RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH) und vier verschiedenen Trinkwasserversorgungsunternehmen (DREWAG-Stadtwerke Dresden GmbH, RheinEnergie AG, Stadtwerke Andernach GmbH, Trinkwasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH) aufgenommen. Die Stromversorger sind alle auf kommunaler Ebene tätig, eines der Unternehmen zusätzlich auch in der überregionalen Versorgung. Alle Wasserversorger sind Versorger auf kommunaler Ebene, wobei die DREWAG und die RheinEnergie AG auch Kommunen im direkten Umland mit Trinkwasser versorgen. Insgesamt wurden zwischen April 2008 und März 2009 Interviews mit vier Mitarbeitern aus dem Bereich der Stromversorgung sowie mit drei Mitarbeitern aus dem Bereich der Trinkwasserversorgung geführt. Während für alle Beispielkommunen der Wasserversorgungsbereich abgedeckt werden konnte, schlugen Versuche, Kontakt zur Stromversorgung der Stadt Radebeul aufzunehmen, leider fehl. Zu diesem Themenbereich konnten Informationen über Kontakte zur Trinkwasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH sowie zur Stadt Radebeul gewonnen werden, welche jedoch umfänglich nicht mit den Informationen zu den übrigen Städten zu vergleichen sind. Die Gespräche fanden in den jeweiligen Geschäftsräumen der Infrastrukturbetreiber statt. In einem Fall musste aus terminlichen Gründen auf ein persönliches Treffen verzichtet werden – die Informationen der Stadtwerke Andernach GmbH wurden per Email mit Hilfe eines Fragebogens erhoben.

Über die Interviews mit den Betreibern hinaus wurden Gespräche mit insgesamt fünf Experten aus öffentlichen Stellen geführt, welche sich mit dem Thema *KRITIS* vorwiegend aus der Sicht der Gefahrenabwehr und des Bevölkerungsschutzes befassen. Zu diesen Stellen gehörten Mitarbeiter der Städte Köln (Berufsfeuerwehr der Stadt Köln, Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln, Amt für Informationsverarbeitung der Stadt Köln), Dresden (Landeshauptstadt Dresden / Geschäftsbereich Ordnung und Sicherheit) und Radebeul (Stadt Radebeul / Zentrale Leitstelle). Alle Expertengespräche wurden schriftlich protokolliert. Die

Ergebnisprotokolle wurden den Befragten im Anschluss vorgelegt und ggf. überarbeitet. In die Projektarbeit gingen ausschließlich die nochmals auf ihre Richtigkeit hin überprüften Informationen ein.

Eine weitere Informationsquelle von unschätzbarem Wert war die Teilnahme an unterschiedlichen relevanten Veranstaltungen und Arbeitskreisen, die auf Initiative der Stadt Köln stattfanden. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle die Mitarbeit in einer von der Feuerwehr der Stadt Köln geleiteten Arbeitsgruppe, welche es sich zum Ziel gesetzt hat, die objektbezogene Planung eines besonders schweren Hochwasserereignisses voranzubringen. Bei den über das Jahr 2008 regelmäßig stattfindenden Treffen der Arbeitsgruppe wurden *KRITIS*-bezogene Fragestellungen von Vertretern unterschiedlicher Verwaltungsabteilungen und der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln diskutiert und die Expertise der privaten Infrastrukturunternehmen (RheinEnergie AG, Kölner Verkehrsbetriebe, Deutsche Bahn, etc.) in die Diskussion eingebracht. Auch die vom Kölner Amt für Informationsverarbeitung initiierte Expertenrunde zur Kommunikationssicherheit im Hochwasserfall, welche Vertreter relevanter städtischer Stellen mit privaten Infrastrukturbetreibern aus der Telekommunikationsbranche zusammenführte, war eine wichtige Quelle.

Weiterhin fanden zahlreiche, informelle Treffen mit öffentlichen Stellen, vorwiegend zur Datenbeschaffung oder zur Klärung einzelner inhaltlicher Fragen, sowie ein Expertenworkshop mit Beteiligung städtischer Vertreter statt. Gespräche mit Mitgliedern der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen e.V. in Köln sowie mit Mitarbeitern des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) konnten das Informationsspektrum zusätzlich erweitern.

## ***2.2 Methodisches Vorgehen***

Die Entwicklung eines Verwundbarkeits- oder Vulnerabilitätskonzeptes für die hier betrachteten *KRITIS* hatte einen erheblichen Anteil an der Projektarbeit. Zwar existieren bereits Veröffentlichungen, die sich mit der Verwundbarkeit von *KRITIS* und mit den Kriterien, die diese abbilden, auseinandersetzen (vgl. LENZ 2009; BMI 2008), doch die Verwundbarkeitskonzepte und -kriterien dieser bewusst auf alle *KRITIS* ausgerichteten Veröffentlichungen mussten zur Anwendbarkeit innerhalb des Forschungsprojektes, zur Fokussierung auf die lokale Ebene und im Hinblick auf zwei konkrete Infrastruktursysteme angepasst werden. Da, wie LENZ zutreffend formuliert, eine „unreflektierte Verwendung des Vulnerabilitätsbegriffs ohne klare Definition [...] leicht zu Missverständnissen und Fehlinterpretationen führen“ kann (LENZ 2009: 30), soll im folgenden Kapitel die unter Einbeziehung der Besonderheiten des Untersuchungsgegenstands (vgl. Kapitel 2.1) erfolgte, schrittweise Erarbeitung eines gegenstandsspezifischen Verwundbarkeitsverständnisses thematisiert werden. Die Verwendung der Begriffe und das Verständnis der dahinter stehenden Konzepte soll, bei Bedarf anhand des Vergleichs mit und bei Bedarf der Abgrenzung zu aktuellen Veröffentlichungen aus dem Themenbereich Verwundbarkeit Kritischer Infrastruktur geschehen. Die folgenden Ausführungen sind demnach den der Projektarbeit zugrunde gelegten Konzepten zur Verwundbarkeit von *KRITIS* (insbesondere der hier detailliert betrachteten Trinkwasser- und Stromversorgungsinfrastrukturen) sowie deren Operationalisierung in Form eines Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment auf kommunaler Ebene (vgl. Anhang A) gewidmet.

### ***2.2.1 Methodenentwicklung zum Verwundbarkeitsassessment von KRITIS***

Die Entwicklung und spätere Anwendung von quantifizierten Indikatoren setzt ein gewisses Maß an Verallgemeinerbarkeit von Strukturen und Eigenschaften des betrachteten Gegenstands sowie eine breite, flächendeckend in vergleichbarer Weise zur Verfügung stehende und allgemein zugängliche Datenbasis voraus. Diese Voraussetzungen sind, wie im Folgenden ausgeführt werden soll, hinsichtlich der innerhalb des Projektes betrachteten Verwundbarkeit der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwassergefahren als problematisch zu bewerten, sodass im Rahmen der Projektarbeit primär auf die Entwicklung von qualitativen Kriterien gesetzt wurde.

Zwar unterliegt die Funktionsweise der kommunalen Strom- und Wasserversorgung bestimmten Regelmäßigkeiten, jedoch wird der konkrete Aufbau der Infrastruktursysteme ebenso wie die Beschaffenheit der einzelnen Komponenten massiv von den lokalen Gegebenheiten bestimmt. Die tatsächliche Beschaffenheit der Versorgungsinfrastrukturen zeugt von einem über einen langen Zeitraum laufenden Prozess der Anpassung an und Nutzung von lokalen Besonderheiten (Tallage vs. Hanglage, Nähe zum Fluss, Höhe des Grundwasserstands, Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft, Wachstumsdynamik der Kommune, technischer Fortschritt, Investitionsaufwand, Häufigkeit von Hochwasserereignissen, etc.), welcher im Laufe der Zeit sehr unterschiedliche Systemkonfigurationen hervorgebracht hat. Die Ausführungen zum Aufbau der Strom- und Wasserversorgungsinfrastrukturen in den betrachteten Kommunen (vgl. Kapitel 2.3.2) sowie die daraus resultierenden Ergebnisse bei der Verwundbarkeitsbetrachtung in Kapitel 2.3.3 und 2.3.4 illustrieren beispielhaft die unterschiedlichen Entwicklungspfade, die der Aufbau der Infrastrukturversorgung in Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten nehmen kann, und verdeutlichen deren verwundbarkeitsrelevante Implikationen.

Festzustellen ist auch, dass zur kommunalen Wasser- und Stromversorgung nicht im gleichen Maß flächenhaft verfügbare, verwundbarkeitsrelevante Informationen vorliegen, wie sie etwa zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung mittels der Kommunalstatistik zur Verfügung gestellt werden können (vgl. Kapitel 3 zum Themenbereich Bevölkerung / Soziales). Die Versorgung ist in der Regel in privater oder halböffentlicher Hand (vgl. Kapitel 2.3.1), wobei im Falle der Stromversorgung der Netzbetrieb und die tatsächliche Versorgung (d. h. der Verkauf von Strom) von unterschiedlichen Unternehmen geleistet werden. Die privaten Unternehmen halten zwar selbst Informationen über die Netze und die weiteren Komponenten vor, diese sind jedoch nicht einheitlich erfasst und nicht in jedem Fall öffentlich zugänglich. Zudem werden viele Details über die Netze sowie die Lage und Bedeutung bestimmter Komponenten von Unternehmen als sensible Informationen betrachtet und als solche nicht oder nur unter bestimmten Auflagen weitergegeben.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, anstelle der Bereitstellung eines Index, in einem mehrstufigen Assessment-Prozess die Kommunikation zwischen Kommunen und Betreibern so zu strukturieren, dass mit Hilfe der vorhandenen und zur Verfügung gestellten Informationen in zielführender Weise eine Aussage zur Verwundbarkeit der Versorgungsinfrastrukturen getroffen werden kann. Das Vorgehen wird nach weiteren Vorbemerkungen in den folgenden Kapiteln ausführlich dargelegt, wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben anhand des Leitfadens zur Anwendung in der Kommune operationalisiert (vgl. Anhang A) und an konkreten Beispielen veranschaulicht (Kapitel 2.3.4).

## **2.2.2 Verwundbarkeit von KRITIS: Verwundbarkeitskriterien und Mehrebenenaufbau**

Wie bereits eingangs ausgeführt (vgl. Kapitel 2.1.2), wird hinsichtlich der im Rahmen des Projekts schwerpunktmäßig betrachteten technischen Versorgungsinfrastrukturen ein Mehrebenenaufbau vorausgesetzt. Einzelne Teilprozesse, die von den entsprechenden Infrastrukturkomponenten umgesetzt werden, wirken demnach auf einer übergeordneten Systemebene zusammen, um die Funktionalität der Infrastruktur als Ganzes zu ermöglichen. Dieser Mehrebenenproblematik muss in einem gegenstandsspezifischen Vulnerabilitätsverständnis, welches die Grundlage für die Entwicklung einer sinnvollen Methode zu deren Erfassung bildet, Rechnung getragen werden. Grundlage zur Entwicklung eines auf den Untersuchungsgegenstand *KRITIS* ausgelegten Verwundbarkeitskonzeptes war die Auffassung des BBC-Rahmenkonzepts (vgl. Kapitel 1, Abbildung 1.1), nach welchem sich Verwundbarkeit aus dem Zusammenwirken der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* ergibt.

Die Bedeutung dieser Ebenenunterscheidung kann beispielhaft anhand des Kriteriums *Exposition* (Definition an späterer Stelle in diesem Kapitel) illustriert werden. In der Regel ist nicht die gesamte Infrastruktur, die sich über das Gebiet einer Kommune erstreckt, einem Hochwasser ausgesetzt, sondern lediglich ein Teil der beteiligten Komponenten in den betroffenen Bereichen. Welche Auswirkungen die Exposition dieser Komponenten auf das gesamte System hat, erschließt sich nur über die genauere Betrachtung der Auswirkungen eines Hochwasserereignisses auf die betreffenden Komponenten und über deren Bedeutung im Systemzusammenhang. Demnach gilt es einerseits zu

klären, wie vulnerabel die einzelnen Komponenten auf das Ereignis reagieren, und andererseits zu bedenken, inwiefern die Verwundbarkeit der einzelnen Komponenten zur Gesamtvulnerabilität des Systems beitragen.

Im Folgenden wird daher eine Unterscheidung zwischen der Infrastruktur- / Prozessebene und der Komponenten- / Teilprozessebene getroffen (vgl. Abbildung 2.4). Der Rahmen des innerhalb des Projektes betrachteten Ausschnitts aus der Gesamtheit der KRITIS ist in Abbildung 2.4 grau hinterlegt. Die Teilprozessebene bildet die unterste Funktionsebene und ist in der Abbildung rötlich hervorgehoben. Auf dieser Ebene werden einzelne Teilprozesse betrachtet, die von den zuständigen, gegenständlichen, d. h. in der Kommune physisch vorhandenen, Komponenten wie Wasserwerken oder Netzstationen umgesetzt werden. Durch ihr Zusammenwirken ermöglichen diese auf der Prozess- bzw. Infrastrukturebene, welche in der Abbildung blau markiert ist, das Funktionieren des Gesamtprozesses, am konkreten Beispiel der Trinkwasser- und Stromversorgung. Die Abbildung illustriert die Einordnung der betrachteten Ebenen innerhalb des hierarchischen Mehrebenenaufbaus.

**- Hier Abbildung 2.4 einfügen -**

*Abbildung 2.4: Stellung der Teilprozessebene und der Prozessebene im hierarchischen Mehrebenenaufbau von KRITIS; Eigene Darstellung, stark verändert nach BBK 2006: 8*

Dieser Mehrebenenaufbau wurde bei der Entwicklung eines gegenstandsspezifischen Verwundbarkeitsverständnisses bedacht, da zum Verwundbarkeitsassessment nicht für beide Ebenen die gleichen Kriterien<sup>9</sup> als relevant betrachtet werden können. Einen Überblick über die Aufteilung der Verwundbarkeitskriterien auf die Komponenten- und die Infrastrukturebene bietet Abbildung 2.5 (Einhaltung der Farbsymbolik aus Abbildung 2.4).

**- Hier Abbildung 2.5 einfügen -**

*Abbildung 2.5: Schematische Darstellung des Verwundbarkeitsverständnisses; Eigene Darstellung*

Unter *Exposition*, als erstes verwundbarkeitsrelevantes Kriterium der Komponentenebene, werden innerhalb des Projekts grundsätzlich alle Aspekte des „Ausgesetzt sein(s) [...] gegenüber einem potentiell schädlichen Ereignis“ (vgl. Kapitel 1) zusammengefasst<sup>10</sup>. Die Expositionsanalyse könnte demnach als die Analyse der Lage der betrachteten Komponente relativ zum Überschwemmungsgebiet – theoretisch auch angereichert durch die Integration von Überflutungshöhe oder Strömungsgeschwindigkeiten – definiert werden.

---

<sup>9</sup> Eine umfangreichere Zusammenstellung von Verwundbarkeitskriterien für KRITIS siehe LENZ 2009 und BMI 2008

<sup>10</sup> Im Zusammenhang mit der Vulnerabilität von KRITIS ist darauf hinzuweisen, dass in der Risikoforschung Uneinigkeit über das Verhältnis unterschiedlicher Konzepte wie *Risiko*, *Verwundbarkeit* und *Exposition* besteht (vgl. dazu auch LENZ 2009: 37). So definiert beispielsweise LENZ *Exposition* als Lage im Raum, die ein Risikoelement bestimmten Gefahren unabhängig vom Eintritt eines tatsächlichen Ereignisses aussetzt (vgl. LENZ 2009: 37). *Exposition* nimmt also eine Stellung unabhängig von der Verwundbarkeit eines Schutzgutes ein. In der vorliegenden Publikation wird jedoch eine Herangehensweise gewählt, welche die *Exposition* als ein Kriterium der Verwundbarkeit betrachtet (vgl. BBC-Rahmenkonzept, Kapitel 1, Abbildung 1.1).

Da es in der Praxis oft schwer fällt, *Anfälligkeit*<sup>11</sup> und *Bewältigungskapazität*<sup>12</sup> (als die beiden weiteren, nach BBC-Rahmenkonzept zentralen Aspekte der Verwundbarkeit) auf der Komponentenebene sauber zu trennen – oft scheinen sie sich in einem Unterkriterium, je nach Ausprägung als zwei Seiten der gleichen Medaille darzustellen – werden sie in Abbildung 2.5 angelehnt an die überlappende Darstellungsweise des BBC-Rahmenkonzepts (vgl. Kapitel 1, Abbildung 1.1) in einer Box dargestellt. Eine hohe physische *Robustheit* etwa kann sowohl als Unterkriterium einer geringen *Anfälligkeit*, als auch als Unterkriterium einer hohen *Bewältigungskapazität* gesehen werden. Gleichzeitig kann eine geringe *Robustheit* gleichsam für hohe *Anfälligkeit* und geringe *Bewältigungskapazität* sprechen. Im Folgenden soll unter dem Eindruck dieser methodischen Problemlage, nicht der Versuch unternommen werden, die einzelnen Unterkriterien streng zuzuordnen<sup>13</sup> – die Bezeichnungen *Schadensanfälligkeit* und *Funktionsanfälligkeit* sind auf praktische Entscheidungen zurückzuführen und drücken allenfalls eine der Perspektive der Untersuchung geschuldete Sichtweise auf die dazugehörigen Unterkriterien aus.

Zunächst können die Kriterien *Schadensanfälligkeit* und *Funktionsanfälligkeit* im Hochwasserfall deutlich voneinander abgegrenzt werden. Während sich der Aspekt *Schadensanfälligkeit* auf die Gefahr bezieht, dass eine Komponente durch den Einfluss eines Hochwassers (stehendes Wasser, Strömung, Schwebstoffe und Bettfracht, Treibgut und Eisgang) Schaden nehmen könnte, geht es bei der Betrachtung der *Funktionsanfälligkeit* um die schlichte Aufrechterhaltung der Funktion. Es ist durchaus möglich, dass Komponenten zwar ihre Funktionsfähigkeit nicht aufrechterhalten können, jedoch keinen Schaden durch ein Hochwasser nehmen werden. Beispielsweise müssen Komponenten der Stromversorgung, in der Regel den Betrieb einstellen, sobald sie vom Hochwasser überflutet werden. Diese Maßnahme ist notwendig, um die Sicherheit der Einsatzkräfte zu gewährleisten. Gleichzeitig ist nicht unbedingt mit einer Beschädigung zu rechnen, welche ggf. erst ab einer bestimmten Überflutungshöhe eintreten würde (vgl. Kapitel 2.3.3). Im Zusammenhang mit diesen Kriterien gilt es also zu bedenken, dass *Funktionsanfälligkeit* auch ohne Beschädigung auftreten kann, während *Schadensanfälligkeit* in der Regel auch mit Funktionsverlust einhergehen dürfte. Zusätzlich kommen bei der Unterscheidung zwischen Funktionsausfall und Beschädigung unterschiedliche zeitliche Ebenen zum tragen: Während ein Schaden immer Reparatur oder Ersatz mit einem entsprechenden zeitlichen (und finanziellen) Aufwand nach sich ziehen wird, kann ein reiner Funktionsausfall möglicherweise sehr rasch und kostenneutral behoben werden. Alle im Folgenden auf der Ebene der Komponenten beschriebenen Unterkriterien tragen zu *Funktionsanfälligkeit* und *Schadensanfälligkeit* bei.

Als solche Unterkriterien sind die *Robustheit* der Komponenten, das *Schutzniveau*, die *Pufferkapazität* und verschiedene *Abhängigkeiten* zu nennen, wobei durchaus Querverbindungen, beispielsweise hinsichtlich der potentiellen Beschädigung zwischen der *Robustheit* bzw. und dem *Schutzniveau* einer Komponente, zu sehen sind<sup>14</sup>.

<sup>11</sup> Es ist darauf hinzuweisen, dass auch der Begriff *Anfälligkeit* in der aktuellen Literatur in unterschiedlicher Weise verwendet wird. So entspricht in BMI 2008 das Verständnis von *Verwundbarkeit*, definiert als „Anfälligkeit eines Objekts oder Systems gegenüber Gefahren“ (BMI 2008: 43) eher der hier als einzelnes verwundbarkeitsrelevantes Kriterium verstandenen *Anfälligkeit*. Auch von LENZ wird Vulnerabilität als „gefahrnspezifische Anfälligkeit einer Kritischen Infrastruktur für Beeinträchtigung oder Ausfall ihrer Funktionsfähigkeit“ (LENZ 2009: 30) verstanden. Hier soll *Anfälligkeit* gemäß der oben angeführten Erklärungen als ein Kriterium der Verwundbarkeit betrachtet werden, welches erst in Kombination mit weiteren eine Verwundbarkeitsaussage ermöglicht (vgl. BBC-Rahmenkonzept, Kapitel 1, Abbildung 1.1).

<sup>12</sup> Wie bereits im Fall von *Exposition* und *Anfälligkeit* geschehen, muss auch die Verwendung des Begriffs *Bewältigungskapazität* spezifiziert werden. Anders als bei LENZ 2009, wo *Exposition* und *Bewältigungskapazität* als separate Faktoren neben der Vulnerabilität behandelt werden (vgl. LENZ 2009: 40ff.), soll die Aussage dieser im Folgenden als Einzelkriterien der Verwundbarkeit verstandenen Einflussfaktoren in Kombination mit der *Anfälligkeit* zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammengeführt werden (vgl. BBC-Rahmenkonzept, Kapitel 1, Abbildung 1.1).

<sup>13</sup> Dieses pragmatische Vorgehen ist zulässig, da die Zuordnung der Unterkriterien keinen Einfluss auf das Assessment-Ergebnis haben wird.

<sup>14</sup> Eine Zusammenstellung verwundbarkeitsrelevanter Aspekte findet sich auch bei LENZ 2009 und BMI 2008. Die dort zusätzlich genannten Indikatoren *Anpassungsfähigkeit* und *Qualitätsniveau* (LENZ 2009: 49) werden im Folgenden nicht explizit einbezogen, da deren Auswirkungen in dem hier betrachteten Setting über die

Die *Robustheit* beschreibt im hier verstandenen Sinne die physische Widerstandskraft einer Komponente zwischen verschiedenen mit dem Hochwasser in Verbindung stehenden Auswirkungen, wie etwa der Strömung, dem Druck oder der schlichten Überflutung.

Das *Schutzniveau* deckt die im Vorfeld mit dem Ziel der Verwundbarkeitsreduktion geleisteten Maßnahmen, wie beispielsweise die Eindeichung von Standorten oder die Installation von Hochwasserschutzwänden ab. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass sich in dem hier geltenden Verständnis das Kriterium *Schutzniveau* das Kriterium *Exposition* nicht gegenseitig beeinflussen: Die betrachtete Komponente kann durchaus exponiert sein und gleichzeitig durch ein hohes *Schutzniveau* keine *Schadens- und / oder Funktionsanfälligkeit* aufweisen.

Aspekte der *Pufferkapazität* werden einerseits in einen direkten Zusammenhang mit dem Grad der *Abhängigkeit* einer Komponente von den Leistungen anderer *Kritischer Infrastrukturen* und bestimmten *Umweltbedingungen*, die im Hochwasserfall nicht länger gegeben sein könnten, gestellt. Ein klassisches Beispiel für die *Abhängigkeit* von anderen *Kritischen Infrastrukturen* ist die Angewiesenheit vieler technischer Anlagen auf elektrischen Strom. Einen *Puffer* für ebendiese *Abhängigkeit* stellt die Einrichtung einer Notstromanlage, je nach Bedarf als Netzersatzanlage (NEA) oder unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), dar. Im Hinblick auf die *Abhängigkeit von Umweltbedingungen* kann als Beispiel angeführt werden, dass viele Komponenten der Stromversorgung von der Verfügbarkeit eines nicht leitenden Umgebungsmediums, im Regelfall die umgebende Luft, abhängig sind. Im Hochwasserfall wird dieses Umgebungsmedium durch leitfähiges Wasser ersetzt, was zu Kurzschlüssen innerhalb der Anlagen führt. Andererseits umfasst das Kriterium *Pufferkapazität* auch die von Abhängigkeiten losgelöste, zumindest zeitlich begrenzte Widerstandskraft einer Komponente gegenüber dem Hochwassereinfluss.

Die erste Erweiterung zur Abbildung von Systemzusammenhängen wird mit dem Begriff *Relevanz*<sup>15</sup> umschrieben. Der Verwendung dieses Kriteriums muss vorangestellt werden, dass die *Relevanz* gemessen an der Versorgungssicherheit innerhalb der Kommune betrachtet werden soll. Dies muss zunächst spezifiziert werden, da im Hinblick auf die Versorgungssicherheit potentiell andere Komponenten von hoher *Relevanz* sind, als im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens. Anzumerken ist auch, dass das Kriterium *Relevanz* im hier verstandenen Sinne nicht, wie alle bisher genannten Kriterien, im Rahmen des Verwundbarkeitsassessments in jeder Kommune auf ein Neues erhoben werden muss, sondern gewisse Regelmäßigkeiten in Systemaufbau und -funktionsweise repräsentiert und daher eine generellere Einschätzung erlaubt. Im Rahmen der hier vorgestellten Herangehensweise wird *Relevanz* im weiteren Verlauf als die Bedeutung der einzelnen systeminternen Teilprozesse (von den jeweiligen Komponenten realisiert) in einem hierarchischen System im Hinblick auf die Abhängigkeiten untereinander definiert.

---

genannten Kriterien mit abgedeckt werden können. Ein schlechtes *Qualitätsniveau* wird beispielsweise in einer verminderten *Robustheit* von Komponenten zum Ausdruck kommen, während sich die *Anpassungsfähigkeit* unter anderem in der *technischen und organisatorischen Ersetzbarkeit* wiederfindet. Es ist zu betonen, dass diese Einschränkung zunächst nur auf die hier untersuchten Gegenstände und Untersuchungsebenen bezogen wird und nicht ohne eine weitere Prüfung verallgemeinert werden sollte. (vgl. auch BMI 2008: 19f.).

Über die bereits Erwähnten hinaus enthalten die Auflistungen von BMI 2008 und LENZ 2009 zusätzlich die Kriterien *Transparenz* und *Wiederherstellungsaufwand*. Da sich der *Wiederherstellungsaufwand* nicht mit der kurzfristigen Perspektive vereinbaren lässt, die im Zentrum der Projektarbeit im Bereich *KRITIS* steht, muss auf die Integration dieses Kriteriums verzichtet werden. Auch die Einbeziehung der *Transparenz* gestaltet sich schwierig. Insofern sich das Kriterium auf die Instandsetzungsmaßnahmen, die aufgrund der *Transparenz* einer Infrastruktur mehr oder weniger leicht auszuführen sind, bezieht, wird auch hier eine längerfristige Zeitspanne angesprochen. Damit könnte auch dieses Kriterium ausgeklammert werden. Auch kann die Reparatur etwa an Komponenten der Stromversorgung ausschließlich von Fachpersonal durchgeführt werden, weshalb die *Transparenz* im hier betrachteten Zusammenhang keine entscheidende *Relevanz* aufzuweisen scheint. Es konnte aus diesen Gründen keine Integration des Kriteriums stattfinden.

<sup>15</sup> Zur Definition und Abgrenzung der Konzepte *Relevanz* und *Kritikalität* vgl. Kapitel 2.2.5.

Die zweite Erweiterung der Vulnerabilitätsdefinition bezieht sich auf die *Bewältigungskapazität* auf der Infrastruktur-/Prozessebene und kann mit dem Oberbegriff der *Ersetzbarkeit* umschrieben werden. In diesem Zusammenhang spielen zwei unterschiedliche zeitliche Dimensionen eine Rolle – zum einen die kurzfristige Dimension, die sich über die Spanne der Krisenbewältigung eines Hochwasserereignisses erstreckt, zum anderen die längerfristige Wiederherstellungsphase nach dem Ereignis.

Die *kurzfristige Ersetzbarkeit* einer Infrastruktur wird innerhalb der Projektarbeit mit der Ersetzbarkeit eines Teilprozesses während des Hochwassers in Verbindung gebracht. Darunter werden sowohl die im technischen Kontext der Infrastruktur angesiedelten Aspekte von *Redundanz* und *Substitution* zusammengefasst, als auch deren *Umsetzbarkeit seitens des Personals* abgefragt<sup>16</sup>. Im Folgenden sollen einige Anmerkungen zur Erfassung der *kurzfristigen Ersetzbarkeit* auf kommunaler Ebene gegeben werden.

Ebenso wie das Kriterium *Relevanz* ist die *Ersetzbarkeit* ein wichtiges Merkmal zur Erfassung der Systemzusammenhänge – sie besteht nie im Zusammenhang mit einer einzelnen sondern äußert sich immer über das Zusammenwirken mehrerer Komponenten. Es ist darauf hinzuweisen, dass *Ersetzbarkeit* nicht allein über das Vorhandensein mehrerer gleichartiger Komponenten innerhalb des Untersuchungsraums erfassbar ist. Mittels dieser Frage lässt sich technische *Redundanz*, im weiteren Projektverlauf definiert als die Möglichkeit, die von einer Komponente erbrachte Leistung (den Teilprozess), funktional durch die Leistung weiterer, funktionsäquivalenter Komponenten zu ersetzen, nicht abbilden. Die Tatsache, dass eine Komponente in mehrfacher Ausführung innerhalb der Kommune vorhanden ist, sagt nicht unbedingt aus, dass ein funktionales Ersetzen des von einer ausgefallenen Komponente erbrachten Teilprozesses möglich ist. Vielmehr müssen zur Ermöglichung von echter *Redundanz* bestimmte, im Folgenden näher beschriebene Systemvoraussetzungen gegeben sein.

Zunächst muss eine Vernetzung als eine entscheidende technische Voraussetzung der einzelnen Komponenten realisiert sein, denn nur miteinander verbundene Komponenten können sich gegenseitig funktional ersetzen. Die unterschiedlichen Möglichkeiten, die Vernetzung von Komponenten innerhalb einer Kommune zu realisieren, bringt dabei günstigere oder ungünstigere Bedingungen für *Redundanz* mit sich. So ist es beispielsweise in einem in einzelnen Netzstrahlen konstruierten Stromnetz nicht möglich, Strom von anderer Stelle an die nach der Störung unversorgten Abnehmer heranzuführen. Der Ausfall eines Kabelverteilers oder einer Netzstation auf einem Strahl des Netzes könnte nicht durch benachbarte Komponenten ausgeglichen werden, auch wenn sie in mehrfacher Ausführung vorhanden sind. Die Konstruktion von Ringnetzen und vermaschten Netzen erhöht die Möglichkeiten des redundanten Einsatzes der Komponenten beträchtlich. Diese unterschiedlichen Typen des Netzaufbaus können theoretisch innerhalb der Kommunen auf der Hoch-, Mittel- und der Niederspannungsebene realisiert werden – in der Regel sind die Netze so konstruiert, dass die Mittelspannungsebene vermascht oder in Ringnetzen und die darunterliegende Niederspannungsebene in Strahlenform vorliegen. Historische Entwicklungen und lokale Besonderheiten sorgen jedoch häufig dafür, dass Abweichungen vom Standard auftreten. Neben dem Vorhandensein mehrerer Komponenten ist der Faktor Netzaufbau in erster Linie dafür verantwortlich, ein Maß an Flexibilität zur Reaktion im Ereignisfall zu erlauben. Als solcher ist die Berücksichtigung des Netzaufbaus über die darauf aufbauende technische *Redundanz* eine Möglichkeit, die in der Unterschiedlichkeit der Netzstrukturen verborgenen Einflussfaktoren auf die Vulnerabilität des Systems zu integrieren.

Abgesehen von der Vernetzung spielt die Auslastung der Komponenten als ein weiterer Aspekt eine wichtige Rolle bei der Ermöglichung von *Redundanz*. Darunter wird verstanden, dass die Komponenten so ausgelegt und ausgelastet sein müssen, dass *Redundanz* ermöglicht wird. So wird ein

---

<sup>16</sup> Die Indikatoren *Redundanz* und *Substitution* finden, ebenso wie ein Indikator zur *Bereitschaft* des Personals auch bei LENZ 2009 Verwendung (vgl. LENZ 2009: 58ff.). Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die Bereitschaft des Personals anders als in der vorliegenden Veröffentlichung nicht nur auf die Umsetzung von Maßnahmen der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung bezieht, sondern umfassender verstanden wird. In BMI 2008 werden „Redundanz, Ersatz“ (BMI 2008: 20) als Kriterien zur Verwundbarkeitsanalyse aufgeführt.

zu 100 % ausgelastetes Umspannwerk ebenso wenig in der Lage sein, die Leistung eines weiteren, im Hochwasserfall ausfallenden Umspannwerks auch nur teilweise zu übernehmen, wie es gelingen kann, über voll ausgelastete Leitungen eine noch höhere Last von einer Komponente zur nächsten zu transportieren ohne eine Beschädigung der Leitungen zu riskieren. Die Komponenten sind immer auf eine bestimmte Dauer- und Spitzenlast ausgelegt, die nicht ohne weiteres überschritten werden kann, ohne dass Schäden, wie etwa unter der Überlastung geschmolzene Kabel, auftreten. Gleiches gilt selbstverständlich auch für die Wasserversorgung, in der ein Wasserwerk beispielsweise nicht mehr Trinkwasser bereitstellen kann, als die Rohwasserlieferungen zulassen oder die Liefermenge nicht die Leitungskapazität des Netzes überschreiten kann. Bei Vollausslastung kann demnach auch die zahlenmäßige Mehrfachausstattung einer Kommune mit einem Komponententyp keine *Redundanz* bedeuten.

Neben den bereits angeführten rein technischen Voraussetzungen spielen auch organisatorische Aspekte bei der Umsetzung von *Ersetzbarkeit* eine Rolle. Nur wenn das Personal angemessen auf die Hochwassersituation reagieren kann, können die technischen Möglichkeiten zum Ersetzen ausfallender Leistung in optimaler Weise ausgenutzt werden. Zu diesen Vorbereitungen gehören neben den Berechnungen zur Auslastung der Komponenten unter Berücksichtigung des Netzaufbaus auch Aspekte, die die klare Zuweisung von Verantwortlichkeit, Notfallplanung und Übung der Handlungsschritte umfassen.

In Ergänzung zur bereits genauer beschriebenen *kurzfristigen Ersetzbarkeit* sollten auch die *längerfristigen* Aspekte der *Bewältigungskapazität* des Systems nicht unberücksichtigt bleiben. Diese richten im Gegensatz zur kurzfristigen Betrachtung den Blick auf die Zeit nach dem Hochwasserereignis. Dies bedeutet, dass neben der *Funktionsanfälligkeit*, welche eine große Rolle bei der kurzfristigen Perspektive spielt, nun auch die *Schadensanfälligkeit* zunehmend in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt. Zu den Unterkriterien der *längerfristigen Ersetzbarkeit* zählen sehr eng miteinander verzahnte wirtschaftliche und zeitliche Aspekte, wie der *finanzielle* und *organisatorische Wiederherstellungsaufwand* und die *Zeitspanne*, die zur Reparatur und zum Ersetzen der beschädigten Komponenten benötigt wird. Die enge Verknüpfung der zeitlichen und wirtschaftlichen Ebene zeigt sich darin, dass die Ausfallzeit einer Komponente wirtschaftlich gesehen immer in mehrfacher Hinsicht problematisch ist. Zum einen muss die ausgefallene Leistung ersetzt werden, was entweder über höhere Auslastung der übrigen Komponenten inklusive der ggf. notwendigen Folgekosten realisiert wird (z.B. Überlastung eines Leitungssystems), oder über den Zukauf von anderen Anbietern (z.B. Ankauf von Strom und Trinkwasser von externen Anbietern) – beide Alternativen verursachen direkt oder indirekt Kosten. Zum anderen trägt die Komponente gleichzeitig nicht zur Erwirtschaftung des Unternehmensgewinns bei. Angesichts langer Abschreibungszeiten für die häufig sehr investitionsintensiven Komponenten entsteht dem Unternehmen auf diesem Weg ein zusätzlicher wirtschaftlicher Schaden.

### 2.2.3 Umsetzung des Verwundbarkeitsverständnisses in der Assessment-Methode

Eine besondere Herausforderung bei der Erstellung des Verwundbarkeitsassessments lag in der Berücksichtigung und Systematisierung der in Kapitel 2.2.2 detailliert beschriebenen verwundbarkeitsrelevanten Kriterien und Unterkriterien, der unterschiedlichen zeitlichen Betrachtungsebenen und des Mehrebenenaufbaus.

Hinsichtlich der Mehrebenenproblematik spielt vor allem die Trennung der Komponenten- / Teilprozessebene von der Infrastruktur- / Prozessebene eine entscheidende Rolle. Diese Zweiteilung spiegelt sich im Aufbau des Verwundbarkeitsassessments wider, denn das Assessment wird den Ebenen entsprechend in zwei Phasen durchgeführt. Während die erste Phase eine detaillierte Betrachtung aller innerhalb der Kommune zu findenden Komponenten und der von ihnen durchgeführten Teilprozesse zum Ziel hat, führt die zweite Phase diese Ergebnisse auf der übergeordneten Infrastruktur- bzw. Prozessebene zusammen<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> Es ist darauf hinzuweisen, dass die *Ersetzbarkeit* ein Kriterium abdeckt, welches sich auf das Zusammenwirken der Komponenten bezieht und daher keine komponentenbezogene Eigenschaft im eigentlichen

Im Hinblick auf die zeitlichen Ebenen wurde eine Entscheidung zugunsten der kurzfristigen Perspektive getroffen. Diese praktisch orientierte Festlegung beruht auf der Annahme, dass es aus Sicht der Kommune, die Zielgruppe der hier entwickelten Assessmentmethode sein soll, besonders wichtig ist, mit der Verwundbarkeitsabschätzung eine Übersicht über die Versorgungssicherheit zu bekommen. Diese Perspektive ist nur eine mögliche Sichtweise auf den Untersuchungsgegenstand – es wäre durchaus denkbar, andere Zugänge zu wählen, die beispielsweise *KRITIS* als Wirtschaftsunternehmen ansprechen, doch würde dieses Vorgehen weder den Bedürfnissen noch den Möglichkeiten der Kommunen gerecht. Die Abschätzung der Verwundbarkeit der Versorgungssicherheit hingegen, ermöglicht die Planung nächster Schritte, die etwa in der Betrachtung weiterer von einem Versorgungsausfall betroffener Objekte (z.B. Krankenhäuser) bestehen könnten.

Auch im Zusammenhang mit den Kriterien zur Verwundbarkeitsabschätzung wurden Entscheidungen im Interesse einer erhöhten Anwenderfreundlichkeit der Assessmentmethode notwendig. Das erste wichtige Kriterium *Exposition* wird schlicht als ‚im Überflutungsgebiet gelegen‘ und damit ‚dem Wasser ausgesetzt‘ definiert. Auf weitere mögliche Unterkriterien, wie *Überflutungshöhe*, *Verschmutzungsgrad des Wassers* oder *Strömungsgeschwindigkeit* wurde bewusst verzichtet – nicht weil diese Aspekte als unwichtig betrachtet werden, sondern weil im Sinne einer allgemeinen Anwendbarkeit der Methode von einer minimalen Informationslage der Anwender auszugehen ist. Während allen Kommunen in Flusstälern nach Umsetzung des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005<sup>18</sup> eine Ausweisung von Überschwemmungsgebieten unter Annahme eines HQ-100 Hochwassers (Bemessungshochwasser) vorliegen müsste, ist nicht davon auszugehen, dass Informationen zu *Strömungsgeschwindigkeiten* und *Verschmutzungsgraden* flächendeckend verfügbar sind. Gleichzeitig ist die Lage im Überschwemmungsgebiet die Voraussetzung dafür, dass weitere Unterkriterien überhaupt zum Tragen kommen – sie bildet in gewisser Weise ein übergeordnetes Kriterium ab.

Auch unter dem Kriterium der *Funktionsanfälligkeit* wurden mehrere einzelne Unterkriterien, unter anderem die *Pufferkapazität*, *Abhängigkeiten zu anderen Infrastrukturen*, *bestimmten Umweltbedingungen* oder *Personal*, *Robustheit* und das vorhandene *Schutzniveau* (vgl. BMI 2008: 19ff), zusammengefasst. Diese einzelnen Unterkriterien tragen alle einen Teil zur Beantwortung der Frage ‚Ist im Hochwasserfall mit dem Ausfall der Komponente zu rechnen?‘ bei und werden daher vom Kriterium der *Funktionsanfälligkeit* miterfasst.

Ein analoges Vorgehen ist bei der Betrachtung der *Ersetzbarkeit* umgesetzt worden. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, gehen in die Bewertung der *Ersetzbarkeit* eine Vielzahl von Unterkriterien ein. Diese wurden in der vorliegenden Assessment-Methode unter Kriterien der *technischen Ersetzbarkeit* und der *organisatorischen Ersetzbarkeit* zusammengefasst. Die Unterscheidung lässt sich mit dem grundsätzlichen Unterschied zwischen den eher an den technischen Voraussetzungen orientierten Merkmalen des einen Kriteriums (*Netzaufbau*, *Auslastung der Komponenten*, *Verfügbarkeit von mehreren Komponenten*) und den eher das *Krisenmanagement* betreffenden Aspekten des anderen Kriteriums (*Vorbereitungsgrad des Personals*, *Aktualität von Notfallplänen*, etc.) erklären.

Ein wichtiger Umstand, der ebenfalls die Entscheidung zur Clusterung der Unterkriterien bekräftigte, ist die Tatsache, dass es bei der Entwicklung der Methode besonders wichtig war, zu berücksichtigen, dass die *KRITIS*-Betreiber in der Regel Privatunternehmen sind. Die Kommunen haben daher nicht unbedingt vollen Zugang zu allen Daten, die zu einer vollständigen Analyse notwendig wären. Die Unternehmen betrachten viele der Informationen als sensibel und halten diese ggf. zurück, um die Komponenten über die Geheimhaltung des genauen Standortes oder ihrer Bedeutung für das

---

Sinne, sondern eine Eigenschaft der Infrastruktur darstellt. Trotzdem kann das Kriterium sinnvoll mit der Abfrage der übrigen komponentenbezogenen Kriterien kombiniert werden und wird daher in der ersten Assessment-Phase abgefragt.

<sup>18</sup> Vgl. auch Kapitel 2.3.3 sowie Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005, BGBl. 2005 I Nr. 26, S. 1224, insbesondere §31b(2)

Gesamtsystem vor möglichen Beschädigungen zu schützen. Auch Imagegründe sind als Hintergrund für eine restriktive Informationspolitik denkbar. Die Methode soll daher helfen, die Kommunikation zwischen der Kommune und den Infrastrukturbetreibern ‚effizient‘ zu gestalten. Im konkreten Fall bedeutet dieser Ansatz, dass Fragen so formuliert werden, dass einerseits die relevanten Informationen direkt abgefragt werden, die Fragen jedoch andererseits vom Betreiber beantwortet werden können, ohne große Informationsmengen (z.B. Schaltpläne) preisgeben zu müssen. Es muss in diesem Kontext auch bedacht werden, dass die Mitarbeiter der Kommune möglicherweise nicht für den Umgang mit der vollen, uninterpretierten Information ausgebildet sein könnten – die Expertise der Mitarbeiter auf Betreiberseite wird somit zur Bewältigung der Informationsmenge genutzt und die Interpretation delegiert. Auf diesem Weg der auf die wesentlichen Informationen beschränkten Kommunikation sollen also gleichzeitig die Ansprüche der Kommune (konkrete, ‚gefilterte‘ Information) und des Betreibers (richtige Formulierung der Fragen, keine zu umfangreiche Informationsweitergabe zur Wahrung des Betriebsgeheimnisses) erfüllt werden. Ein wichtiger Beitrag zur Erreichung dieses Ziels wurde mit der Zusammenfassung der Einzelkriterien geleistet.

#### **2.2.4 Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der ersten Assessment-Phase**

Im Folgenden soll die erste Phase des Verwundbarkeitsassessments, welches in Form eines vollständigen Leitfadens dem Anhang entnommen werden kann (vgl. Anhang A), auszugsweise vorgestellt werden. Ziel der ersten Assessment-Phase ist eine Bewertung der Komponenten und Teilprozesse (Komponenten / Teilprozessebene, vgl. Kapitel 2.2.2). Die Bewertung erfolgt anhand der in Kapitel 2.2.2 detailliert beschriebenen Verwundbarkeitskriterien.

- Hier Abbildung 2.6 einfügen -

*Abbildung 2.6: Ablaufschema der ersten Phase des Verwundbarkeitsassessments; Eigene Darstellung*

Die erste Phase der Assessment-Methode beruht darauf, dass wichtige Informationen in einer bestimmten Reihenfolge eingeholt und über das zuvor beschriebene Klassensystem zusammengeführt werden. Die Reihenfolge der Assessment-Schritte ist von besonderer Bedeutung, da sie in mehrfacher Hinsicht im Interesse eines reibungslosen und unkomplizierten Ablaufs optimiert ist: Zum einen vermeidet sie das mehrfache Einbringen der gleichen Information, zum anderen dient jeder Schritt der Minimierung des Aufwands und erlaubt gleichzeitig, den örtlichen Gegebenheiten individuell Raum zu geben.

Die Systematik des Vorgehens im Laufe des Verwundbarkeitsassessments ist in Abbildung 2.6 illustriert. Das hier abgebildete Schema ist von links oben nach rechts unten entlang der Pfeile zu lesen. Nach der Festlegung des betrachteten Hochwasserszenarios (Schritt 1) wird eine Bestandsaufnahme der innerhalb der betrachteten Kommune zu findenden Teilprozesse / Komponenten durchgeführt (Schritt 2). Anschließend wird eine Expositionsanalyse vorgenommen (Schritt 3) und das Assessment unter Berücksichtigung der Funktionsanfälligkeit (Schritt 4), der technischen und organisatorischen Ersetzbarkeit (Schritt 5 und 6) sowie einem sich akkumulierenden Restrisiko<sup>19</sup> zu Ende geführt. Das Durchlaufen der Assessment-Schritte führt je nach erzieltm Ergebnis entweder zur Einordnung des Prozesses in eine Verwundbarkeitsklasse oder zum nächsten Assessment-Schritt.

Zur Umsetzung eines Verwundbarkeitsassessments auf der Grundlage der bereits beschriebenen Verwundbarkeitskriterien musste eine sinnvolle Form der Operationalisierung gefunden werden, um die Ergebnisse fassbar und kommunizierbar zu machen. Die Art und Weise, in der die Ergebnisse an die Kommune ausgegeben werden, ist von besonderer Bedeutung, denn es soll keinesfalls angedeutet

<sup>19</sup> Hinsichtlich des Restrisikos wird angenommen, dass eine Naturgefahr wie ein Hochwasser eine Reihe von unvorhersehbaren Aspekten bereithält. Jeder Assessment-Schritt, der durchlaufen werden muss, um zu einer Verwundbarkeitsaussage zu kommen, ist mit diesen Unsicherheiten behaftet. Während nach dem ersten Assessment-Schritt, der Expositionsanalyse, ein relativ geringes Restrisiko besteht und die Komponenten, welche schon nach diesem ersten Schritt in Verwundbarkeitsklasse I eingeordnet werden können, sehr wenig davon beeinflusst werden, können bei einer Komponente, welche exponiert, funktionsanfällig und nur mit Hilfe technischer und organisatorischer Maßnahmen ersetzbar ist (also vier Assessment-Schritte durchlaufen muss), vergleichsweise viele unvorhersehbare Faktoren eine Rolle spielen.

werden, dass ein Ereignis wie ein Hochwasser exakte Planungsbedingungen bietet. Es muss unbedingt vermieden werden, einen Eindruck von Präzision zu vermitteln, welcher sich im tatsächlich eintretenden Hochwasserfall ggf. als trügerisch erweisen könnte. Da sich die Aussagen des Assessments immer auf ein Hochwasserszenario beziehen, welches zwar versucht, ein tatsächliches Ereignis abzubilden, dessen Vielschichtigkeit unter realen Bedingungen jedoch nicht unbedingt zu erfassen vermag, muss mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden. Darüber hinaus kann die Angabe von absoluten Zahlen oder Anteilen irreführend wirken und falsch interpretiert werden. Gleichzeitig sollte verhindert werden, dass die Ergebnisse so wenig konkret erscheinen, dass von kommunaler Seite kein Nutzen aus dem Assessment gezogen werden kann. Eine sinnvolle Alternative, die Ergebnisse der ersten Phase fassbar und kommunizierbar zu machen, bietet daher die Einteilung der einzelnen Teilprozesse in eine von fünf Verwundbarkeitsklassen, wobei sich die Klasseneinteilung sehr transparent aus dem Assessmentverlauf ableiten und für den Anwender nachvollziehen lässt (vgl. Abbildung 2.6, die fünf Verwundbarkeitsklassen sind am unteren Bildrand zu finden). Die Klassen werden nach dem Ergebnis des Verwundbarkeitsassessments bestimmt und zur verbesserten Interpretierbarkeit hinsichtlich ihres Aussagegehalts beschrieben. Auf diesem Weg werden die positiven Eigenschaften einer qualitativen Aussage und die Vergleichbarkeit einer Klassifizierung miteinander verbunden.

Im Folgenden soll ein Überblick über den Aussagegehalt der fünf Verwundbarkeitsklassen gegeben werden. Wie aus den Begleittexten hervorgeht, kann die auf diesem Weg gewonnene Verwundbarkeitsaussage nicht nur die Hintergründe der Klasseneinteilung offenlegen sondern ermöglicht auch die Ableitung von Handlungsempfehlungen zu einem sinnvollen Umgang mit den Assessment-Ergebnissen.

(Nähere Informationen zu den einzelnen Assessment-Schritten werden in Kapitel 2.3 im Zusammenhang mit den empirischen Ergebnissen sowie im Leitfaden im Anhang gegeben, vgl. Anhang A)

**KLASSE I** = *keine Verwundbarkeit oder sehr geringes Verwundbarkeitsniveau* (vgl. Abbildung 2.7)

- Hier Abbildung 2.7 einfügen -

*Abbildung 2.7: Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse I; Eigene Darstellung*

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) nicht exponiert, d. h. dem Hochwasser nicht ausgesetzt. Damit ist die Verwundbarkeit des betrachteten Teilprozesses / der Komponente(n) als sehr gering bis nicht vorhanden zu betrachten. Die Verminderung der Exposition einer Infrastruktur bzw. ihrer Komponenten ist der effektivste Weg zur Herabsetzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser.

**KLASSE II** = *geringes Verwundbarkeitsniveau* (vgl. Abbildung 2.8)

- Hier Abbildung 2.8 einfügen -

*Abbildung 2.8: Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse II; Eigene Darstellung*

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, doch seine (ihre) Funktionsfähigkeit ist nicht beeinträchtigt. Es kann dennoch keine Einteilung in Klasse I erfolgen, da ein Hochwasser immer eine potentiell gefährliche Situation mit vielen Eventualitäten bedeutet (Restrisiko), für die es keinen effektiveren Schutz als die Vermeidung der Exposition geben kann. Es bieten sich die Möglichkeiten, das geringe Restrisiko zu akzeptieren oder die Verwundbarkeit über die Reduktion der Exposition weiter herabzusetzen.

**KLASSE III** = *mittleres Verwundbarkeitsniveau* (vgl. Abbildung 2.9)

- Hier Abbildung 2.9 einfügen -

*Abbildung 2.9: Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse III; Eigene Darstellung*

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und vollständig ersetzbar. Das bedeutet, dass die Komponente(n) dem Hochwasser ausgesetzt ist (sind) und dabei einen Funktionsausfall erleidet (erleiden), der von einer oder mehreren anderen Komponente(n) vollständig

ersetzt werden kann. Das Personal ist ausreichend vorbereitet, um dies zu realisieren. Auch wenn nicht unbedingt mit einem Versorgungsausfall zu rechnen ist, birgt die Situation doch ein hohes Restrisiko. Es muss daher eine Einteilung in Klasse III erfolgen. Es bleiben die Möglichkeiten, das Restrisiko zu akzeptieren (und ggf. für den eventuellen Funktionsausfall zu planen) oder Maßnahmen zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und Exposition vorzunehmen.

**KLASSE IV** = *hohes Verwundbarkeitsniveau* (vgl. *Abbildung 2.10*)

- Hier *Abbildung 2.10* einfügen -

*Abbildung 2.10: Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse IV; Eigene Darstellung*

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nur teilweise ersetzbar. Im Hochwasserfall ist zumindest mit einem teilweisen Funktionsausfall zu rechnen. Es bleibt einerseits die Möglichkeit, die vergleichsweise hohe Verwundbarkeit zu akzeptieren und für den Funktionsausfall bei einem Hochwasserereignis zu planen, oder andererseits Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit sowie zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und Exposition zu ergreifen.

**KLASSE V** = *sehr hohes Verwundbarkeitsniveau* (vgl. *Abbildung 2.11*)

- Hier *Abbildung 2.11* einfügen -

*Abbildung 2.11: Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse V; Eigene Darstellung*

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nicht ersetzbar. Im Hochwasserfall ist mit einem Totalausfall der Leistung zu rechnen. Es sollte entweder die hohe Verwundbarkeit akzeptiert und entsprechende Pläne zum Umgang mit dem Versorgungsausfall erstellt, oder Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit bzw. zur Verminderung von Exposition und Funktionsanfälligkeit ergriffen werden.

### **2.2.5 Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der zweiten Assessment-Phase**

Die folgenden Ausführungen enthalten Angaben dazu, welche methodischen Überlegungen der zweiten Assessment-Phase zu Grunde gelegt wurden. Die Anleitung zur tatsächlichen Durchführung des Assessments sind Kapitel 3 des Leitfadens im Anhang zu entnehmen (Anhang A).

Nachdem in der ersten Assessment-Phase eine genaue Analyse der Teilprozesse und Komponenten erarbeitet wurde, müssen diese Ergebnisse in der zweiten Phase des Verwundbarkeitsassessments zu einer auf die Kommune bezogenen Gesamtaussage zusammengeführt werden. Diese Zusammenführung der Ergebnisse auf der übergeordneten Infrastrukturebene soll nach Möglichkeit ohne Verlust der Detailtiefe aus der ersten Assessment-Phase geschehen.

Die in Kapitel 2.2.2 bereits eingeführte *Relevanz* kann als ein ansatzweise verallgemeinerbares Kriterium herangezogen werden, um die Ergebnisse zueinander ins Verhältnis zu setzen. Die *Relevanz* zeichnet dabei nach, welchen Weg Strom und Wasser innerhalb der Kommunen von der Erzeugung oder der Übernahme von einem externen Anbieter bis zum Verbraucher zurücklegen muss. Es kann vereinfachend angenommen werden, dass der Ausfall eines Teilprozesses, der weit oben in dem in *Abbildung 2.12* angegebenen Ranking angesiedelt ist, weiter reichende und großflächigere Versorgungsausfälle nach sich ziehen wird, als ein weiter unten angesiedelter Teilprozess.

Es ist zu betonen, dass *Relevanz* keinesfalls mit *Kritikalität* gleichgesetzt werden kann. *Kritikalität*, wie auch *Relevanz*, ist als ein Kriterium zu verstehen, welches versucht, der Bedeutung des Einzelprozesses im Hinblick auf die Funktion des gesamten Systems Rechnung zu tragen. *Kritikalität* wird beispielsweise bei LAUWE / RIEGEL als die „Bedeutsamkeit [einer] Komponente in Bezug auf die Konsequenzen verstanden, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Aufrechterhaltung der Gesamtdienstleistung bzw. Produktion und letztlich für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen insgesamt haben“ (LAUWE / RIEGEL 2008: 120, vgl. auch BMI 2009: 5, LENZ 2009: 42). Während demnach *Kritikalität* ein Maß ist, welches die gesellschaftliche Tragweite, der beim Ausfall einer Komponente bzw. eines Teilprozesses zu erwartenden Folgen

darstellt, bildet die Relevanz lediglich einen auf die Infrastruktur selbst bezogenen Aspekt dessen ab und gibt daher auch nur einen Anhaltspunkt. Aussagen über die zu erwartenden Auswirkungen eines Infrastrukturausfalls auf die Gesellschaft, können nach der Anwendung der hier entwickelten Methode in der jeweiligen Kommune unter Einbeziehung der lokalen Situation gemacht werden und gehen demnach über das hier zu leistende hinaus.

- Hier Abbildung 2.12 einfügen

*Abbildung 2.12: Ranking der einzelnen Teilprozesse gemessen an ihrer Relevanz; Eigene Darstellung*

Da es nach Möglichkeit darum gehen soll, die Folgen eines möglichen Ausfalls zur Bewertungsgrundlage der zweiten Assessment-Phase zu machen, gibt der Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment (vgl. Anhang A) Hinweise darauf, wie die Ergebnisse der ersten Assessment-Phase (*Exposition, Funktionsanfälligkeit und Ersetzbarkeit*) in der Zusammenschau mit der *Relevanz* sowie weiteren Informationen, die im Einzelfall in Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreibern zu ermitteln sind<sup>20</sup>, in die Interpretation mit einbezogen werden können. Es steht zur Diskussion, inwieweit das Zusammenspiel aller hier angesprochenen Verwundbarkeitskriterien und lokalen Einflussfaktoren im konkreten Fall den Grad an *Kritikalität*, verstanden als ein Maß, welches angibt, wie folgenschwer die Beeinträchtigung oder der Ausfall einer Komponente nicht nur für die Funktionsfähigkeit des gesamten Systems, sondern „für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen“ ist (LAUWE / RIEGEL 2008: 120, vgl. auch BMI 2009: 5, LENZ 2009: 42), angeben kann.

Das in Abbildung 2.12 wiedergegebene Ranking enthält hinsichtlich der Bewertungsgrundlage *Relevanz* zwei Ausnahmen: Die Leitstellen sowie die Teilprozesse ‚Stromerzeugung‘ und Anschluss an das Hochspannungsnetz‘ wurden gemäß der Aussagen der befragten Experten entsprechend in das Ranking integriert. Die Hintergründe dieser Entscheidung sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

Die Leitstellen stellen funktional eine Ausnahme dar, weil Strom und Wasser diese Stationen nicht wie im Fall aller anderen Komponenten auf ihrem Weg zum Verbraucher passieren müssen, sondern diese mit ihrer Überwachungs- bzw. Steuerungsfunktion eine Sonderposition einnehmen. Es war daher nicht möglich, wie bei den anderen Komponenten die Stellung der Komponenten aus der Reihenfolge der zu erbringenden Teilprozesse abzuleiten.

Eine Anmerkung sollte auch zur Stellung der Teilprozesse ‚Stromerzeugung‘ und ‚Anschluss an das Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz‘ gemacht werden. Dazu bedarf es einiger Informationen zum Beitrag unterschiedlicher Kraftwerkstypen und des Hoch- bzw. Höchstspannungsnetzes zur Versorgung. Es gilt grundsätzlich zwischen der Stromerzeugung für den lokalen Bedarf und der Stromerzeugung in zentralen Großkraftwerken (z. B. Kernkraftwerken oder Kohlekraftwerken) zu unterscheiden. Die Großkraftwerke produzieren Strom, der über das europaweit verzweigte Hoch- und Höchstspannungsnetz über weite Strecken transportiert wird. Dezentrale Kraftwerke speisen zwar auch in ein Netz (in der Regel Hoch- oder Mittelspannung) ein, doch sind die Eigner zumeist lokale Versorger (z. B. Stadtwerke) oder private Anbieter. Die Stromerzeugung dieser Kraftwerke ist am lokalen Bedarf orientiert und häufig werden sie gleichzeitig zur Erzeugung von Heizwärme (über Kraft-Wärme-Kopplung; zum Betrieb eines Fernwärmenetzes) zur Versorgung der Stadt genutzt (vgl. auch Kapitel 2.3.1 zu den Rahmenbedingungen der Stromversorgung). Das Höchstspannungsnetz, in welches die Großkraftwerke einspeisen und an das direkt oder vermittelt über die Hoch- und Mittelspannungsebene praktisch alle Kommunen in Deutschland angeschlossen sind, bildet das Rückgrat der Stromversorgung. Es liefert nicht nur einen Großteil aller benötigten elektrischen Energie, sondern wird auch dort, wo vor Ort Strom in ausreichender Menge produziert wird, benötigt, um Lastschwankungen, welche sowohl saisonal als auch diurnal auftreten, auszugleichen.

Die in Abbildung 2.12 angeführten Kraftwerke, die zum Teilprozess ‚Stromerzeugung‘ beitragen, sind Kraftwerke, die zur Deckung des lokalen Strombedarfs beitragen. Sie sind in der Abbildung nicht an

<sup>20</sup> Als solche sind Kriterien wie der Größe und der Lage der unversorgten Flächen und der Art und Bedeutung der nicht versorgten Objekte zu nennen (vgl. Anhang A, sowie Kapitel 2.3.4).

oberster Stelle eingetragen, weil ihr (hochwasserbedingter) Ausfall zumeist über den verstärkten Zukauf von Strom aus dem Hoch-/Höchstspannungsnetz ausgeglichen werden kann. Es ist anzunehmen, dass die Lieferungen dieses Netzes von den Auswirkungen eines Hochwassers unberührt bleiben – selbst wenn Großkraftwerke vom Netz gehen müssten, so stünde eine genügend hohe Reservekapazität im Hintergrund bereit, um diese Ausfälle auszugleichen. Daher ist der Teilprozess ‚Anschluss an das Hoch-/Höchstspannungsnetz‘ und die diesen umsetzenden Komponenten (Umspannwerke I) als besonders kritisch zu betrachten und entsprechend in Abbildung 2.12 an oberster Stelle angeführt. Die Großkraftwerke sind in der Abbildung nicht enthalten, da sie zum einen nicht direkt zur Deckung des lokalen Bedarfs beitragen und zum anderen als vollständig redundant betrachtet werden können. Ihre Integration in das Verwundbarkeitsassessment bezogen auf die Versorgungssicherheit auf kommunaler Ebene ist daher im Sinne einer konsequent lokalen Perspektive nicht zielführend.

### ***2.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung***

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln Informationen zu den Eigenschaften des Untersuchungsgegenstands, zum Vorgehen im Forschungsprojekt und zur Assessmentmethode gegeben wurden, sollen im Folgenden anhand ausgewählter Beispiele die Ergebnisse der empirischen Arbeit veranschaulicht werden. Die Datenlage lässt dabei keinen auf die gesamten Kommunen bezogenen, direkten Vergleich der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung zu. Dieser Umstand hängt zum einen damit zusammen, dass viele Informationen, die für einen solchen Vergleich benötigt würden, privaten Quellen entstammen, der Projektarbeit nicht zugänglich gemacht wurden und/oder nicht veröffentlicht werden können. Zum anderen sind in dem hier vorgestellten methodischen Vorgehen zum Verwundbarkeitsassessment neben raumbezogenen Flächendaten viele eher qualitative, objektbezogene Informationen eingebunden, die sich für eine großflächige Darstellung nur eingeschränkt eignen. Es wird daher eine auf die einzelnen Schritte des Verwundbarkeitsassessments bezogene Auswahl der Projektergebnisse erfolgen. Dieser Darstellung soll zunächst zum besseren Verständnis und zur Einbettung der Ergebnisse in den Gesamtzusammenhang eine kurze Einleitung zu dem Rahmenbedingungen der Strom- und Wasserversorgung sowie eine Beschreibung der Untersuchungsräume hinsichtlich ihrer Infrastrukturausstattung vorangestellt werden.

#### ***2.3.1 Rahmenbedingungen der Strom- und Trinkwasserversorgung***

In den folgenden Unterkapiteln soll ein Überblick über die Eigenschaften der Strom- und Trinkwasserversorgung gegeben werden, welcher den Rahmen für die in den Kapiteln 2.3.3 und 2.3.4 gegebenen Analysen bildet. Vor dem Hintergrund der häufig über die kommunale Grenze hinausgehenden Organisation der Versorgungsinfrastrukturen wird eine Einbettung der lokalen Bedingungen in den Gesamtzusammenhang geleistet.

#### ***Rahmenbedingungen der Stromversorgung in Deutschland***

Um die folgenden empirischen Untersuchungen auf kommunaler Ebene in ihren größeren räumlichen und funktionalen Kontext einordnen zu können, werden in diesem Kapitel grundlegende und zum Verständnis der untersuchten Sachverhalte bedeutsame Aspekte zum Aufbau und zur Funktionsweise der Stromversorgung in Deutschland gegeben. Es soll an dieser Stelle bewusst keine umfassende Beschreibung der deutschen bzw. der europäischen Stromwirtschaft gegeben werden, da diese den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, sondern eine Konzentration auf jene Bereiche, die im weiteren Verlauf von Bedeutung sein werden, erfolgen.

Wolfgang BRÜCHER fasst die Gründe für den Aufbau der Stromversorgungsinfrastrukturen, welche sich auch auf der innerhalb des Projektes betrachteten kommunalen Ebene niederschlagen, kompakt zusammen: „Das komplexeste geographische Charakteristikum der Stromwirtschaft ist die perfekt koordinierte Gleichzeitigkeit von Produktion in weit auseinander liegenden Kraftwerken verschiedenster Größe, Energieträger und Standorttypen, die Einspeisung in ein verzweigtes Netz und die Lieferung an die Endabnehmer, wie sie nach Profil, Bedarf und Standorten unterschiedlicher nicht

sein können, vom Industriebetrieb bis zum Bergbauernhof“ (BRÜCHER 2009: 144). Die Erläuterung der hier genannten Eigenschaften und Einflussfaktoren kann einen Überblick über die auch auf kommunaler Ebene bedeutsamen Faktoren, welche den Aufbau und die Funktionsweise vor Ort bestimmen, geben.

Das erste in BRÜCHERS Zitat angesprochene Charakteristikum der Stromversorgung ist der Zwang zur Gleichzeitigkeit von Produktion und Konsum (vgl. BRÜCHER 2009: 143), denn die Speicherung von elektrischem Strom ist derzeit nur begrenzt möglich. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, vor welchen Herausforderungen die Stromwirtschaft angesichts eines der starken täglichen und saisonalen Schwankungen im Strombedarf steht – es sollte im Optimalfall immer im selben Moment die Strommenge produziert werden, die von den Verbrauchern abgenommen werden kann. Aus diesem Grund wird eine Vielzahl von Kraftwerkstypen vorgehalten, welche in unterschiedlichen Kombinationen den Bedarf decken. Die Einbindung in ein verflochtenes Netz sorgt für zusätzliche Flexibilität (vgl. BRÜCHER 2009: 159). Auf kommunaler Ebene bedeutet dieser Umstand, dass die Erzeugung der lokal benötigten elektrischen Energie entweder ebenfalls lokal und dezentral, in kleineren Kraftwerken oder zentral und damit ggf. in einiger Entfernung zur Kommune in Großkraftwerken stattfindet. In der Regel wird die Versorgung über eine Kombination beider Möglichkeiten realisiert. Die Anbindung an das Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz wird zusätzlich benötigt, um die beschriebenen Lastschwankungen auszugleichen.

Als zweiter wichtiger Punkt werden die oft weiten räumlichen Distanzen zwischen den Kraftwerksstandorten und Konsumenten angesprochen. Die streng leitungsgebundene Energieform elektrischer Strom muss daher über große Strecken transportiert werden. Eingespeist in ein Netz mit entsprechend hoher Kapazität fließt der Strom dann automatisch, im wahrsten Sinne des Wortes dem geringsten Widerstand folgend, zum Verbraucher. Um Transportverluste auf diesem Weg zu vermeiden, ist das Stromnetz in mehreren Spannungsebenen organisiert, wobei die Regel je höher die Spannung, desto geringer die Verluste gilt. Die höchste Spannungsebene (220 kV, 380 kV) dient daher in erster Linie dem Ferntransport von Strom innerhalb Deutschlands und über die Grenzen hinaus ins europäische Ausland. Die darunterliegende Spannungsebene (Hochspannung, 110 kV) bringt den Strom über Freileitungen zu Kunden mit einem dauerhaft hohen Verbrauch oder leitet den Strom zu Umspannwerken, welche diesen zur weiteren Verteilung auf Mittelspannung (10-30 KV) transformiert. Mittelspannungsnetze sind lokal ausgerichtet, transportieren Strom zum Beispiel innerorts zu Sondervertragskunden mit hohem Strombedarf oder zu Netzstationen, welche den Strom auf Niederspannungsniveau (230 / 400 V) umspannen. Auf diesem Niveau wird der Strom schließlich an die Haushalte abgegeben (vgl. BRÜCHER 2009: 157). Die Länge der Netze unterscheidet sich ebenfalls gestaffelt nach den jeweiligen Spannungsebenen – während Strom innerhalb Deutschlands über ca. 36.000 km Höchstspannungsnetz und ca. 75.000 km Hochspannungsleitungen transportiert wird, erstreckt sich das Mittelspannungsnetz über ca. 490.000 km und das weitverzweigte Niederspannungsnetz sogar über mehr als 1.000.000 km (vgl. VDN 2007). Die Ausfallzeiten des Stromnetzes in Deutschland sind mit derzeit 21 Minuten pro Jahr und Kunde im europäischen Vergleich extrem niedrig (vgl. BDEW 2008: 23).

Wie beschrieben reihen sich zur Versorgung von Bevölkerung und Wirtschaftsunternehmen verschiedene Teilprozesse in einer Prozesskette aneinander, welche von den Komponenten der Infrastrukturnetze umgesetzt werden (vgl. Kapitel 2.1.2). Nach der Produktion des Stroms in Großkraftwerken und kleineren, dezentralen Anlagen folgt in der Regel der Transport in die Verbrauchsgebiete auf hoher Spannungsebene. Vermittelt über die Umspannung auf verschiedene Spannungsebenen in Umspannwerken und Netzstationen erfolgt schließlich die Abgabe an die Verbraucher. Überwacht werden die verschiedenen Netzebenen und Kraftwerke von Netzleitstellen, welche kontinuierlich die Netzauslastung und das Verhältnis von Angebot und Nachfrage von Strom überwachen und entsprechend reagieren.

Theoretisch können alle diese Teilprozesse innerhalb der kommunalen Versorgung eine Rolle spielen und im Hochwasserfall auch potentiell betroffen sein. Kraftwerke, welche wegen der Verfügbarkeit von Kühlwasser oft in Flussnähe angesiedelt sind, können durch eindringendes Wasser oder durch Aufschwimmen der Gebäude beschädigt oder durch die Unterbrechung von Transportwegen an der

Arbeit gehindert werden. Die daran angeschlossenen Transformatoren können ebenso wie alle weiteren zwischen den Spannungsebenen vermittelnden Umspannwerke und Netzstationen von Kurzschlüssen bedroht sein, aus Sicherheitsgründen abgeschaltet und von den Einwirkungen des Hochwassers (Wasser, Strömung, Verschmutzung, etc.) zerstört werden. Häufig ist jedoch, wie die empirischen Ergebnisse in den folgenden Kapiteln zeigen werden, nicht die vollständige Prozesskette von der Steuerung und der Produktion, über den Transport auf allen Ebenen und die Umspannung bis hin zum Verbrauch gegeben. Das im Leitfaden (vgl. Anhang A) vorgestellte Assessment zur Verwundbarkeit der Infrastruktur Stromversorgung gegenüber Hochwasserereignissen ermöglicht einen flexiblen Umgang mit dem variierenden Systemaufbau und dessen Auswirkungen auf die Verwundbarkeit.

Einen weiteren, für das Verständnis wichtigen Faktor stellen die umfassenden Veränderungen, denen die Stromversorgung Deutschlands in jüngster Vergangenheit unterlag, dar. Diese hängen vor allem mit den seit Mitte der 1990er Jahre verstärkt zu verzeichnenden Privatisierungstendenzen der Energieversorgung sowohl auf der Ebene der Verbundunternehmen, als auch bei Regionalversorgern und Stadtwerken zusammen (MONSTADT 2008: 196). Seit Ende der 1990er Jahre nehmen zusätzlich Wettbewerbsreformen innerhalb des europäischen Binnenmarktes Einfluss. Im Zuge dieser Entwicklungen „wurden die lokalen und regionalen Gebietsmonopole in den wettbewerbsfähigen Bereichen der Stromerzeugung und Verteilung von Energie an die Endkunden aufgehoben und die Unternehmen müssen diese Geschäftsbereiche künftig unabhängig vom Betrieb der Netze organisieren“ (MONSTADT 2008: 197). Im Fall der in die empirischen Arbeiten des Forschungsprojektes einbezogenen Versorgungsunternehmen sind entsprechend die Geschäftsbereiche von einander getrennt. So liegt beispielsweise im Fall der DREWAG der Netzbetrieb bei der DREWAG Netz GmbH, die RheinEnergie AG arbeitet mit der Rheinischen NETZGesellschaft mbH zusammen.

### *Rahmenbedingungen der Trinkwasserversorgung in Deutschland*

Anders als die Stromversorgung ist die Trinkwasserversorgung in Deutschland aufgrund technischer und ökonomischer Besonderheiten stark auf der lokalen oder regionalen Ebene organisiert (vgl. KLUGE / SCHEELE 2008: 143). Die Prozesskette von der Gewinnung des Rohwassers, über dessen Aufbereitung zu Trinkwasser, Zwischenspeicherung, Verteilung und Verbrauch findet nach Möglichkeit auf kleinem Raum statt. Die Trinkwasserversorgung fällt als ein Aspekt der Daseinsvorsorge in den Zuständigkeitsbereich der Gemeinde, welche darüber zu entscheiden hat, auf welchem Weg bzw. mit welcher Organisations- und Unternehmensform sie ihren Verpflichtungen nachkommt (vgl. KLUGE / SCHEELE 2008: 147; ATT et al. 2008:5). Die Trinkwasserversorgungsunternehmen sind entweder in öffentlichem Besitz oder werden unter privater Beteiligung geführt, wobei in den letzten Jahren eine Tendenz zur Privatisierung der Versorgung festgestellt werden konnte (vgl. ATT et al. 2008: 10ff.). Entsprechend dieser lokalen Anbindung versorgen „in ländlichen Gebieten kleinere Unternehmen eine vergleichsweise geringe Zahl von Einwohnern. Demgegenüber versorgt in städtischen Ballungsräumen eine kleine Anzahl von Unternehmen eine hohe Zahl von Einwohnern. So wird die Hälfte des Wasseraufkommens nur von 1,5 Prozent der Unternehmen (98 Unternehmen) zur Verfügung gestellt“ (ATT et al. 2008: 14). Trotz der eher kleinräumigen Organisation summiert sich auch die Länge des Trinkwasserleitungsnetzes (ohne Einbeziehung der Hausanschlussleitungen) zu einer geschätzten Länge von 500.000km auf (ATT et al. 2008: 37).

Ebenso wie die Stromversorgung funktioniert die Trinkwasserversorgung strikt leitungsgebunden. Die Verteilung von Trinkwasser ist von den lokalen Bedingungen – vor allem der Geländetopographie – abhängig, da im Gegensatz zum elektrischen Strom echte Stoffströme mit einem bestimmten Gewicht transportiert werden müssen. Das Wasser mag zwar der Schwerkraft von selbst bergab folgen, doch müssen oft Höhenunterschiede in umgekehrter Richtung mit dem Einsatz von Pumpen und Druckerhöhungsanlagen überwunden werden. Diese bringen das Wasser, dort wo das Eigengewicht zur Aufrechterhaltung des Netzdrucks und zum Transport zu den Verbrauchern nicht ausreicht, auf den benötigten Netzdruck. Ähnlich wie im Fall der Stromversorgung können beim Transport des Wassers in den Leitungen gewisse Verluste auftreten. Diese sind in Deutschland seit Jahren rückläufig

und liegen mit durchschnittlich 7% weit unter den im internationalen Vergleich anfallenden Verlustmengen (vgl. ATT et al. 2008: 39).

Ähnlich wie im Fall der Stromversorgung müssen innerhalb einer Kommune nicht zwangsläufig alle Teilprozesse umgesetzt und demnach nicht alle potentiell möglichen Komponenten zu finden sein. Dieser Sachverhalt wird in Kapitel 2.3.3 und 2.3.4 am Beispiel der betrachteten Kommunen ausgeführt. Theoretisch können jedoch alle Komponenten in einer Kommune zu finden sein und in diesem Fall zur Verwundbarkeit der Trinkwasserversorgung vor Ort gegenüber einem Hochwasserereignis beitragen. So liegen Wasserwerke in Flusstälern häufig in der Nähe des Gewässers, um über Brunnen Uferfiltrat aus geringer Tiefe fördern zu können. Dieser Umstand hat zur Folge, dass im Hochwasserfall nicht nur die Brunnen verschmutzt oder die Rohwasserqualität gemindert sein können, sondern auch die Anlagen zur Wasseraufbereitung selbst von einem Hochwasserereignis in Mitleidenschaft gezogen und im schlimmsten Fall zerstört werden können. Die bei einem solchen Ereignis entstehenden materiellen Schäden und auch die durch den Produktionsausfall entstehenden Kosten wären immens. Ähnlich anfällig gegenüber den Auswirkungen eines Hochwassers sind Trinkwasserlabore und Netzleitstellen – auch hier entstünden Kosten, allerdings wären Versorgungsausfälle nicht unbedingt die direkte Folge. Pumpen und Druckerhöhungsanlagen können in mehrfacher Hinsicht betroffen sein. Zum einen hinsichtlich der direkten Einwirkung des Wassers – die Bauteile sind zwar hinsichtlich der Einwirkung von unter Druck stehendem Wasser zum Teil robust, doch die Steuerungselektronik würde beschädigt. Zum anderen ist die Funktion der Anlagen in der Regel abhängig von der kommunalen Stromversorgung. Sollte diese im Hochwasserfall innerhalb des überfluteten Gebietes ausfallen (wovon in der Regel auszugehen ist), können auch die Pumpen ihre Arbeit nicht länger verrichten. Die Wasserleitungen hingegen sind innerhalb der Kommunen in der Regel unterirdisch verlegt und gegenüber den Einwirkungen des Wasserdrucks vergleichsweise unempfindlich, sodass die Netze allgemein nicht verwundbar gegenüber Flusshochwassern sind<sup>21</sup> (DVGW 2003: 4ff.). Eine besondere Situation kann jedoch dann entstehen, wenn Leitungen an Stellen angebracht sind, die einer starken Erosion durch besonders hohe Strömung ausgesetzt sind (Gefahr des Freilegens und potentiellen Unterspülens von Leitungen). Auch die Anbringung an Brücken kann die Gefahr einer Beschädigung der Leitungen erhöhen.

### ***2.3.2 Beschreibung der Untersuchungsräume hinsichtlich ihrer Strom- und Trinkwasserversorgungsinfrastrukturen***

Im Folgenden sollen in knapper Form die relevanten Bedingungen für die Strom- und Trinkwasserversorgung der Städte Köln, Dresden und Andernach sowie für die Trinkwasserversorgung der Stadt Radebeul dargestellt werden. Informationen zur Hochwassergefährdung werden an dieser Stelle zunächst ausgespart, da diese an späterer Stelle anhand der einzelnen Assessmentsschritte genauer erläutert werden sollen (vgl. Kapitel 2.3.3 und 2.3.4). Soweit nicht anders angegeben, beruhen die Darstellungen zur Strom- und Trinkwasserversorgung in den Städten auf den Expertengesprächen mit Vertretern der Infrastrukturbetreiber und der lokalen Verwaltungen.

## **KÖLN**

### ***Stromversorgung der Stadt Köln***

Die Stadt Köln wird von der RheinEnergie AG mit Strom versorgt, die Rheinische Netzgesellschaft mbH ist für den Netzbetrieb verantwortlich. Die Gemarkungsgrenzen spielen für die

---

<sup>21</sup> Diese Aussage bezieht sich auf Erfahrungen aus dem Elbehochwasser 2002. Bei den Überflutungen der Elbe waren damals keine Schäden durch das Hochwasser aufgetreten, wohl aber durch deren Zuflüsse in höher gelegenen Regionen. In Gebieten mit höherem Gefälle und entsprechend höheren Strömungsgeschwindigkeiten kam es sehr wohl zu erheblichen Schäden durch freigelegte und unterspülte Leitungen, aus denen viel Trinkwasser entweichen konnte und hohe Kosten verursacht wurden. Auch die Arbeit der Einsatzkräfte führte in einigen Fällen zu Beschädigungen (DVGW 2003: 4ff.)

Ausdehnung der Netze keine Rolle und umliegende Gemeinden werden über das vorgelagerte Regionalnetz mitversorgt. Geschätzt beläuft sich der maximale tägliche Bedarf innerhalb Kölns auf 1.200 MW, von denen ca. 50 % von vier Heizkraftwerken (Niehl, Merkenich, Merheim, Zugweg) direkt in Köln produziert und auf der 110 kV- und der Mittelspannungsebene ins Netz eingespeist werden<sup>22</sup>. Zusätzlich verfügt die RheinEnergie AG über zwei Heizwerke, die jedoch ausschließlich der Produktion von Heizwärme dienen. Der Anteil von privaten, dezentralen Anbietern ist derzeit zu vernachlässigen – die Energieversorgung der Stadt ist aufgrund ihres geringen Anteils an der Gesamtleistung in keiner Weise auf die Einspeisung aus diesen Quellen angewiesen. Die verbleibenden 50 % des Bedarfs werden über Einspeisung aus dem Verbundnetz abgedeckt.

Die Stromversorgung der Stadt Köln ist, wie in den allermeisten Städten, zur Aufrechterhaltung der vollständigen Versorgung auf Lieferungen aus dem Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz angewiesen. Die Kraftwerke liefern zwar einen hohen Prozentsatz der benötigten elektrischen Energie, können jedoch das Netz nicht allein und örtlich begrenzt aufrechterhalten. Der Ausgleich von Lastschwankungen fällt im ‚Inselbetrieb‘, d.h. bei Ausfall des vorgelagerten Hoch- bzw. Höchstspannungsnetzes, schwer. Umgekehrt ist Köln jedoch nicht von den Kraftwerken auf dem Stadtgebiet abhängig, um seinen Energiebedarf zu decken. Das Stromnetz der Stadt ist an mehreren Kuppelstellen an das Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz der RWE angeschlossen. Der mögliche Ausfall von Kraftwerken, etwa im Fall eines extremen Hochwassers, wird über die Anbindung an das Netz der RWE ausgeglichen.

Die netzführenden Leitstellen haben innerhalb des Netzes der Stadt Köln die Kontrolle über die Einspeisesituation aus dem Verbundnetz und den eigenen Kraftwerken sowie über die verschiedenen Netzebenen von der Hochspannung bis zur Niederspannung. Über redundante Systeme wird einem Ausfall der Leitstellen vorgebeugt. Zwar waren früher mehrere Leitstellenstandorte über das Stadtgebiet verteilt, doch diese wurden im Zuge von Umstrukturierungsmaßnahmen zusammengelegt. Die alten Standorte wurden endgültig aufgegeben, da ihre Aufrechterhaltung hohe Kosten nach sich gezogen hätte und die Technik nach kurzer Zeit nicht mehr auf neuestem Stand gewesen wäre.

### *Trinkwasserversorgung der Stadt Köln*

Die Trinkwasserversorgung der Stadt Köln gehört ebenfalls zu den Aufgaben der RheinEnergie AG. Die Organisation der Versorgung und die Anlage der Versorgungsnetze ist von der historischen Entwicklung der Stadt geprägt: Seit ihrer Anlage im 19. Jahrhundert ist die Trinkwasserversorgung der Stadt in zwei Netzbereiche, einen linksrheinischen und einen rechtsrheinischen, unterteilt. Dieser Umstand ist der Tatsache geschuldet, dass die beiden Bereiche über einen langen Zeitraum hinweg immer von unterschiedlichen Versorgern mit Trinkwasser beliefert wurden. Es existiert zwar eine ‚Notverbindung‘ zwischen dem linksrheinischen und dem rechtsrheinischen Versorgungsgebiet, die Netze funktionieren jedoch vollständig unabhängig von einander und sollen daher im Folgenden auch unabhängig von einander skizziert werden.

#### **- Hier Abbildung 2.13 einfügen**

*Abbildung 2.13: Übersicht über die Komponenten zur Wasserversorgung durch die RheinEnergie AG in der Stadt Köln (sowie der ebenfalls von der RheinEnergie AG versorgten Städte Frechen und Pulheim);  
Bildquelle: RheinEnergie AG 2009*

Die linksrheinische Trinkwasserversorgung wird von zwei funktional verbundenen Komplexen, einer im Norden und einer im Süden des Stadtgebietes, mit Wasser versorgt (vgl. Abbildung 2.13). Im Versorgungskomplex des linksrheinischen Kölner Nordens wird über eine Brunnengalerie entlang des Rheins in Langel / Worringen Uferfiltrat gewonnen und über eine Verrieselungsanlage in Esch südlich des Wasserwerks Weiler zur Grundwasseranreicherung genutzt<sup>23</sup>. In der Verrieselungsanlage wird das

<sup>22</sup> Angaben zur Eigenerzeugungskapazität aus Hartl 2008 (Präsentation zur gemeinsamen Einsatzplanung der Stadt Köln und der RheinEnergie AG)

<sup>23</sup> Diese Maßnahme war durch eine in den 1950er Jahren beobachtete Absenkung des Grundwasserspiegels notwendig geworden: Da rechtliche Bestimmungen die Entnahme von Grundwasser über die Menge des sich neubildenden Grundwassers hinaus verbieten, mussten Wege gefunden werden, mit der Situation umzugehen. Da

Uferfiltrat über flachen, ausgekiesten Becken versprüht, wobei die Sauerstoffanreicherung gute Bedingungen für eine biologische Reinigung schafft. Nach dem Einsickern wird das Wasser dem Grundwasser zugeführt und folgt mit dem Grundwasserabfluss dem Gefälle zum Wasserwerk Weiler. Durch diese Maßnahmen konnte nicht nur ein weiteres Absinken des Grundwasserspiegels verhindert werden, auch konnte die Wasserqualität durch die Anreicherung verbessert werden. Dieser Komplex deckt im Normalfall zu etwa 40 % den Bedarf der Stadt Köln auf der linken Rheinseite.

Der zweite linksrheinische Trinkwasserversorgungskomplex befindet sich im Süden der Stadt. Hier wird entlang des Weißer Bogens in einer Brunnengalerie Uferfiltrat gewonnen und anschließend zum Wasserwerk Hochkirchen gepumpt. Aufgrund der in der Zwischenzeit verbesserten Wasserqualität des Rheins war die Anlage eines Verrieselungsbeckens, wie es in Esch besteht, nicht mehr notwendig: Das Wasser wird mit dem in Hochkirchen geförderten Grundwasser vermischt, anschließend aufbereitet und vom Wasserwerk Hochkirchen und vom Wasserwerk Severin aus in das Trinkwassernetz eingeleitet. Die Vermischung hat auch in diesem Fall einen positiven Effekt auf die Wasserhärte und den Nitratgehalt. Insgesamt entfallen 60 % der linksrheinischen Trinkwasserversorgung auf diesen Komplex, wobei 40 % vom Wasserwerk Hochkirchen und weitere 20 % vom Wasserwerk Severin aus eingespeist werden. Im Untergrund sind die beiden Versorgungskomplexe auf der linken Rheinseite mittels eines auf hohe Kapazitäten ausgelegten Ringleitungssystems miteinander verbunden.

Auf der linken Rheinseite bestehen zwei Verbindungen nach außen. Zum einen wird das Versorgungsgebiet der Stadt Frechen, dessen Versorgung die RheinEnergie AG übernommen hat, mit Wasser aus dem Wasserwerk Dirmerzheim (in Besitz der RWE, außerhalb des Versorgungsgebietes gelegen) beliefert. Bei diesem Arrangement handelt es sich um ein Abkommen, welches aus der Zusammenlegung mehrerer kleiner Versorgungsgebiete unterschiedlicher Versorger entstand. Eine weitere Verbindung besteht zur Stadt Brühl. Hier übergibt die RheinEnergie AG als Vorversorger Trinkwasser an die Stadtwerke Brühl, welche die Verteilung des Wassers vor Ort übernehmen.

Im Vergleich zur linksrheinischen Wasserversorgung, deren Anlage von einem hohen Maß an zentraler Planung, die von Beginn an die gesamtstädtische Situation im Blick hatte, zeugt die rechtsrheinische Trinkwasserversorgung von einer kleinräumigeren Planung und zeigt eine Entwicklung im Zuge mehrerer Eingemeidungsphasen und den damit einher gehenden Vergrößerungen des Versorgungsgebiets. Durch diesen Umstand kommt es dazu, dass den zwei zusammenhängenden Trinkwasserversorgungskomplexen der linken Rheinseite, drei unabhängige Wasserwerke und ein weiterer Versorgungskomplex auf der rechten Rheinseite gegenüberstehen (vgl. Abbildung 2.13). Auch kommt es zu einer räumlichen Konzentration von Trinkwasserbereitstellung im Süden (ca. 73 % der rechtsrheinischen Trinkwasserproduktion), während der Verbrauch über das gesamte rechtsrheinische Stadtgebiet verteilt ist. Im Gegensatz zum Ringleitungssystem der linken Rheinseite wird das Wasser auf der rechten Seite mittels eines Leitungsstranges zwischen Süd und Nord transportiert. Anteilig verteilt sich die Bereitstellung von Trinkwasser auf der rechten Rheinseite zu jeweils 30 % auf die Wasserwerke Zündorf und Westhoven, zu ca. 27 % auf Höhenhaus und ca. 13 % auf Leidenhausen<sup>24</sup>.

Das zusätzlich zur Trinkwasserversorgung im Kölner Norden bestehende Betriebswassernetz stellt eine Besonderheit dar und soll hier nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden. Das in diesem Netz bereitgestellte Wasser muss nicht die hohen Standards des Trinkwassers erfüllen, da es vorwiegend als Kühlwasser genutzt oder zur Verwendung in betrieblichen Prozessen vor Ort aufbereitet wird. Die Anlage dieses separaten Netzes geht in die 1960er Jahre zurück. Im Zuge der Industrieansiedlung im Norden der Stadt, deckte man über die Anlage des Betriebswassernetzes deren hohen Bedarf und hoffte gleichzeitig, über die Bereitstellung der Infrastruktur gute Bedingungen für

---

die Aufgabe des Wasserwerks aus Gründen der Kapazitätsauslastung nicht möglich war, entschied man sich für eine Anreicherung des Grundwasserkörpers.

<sup>24</sup> Diese Werte sind näherungsweise anhand der Gesamtmengen abgegebenen Trinkwassers des letzten Jahres ermittelt worden. Es gilt dabei zu bedenken, dass das fünfte Wasserwerk, Erker Mühle, in dieser Rechnung nicht berücksichtigt werden konnte, da dieses aufgrund umfangreicher Umbaumaßnahmen über einige Zeit nicht in Betrieb war.

weitere Investitionen zu schaffen. Aus heutiger Sicht wäre eine solche Anlage als zu wartungs- und kostenintensiv zu bewerten. Auch wurde bei der Planung der Anlage der zukünftige Wasserbedarf überschätzt.

Das Betriebswassernetz wird linksrheinisch von den Brunnengallerien Glanzstoff und Niehler Bogen gespeist (vgl. Abbildung 2.13). Von dort aus wird das Wasser ohne weitere Behandlung an die Kunden ausgeliefert. Die rechtsrheinische Betriebswasserversorgung stützt sich im Wesentlichen auf die Wasserwerke Stammheim Nord und Süd (vgl. Abbildung 2.13). Zusätzlich wird im Wasserwerk Höhenhaus, welches Dynamit Nobel gehört, jedoch von RheinEnergie betrieben wird, Wasser für die Industrie bereitgestellt. Da Dynamit Nobel nur etwa 50 % des dort zur Verfügung gestellten Wassers abnimmt, wird der Überschuss in das Stadtnetz eingespeist. Anders als in den Wasserwerken Stammheim Nord und Süd wird in Höhenhaus nur Wasser in Trinkwasserqualität produziert, d. h. auch das Wasser, welches an Dynamit Nobel geliefert wird, ist Trinkwasser und nicht Betriebswasser im engeren Sinn.

## **DRESDEN**

### ***Stromversorgung der Stadt Dresden***

Für die Versorgung der Stadt Dresden mit elektrischem Strom ist die DREWAG, für den Netzbetrieb die DREWAG Netz GmbH verantwortlich. Den Strombedarf der Stadt Dresden, der bei maximal 400 MW liegt, erzeugt die DREWAG zum größten Teil selbst in ihren sieben eigenen Kraftwerken (Gasturbinen-Heizkraftwerk Nossener Brücke, Heizkraftwerk Nord, Heizkraftwerk Reick, Heizkraftwerk Klotzsche, Motor-Heizkraftwerke Trachau, Kadiz und Mickten). Eine Schlüsselrolle kommt bei der Stromproduktion dem Heizkraftwerk Nossener Brücke zu, welches im Winter allein 270 MW liefern kann. Bedingt durch die Kraft-Wärme-Kopplung und Revisionen ist im Sommer weniger Leistung verfügbar. Im Inselbetrieb kann der Strombedarf der Stadt nur teilweise gedeckt werden. Bei einem Ausfall aller Kraftwerke wäre durch Bezug von Strom aus dem Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz die Aufrechterhaltung der Stromversorgung gewährleistet. Das Stromnetz der Stadt Dresden ist im Südosten an das 380 kV-Netz der Vattenfall Europe AG angeschlossen. Im Westen, am Pumpspeicherkraftwerk Niederwartha (befindet sich auf Dresdner Stadtgebiet ist allerdings in Besitz der Vattenfall Europe AG) existiert, über eine 110 kV-Hochspannungsleitung der Energie Sachsen Ost AG (ENSO) eine weitere Verbindung zum 380 kV-Netz der Vattenfall Europe AG.

Die Stadt Dresden ist in unterschiedliche Netzbereiche unterteilt. Die Einteilungen innerhalb des Versorgungsgebietes der DREWAG Netz (Strombezirke Nord, Ost und West) sind rein administrativ, d. h. die Netze sind miteinander verbunden und stellen keine funktional unterschiedlichen Einheiten, sondern lediglich separate Zuständigkeitsbereiche innerhalb der DREWAG Netz dar. Es gibt jedoch Bereiche innerhalb des Dresdener Stadtgebietes, deren Netz nicht von DREWAG Netz, sondern von ENSO betrieben werden. Diese Gebiete, Weixdorf, Langebrück, Schönfeld-Weißig, Cossebaude, Mobschatz, Gompitz und Altfranken, sind über Eingemeindungen erst in jüngster Vergangenheit zum Dresdener Stadtgebiet hinzugekommen. Die Zuständigkeit der unterschiedlichen Netzbetreiber ist diesem Umstand geschuldet.

### **Trinkwasserversorgung der Stadt Dresden**

- Hier Abbildung 2.14 einfügen

*Abbildung 2.14: Übersicht über die Komponenten zur Trinkwasserversorgung der Stadt Dresden.*

*Bildquelle: DREWAG Netz (2008)*

Auch für die Versorgung der Stadt Dresden mit Trinkwasser ist die DREWAG verantwortlich. Der tägliche Wasserbedarf der Stadt schwankt zwischen etwa 95.000 m<sup>3</sup> im Winter und 135.000 m<sup>3</sup> im Sommer und wird von der DREWAG in den drei eigenen, im Folgenden näher beschriebenen Wasserwerken gedeckt.

Das Wasserwerk Coschütz befindet sich auf der südlichen Seite der Elbe und bezieht sein Rohwasser aus dem Talsperrensystem Lehmühle / Klingenberg. Bilanzseitig besteht die Möglichkeit, auf ein ganzes Jahr hochgerechnet 69.000 m<sup>3</sup> pro Tag aus dem Talsperrensystem zu entnehmen. Hydraulisch ist das Zuführungssystem zum Wasserwerk Coschütz und die Aufbereitungsanlage im Wasserwerk jedoch so dimensioniert, dass bis zu 120.000 m<sup>3</sup> Rohwasser an einem Tag aufbereitet werden können. Dies bedeutet, dass das Wasserwerk Coschütz, unter der Voraussetzung einer guten Qualität des Rohwassers und der Beachtung von hydrologischen Rahmenbedingungen, im Sinne der Versorgungssicherung an vielen Tagen des Jahres den Wasserbedarf der Stadt decken allein kann. Das Wasser nimmt dem Gefälle folgend seinen Weg aus dem von der Landestalsperrenverwaltung Sachsen bewirtschafteten Talsperrenverbund Lehmühle / Klingenberg durch ein Stollen- bzw. Rohrleitungssystem zum Wasserwerk Coschütz. Der Wasserfluss wird im Bereich der Wasserkraftwerke Klingenberg und Tharandt durch die ENSO sowie im Bereich Wasserkraftwerk Dorfhain durch die DREWAG zur Energieerzeugung genutzt. Auf dem Gelände des Wasserwerks Coschütz befinden sich auch die zentrale Warte der Wasserversorgung der DREWAG, sowie das zentrale Trinkwasserlabor.

Das Wasserwerk Tolkewitz liegt östlich des Stadtzentrums am südlichen Elbufer. Hier können täglich maximal 35.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser produziert werden. Das Wasserwerk bezieht das Rohwasser aus dem Grundwasserleiter sowie aus dem Uferfiltrat der Elbe. Die mögliche Abgabemenge des Wasserwerks ist abhängig vom Pegel der Elbe. Niedrigwasser stellt für das Wasserwerk ein Problem dar, da in diesem Fall weniger Rohwasser entnommen werden darf. Bei hohem Wasserstand kann das Werk, solange es nicht überflutet wird, die maximale Menge von 35.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Tag liefern. Im Mittel werden im Wasserwerk Tolkewitz ca. 15.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Tag aufbereitet.

Das Wasserwerk Hosterwitz liegt östlich der Innenstadt am nördlichen Elbufer. Es bezieht sein Rohwasser zum einen aus Grundwasser bzw. dem Uferfiltrat der Elbe, kann aber zum anderen auch Wasser direkt aus der Elbe entnehmen und aufbereiten. Auf diesem Weg kann das Wasserwerk mit seiner täglichen Leistung von maximal 72.000 m<sup>3</sup> einen relativ großen Anteil des täglichen Wasserbedarfs der Stadt decken. Das Wasserwerk Hosterwitz trägt durchschnittlich mit ca. 15.000 m<sup>3</sup> pro Tag zur Versorgung der Stadt bei.

Die Wasserversorgung innerhalb der Stadt Dresden ist in unterschiedliche, miteinander verbundene Versorgungszonen eingeteilt. Diese Versorgungszonen lassen sich zwar ungefähr den unterschiedlichen Wasserwerken zuordnen, die Verteilung kann jedoch, abhängig von der in den einzelnen Wasserwerken aktuell produzierten Wassermenge, erheblich schwanken.

## ANDERNACH

### *Stromversorgung der Stadt Andernach*

Die Stromversorgung von rund 17.000 Kunden (bei über 30.000 Einwohnern, Stadtwerke Andernach) in Andernach ist von den Stadtwerken Andernach an die RWE Rhein Ruhr AG abgegeben worden, welche nun die Netze gepachtet und die Versorgung übernommen hat. Innerhalb der Stadt wird abgesehen von einigen privaten Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerken (BHKW) sowie einem Betrieb, der über eine eigene Stromversorgung verfügt, kein Strom erzeugt. Die Leistung der Photovoltaikanlagen und BHKWs kann zur Betrachtung der Versorgungssicherheit der Kommune vernachlässigt werden. Der Strom zur Versorgung der Stadt wird an der Anschlussstelle Weißenthurm nördlich von Andernach aus einer 380 kV-Höchstspannungsleitung der RWE entnommen und an Ort und Stelle auf 110 kV umgespannt. Diese 110 kV-Hochspannungsleitung führt zu einem am Ortsrand Andernachs gelegenen Umspannwerk, welches die Spannung von 110 kV auf 20 kV (Mittelspannung) reduziert. Aus historischen Gründen befindet sich die Anlage zwar auf dem Gelände einer privaten Firma, gehört jedoch zur RWE und wird von ihr betrieben.

Das Mittelspannungsnetz in Andernach wird auf der 20 kV Ebene betrieben. Innerhalb dieses Netzes wird die Spannung in etwa 130 Netzstationen auf 400 / 230V umgespannt und über das Niederspannungsnetz an die Verbraucher abgegeben. Von diesen Netzstationen befinden sich etwa

50 in privater Hand. Abnehmer mit besonders hohem Energiebedarf, haben einen direkten Anschluss an das 20 kV-Netz. Auf dem Gelände dieser Kunden befindet sich ggf. eine oder mehrere private Netzstationen, welche dort, wo es notwendig ist, die Umspannung auf Niederspannung übernehmen. Als letzte Komponente, die in die Verantwortlichkeit der RWE innerhalb der Kommune fällt, sind die Hausanschlusskästen zu nennen, in denen die Ortsnetzleitung im jeweiligen Gebäude angeschlossen ist.

Die Netze befinden sich, wie eingangs erwähnt, im Besitz der Stadt Andernach. Diese hat einen Pachtvertrag mit der RWE abgeschlossen, die den Netzbetrieb übernommen hat. Die überwiegende Anzahl der 20 kV-Mittelspannungsleitungen sind auf eine Leistung von ca. 300 A ausgelegt und derzeit nur zu einem Bruchteil dessen ausgelastet.

Die Netzleitstelle für das Netz der Stadt Andernach befindet sich außerhalb Andernachs am Standort Plaidt / Saffig. Tritt in Andernach ein Problem auf, so wird über ein computergestütztes Informationssystem ein Einsatzteam zur Schadensstelle geleitet. Die Einsatzteams werden direkt über im Einsatzfahrzeug installierte Technik alarmiert und über die Situation informiert. Eine Steuerung der Netzstationen von der Netzleitstelle aus ist nicht möglich.

### ***Trinkwasserversorgung der Stadt Andernach***

Die Versorgung der Stadt Andernach mit Trinkwasser wird von der Stadtwerken Andernach GmbH sichergestellt. Der tägliche Trinkwasserbedarf der Stadt beläuft sich auf durchschnittlich etwa 5.000 m<sup>3</sup>, wobei der Bedarf saisonal zwischen ca. 2.800 m<sup>3</sup> und ca. 7.800 m<sup>3</sup> schwankt. Dieser Bedarf wird von den Stadtwerken Andernach mit zwei eigenen Wasserwerken gedeckt, von denen das Wasserwerk Feldfrieden mit 95 % den weitaus größeren Anteil zur Verfügung stellt. Die verbleibenden 5 % werden vom Wasserwerk Eich eingespeist. Zusätzlich unterhalten die Stadtwerke zwei Reservewasserwerke. Die Wasserwerke entnehmen das Rohwasser mittels jeweils zweier Vertikalbrunnen aus einem Grundwasserspeicher. Aufgrund der Geländetopographie läuft die Versorgung der Stadt über acht Hochbehälter, welche von fünf Pumpwerken befüllt werden. Zusätzlich muss der Leitungsdruck über vier Druckerhöhungsanlagen zwischen Hochbehältern und Kunden heraufgesetzt werden. Das Netz wird von einer eigenen Netzleitstelle vor Ort überwacht. Auch die laufende Überprüfung der Trinkwasserqualität wird in einem eigenen Trinkwasserlabor durchgeführt, welches jedoch keine offizielle Akkreditierung besitzt. Es bestehen drei Anschlussmöglichkeiten zu benachbarten Versorgungsnetzen (VWG Weißenthurm / Nettegut, WVZ Maifeld-Eifel / Miesenheim und WVZ Maifeld-Eifel / Kell).

### **RADEBEUL**

#### ***Trinkwasserversorgung der Stadt Radebeul***

Die Verteilung des Trinkwassers innerhalb der Stadt Radebeul wird von der 1995 gegründeten Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH übernommen. Hinsichtlich der Trinkwasseraufbereitung bzw. -bereitstellung wird die Stadt vollständig von der WV Brockwitz Rödern GmbH vorversorgt, welche die Stadt mit Trinkwasser aus dem Wasserwerk Coschütz in Dresden beliefert. Der durchschnittliche Tagesbedarf der Stadt schwankt zwischen Maximalwerten im Sommer – im Juli 2006 wurden pro Tag 6.574 m<sup>3</sup> benötigt – und niedrigen Werten in den Wintermonaten. Im Dezember 2008 wurden z. B. mit 3.684 m<sup>3</sup> pro Tag deutlich geringere Mengen abgenommen.

Das Versorgungsgebiet der Stadt Radebeul ist aufgrund der Geländetopographie des Stadtgebiets in vier Druckzonen eingeteilt, die im Normalfall vollständig voneinander getrennt sind. Etwa 80 % aller Wasserlieferungen werden in der untersten Druckzone abgegeben, welche sich parallel zur Elbe über die gesamte Breite des Stadtgebietes erstreckt. Diese Zone wird über eine Leitung versorgt, die vom Dresdner Stadtteil Gorbitz über einen Elbdüker nach Radebeul verläuft. In der auf hohe Kapazitäten ausgelegten Leitung transportiert die DREWAG das Wasser unter hohem Druck (8 bar) zunächst zu einem Übergabeschacht südlich des Siedlungsgebiets. Der Druck wird an das Leitungsnetz Radebeuls weitergegeben, sodass zur Versorgung der untersten Druckzone (inklusive der darin enthaltenen

Hochbehälter) keine weitere Druckerhöhung notwendig wird, um das Wasser mit ausreichend hohem Druck auch an die Kunden in den Hanglagen abzugeben.

Rückgrat der Versorgung dieser ersten Druckzone bildet die südlich des Siedlungsgebiets verlaufende Hauptversorgungsleitung, welche sich bis zur westlich angrenzenden Nachbargemeinde Coswig zieht. Von dieser Leitung aus wird an fünf Punkten Trinkwasser in das Versorgungsnetz eingespeist. Diese Einspeisungspunkte funktionieren 'selbstständig', d. h. sie messen den Druck im Netz und geben eine dementsprechende Wassermenge in die Leitungen ab. Auch die Befüllung der vier Hochbehälter und des Wasserturms funktioniert automatisch.

Die im ehemaligen Wasserwerk auf der Neubrunnenstraße, der heutigen 'Schaltwarte', untergebrachte Leitstelle erfüllt im Normalbetrieb eine reine Überwachungsfunktion und ist nur zeitweise personell besetzt, da die Steuerung des Netzes vollautomatisch funktioniert. Alle Geschehnisse im Netz werden jedoch genau dokumentiert. Die Steuerung des Netzes bzw. einzelner Komponenten kann in Ausnahmefällen auf die Leitstelle oder über Fernwirktechnik auf die Notebooks der Mitarbeiter, übertragen werden. So können die Mitarbeiter, sollte es zu einem unvorhersehbaren Ereignis kommen, die automatische Netzsteuerung 'überbrücken'.

Die Druckzonen 2-4, welche rund 20 % aller Kunden umfassen und in höheren Lagen in einiger Entfernung zur Elbe liegen, werden nicht aus der Hauptleitung der ersten Druckzone mit Trinkwasser versorgt, sondern mit Wasser, welches der Teilzweckverband Brockwitz-Rödern vom Wasserwerk Rödern aus liefert. Die Funktion der höher liegenden Druckzonen ist wie die der ersten Druckzone unabhängig von der Stromversorgung innerhalb der Stadt, da das Wasser vom Teilzweckverband Brockwitz-Rödern mit entsprechend hohem Druck übergeben wird, wodurch die Befüllung der Wasserspeicher gewährleistet ist.

Eine Ausnahme bildet die Wasserversorgung in der Ortslage Wahnsdorf sowie in der Hohlwegzone, über welche die Versorgung von jeweils 2000-3000 Einwohnern gesichert wird. In der Ortslage Wahnsdorf erfolgt die Wasserversorgung mittels einer Druckerhöhungsanlage im Nebenschluss zu einem Hochbehälter, der von der Brockwitz-Rödern GmbH betrieben wird. Von diesem Behälter aus erfolgt auch die Zusp eisung von Trinkwasser zum tiefer gelegenen Hochbehälter Hohlweg.

### ***2.3.3 Beispielhafte Darstellung der empirischen Ergebnisse und Validierung der Verwundbarkeitskriterien***

Aufbauend auf den Informationen zum Untersuchungsgegenstand *KRITIS* sowie insbesondere zur Strom- und Trinkwasserversorgung und auf den Ausführungen zur Methodik des Verwundbarkeitsassessments und zu den Untersuchungsgebieten sollen abschließend in exemplarischer Form Ergebnisse der empirischen Projektarbeit vorgestellt und zur Begründung und Veranschaulichung der Kriterienauswahl herangezogen werden. Ein direkter Vergleich aller in die Projektarbeit einbezogenen Städte ist aus Gründen der Datenverfügbarkeit bzw. der Möglichkeit diese Daten zu veröffentlichen nicht möglich. Die Anwendbarkeit der Kriterien und deren komplementärer Beitrag zu einer konsistenten Gesamtaussage gehen aus den beispielhaften Darstellungen dennoch deutlich hervor.

#### **Festlegen eines Szenarios**

Die Festlegung eines Hochwasserszenarios, auf dessen Grundlage das Verwundbarkeitsassessment (insbesondere die Expositionsanalyse) stattfinden kann, muss allen weiteren Schritten vorausgehen. Um den Assessment-Aufwand nicht weiter zu erhöhen, arbeitet die innerhalb des Projekts entwickelte Methode zunächst nur mit der Überflutungsfläche als Parameter. Weitere Einflussfaktoren, wie etwa die Überflutungshöhe oder die Fließgeschwindigkeit, wurden zunächst bewusst ausgeklammert, da nicht davon auszugehen ist, dass diese Informationen flächendeckend vorliegen (vgl. Kapitel 2.2.3). In Flusstälern bietet es sich an, das HQ-100 Szenario auszuwählen, da dieses nach der Implementierung des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005 bereits

vorliegen müsste oder in Kürze ohnehin zu erstellen sein wird<sup>25</sup>. Sollte dies noch nicht der Fall sein, oder andere Gründe dagegen sprechen, so kann auch ein bestimmter Pegelstand, ein vergangenes Ereignis oder ein anderes HQ-Szenario ausgewählt werden. Entscheidend ist allerdings, dass das Szenario kartographisch umgesetzt ist und dass sich alle im Folgenden ausgeführten Schritte konsequent auf das gleiche Szenario beziehen. Anderenfalls büßt das Assessment-Ergebnis an Aussagekraft ein. Es ist daher für die anwendenden Kommunen sehr wichtig, dieses Szenario auch in der Kommunikation mit den jeweiligen Versorgungsunternehmen zur Grundlage zu machen. Die Verwundbarkeitsaussage nach Durchführung des Assessments bezieht sich immer auf die Bedingungen des zu Beginn festgesetzten Hochwasserszenarios.

Sollten für die Kommune mehrere Szenarien vorliegen, so kann es durchaus sinnvoll sein, dass Assessment für unterschiedliche Hochwasserstände durchzuführen. Selbst wenn die Umsetzung von präventiven Maßnahmen bei einem bestimmten Pegelstand an Grenzen stoßen sollte (maximales Schutzniveau), so kann es dennoch eine Hilfe für die vorbereitende Planung sein, zu wissen, ob beim Eintritt des Ereignisses mit der flächendeckenden Infrastrukturversorgung zu rechnen oder ob ein Ausfall zu erwarten ist.

Innerhalb des Forschungsprojektes wurden unterschiedliche Szenarien verwendet und deren Eignung zur Kommunikation mit den involvierten Akteuren überprüft. Während in den beiden großen Städten Köln und Dresden mit Szenarien, die sich an der Wiederkehrwahrscheinlichkeit der Hochwasserereignisse orientieren, gearbeitet wurde, dienten in der Kommunikation mit den Städten Radebeul und Andernach die vergangenen Hochwasserereignisse als Maßstab. In Köln wurde neben dem HQ-100 das HQ-500 Szenario verwendet, in Dresden kam neben dem HQ-100 zusätzlich ein pegelstandbasiertes EHQ (Pegelstand von 10,00 m) zur Anwendung. Auch den beiden Städten Andernach und Radebeul standen weitere Szenarien zur Verfügung. In Radebeul waren die szenarienbezogenen Informationen im Rahmen eines früheren Projektes in Form einer kommunalen Gefahrenzonenkarte und einer kommunalen Hochwasserinformationskarte (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Landeshochwasserzentrum 2006a und Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Landeshochwasserzentrum 2006b) umgesetzt worden. In Andernach liegt eine auf der Basis eines digitalen Höhenmodells errechnete, pegelstandbasierte Datenbasis in einem GIS-kompatiblen Format vor, mit deren Hilfe sich Überflutungsflächen und -höhen kleinschrittig darstellen lassen. Aus praktischen Gründen und um die Anwendbarkeit dieses Szenarientyps zu prüfen, wurde jedoch in Andernach und Radebeul auf vergangene Ereignisse zurückgegriffen. In Andernach bezogen sich die Gespräche mit den Infrastrukturbetreibern auf das Hochwasser des Jahres 1993. In Radebeul wurde die Hochwasserlinie des Jahres 2002 zur Grundlage gemacht.

Die Informationslage hinsichtlich der Hochwasserszenarien kann in allen betrachteten Städten als sehr gut bewertet werden. Die Durchführbarkeit einer Verwundbarkeitsabschätzung mittels der im Leitfaden detailliert beschriebenen Methode (vgl. Anhang A) ist auf der Basis der zur Verfügung stehenden Daten zur Szenarienerstellung in allen Fällen problemlos gegeben. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Durchführung der Gespräche mit den Betreibern und den Behördenmitarbeitern auf der Grundlage aller Szenarientypen (HQ-Szenarien, pegelstandbasierte Szenarien und vergangene, gut dokumentierte Hochwasserereignisse) gut funktionierte. Es war jedoch zu beobachten, dass auch wenn sich das Gespräch in erster Linie auf ein HQ-100 Szenario beziehen sollte, immer wieder der Bezug zu den vergangenen Hochwasserereignissen hergestellt wurde. Es muss daher besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, bei der Durchführung des Verwundbarkeitsassessments die gemeinsame Bezugsgröße konsequent beizubehalten.

<sup>25</sup> Im ‚Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes‘ (Mai 2005; als Zusatz zum Wasserhaushaltsgesetz) heißt es in § 31b, dass bundesweit im zuständigen Landesrecht Regelungen zur Ausweisung von Überschwemmungsgebieten der Bemessungshochwasser zu verankern sind. Diese Bemessungshochwasser entsprechen einem Hochwasser mit 100-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Für Siedlungsgebiete endet die Festsetzungsfrist am 10. Mai 2010, für unbesiedeltes Gebiet sind die Flächen bis zum 10. Mai 2012 auszuweisen. (Quelle: Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005, BGBl. 2005 I Nr. 26 S. 1224, insbesondere §31b(2))

### Erfassung der Komponenten / Teilprozesse

Ein unverzichtbarer Schritt zur Vorbereitung des Verwundbarkeitsassessments ist die Erstellung eines vollständigen Inventars aller in der betrachteten Kommune stattfindenden Teilprozesse bzw. aller Komponenten, die an ihrer Umsetzung beteiligt sind. Es ist zu betonen, dass bei diesem Schritt noch keine verwundbarkeitsrelevante Aussage erzeugt wird, denn das Vorhandensein einer Komponente trägt noch nicht zur Verwundbarkeit der Versorgung bei. Erst in der Kombination dieser Information mit den in den nächsten Kapiteln näher beschriebenen Verwundbarkeitskriterien entsteht deren Beitrag zum Assessment. Diese Feststellung ist für den Fortschritt des Assessments bedeutsam, da ohne sie ein methodisches Problem auftreten würde: Die Komponentenausstattung steht in einem gewissen Zusammenhang zur Größe der Kommune. Kleine Kommunen werden beispielsweise (noch) selten über eigene Kraftwerke zur lokalen Stromversorgung verfügen und auch hinsichtlich des Trinkwassers in höherem Maße von externen Anbietern beliefert werden als größere Kommunen. Würde dieser Umstand als Faktor mit ins Verwundbarkeitsassessment eingehen, so würde die Größe der Kommune indirekten Einfluss auf das Ergebnis nehmen – auch diese hat jedoch theoretisch keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit<sup>26</sup>.

Dieser Vorbereitungsschritt ist auch deshalb von absolut zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Durchführung des Assessments, da auf dieser Übersicht über die Komponenten und Teilprozesse alle weiteren Betrachtungen in der ersten Assessment-Phase aufbauen. Mit diesem Schritt wird der Unterschiedlichkeit des Systemaufbaus in den betrachteten Kommunen Rechnung getragen und Flexibilität hinsichtlich der lokalen Bedingungen ermöglicht. Von der Annahme größtmöglicher Vielfalt und Vollständigkeit hinsichtlich der Komponentenausstattung werden nun die im konkreten Fall relevanten Komponenten und Teilprozesse identifiziert. Nur für diese Komponenten müssen die weiteren Assessment-Schritte durchlaufen werden – Teilprozesse, die in der Kommune nicht erbracht werden, und Komponenten, die nicht zur Verfügung stehen, können und müssen aus der Verwundbarkeitsanalyse ausgeklammert werden.

In Tabelle 2.1 wird ein Überblick über die Komponentenausstattung der innerhalb des Forschungsprojekts hinsichtlich der Trinkwasserversorgungsinfrastruktur betrachteten Kommunen gegeben. Diese Daten wurden zur Veranschaulichung des eben beschriebenen Zusammenhangs zwischen der Kombination und Anzahl der Komponenten sowie Größe und Verbrauch der Kommunen anhand der Trinkwasserversorgungsinfrastruktur veranschaulicht. Wie zu erwarten, ist der Verbrauch und auch die Anzahl der Komponenten in Köln am größten, während Dresden, Radebeul und Andernach entsprechend geringere Verbrauchszahlen aufweisen.

Sehr interessant ist der Vergleich der beiden kleineren Kommunen Radebeul und Andernach hinsichtlich ihrer Komponentenausstattung. Zwar sind beide Kommunen bezüglich ihrer Größe und ihres Verbrauchs durchaus vergleichbar, doch während Radebeul zu 100 % vorversorgt wird, bereiten die Stadtwerke Andernach das innerhalb der Kommune benötigte Trinkwasser vor Ort in zwei Wasserwerken auf. Dieser Unterschied ist eindeutig den lokalen Bedingungen sowie der historischen Entwicklung der Kommunen geschuldet. So existierten auch im Radebeuler Stadtgebiet in der Vergangenheit drei Wasserwerke. Eine Kontaminationen des Grundwassers mit chemischen Rückständen aus der Arzneimittelindustrie, einem Tanklager der sowjetischen Armee sowie aus dem Weinanbau bedeuteten jedoch das Aus für die Wasserwerke. Die Nähe zur Stadt Dresden und die große Kapazität des dortigen Wasserwerks Coschütz ermöglichen heute in Kombination mit den Lieferungen des Wasserwerks Rödern eine vollständige Trinkwasservorversorgung der Stadt von außen.

---

<sup>26</sup> Es ist zwar davon auszugehen, dass in einer größeren Kommune mehr Bevölkerung oder eine höhere Wirtschaftsleistung von der Versorgung durch *KRITIS* abhängen, doch wird mit dieser Sichtweise der abgegrenzte Bereich der systeminternen Betrachtung verlassen. Es wird vorgezogen, diese Randbedingungen aus dem Assessment auszuschließen, die Vulnerabilität innerhalb der kommunalen Versorgungsgebiete ihrer ungeachtet zu ermitteln und ohne ihre Einbeziehung vergleichbar zu machen.

In diesem Zusammenhang sei auch auf den unterschiedlichen Bedarf nach Druckerhöhungsanlagen in Andernach und Radebeul hingewiesen. In vielen Kommunen, in deren Stadtgebiet sich größere Höhenunterschiede in der Geländeoberfläche zeigen, muss die Trinkwasserversorgung über mehrere Druckzonen, in die das Wasser in der Regel von Druckerhöhungsanlagen gebracht wird, verlaufen. Zwar muss das Wasser sowohl in Radebeul als auch in Andernach gegen ein Gefälle in höhere Lagen transportiert werden, doch reicht in Radebeul der Druck, mit dem das Wasser an die Stadtwerke abgegeben wird, zur Befüllung der Hochbehälter und zur Aufrechterhaltung des Leitungsdrucks (bis auf eine Ausnahme im Ortsteil Wahnsdorf) aus. In Andernach hingegen muss das Wasser nicht nur von fünf Pumpwerken in die Hochbehälter befördert bzw. in das Netz eingespeist werden sondern auch zusätzlich von vier Druckerhöhungsanlagen unter Druck gehalten werden. Die Stadt Köln kann trotz ihrer vergleichsweise großen flächenhaften Ausdehnung auf zusätzliche Druckerhöhung vollkommen verzichten und muss lediglich bei der Abgabe von Wasser an die Stadt Frechen den Druck noch einmal erhöhen.

Auch die beiden sehr grundsätzlich unterschiedlichen Trinkwasserversorgungssysteme der beiden Rheinseiten auf dem Kölner Stadtgebiet illustrieren den starken Einfluss lokaler Umstände. Die auf die Versorgung des gesamten linksrheinischen Gebietes ausgelegte Planung mit zentralen Infrastruktureinrichtungen einerseits, steht der kleinräumigen Planung auf der rechten Rheinseite mit einer größeren Anzahl ähnlich dimensionierter Komponenten gegenüber (vgl. Kapitel 2.3.2). Erst über mehrere Eingemeindungen wurde das rechtsrheinische Stadtgebiet nach und nach zu einem zusammenhängenden Versorgungsgebiet. Dadurch, dass die Gebiete links und rechts des Rheins über einen langen Zeitraum von zwei unterschiedlichen Versorgern betrieben wurden, wuchsen die beiden Gebiete in funktionaler Hinsicht bis heute nicht zu einer Versorgungseinheit zusammen.

Tabelle 2.1: Vergleich von Daten zu Größe, Trinkwassererbrauch und Komponentenausstattung der Untersuchungsräume

	Köln	Dresden	Radebeul	Andernach
<b>Einwohnerzahl</b>	1.025.094 <sup>27</sup>	506.628 <sup>28</sup>	33.387 <sup>29</sup>	30.420 <sup>30</sup>
<b>Maximaler Verbrauchswert Sommer (pro Tag)</b>	k.A.	ca. 135.000m <sup>3</sup>	ca. 6.600 m <sup>3</sup>	ca. 7.800m <sup>3</sup>
<b>Minimaler Verbrauchswert Winter (pro Tag)</b>	k.A.	ca. 80.000m <sup>3</sup>	ca. 3.700 m <sup>3</sup>	ca. 2.800m <sup>3</sup>
<b>Anzahl der Komponenten: Brunnen, Zuleitung von Talsperren</b> <b>Teilprozess: Gewinnung von Rohwasser</b>	7 davon: mehrere Brunnen-gallerien mit einer Vielzahl von Einzelbrunnen	3 davon: 1 Rohwasserleitung für die Talsperrenwasserversorgung + 2 Fassungsanlagen mit 219 Einzelbrunnen	0	4 (+2) davon: je 2 Brunnen für die aktiven Wasserwerke + 2 weitere für die Reservewasserwerke
<b>Anzahl der Komponenten: Wasserwerke, Mischstationen</b> <b>Teilprozess: Aufbereitung des Rohwassers</b>	9 (+2) davon: 8 Wasserwerke + 1 Mischstation zur Trinkwasser-versorgung +2 Brauchwasserwerke	3 (+2) davon: 3 Wasserwerke zur Trinkwasser-versorgung + 2 Brauchwasserwerke	0	2 (+2) davon: 2 aktive Wasserwerke + 2 Reservewasserwerke
<b>Anzahl der Komponenten: Pumpwerke, Schieber</b> <b>Teilprozess: Einspeisung von Trinkwasser in das Netz</b>	k.A.	24 Pumpwerke	2 (+ 5) davon: 2 Anbindungen an Vorversorger + 5 Einspeisungspunkte in das Ortsnetz	5
<b>Anzahl der Komponenten: Druckerhöhungsanlagen</b> <b>Teilprozess: Druckerhöhung</b>	0 (nicht für die Stadt Köln; lediglich zur Versorgung der Gemeinde Frechen,)	8	1	4
<b>Anzahl der Komponenten: Netzleitstellen</b> <b>Teilprozess: Überwachung der Netzes und der Komponenten</b>	2 (Es gibt jeweils 1 Netzleitstelle auf jeder Rheinseite)	1	1	1

<sup>27</sup> Die Angabe bezieht sich auf das Jahr 2007; Quelle: Stadt Köln (2008)

<sup>28</sup> Die Angabe bezieht sich auf das letzte Quartal 2008; Quelle: Landeshauptstadt Dresden (2009a)

<sup>29</sup> Die Angabe bezieht sich auf Dezember 2008; Quelle: Stadt Radebeul (2009)

<sup>30</sup> Die Angabe bezieht sich auf den 30.6.2009; Quelle: Stadt Andernach (2009)

## Expositionsanalyse

Als erstes Verwundbarkeitskriterium wird in der hier vorgestellten Methode die *Exposition der Komponenten* überprüft, aus der sich wiederum die *Exposition der Teilprozesse* ergibt. Dieser Schritt schränkt die Anzahl der weiterhin zu betrachtenden Komponenten und möglicherweise auch die Anzahl der Teilprozesse in vielen Fällen deutlich ein, denn es ist kaum zu erwarten, dass eine Kommune und die diese versorgenden Infrastrukturen vollständig dem Hochwasser ausgesetzt sind. In der Regel müssen Teile des Siedlungsgebietes und ein Teil der Komponenten im Assessment weiterbetrachtet werden. Alle nicht exponierten Komponenten können in Verwundbarkeitsklasse I (vgl. Kapitel 2.2.4) eingeordnet werden<sup>31</sup>, alle exponierten Komponenten und Teilprozesse werden hinsichtlich des nächsten Verwundbarkeitskriteriums (Funktionsanfälligkeit, vgl. Kapitel 2.2.3) überprüft. Da alle Assessment-Schritte bewusst so angeordnet sind, dass sich die Menge der zu betrachtenden Objekte mit jedem Schritt reduziert, die Fragen widerspruchsfrei beantwortet werden können und gleichzeitig ein mehrfaches Einbringen von Informationen vermieden wird, ist die Überprüfung der Exposition in jedem Fall zuerst durchzuführen.

Es gilt im Zusammenhang mit der Exposition zu bedenken, dass diese zwar ein erster, sehr wichtiger Anhaltspunkt auf dem Weg zu einer Verwundbarkeitsaussage ist, dass deren Aussagegehalt jedoch, wie in den folgenden Kapiteln zu zeigen sein wird, noch begrenzt ist. Die Lage im unter Annahme eines bestimmten Hochwasserszenarios überfluteten Bereich enthält noch keine Information darüber, ob mit einem Ausfall zu rechnen ist und inwiefern ein möglicher Ausfall einen Versorgungsausfall nach sich ziehen könnte. Auch Verbindungen zwischen den Komponenten und Möglichkeiten zur Ersetzbarkeit können nicht unbedingt aus der Exposition abgelesen werden – diese Informationen müssen erst unter Einbeziehung der noch folgenden Kriterien im weiteren Verlauf des Assessment-Verfahrens erzeugt werden.

Methodisch ist die Bestimmung des Expositionsgrades am einfachsten mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) oder analogen Karten durchzuführen, in welchen sowohl das gewählte Hochwasserszenario als auch die zu überprüfenden Komponenten verortet sind. Im Folgenden sollen einige Beispiele aus den innerhalb der Projektarbeit verwendeten Datensätzen vorgestellt und hinsichtlich ihrer Tauglichkeit zur Anwendung im Verwundbarkeitsassessment überprüft und bewertet werden.

- Hier Abbildung 2.15 einfügen -

*Abbildung 2.15: Übersichtskarte Köln Rodenkirchen; Darstellung: Eigene Darstellung; Datenquelle siehe Kartenlegende*

- Hier Abbildung 2.16 einfügen -

*Abbildung 2.16: Exposition von Komponenten der Stromversorgung in Köln Rodenkirchen; Darstellung: Eigene Darstellung; Datenquelle siehe Kartenlegende*

Der in Abbildung 2.16 gezeigte Kartenausschnitt wurde auf einer Datengrundlage der Stadt Köln in einem GIS generiert. In der Ansicht enthalten sind neben Informationen zu den Hochwasserszenarien (hellblau HQ-500; mittelblau HQ-100) und zum Verlauf des Rheins (dunkelblau) auch Daten zu Gebäudegrundflächen und zum Verlauf von Verkehrswegen. Wichtig ist, dass der Datensatz, welcher auf den Grundflächen der Bebauung basiert, auch Informationen zur Nutzung der Gebäude enthält.

<sup>31</sup> Diese Einordnung ist zu einem gewissen Grad vereinfachend. Es kann durchaus sein, dass eine nicht exponierte Komponente durch den Funktionsausfall vor- oder nachgelagerter, exponierter Komponenten ebenfalls in ihrer Funktionalität beeinträchtigt wird. Diese Information kann nicht aus der Exposition allein abgelesen werden, sondern nur auf der Grundlage weiter reichender Informationen zum Systemaufbau, welche den Versorgungsunternehmen vorliegen, gegeben werden. Zwar schlossen die befragten Versorgungsunternehmen Versorgungsausfälle außerhalb des überfluteten Gebietes für ihr Versorgungsgebiet kategorisch aus, theoretisch besteht jedoch die Gefahr (vgl. Ausführungen zur Stromversorgung der Stadt Radebeul im Hochwasserfall 2002). Im Leitfaden gibt es konkrete Hinweise auf die Wichtigkeit der Einbeziehung von Funktionsausfällen in die Verwundbarkeitsbetrachtung (vgl. Anhang A).

Leicht lassen sich auf dieser Grundlage gleichartige Nutzungen darstellen, wie hier exemplarisch anhand der Komponenten zur Stromversorgung durchgeführt wurde. Alle Netzstationen, die vor Ort von Mittel- auf Niederspannung transformieren, erscheinen in der Karte rot, alle Umspannwerke werden in hellrot hervorgehoben.

Bei einer Überprüfung der Datenqualität vor Ort musste allerdings festgestellt werden, dass auch dieser Datensatz bei der Anwendung zum Verwundbarkeitsassessment gewisse Probleme mit sich bringt. Zwei Komponenten, die im Kartenausschnitt (in Abbildung 2.16) blau markiert wurden, transformieren zwar auch zwischen Spannungsebenen, haben also funktional eine ähnliche Bedeutung, sie dienen jedoch nicht der Versorgung der Bevölkerung sondern der Versorgung der in unmittelbarer Nähe verlaufenden Straßenbahnlinie. Dieses Problem wird innerhalb von Städten, in denen Straßenbeleuchtung, Verkehrsbetriebe, weitere Infrastrukturen und die Versorgung von Bevölkerung sowie private und öffentliche Einrichtungen parallel existieren, vielfach auftreten und kann nur durch eine Überprüfung der exponierten Komponenten vor Ort oder durch Informationen der Versorgungsunternehmen ausgeräumt werden. Abgesehen davon, bieten Datensätze dieser Art eine gute Möglichkeit zur schnellen Überprüfung der Exposition von Komponenten.

- Hier Abbildung 2.17 einfügen -

*Abbildung 2.17: Ausschnitt aus der Kommunalen Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul  
Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie/Landeshochwasserzentrum (Hrsg.) (2006b): Kommunale Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul. (Originalmaßstab 1:5000; Ausschnitt vergrößert)*

Eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung der Exposition können Hochwasserinformationskarten wie die hier beispielhaft vorgestellte Karte der Stadt Radebeul bieten (vgl. Abbildung 2.17). Anders als die Informationen, welche dem Projekt-GIS (vgl. Abbildung 2.16) entnommen werden können, sind diese bereits flächendeckend überprüft und in Symbole übersetzt worden. Neben unterschiedlichen Szenarien und den Komponenten der Stromversorgung sind in dieser Karte viele weitere hochwasserrelevante Informationen (auch zu weiteren *KRITIS*) enthalten. Hinsichtlich der Bereitstellung zielführender Information hat diese Karte gegenüber den bereits genannten Beispielen Vorteile, es ist jedoch anzunehmen, dass in dieser Form aufgearbeitete Daten nicht für jede Kommune vorliegen. Vielmehr kann die Erstellung einer gleichwertigen Datengrundlage ein mögliches, wertvolles (Neben-)Ergebnis der Durchführung des Verwundbarkeitsassessments sein. Bei der Anwendung der Methode werden relevante Informationen zusammengetragen, welche entsprechend visualisiert und den verantwortlichen Stellen zur Verfügung gestellt im Anschluss für Planungsentscheidungen oder zur Verbesserung des Risiko- und Krisenmanagements vor Ort herangezogen werden können.

Bislang stand immer die Exposition der Komponenten im Mittelpunkt der Betrachtung. Aus dieser Information lässt sich bei entsprechender Informationsverfügbarkeit die Exposition von Teilprozessen ableiten. Diese muss die Anteile der einzelnen Komponenten an der Gesamtleistung im betrachteten Teilprozess berücksichtigen. So können beispielsweise drei der fünf in einer Kommune vorhandenen Umspannwerke innerhalb des Überflutungsbereichs liegen, jedoch gleichzeitig nur ein geringer Prozentsatz der von allen gemeinsam erbrachten Leistung exponiert sein. Dieser Umstand ist der Tatsache geschuldet, dass die Dimensionierung der einzelnen Komponenten sehr unterschiedlich sein kann. Anschauliche Beispiele für eine ungleiche Verteilung von Anteilen auf mehrere Komponenten bietet die Beschreibung der Trinkwasserversorgungsinfrastrukturen

### **Bestimmung der Funktionsanfälligkeit**

Aus den in Kapitel 2.2.3 beschriebenen Gründen ist die Funktionsanfälligkeit der Komponenten und damit der Teilprozesse im nächsten Assessment-Schritt zu betrachten. Auf diesem Weg soll herausgefunden werden, welche der exponierten Komponenten bei Eintritt eines Hochwassers tatsächlich nicht mehr in Funktion sein würden und inwiefern dies die Funktionsfähigkeit des Teilprozesses beeinflusst. Mit diesem Schritt reduziert sich zum zweiten Mal die Menge der weiterhin im Assessment zu berücksichtigenden Komponenten, denn sollte zwar eine Exposition, jedoch keine

Funktionsanfälligkeit vorliegen, so erfolgt automatisch eine Einordnung der Komponente in Verwundbarkeitsklasse II. Nur Komponenten die sowohl exponiert, als auch funktionsanfällig sind, müssen im weiteren Assessment-Verfahren betrachtet werden<sup>32</sup>.

Die Beantwortung der Frage nach der Funktionsanfälligkeit bedarf einer differenzierten Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, anderen Infrastrukturen (z. B. Problematik von Stromausfällen im Hochwasserfall), bestimmten Umweltbedingungen und Personal oder der bereits im Vorfeld umgesetzten Schutzmaßnahmen. Wodurch der Funktionsausfall herbeigeführt wurde, ist zur Beantwortung der Frage jedoch zweitrangig.

Im Folgenden soll anhand von Beispielen aus der empirischen Projektarbeit veranschaulicht werden, inwiefern Infrastruktursysteme trotz Exposition von Komponenten ihre Funktionsfähigkeit aufrechterhalten können. Die hier vorgestellten positiven Beispiele sollen jedoch keinesfalls darüber hinwegtäuschen, dass viele Komponenten möglicherweise sehr empfindlich auf die Einwirkungen des Hochwassers reagieren: Brunnen können überflutet oder durch beschleunigten Durchsatz von Uferfiltrat verunreinigt werden; Spannungsführende Anlagen, wie sie alle Komponenten der Stromversorgung darstellen, können aus technischen und auch aus Sicherheitsgründen vom Netz getrennt werden; Überflutete Anlagen aller Art – von Kraftwerken und Wasserwerken bis hin zu Netzstationen und Trinkwasserlaboren – werden durch das Hochwasser ggf. unerreikbaar, von Strömung, Druck und mitgeführtem Material physisch zerstört oder von seinen Hinterlassenschaften verschmutzt; Versorgungsausfälle im Strom- und Trinkwasserbereich können potentiell die Folge sein und sekundäre Effekte des Hochwasserereignisses hervorrufen. Eine hochwasserangepasste Bauweise und Anbringung der Komponenten kann jedoch wie im Folgenden beschrieben, die Funktionsanfälligkeit einer Infrastruktur deutlich reduzieren.

**- Hier Abbildung 2.18 einfügen -**

*Abbildung 2.18: Ausschnitt aus der Kommunalen Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul  
Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Landeshochwasserzentrum (Hrsg. (2006b): Kommunale Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul. (Originalmaßstab 1:5000; Ausschnitt vergrößert)*

Wie bereits erwähnt, bedeutet die Exposition einer Komponente nicht zwangsläufig deren Ausfall. Zur Veranschaulichung dieses Sachverhaltes kann die Trinkwasserversorgung der Stadt Radebeul herangezogen werden. Abbildung 2.18 zeigt zu diesem Zweck einen weiteren Ausschnitt aus der Hochwasserinformationskarte. Wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben, wird ein Großteil der Bevölkerung Radebeuls über eine südlich des Siedlungsgebietes – und damit im hochwassergefährdeten Gebiet – verlaufende Versorgungsleitung mit Trinkwasser beliefert, über welche vom Wasserwerk Dresden Coschütz aus Trinkwasser an die Stadt Radebeul abgegeben wird. Die Übergabe an die Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH erfolgt über einen Schieber, fünf Einspeisungspunkte geben das Trinkwasser an das Ortsnetz ab. Diese Anlagen regulieren die Abgabemenge und den Netzdruck über die eingebaute Steuerungselektronik selbstständig.

Zwei dieser Einspeisungspunkte in der Nähe der Kötzschenbrodaer Straße (vgl. Abbildung 2.18) waren – wie auch der Übergabeschieber – beim Hochwasser 2002 überflutet, ohne dass dadurch die Wasserversorgung der Stadt Radebeul in Mitleidenschaft gezogen wurde. Das Trinkwasser ist an der Übergabestelle sowie an den Einspeisungsstellen gegen eindringendes Oberflächenwasser vollständig abgedichtet. Lediglich die Steuerungselektronik der Anlagen fiel aus. Aus diesem Grund wurde an den betroffenen Einspeisungspunkten die im Normalfall von der Steuerungselektronik regulierte Schieberstellung in einer bestimmten Position fixiert. Die Regulierung des Drucks wurde von diesem Zeitpunkt an von den umliegenden Einspeisungsstellen übernommen. Die Steuerungselektronik, die nicht mehr rechtzeitig ausgebaut werden konnte, wurde vom eindringenden Oberflächenwasser zerstört und musste anschließend ersetzt werden. Da die Schächte keine eigenen

<sup>32</sup> Es gilt auch hier zu bedenken, dass diese Einordnung nicht ausschließen kann, dass rückwirkende Funktionsausfälle anderer Komponenten die Funktionsfähigkeit dieser Komponenten ‚auf Umwegen‘ beeinträchtigen. Auf diesen Umstand muss im Leitfaden (vgl. Anhang 2) hingewiesen und die Problematik offen gelegt werden.

Druckerhöhungsanlagen benötigen, sondern den Druck, mit dem die DREWAG das Wasser anliefert, ausnutzen können, funktionieren die Einspeisungsstellen über die Steuerung hinaus völlig stromunabhängig.

Über die bereits angesprochene Funktionsanfälligkeit hinaus, konnte die Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH auch die Schadensanfälligkeit der Schieber deutlich reduzieren. Beim letzten Hochwasser im Jahr 2006 konnten Mitarbeiter die nun in leicht demontierbaren Gehäusen untergebrachte und über Steckverbindungen angeschlossene Elektronik vollständig bergen, sodass nach Ablauf des Wassers die gleichen Bauteile und Antriebe wieder eingebaut werden konnten. Die Wiederherstellungskosten konnten durch diese Maßnahme minimiert und der Wiederherstellungszeitraum nach dem Hochwasserereignis verkürzt werden.

Auch hinsichtlich der Stromversorgung lassen sich Beispiele für eine trotz Exposition weiterhin bestehende Funktionsfähigkeit im Hochwasserfall finden. Im Normalfall müssen alle Komponenten, die der Stromversorgung dienen, bei Eintritt eines Hochwasserereignisses abgeschaltet werden. Dies geschieht nicht nur, weil durch das steigende Wasser Kurzschlüsse zu erwarten sind, sondern auch aus Sicherheitsgründen – die Spannung aus den Komponenten könnte an das Wasser abgegeben werden und Bevölkerung und Einsatzkräfte gefährden.

Über eine veränderte Bauweise und / oder erhöhte Anbringung der Komponenten kann jedoch die Funktionsfähigkeit auch im Fall der Stromversorgung trotz Exposition erhalten werden. Dabei gilt es zu bedenken, dass immer das volle Komponentenspektrum der Versorgungsinfrastruktur in die Planung für mehr Hochwassersicherheit miteinbezogen werden muss: Ein Kabelverteilerschrank kann beispielsweise nur dann seinen Dienst versehen, wenn auch die vorgeschaltete Netzstation versorgt bleibt. Genau wie eine Notstromanlage auf kleiner räumlicher Ebene nur dann funktioniert, wenn von der Erzeugung bis zum Anschluss für das Endgerät alle Bauteile oberhalb des Hochwassersaums angebracht sind, so bleibt auch in Bezug auf die kommunale Stromversorgung auf größerer Ebene die Wirkung der Hochwasseranpassung einzelner Komponenten so lange wirkungslos im Hinblick auf die Anfälligkeit der Funktionsfähigkeit, so lange vor- und nachgelagerte Komponenten weiterhin vom Ausfall bedroht bleiben. Anders verhält es sich hinsichtlich der Schadensanfälligkeit d. h. der potentiellen Beschädigung. Schon der Schutz einzelner Komponenten kann ein Unternehmen auch unter Inkaufnahme der trotzdem drohenden Funktionsanfälligkeit vor hohen Reparaturkosten und langen Ausfallzeiten bewahren.

Es ist anzumerken, dass die hochwassersichere Bauweise gewisse Nachteile bzw. Probleme mit sich bringen kann. Zum einen entstehen durch den nachträglichen Umbau Kosten, welche in den im Folgenden beschriebenen Beispielen von den Energieversorgern übernommen wurden. Auch müssen diese Umbaumaßnahmen im Vorfeld genehmigt werden. Zum anderen geht der Umbau an Stellen, an denen eine Komponente unverzichtbar ist, und keine Verlagerung an einen hochwassersicheren Standort möglich ist, mit der Errichtung von ‚Türmen‘ einher (vgl. Abbildung 2.20), welche häufig als unschön für das Stadtbild empfunden werden und nach Angaben der befragten Experten auch häufiger Opfer von Vandalismus werden. Schließlich findet ein Teil der Maßnahmen in den Räumen privater Akteure statt, zu deren Zustimmung ggf. Überzeugungsarbeit geleistet werden muss – nur wenn alle betroffenen Akteure die Umbaumaßnahmen zulassen, kann für alle Beteiligten ein optimales Ergebnis erreicht werden.

- Hier Abbildung 2.19 einfügen -

*Abbildung 2.19: Beispiel für hochwasserangepasste Bauweise eines Kabelverteilers in Köln-Rodenkirchen; Bildquelle: Heike Luttermann UNU-EHS (9.6. 2009)*

Als beispielhaft für die Möglichkeiten sehr umfangreicher Umbaumaßnahmen der Stromversorgungsinfrastruktur, können die nach dem Hochwasser des Jahres 1993 in einem Teil des Kölner Stadtteils Rodenkirchen vorgenommenen, sehr grundlegenden Veränderungen betrachtet werden. Im Zuge dieser Maßnahmen wurden nicht nur alle Kabelverteilerschränke und Netzstationen verlegt oder erhöht angebracht, sondern auch die Hausanschlusskästen aus dem Keller von Wohngebäuden und Gewerbebetrieben in höhere Stockwerke oder zumindest vom Boden unter die

Decke des Kellerraumes verlagert. Die Fotografie in Abbildung 2.19 zeigt zur Veranschaulichung einen Kabelverteilerschrank in Köln-Rodenkirchen, welcher deutlich über dem Straßenniveau angebracht ist. Diese Maßnahmen sollen dafür sorgen, dass bei einem vergleichbaren Hochwasser in Zukunft keine Stromausfälle zu befürchten sind. Die Kosten für die Umbaumaßnahmen wurden von der Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke Köln AG (GEW), heute RheinEnergie AG, getragen. Die Vollständigkeit der Maßnahmen steht mit dem engagierten Einsatz der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen e.V. in Verbindung, welche die Anwohner zur Teilnahme bewegen konnte. Die Umbaumaßnahmen sind damit auch ein Beispiel für Kooperation unterschiedlicher Akteure mit dem gemeinsamen Interesse der Verbesserung der Infrastrukturversorgungssicherheit im Hochwasserfall.

Jedoch ist auch in der Stadt Köln ein Hochwasser für die betroffenen Bürger, Betriebe und Einrichtungen in der Regel mit Stromausfall verbunden. Die RheinEnergie AG versucht die Ausfälle nach Möglichkeit zu verhindern und zieht punktuelle Abschaltungen einzelner Kunden einer flächenhaften Abschaltung ganzer Gebiete vor. Im Hochwasserfall fahren aus diesem Grund Mitarbeiter der RheinEnergie AG nach einem vorgegebenen Plan die Kabelverteiler und Netzstationen in einem ihnen zugewiesenen Gebiet ab und überprüfen laufend die Lage vor Ort. In den Gesprächen mit Vertretern der RheinEnergie AG wurde auf den individuell unterschiedlichen, oft verzögerten Verlaufs eines Hochwassers im konkreten Fall hingewiesen – nicht alle Objekte, die nach Angaben des GIS bei einem bestimmten Pegelstand überflutet sein müssten, stehen auch tatsächlich im Wasser. Sollte das Wasser nicht so hoch gestiegen sein wie angenommen, so wird diese Komponente weiterhin kontinuierlich kontrolliert und nur dann abgeschaltet, wenn das Wasser einen kritischen Stand auch hier erreichen sollte. Sollte dies möglich sein, werden Netzstationen ggf. auch von einem anderen Punkt aus abgeschaltet, um ein möglichst langes Aufrechterhalten des Betriebs zu ermöglichen. In diesen Fällen wird beispielsweise so lange nicht abgeschaltet, bis das in der Anlage stehende Wasser eine kritische Höhe erreicht. Das Betreten einer solchen, ‚nassen‘ Netzstation bzw. das Arbeiten in direkter Nähe wäre aus Sicherheitsgründen nicht mehr möglich, sodass die Abschaltung von einer außerhalb liegenden Stelle aus vorgenommen werden muss. Umgekehrt kann es natürlich auch vorkommen, dass aus bestimmten Gründen Komponenten frühzeitig abgeschaltet werden müssen, da bei weiterem Anstieg des Pegels das Erreichen der Komponente für die Mitarbeiter unmöglich würde.

Auch in der Stadt Andernach wurden nach dem Rheinhochwasser des Jahres 1993 ähnliche Maßnahmen umgesetzt, um die Stromversorgung der Stadt bei zukünftigen Hochwasserereignissen zu sichern. Das primäre Ziel der RWE, welche für die Stromversorgung der Stadt Andernach verantwortlich war und ist, war es auch hier im Rahmen der Anpassung an die Hochwassergefahr, die Exposition und Funktionsanfälligkeit der Komponenten soweit wie möglich zu reduzieren. Die Umbaumaßnahmen betrafen sowohl Netzstationen, als auch Kabelverteilerschränke und Hausanschlusskästen. Während die Hausanschlüsse höher gelegt wurden (zum Teil bis in den ersten Stock), wurden die Kabelverteilerschränke entweder verlegt oder hinsichtlich ihrer Verzichtbarkeit überprüft und ggf. demontiert. Die Netzstationen wurden nach Möglichkeit an hochwassersichere Standorte verlegt. Diese Maßnahmen führten zu der Situation, dass heute bei Annahme eines 1993er Hochwasserszenarios innerhalb des 400 V-Netzes lediglich ein angeschlossener Kunde abgeschaltet werden muss. Diese Abschaltung ist problemlos machbar, da es sich um einen Industriebetrieb handelt, der bei Hochwasser auch aus anderen Gründen nicht produzieren kann. Unter der Bedingung eines weiter steigenden Pegels müssen die Netzstationen von zwei weiteren industriellen Abnehmern, welche direkt aus dem 20 kV-Mittelspannungsnetz versorgt werden, abgeschaltet werden. Zusätzlich muss aufgrund des steigenden Grundwassers in einer weiteren Netzstation in der Stadtmitte eine Pumpe in Gang gesetzt werden. Aufgrund der umfassenden Umbaumaßnahmen – vom Hausanschlusskasten, bis zur Netzstation – kann die Stromversorgung Andernachs auch im Hochwasserfall weitestgehend aufrechterhalten werden.

Am Beispiel der Stadt Andernach lässt sich ein weiterer Aspekt des Zusammenwirkens unterschiedlicher Akteure im Versorgungsbereich veranschaulichen. Viele industrielle Abnehmer oder andere Kunden mit einem permanent hohen Strombedarf sind nicht an das 400 V-Ortsnetz angeschlossen, sondern decken ihren Bedarf direkt aus dem 20 kV-Mittelspannungsnetz. Diese Kunden besitzen ggf. eigene Netzstationen oder andere Transformatoren, die den Strom in der

benötigten Spannung zur Verfügung stellen. Auch wenn diese Anlagen nicht im Besitz der Stromversorger sind, hat ihre Überflutung trotzdem potenziell negative Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit im Netz. Sie stellen bei einer solchen Umstrukturierung ein gewisses Risiko dar, da die Versorger auf deren Installation und Standort keinen direkten Einfluss haben. Zwar sind die Unternehmen verpflichtet, die private Netzstation betriebssicher zu installieren, was dies im Hochwasserfall jedoch genau bedeutet, ist nicht klar definiert. Die RWE weist die Besitzer der privaten Netzstationen in Andernach auf die Gefahr hin, hat aber darüber hinaus keine Handhabe. Sollte eine private Netzstation überflutet werden, ohne dass sie zuvor abgeschaltet wurde, so hat dies Rückwirkungen auf den gesamten Netzstrahl. Alle im betroffenen Netzstrahl angeschlossenen Stationen fallen zunächst aus und müssen nach Freischaltung der überfluteten Station über die Schließung des Ringnetzes an einer anderen Stelle wieder zugeschaltet werden. Die Stadt Andernach hat relativ viele private Netzstationen, von denen jedoch wie beschrieben, nur zwei hochwassergefährdet liegen.

### Bestimmung der Ersetzbarkeit

Nachdem Exposition und Funktionsanfälligkeit betrachtet wurden, soll mit der Einbeziehung der Ersetzbarkeit (als wichtigem Aspekt der Bewältigungskapazität) nun geklärt werden, inwiefern die technischen und organisatorischen Möglichkeiten dazu gegeben sind, Funktionsausfälle abzufangen. Mit anderen Worten – auch die Funktionsanfälligkeit exponierter Komponenten muss nicht mit einem Versorgungsausfall für Bevölkerung und Wirtschaft einhergehen. Die Frage nach der Ersetzbarkeit ist keineswegs einfach zu beantworten. Sie erfordert von Seite der Netzbetreiber zunächst eine genaue Analyse der technischen Voraussetzungen. Diese schließt zum einen eine Analyse des Netzaufbaus und zum anderen eine genaue Betrachtung von Kapazität und Auslastung der verbleibenden Komponenten durch den / die jeweilige(n) Betreiber ein. Unter Einbeziehung aller genannten Faktoren können die Betreiber zu dem Ergebnis kommen, dass die Ersetzbarkeit vollständig, teilweise oder auch gar nicht gegeben ist.

Mit der Abschätzung der technischen Voraussetzungen ist erst der erste Schritt zur Bestimmung der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall getan. In einem nächsten Schritt gilt es zu klären, ob die notwendigen personellen und organisatorischen Ressourcen zur Umsetzung des technisch Möglichen gegeben sind. Zu diesen Ressourcen gehört nicht nur die Verfügbarkeit einer genügenden Anzahl von Mitarbeitern, sondern auch deren Qualifikation hinsichtlich des Umgangs mit der Ausnahmesituation Hochwasser. Es gilt beim Ausfall von Komponenten bestimmte Maßnahmen zur Umleitung von Wasser und Strom umzusetzen – unter idealen Bedingungen sind die zur Vorbereitung dieser Maßnahmen benötigten Berechnungen bereits vor dem Eintritt des Hochwasserfalls durchgeführt, die Handlungsschritte in Übungen vorbereitet und in Plänen fixiert worden. Auch kann es sehr wichtig sein, die im Hochwasserfall von den Mitarbeitern umzusetzenden Maßnahmen an bestimmte Pegelstände zu knüpfen. Wenn Zufahrtstraßen zu einer Komponente vor der Durchführung wichtiger Maßnahmen unpassierbar werden, so bedeutet dies eine im Sinne der Versorgungssicherheit ungünstige und potentiell auch für Mitarbeiter und Anwohner gefährliche Situation. Neben der Schaffung der technischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung ist damit die Vorbereitung des Personals ein zweiter entscheidender Aspekt des Krisenmanagements im Hochwasserfall.

Im Folgenden Kapitel sollen Beispiele aus der empirischen Arbeit gegeben werden, um die Bedeutung von Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall zu veranschaulichen. Nicht nur die positiven Auswirkungen gegebener Ersetzbarkeit sollen dabei betrachtet werden, sondern auch die potentiell schädlichen Folgen zu geringer Kapazitäten und Alternativen.

- Hier Abbildung 2.20 einfügen -

*Abbildung 2.20: Übersichtskarte über die Lage der Wasserwerke in Dresden und deren Betroffenheit im Hochwasserfall; Darstellung: Antje Schieritz UNU-EHS; Datenquelle: siehe Kartenlegende*

Wie bereits in Kapitel 2.3.2 beschrieben, wird die Stadt Dresden unter normalen Bedingungen über die Leistung von drei Wasserwerken mit Trinkwasser versorgt. Das Wasserwerk Coschütz ist mit

durchschnittlich 69.000 m<sup>3</sup> pro Tag Hauptlieferant des Dresdner Trinkwassers. Die Wasserwerke Tolkewitz und Hosterwitz sind im Mittel mit je 15.000 m<sup>3</sup> pro Tag an der Versorgung beteiligt. Die Nachfrage nach Trinkwasser kann innerhalb Dresdens saisonal zwischen 80.000 m<sup>3</sup> in den Wintermonaten und einem Maximalwert von 135.000 m<sup>3</sup> im Sommer schwanken.

Wie in der Karte in Abbildung 2.20 zu erkennen ist, würden die Wasserwerke Hosterwitz und Tolkewitz unter Annahme eines HQ-100 Szenarios bereits überflutet. Auch im tatsächlichen Hochwasserfall 2002 mussten diese Wasserwerke den Betrieb einstellen, da beide Anlagen ihr Rohwasser aus der Elbe (Uferfiltrat sowie Aufbereitung von Oberflächenwasser aus der Elbe) beziehen und zusätzlich von Überflutung betroffen waren (vgl. auch Abbildung 2.21). Trotzdem konnte die Versorgung mit Trinkwasser innerhalb Dresdens flächendeckend aufrechterhalten werden. Dies wurde durch die Erhöhung der Leistung des Wasserwerks Coschütz ermöglicht, welches nicht auf das Rohwasserdargebot der Elbe angewiesen ist, sondern auf das Dargebot des Talsperrensystems Lehmühle / Klingberg zurückgreifen kann. Das Ersetzen der ausfallenden Leistung der beiden hochwasserbetroffenen Wasserwerke war dadurch möglich, dass das Wasserwerk zwar im Jahresmittel nur 69.000 m<sup>3</sup> pro Tag aus dem Talsperrensystem entnehmen darf, die Kapazität des Wasserwerks jedoch vorübergehend eine Leistungssteigerung auf etwa 120.000 m<sup>3</sup> pro Tag zulässt. Für den Hochwasserzeitraum konnte das aus dem Ausfall der anderen Wasserwerke entstehende Defizit vollständig ausgeglichen werden. Hätte die Kapazitätsauslastung hingegen schon im Normalbetrieb bei 100 % gelegen, so wäre ein flexibles Reagieren auf die Ausnahmesituation Hochwasser in dieser Form nicht möglich gewesen. Anhand der Betrachtung der Dresdner Trinkwasserversorgung kann demnach nicht nur theoretisch nachvollzogen werden, wie Redundanz funktioniert, sondern auch in der Praxis konnte sich das System während des Hochwassers im Jahr 2002 bewähren.

- Hier Abbildung 2.21 einfügen -

*Abbildung 2.21: Das Wasserwerk Dresden Hosterwitz während des Elbehochwassers 2002. Die zwischen den Betriebsgebäuden und dem Bett der Elbe gelegenen Teile der Anlage stehen unter Wasser.  
Bildquelle: Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt (18.08.02)*

Ein Beispiel, bei dem zu geringe Ersetzbarkeit beinahe zu einem flächenhaften Versorgungsausfall geführt hätte, ist die Stromversorgung der Stadt Radebeul während des Hochwassers im Jahr 2002. Lokaler Stromversorger der Stadt sind die Stadtwerke Elbtal, welche den von der ENSO bereitgestellten Strom in den Kommunen Radebeul und Coswig verteilen. Am Umspannwerk Radebeul wird der Strom auf der 110 kV-Hochspannungsebene Strom abgenommen und direkt auf Mittelspannung umgespannt. Die Umspannung auf Niederspannungsebene wird innerhalb der Stadt Radebeul von 144 über das gesamte Siedlungsgebiet verteilten Netzstationen umgesetzt. Die Steuerung des Netzes wird direkt von der Netzleitstelle der ENSO in Heidenau vorgenommen.

Beim Hochwasser 2002 war die Umspannung von Mittelspannung auf Niederspannung an 14 Netzstationen unterbrochen. Es kam infolge dessen innerhalb der Stadt Radebeul zu Versorgungsausfällen für ca. 1000 Kunden (auch außerhalb des überfluteten Bereichs). Die Umspannung auf Mittelspannung war nicht betroffen, da das Umspannwerk außerhalb des Überflutungsbereichs lag.

- Hier Abbildung 2.22 einfügen -

*Abbildung 2.22: Luftaufnahme von Niederwartha während des Hochwassers 2002. In der unteren Bildhälfte ist das bereits überflutete Umspannwerk sowie davon wegführende Freileitungen über die Elbe zu erkennen.  
Bildquelle: Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt (17.8.2002)*

Das Hauptproblem lag jedoch außerhalb des Stadtgebiets: Das Umspannwerk Niederwartha, von dem aus die 110 kV-Leitung nach Radebeul führt, war im Jahr 2002 direkt vom Hochwasser bedroht und lief Gefahr, abgeschaltet werden zu müssen (vgl. Abbildung 2.22). Da dies zu diesem Zeitpunkt die einzige Versorgungsleitung nach Radebeul war, wäre die Abschaltung auch gleichbedeutend mit einem vollständigen Stromausfall innerhalb der Stadt gewesen.

Seit 2002 wurden zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um die Stromversorgung weniger verwundbar gegenüber einem Hochwasserereignis zu machen. So konnten Änderungen des Netzaufbaus, die

Verlegung einzelner Netzstationen über das Niveau des Hochwasserstandes sowie eine redundante Anbindung an das Hochspannungsnetz des Regionalversorgers, also die Erhöhung der Ersetzbarkeit, die Situation deutlich verbessern. Beim nächsten Hochwasser im Jahr 2006 mussten nur noch punktuelle Abschaltungen vorgenommen werden.

### ***2.3.4 Beispielhafte Anwendung des Verwundbarkeitsassessments***

Zur Veranschaulichung der Assessment-Methode soll im Folgenden eine Betrachtung der Wasserversorgung der Stadt Radebeul und der Stromversorgung der Stadt Andernach durchgeführt werden.

#### ***Verwundbarkeitsassessment der Trinkwasserversorgung der Stadt Radebeul***

##### ***1. Schritt: Festlegen eines Szenarios***

Es wurde sich in den Gesprächen mit der Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH sowie mit Vertretern der Stadtverwaltung auf das vergangene Hochwasser des Jahres 2002 bezogen. Dieses soll nun auch Grundlage der folgenden Betrachtungen sein.

##### ***2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse***

Wie bereits in Kapitel 2.3.3 tabellarisch aufgeführt, beschränkt sich die Betrachtung auf die Teilprozesse ‚Einspeisung von Trinkwasser‘ (Komponenten: zwei Übergabeschieber an denen Wasser von einem Vorversorger abgenommen wird und fünf Einspeisungspunkte in das Ortsnetz), ‚Druckerhöhung‘ (eine Druckerhöhungsanlage), die ‚Überwachung des Netzes‘ (eine Netzleitstelle) sowie die in der tabellarischen Übersicht nicht enthaltene ‚Zwischenspeicherung‘ (ein Wasserturm und mehrere Hochbehälter).

##### ***3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades***

In Radebeul muss, wie erwartet, ein Großteil der Komponenten und auch einige Teilprozesse nicht weiter betrachtet werden. Es ist lediglich der Teilprozess ‚Einspeisung von Trinkwasser‘ mit einem der Übergabeschieber und zwei der Einspeisungspunkte in das Ortsnetz betroffen. Dieser Teilprozess muss hinsichtlich der übrigen Verwundbarkeitskriterien überprüft werden, während die nicht exponierten Komponenten hingegen bereits der ersten Verwundbarkeitsklasse zugewiesen werden können. Die Teilprozesse ‚Druckerhöhung‘, ‚Zwischenspeicherung‘ und ‚Überwachung des Netzes‘ können mit allen beteiligten Komponenten in die erste Verwundbarkeitsklasse eingeordnet werden.

##### ***4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit***

Nach Angaben der Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH ist nicht mit einem Ausfall der primären Funktion, der Übergabe von Trinkwasser an das Netz der Kommune zu rechnen. Lediglich die automatische Steuerung der Schieberstellung wäre in Mitleidenschaft gezogen. Diese Schieberstellung lässt sich jedoch in einer bestimmten Position fixieren, sodass die Versorgung der Kommune weiterhin gewährleistet ist. Gleiches gilt für die Einspeisungspunkte.

Der hier beschriebene Fall lässt zwei unterschiedliche Interpretationen zu. Einerseits ist es möglich, den vom Übergabeschieber primär zu erfüllenden Dienst, die Einspeisung von Trinkwasser, als einzig wichtigen Teilprozess anzusehen und damit das Assessment mit der Einordnung in die zweite Verwundbarkeitsklasse (vier Komponenten in Verwundbarkeitsklasse I, drei Komponenten in Verwundbarkeitsklasse II) abzuschließen (Alternative A). Andererseits kann die Steuerung der Schieber auch als ein eigener Teilprozess betrachtet werden und damit das Assessment mit dem 5. und 6. Schritt fortgesetzt werden (Alternative B).

Da die vergangenen Hochwasserereignisse gezeigt haben, dass die Fixierung der Schieberstellung keinen Einfluss auf die Versorgung der Stadt hatte, wird der ersten Alternative der Vorzug gegeben. Die Entscheidung über die weitere Berücksichtigung eines Teilprozesses muss vor Ort getroffen werden. Zur Grundlage der Entscheidung muss dabei gemacht werden, ob die eigentliche, versorgungsrelevante Aufgabe der Komponente noch erfüllt werden kann. Dennoch sollte die Störung einer zusätzlichen, nicht direkt mit der Versorgungssicherheit in Verbindung stehenden Funktion in jedem Fall zur Kenntnis genommen und hinsichtlich ihrer möglichen Folgen betrachtet werden. An diesem Beispiel zeigt sich der Vorzug der Methode, flexibel auf mögliche lokale Besonderheiten zu reagieren. Sollten Teilprozesse oder Komponenten nicht dem Standard entsprechen, so kann die Methode den Bedingungen entsprechend modifiziert und in angepasster Weise fortgesetzt werden.

(5. und 6. Schritt zur Bestimmung der technischen und organisatorischen Ersetzbarkeit ausfallen der Leistung entfallen.)

### **7. Schritt: Relevanz der Teilprozesse**

Das Trinkwasser muss innerhalb des Versorgungsgebietes der Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH zunächst vom Vorversorger übernommen werden (1. Position, Komponente: Übergabeschieber), dann wird es in das Leitungsnetz eingespeist (2. Position, Komponente: Einspeisungsstellen, Schieber), ggf. wird es einer Zwischenspeicherung zugeführt (3. Position, Komponente: Hochbehälter). Die Netzleitstelle überwacht die Prozesse, welche in der Regel ohne ihr Zutun ablaufen (4. Position).

1. Position: ‚Übernahme des Trinkwassers‘ (2 Übergabeschieber)  
Verwundbarkeitsklasse: II
2. Position: ‚Einspeisung in das Leitungsnetz‘ (5 Einspeisepunkte)  
Verwundbarkeitsklasse: II
3. Position: ‚Zwischenspeicherung‘ (Wasserturm, Hochbehälter)  
Verwundbarkeitsklasse: I
4. Position: ‚Überwachung des Netzes‘ (Netzleitstelle)  
Verwundbarkeitsklasse: I

### **Interpretation**

Nach Anwendung der Assessment-Methode kann darauf geschlossen werden, dass die Trinkwasserversorgung der Stadt Radebeul im Hochwasserfall eine hohe Versorgungssicherheit bietet. Für die gemessen an der Relevanz am weitesten oben angesiedelten Teilprozesse konnte die zweite Verwundbarkeitsklasse ermittelt werden. Das bedeutet, dass die Komponenten zwar teilweise exponiert, jedoch in ihren für die Versorgungssicherheit relevanten Funktionen nicht vom Hochwasserereignis in Mitleidenschaft gezogen werden. Ein Übergabeschieber und zwei der Einspeisungspunkte müssen zwar in einer festen Stellung fixiert werden, d. h. die automatische Steuerung fällt aus, doch diese Funktion ist nicht ausschlaggebend hinsichtlich der Versorgungssicherheit im Hochwasserfall und kann darüber hinaus von den verbleibenden Komponenten ausgeglichen werden. Es existieren Pläne, welche die im Hochwasserfall durchzuführenden Maßnahmen zur Verminderung von Schäden (Ausbau der Steuerungselektronik) festlegen. Die Erfahrungen der Vergangenheit haben gezeigt, dass die Trinkwasserversorgung der Stadt auch unter den Bedingungen eines Hochwassers flächendeckend aufrechterhalten werden konnte.

## **Verwundbarkeitsassessment der Stromversorgung der Stadt Andernach**

### **1. Schritt: Festlegen eines Szenarios**

Im Gespräch mit Mitarbeitern der RWE Rhein Ruhr AG wurde das vergangene Hochwasser des Jahres 1993 als Bezugsgröße gewählt (keine HQ-Zuordnung möglich). Auch alle folgenden Ausführungen werden sich auf dieses Szenario beziehen.

## **2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse**

Innerhalb der Stadt Andernach wird abgesehen von kleineren dezentralen Anlagen, deren Anteil an der Versorgung der Stadt vernachlässigt werden kann, kein Strom erzeugt. Auch die Umspannung von der höchsten auf die Hochspannungsebene und die Steuerung des Netzes werden außerhalb des Ortes durchgeführt. Am Ortsrand wird der angelieferte Strom über ein Umspannwerk auf die Mittelspannungsebene transformiert und in das Ortsnetz der Stadt eingespeist. Über dieses gelangt der Strom zu den 130 Netzstationen in denen die Umspannung auf Niederspannung vorgenommen wird. Über Das Niederspannungsnetz und die Kabelverteiler wird der Strom schließlich an die Anschlusskästen der Kunden abgegeben. Demnach müssen in Andernach die Teilprozesse (und Komponenten) ‚Umspannung auf Mittelspannung‘ (ein Umspannwerk), ‚Umspannung auf Niederspannung‘ (130 Netzstationen), ‚Verteilung‘ innerhalb der Stadt (eine unbestimmte Anzahl von Kabelverteilerschränken) und ‚Anschluss an das Niederspannungsnetz‘ (ca. 17.000 Einzelkunden mit Anschlusskästen, Stadtwerke Andernach) betrachtet werden.

## **3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades**

Auch in Andernach kann ein Großteil der Komponenten und auch der Teilprozess ‚Umspannen auf Mittelspannung‘ schon im ersten Schritt in Verwundbarkeitsklasse I eingeordnet werden. Dieses Umspannwerk war beim Hochwasser des Jahres 1993 nicht im überschwemmten Gebiet. Hingegen liegen sowohl Anschlusskästen als auch Kabelverteiler und Netzstationen im potentiell überfluteten Bereich und müssen daher einer eingehenderen Betrachtung unter Einbeziehung der übrigen Kriterien unterzogen werden.

## **4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit**

Nach dem Hochwasser des Jahres 1993 wurden in Andernach umfangreiche Veränderungen der Stromversorgungsinfrastruktur vorgenommen, sodass heute unter der Annahme dieses Hochwasserszenarios die Kabelverteilerschränke vollständig im Trockenen bleiben würden. Weiterhin würde lediglich einer der Anschlusskästen überflutet, zwei Netzstationen würden vom Netz getrennt und eine weitere, vom steigenden Grundwasser bedrohte Netzstation über Pumpen trocken gehalten. Die über Pumpen vor dem Funktionsverlust geschützte Netzstation kann Verwundbarkeitsklasse II zugeordnet werden. Für die übrigen Komponenten geht die Betrachtung weiter

## **5. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit**

In diesem Schritt müssen nur noch insgesamt drei Komponenten betrachtet werden. Ersetzbarkeit spielt jedoch weder für den vom Hochwasser bedrohten Anschluss eine Rolle, da es sich bei diesem Anschluss um einen Betrieb handelt, welcher auch aus anderen Gründen unter Hochwasserbedingungen nicht arbeiten würde, noch für die beiden Netzstationen, da auch diese kundeneigen sind, d.h. nur für die Versorgung eines einzelnen Kunden, in diesem Fall zwei Industrieunternehmen, verantwortlich sind. Der **6. Schritt entfällt** aus diesem Grund für alle Komponenten. Die Komponenten und daher auch Teilprozesse, deren Einordnung sich an der verwundbarsten Komponente orientiert, verzeichnen direkte Funktionsausfälle und müssen daher in Verwundbarkeitsklasse V eingeordnet werden. Es gilt in der Interpretation des Ergebnisses eine Abwägungsentscheidung über den daraus gegebenenfalls abzuleitenden Handlungsbedarf zu treffen.

## **7. Schritt**

Unter Einbeziehung des Kriteriums ‚Relevanz‘ ergibt sich für die Stadt Andernach aus dem Verwundbarkeitsassessment folgendes Bild:

1. Position: ‚Umspannung auf Mittelspannung‘ (ein Umspannwerk)  
Verwundbarkeitsklasse: I
2. Position: ‚Umspannung auf Niederspannung‘ (130 Netzstationen)  
Verwundbarkeitsklasse: V (davon zwei in Klasse V alle übrigen in Klasse I und II)

3. Position: ‚Verteilung im Niederspannungsnetz‘ (Kabelverteilerschränke)  
Verwundbarkeitsklasse: II
4. Position: ‚Anschluss an das Niederspannungsnetz‘ (Hausanschlusskästen)  
Verwundbarkeitsklasse: V (davon einer in Klasse V alle übrigen in Klasse I und II)

### ***Interpretation***

Im hier beschriebenen Fall ist die Interpretation der Assessment-Ergebnisse von besonderer Bedeutung, denn die reine Klasseneinteilung könnte auf eine im Hochwasserfall ungünstigere Situation schließen lassen, als sie sich bei näherer Betrachtung tatsächlich darstellt. Diese Diskrepanz hat damit zu tun, dass sich die Klassenzuweisung immer an der verwundbarsten Komponente orientiert. Wenn also nur einem von vielen Komponenten Verwundbarkeitsklasse V zugewiesen werden musste, so überträgt sich diese Zuordnung automatisch auf den Teilprozess. Der hier beschriebene Fall ist in dem oben angeführten Beispiel gleich in zwei Fällen aufgetreten – sowohl hinsichtlich des ‚Anschlusses an das Niederspannungsnetz‘ als auch hinsichtlich der ‚Umspannung auf Niederspannung‘ sind nur sehr wenige Komponenten betroffen, die Teilprozesse jedoch müssen in Verwundbarkeitsklasse V eingeordnet werden.

Dieser Schritt erscheint drastisch, doch die Klasseneinteilung sagt lediglich aus, dass mit einem Komponentenausfall in einem Teilprozess zu rechnen ist. Sie ist ein Hinweis darauf, dass innerhalb eines Teilprozesses ein Problem vorliegt, mit dem sich die Kommune und die Betreiber, wie in Andernach geschehen, auseinandersetzen, es in seinen Auswirkungen abschätzen und über Handlungsbedarf und Handlungsoptionen beraten sollten. Als solche bieten sich in diesem Fall die Erhöhung der Ersetzbarkeit, die Verminderung der Funktionsanfälligkeit, die Vermeidung der Exposition – oder die Akzeptanz der bestehenden Verwundbarkeit im Wissen um das Problem, mit einer begründeten Einschätzung der Situation und ggf. mit erstellten Plänen und vorbereiteten Mitarbeitern. Ein anderes Vorgehen, welches die Teilprozesse nach anderen Gesichtspunkten in Verwundbarkeitsklassen aufteilt, würde Gefahr laufen, Verwundbarkeiten auf der Komponentenebene mit schwerwiegenden Folgen für den Teilprozess und die Versorgung der Kommune hinsichtlich ihrer Tragweite zu unterschätzen. Der Hinweis auf zu erwartende Ausfälle über die Klasseneinteilung ist daher für ein zuverlässiges und umfassendes Verwundbarkeitsassessment unabdingbar.

Insgesamt stellt sich vor diesem Hintergrund die Situation in Andernach sehr günstig dar. Die Anzahl der betroffenen Komponenten, deren Anteil am gesamten Teilprozess und die Reichweite ihres Ausfalls sind sehr überschaubar. Die beiden im Mittelspannungsnetz betroffenen Kunden wurden über die Hochwassergefährdung ihrer Stromversorgung informiert und sind, da es sich um kundeneigene Netzstationen handelt, für alle weiteren Maßnahmen selbst verantwortlich. Auch der im Niederspannungsbereich betroffene Kunde ist über die möglichen Gefährdungen in Kenntnis gesetzt worden. Da es sich bei allen von einem möglichen Versorgungsausfall im Hochwasserfall betroffenen Kunden um Betriebe handelt, welche zum Teil auch aus anderen Gründen nicht länger arbeiten könnten, wird der Handlungsbedarf als niedrig eingeschätzt. Die Versorgungssicherheit der Stromversorgung im Hochwasserfall ist unter Annahme des Szenarios in der Stadt Andernach trotz der hier identifizierten Probleme als sehr hoch zu bewerten.

### ***2.4 Schlussbetrachtungen***

Ein wichtiger Vorzug des hier vorgestellten und im Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment auf kommunaler Ebene (vgl. Anhang A) umgesetzten Assessments für die KRITIS Stom- und Trinkwasserversorgung liegt in der Flexibilität, die das Vorgehen hinsichtlich der individuell unterschiedlichen Systeme und Netzstrukturen in den Kommunen auszeichnet. Mit der Betrachtung der gesamten Versorgungsinfrastruktur anhand ihrer unterschiedlichen Teilprozesse und Komponenten wurde eine unter Berücksichtigung der Funktionsweise der Infrastruktursysteme sinnvolle und für die Anwender einsichtige Zerlegung des Untersuchungsgegenstandes vorgenommen, welche nicht nur dem Mehrebenenaufbau der Infrastrukturen Rechnung tragen kann, sondern auch die Anpassungsfähigkeit der Methode erhöht und die Interpretation der Ergebnisse erleichtert. Über die Delegation von komplexen Berechnungen und Einschätzungen an die Versorgungsunternehmen

konnte das Dilemma der Sensitivität von Daten einerseits und dem Bedarf an bestimmten Informationen andererseits gelöst und gleichzeitig die unterschiedlichen Bedürfnisse und Fähigkeiten der Anwender berücksichtigt werden. Die Zusammenfassung von Einzelkriterien zu kompakten, übergeordneten Verwundbarkeitskriterien konnte diese Ziele wirkungsvoll unterstützen. Über die Einführung einer fünfstufigen Verwundbarkeitsskala, deren Klasseneinteilungen sich für die Anwender transparent aus der Assessment-Methode ergibt, die Bewertungsgrundlagen offenlegt und Handlungsoptionen eröffnet, werden die Ergebnisse an die Kommune abgegeben.

Ziel der Anwendung ist es demnach, eine Grundlage zu einem strukturierten und problemorientierten Dialog zwischen den Kommunen und den Versorgungsunternehmen zu geben. Die auf diesem Weg gewonnenen Informationen bieten gleichzeitig eine Bestandsaufnahme der gegenwärtigen Situation sowie eine Planungsgrundlage, mit deren Hilfe sich einzelne Planungsalternativen im Hinblick auf ihre Auswirkungen zur Versorgungssicherheit schon im Vorfeld überprüfen lassen und einem dynamischen Verwundbarkeitsverständnis (vgl. LENZ 2009: 34) Rechnung getragen wird. Die Interpretation der Ergebnisse muss dabei den Kommunen und den Betreibern vor Ort überlassen werden, da diese in Unkenntnis der konkreten Situation nicht in sinnvoller Form möglich ist. Damit wird zum einen eine Grenze der Methode sichtbar – die Interpretation kann nur auf der Basis der subjektiven Wahrnehmung der Assessment-Ergebnisse durch die Anwender geschehen – und zum anderen auch auf eine Chance aufmerksam gemacht, denn Kommunen und Versorger verbindet das Ziel, die Versorgungssicherheit so hoch wie möglich und die Schäden und Ausfälle so gering wie möglich zu halten. Mit der Schaffung einer soliden und für alle verständlichen Informationsbasis sind die Grundlagen für eine gemeinsame Auseinandersetzung mit der Hochwasserproblematik gelegt.

Weiterer Forschungsbedarf im Bereich der kleinräumigen Verwundbarkeitsabschätzung von *KRITIS* ergibt sich nach Abschluss dieses Forschungsprojektes vor allem in zweierlei Hinsicht. Zum einen sollte in anschließenden Forschungsvorhaben geklärt werden, inwiefern sich die hier entwickelte Methodik auch auf andere Infrastruktursysteme anwenden lässt. Zum anderen gilt es zu klären, ob eine Übertragung auf weitere Naturgefahren möglich ist. Es ist zu erwarten, dass zu hier vorgestellten konzeptionellen Überlegungen und Ansätzen zur Lösung von praktischen Anwendungsproblemen, etwa die Zusammenfassung von Verwundbarkeitskriterien oder die Delegation von informationsintensiven Arbeitsschritten an die Versorgungsunternehmen, auch in anderen Kontexten vielversprechende Anknüpfungspunkte bestehen.

# 3. Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen

(Verfasser/innen: [REDACTED])

## 3.1 Der Verwundbarkeitsbereich Bevölkerung

Die Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren ist ein zentraler Baustein für die systematische Entwicklung von Handlungsstrategien und Schutzkonzepten im Bevölkerungsschutz sowie in der Stadt- und Regionalplanung.

Der Entwicklung von Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit und Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren liegt ein systemisches und prozesshaftes Verständnis von Verwundbarkeit zugrunde. Neben der Frage, ob überhaupt Bewohner einer Stadt Hochwassergefahren ausgesetzt sind (**Exposition**), wird auch danach gefragt, welche Gruppen im Falle des Hochwasserereignisses besonders große Schwierigkeiten mit den direkten und indirekten Folgen des Hochwassers hätten (**Anfälligkeit**). Die Fokussierung auf Fragen der Evakuierungsfähigkeit und der Evakuierungsgeschwindigkeit im Ereignisfall dient als wichtige Orientierung, um unterschiedliche Anfälligkeitsniveaus innerhalb der Gruppe der exponierten Personen bzw. Haushalte zu ermitteln. Im Sinne eines umfassenden Verwundbarkeitsverständnisses reicht es allerdings nicht, *Exposition* und *Anfälligkeit* zu betrachten, vielmehr haben zahlreiche Bewohner entlang großer Flüsse auch Erfahrungen und Ressourcen (**Bewältigungskapazitäten**), die sie im Ereignisfall nutzen können, um das Hochwasserereignis möglichst schadlos zu überstehen. Folglich wird nach der Abschätzung der Exposition und der Anfälligkeit auch die *Bewältigungskapazität* in das Assessment einbezogen. In dieser Hinsicht greift das Grundkonzept der Indikatorenentwicklung im Bereich Bevölkerung die in Kapitel 1 skizzierten Rahmenkonzepte, insbesondere das sog. BBC-framework auf.

Im folgenden Abschnitt wird das methodische Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments der Bevölkerung erläutert. Es wurde eine Haushaltsbefragung in den Städten Köln und Dresden durchgeführt (Kapitel 3.2.1), deren Ergebnisse anhand verschiedener statistischer Verfahren analysiert werden (Kapitel 3.2.2). Die Analyse der Haushaltsbefragung hilft u. a. bei der Auswahl von speziellen Verwundbarkeitsindikatoren, die in Kapitel 3.2.3 im Einzelnen begründet wird. Kapitel 3.3 umfasst dann die Anwendung dieser Indikatoren mit ihren Berechnungs- und Validierungsmethoden sowie kartographische Darstellungen für die Fallstudien Köln und Dresden. Abschließend werden Hinweise für die Anwendung und den Nutzen der entwickelten Indikatoren gegeben.

## 3.2 Methodisches Vorgehen

Ein Hauptziel des Projekts – auch des Bereichs Bevölkerung / Soziales – ist es, Aspekte der Vulnerabilität bezogen auf Fragen der Exposition, Anfälligkeit und des Bewältigungspotenzials zu operationalisieren und darüber hinaus Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Daten der kommunalen Statistik sowie Daten aus kommunalen Umfragen (z. B. kommunaler Mikrozensus) genutzt werden können, um Kriterien und Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit zu entwickeln (siehe auch Zielsetzungen in Kapitel 1). In dieser Hinsicht werden zentrale Indikatoren zur Erfassung der Verwundbarkeit auf lokaler Ebene mit entsprechenden Erhebungs- und Berechnungsmöglichkeiten abgeleitet und beispielhaft für die Städte Köln und Dresden angewendet (siehe Kapitel 3.3). Die einzelnen Verfahrensschritte werden detailliert in einem separaten Leitfaden eingehend erläutert (vgl. Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwassergefahren auf kommunaler Ebene in Anhang A), der sich an Kommunen richtet, die ein entsprechendes Verwundbarkeitsassessment planen. Es wird zwischen einem Kernset an Indikatoren und einem kommunalspezifischen Set an Indikatoren differenziert. Das Kernset kann in der Regel mittels der Daten aus der kommunalen Statistik bzw. aus kommunalen Mikrozensusserhebungen berechnet werden, wohingegen die kommunalspezifischen Indikatoren meist spezielle Erhebungen der Städte und Gemeinden erfordern. Die von UNU-EHS durchgeführte Haushaltsbefragung, deren Ergebnisse u. a. zur Bestimmung der statistischen

Zusammenhänge und zur Gewichtung bei der Schätzung bestimmter Indikatoren verwendet werden, ist als solche zu nennen.

### **3.2.1 Datenerhebung über eine Haushaltsbefragung**

Im Rahmen des Vorhabens wurden von UNU-EHS sowie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Haushaltsbefragungen in potenziell hochwassergefährdeten Gebieten der Städte Köln und Dresden durchgeführt. Der dabei verwendete Fragebogen ist Anhang B.1 zu entnehmen.

#### **Ziel der Haushaltsbefragung**

Die Haushaltsbefragung diente zum einen der Validierung von in der kommunalen Statistik ausgewählten Daten hinsichtlich ihrer Aussagekraft zur Erfassung von Vulnerabilität. Vermutete Zusammenhänge – z. B. zwischen Vulnerabilität und bestimmten sozioökonomischen oder demographischen Charakteristika – die sich in der Hypothesenbildung des Fragebogens niedergeschlagen haben, konnten auf diesem Weg geprüft werden. Dazu wurden sowohl Fragen, die den Hypothesen gemäß direkt mit der Vulnerabilität in Verbindung gebracht werden können, als auch allgemeine Kriterien, z. B. das sozioökonomische Profil der Haushalte, in unterschiedlichen ‚Expositionslagen‘ erfasst.

Zum anderen ging es bei der Haushaltsbefragung darum, mit Hilfe des auf diesem Weg zusammengetragenen Pools von neuen Daten und Erkenntnissen bisher nicht hinreichend bekannte Strukturen zu entdecken, beispielsweise statistische Zusammenhänge zwischen Hochwassererfahrung und Vorsorgemaßnahmen oder Einkommen und Versicherungsschutz.

Neben der Erhebung von Daten, die zur Abschätzung der Vulnerabilität im Bereich *Bevölkerung / Soziales* dienen sollen, wurden darüber hinaus auch für weitere Themenbereiche wie etwa *Wirtschaft, Kritische Infrastrukturen* und *Umwelt* Daten erhoben, beispielsweise bezogen auf die direkte und indirekte Abhängigkeit unterschiedlicher Haushalte von Leistungen Kritischer Infrastrukturen (KRITIS). Diese Querbezüge zu anderen Themenbereichen ermöglichten im Verlauf der Kriterien- und Indikatorenbildung sowie des gesamten Vulnerabilitätsassessments eine Verschneidung zwischen den einzelnen, zunächst separat behandelten Themen (Bevölkerung / Soziales, KRITIS, Wirtschaft und Umwelt). Beispielsweise konnte mittels der Haushaltsbefragung bestätigt werden, dass die Energie- und Wärmeversorgung für die meisten Haushalte die bedeutsamsten Leistungen Kritischer Infrastrukturen sind, insbesondere für weniger mobile Haushalte.

#### **Konzeptioneller Aufbau des Fragebogens**

Die Befragung gliedert sich entlang des BBC-Frameworks (vgl. BIRKMANN 2006 und siehe Kapitel 1) und kann in dieser Hinsicht grob in die folgenden drei Komponenten unterteilt werden:

- I) Exposition  
(z. B. Wohnstandort des Haushaltes bezogen auf Hochwassergefahren (HQ-10, HQ-100, HQ-200–300 bzw. HQ-500<sup>33</sup>))
- II) Anfälligkeit  
(z. B. Alter, Evakuierungsfähigkeit) und
- III) Bewältigungskapazität  
(z. B. Handlungswissen im Notfall, soziale Netzwerke, Versicherungsschutz etc.).

<sup>33</sup> HQ-10, HQ-100, HQ-200–300 bzw. HQ-500 Gebiete sind solche, die statistisch gesehen alle 10, 100, 200 bis 300, oder alle 500 Jahre von einem Hochwasser betroffen sind. In Köln gelten HQ-500 Hochwasser als Extremhochwasser (EHQ). In Dresden gilt ein Hochwasser dann als Extremhochwasser (EHQ), wenn der Pegelstand 10 m überschreitet. Die statistische Wiederkehrwahrscheinlichkeit dieses Pegelstandes liegt bei 200 bis 300 Jahren (HQ-200–300).

Insgesamt umfasst der Fragebogen der Haushaltsbefragung rund 60 Fragen, die sich – neben den oben genannten Kategorien – nach den folgenden sieben Unterthemen differenzieren lassen:

- 1) Gefährdungseinschätzung und Exposition
- 2) Informationen über Hochwasser
- 3) Erfahrungen und persönliche Betroffenheit
- 4) Vorsorge / Bewältigung
- 5) Wissen zum Notfallverhalten
- 6) Wohnen
- 7) Statistische Angaben

Diese Unterthemen sowie die entsprechenden Fragen wurden einem gewissen Spannungsbogen folgend aufgebaut, um das Interesse des Befragten zu wecken und in der Befragung aufrecht zu erhalten.

Des Weiteren wurden bei der Entwicklung des Fragebogens auch die Rahmenkonzepte (siehe Kapitel 1) insbesondere in Bezug auf das BBC-Framework berücksichtigt, d. h. es wurden neben Fragen zur Exposition und Anfälligkeit auch Aspekte der Reaktion, Bewältigung und Anpassung an Hochwassergefahren im Sinne von Rückkopplungsprozessen berücksichtigt. Die vielfach in früheren Arbeiten der Kybernetik angenommenen linearen Wirkungs- und Rückkopplungsprozesse (z. B. in Form eines Regelkreises, siehe Kapitel 1) sind im Bereich der Gesellschaft jedoch so nicht vorhanden, vielmehr sind Rückkopplungs- und Kopplungsprozesse zwischen Gesellschaft und Natur durch komplexe bzw. nicht-lineare Prozesse charakterisiert. Demzufolge wird im Bereich Bevölkerung darauf verzichtet, detaillierte Wirkungsketten darzustellen; vielmehr werden verschiedene potenzielle Rückkopplungsprozesse unter dem Stichwort Bewältigungskapazitäten zusammengeführt. Unbeschadet dessen steht eine Prozessbetrachtung im Vordergrund der Untersuchung. Dabei wurde auf unterschiedliche konzeptionelle Ansätze Bezug genommen, insbesondere auf das BBC-Framework (BIRKMANN 2006), auf Teilaspekte des Sustainable Livelihood Ansatzes (DFID 1999) sowie auf das Grundverständnis eines vernetzten und rückgekoppelten Systems (Kybernetik) (VESTER 2002, siehe auch Kapitel 1).

### ***Befragungsmethodik: Standardisierte Interviews***

Die Verwendung standardisierter Interviews als Erhebungsinstrument zielte darauf ab, für alle Befragten eine identische Interviewsituation herzustellen, um so nicht bereits durch wechselnde Formulierung von Fragen jedem Befragten unterschiedliche Interpretationsvorgaben für seine Antwort zu geben. Des Weiteren sollte die standardisierte Befragung in ausgewählten Stadtteilen in Köln und Dresden eine Quantifizierung und z. T. direkte Indikatorenbildung ermöglichen (vgl. auch WESSEL 1996).

### ***Fragekategorien***

Mit den verschiedenen Fragekategorien wurden unterschiedliche Variablen zum Thema Anfälligkeit, Hochwasserbewusstsein und Bewältigungskapazität erfasst, die sich aus den forschungsleitenden Hypothesen ergeben. In dieser Hinsicht enthält der Fragebogen für die Haushaltsbefragung verschiedene Typen von Fragen:

- Faktfragen (z. B. Haushaltsprofil, Alter der Haushaltsmitglieder, Anzahl der Kinder im Haushalt, etc.),
- Wissensfragen (z. B. Wissen über die Hochwasserexposition; Frage 1.3: *„Liegt Ihr Haus in einem Gebiet, das durch ein extremes Hochwasser gefährdet sein könnte?“*),
- Handlungs- und Verhaltensfragen (z. B. Frage 5.1 *„Was würden Sie im Fall einer Hochwasserwarnung zuerst unternehmen?“*); und
- Einstellungs- bzw. Meinungsfragen (z. B. Frage 4.7.2 *„Wie beurteilen Sie diese (von der Stadt Köln / Dresden durchgeführten) Maßnahmen für den Schutz vor neuen Hochwassern?“*).

Bei der Mehrzahl der Fragen handelt es sich um geschlossene Fragen, d. h. Fragen mit vorgegebenen Antwortalternativen. Die geschlossenen Fragen wurden insbesondere zum Zweck der Vergleichbarkeit der verschiedenen Befragungsergebnisse verwendet. Bereits bei der Entwicklung der Fragen zeigte sich deutlich, dass neben den zentralen Antwortkategorien auch weitere Antworten benannt werden können, die den Forschenden bisher nicht bekannt sind. Deshalb wurden auch sog. Hybridfragen in den Fragebogen integriert, d. h. Fragen, die eine eigenständige Antwort zulassen.

Des Weiteren wurde der Fragebogen mit Hilfe von Diskussionen im Projektteam (universitäre Partner, Vertreter der Städte und Mitarbeiter des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe) sowie durch einen Pre-Test auf seine Anwendbarkeit überprüft und danach verfeinert.

### ***Hypothesenbildung***

Die Hypothesenbildung für die Fragen erfolgte nicht ausschließlich auf der Basis der jeweiligen Einzelfrage, vielmehr wurden übergreifende Hypothesen formuliert, die durch mehrere Fragen geprüft werden sollten. Ein Beispiel ist die Frage 1.1, welche die Wichtigkeit unterschiedlicher Naturgefahren bezogen auf die Städte Köln bzw. Dresden für den / die Befragten zum Gegenstand hat (*„Für wie bedeutsam / wichtig halten Sie die im Folgenden aufgeführten Naturgefahren für Köln / Dresden auf einer Skala von 1-8?“*). Eine grundlegende Hypothese lautet, dass sich die subjektive Bedeutsamkeit der unterschiedlichen Naturgefahren je nach Wohnstandort in der jeweiligen Stadt deutlich differenziert und dabei tendenziell bekannte oder in der Vergangenheit erlebte Naturgefahren höher gewichtet werden als solche, die nicht bekannt oder bewusst erlebt wurden. Dies könnte in beiden Städten etwa für Naturgefahren wie Hangrutschungen oder Erdbeben der Fall sein. Doch auch weniger bekannte Gefahren – wie Erdbeben für Köln – können z. T. relevant sein (GRÜNTAL et al. 2006: 21 ff.).

Als zweite Hypothese bzgl. der genannten Frage wurde formuliert, dass sich die individuelle Bedeutsamkeit der Naturgefahren bei unterschiedlichen sozialen Gruppen unterscheidet. Hierzu wurden neben der Frage der Relevanz und Gewichtung unterschiedlicher Naturgefahren im letzten Teil des Fragebogens zusätzlich verschiedene soziale, ökonomische und Bildungsparameter des Haushalts bzw. des Interviewten erfasst, die die Analyse der Antworten auf Frage 1.1 vor dem Hintergrund unterschiedlicher Haushaltsmerkmale ermöglicht.

### ***Stichprobenziehung und Auswahl der Untersuchungsgebiete***

Nach Gesprächen im Projektteam (universitäre Partner, Vertreter der Städte) wurde entschieden, die Befragung in Köln und Dresden je in drei Untersuchungsgebieten durchzuführen, die sich nach sozioökonomischen Gesichtspunkten unterscheiden und sich am Rhein bzw. an der Elbe in exponierter Lage befinden. Innerhalb der Gebiete wurden Haushalte befragt, die nach statistischer Wahrscheinlichkeit zum einen häufiger von Hochwasser (HQ-100) und zum anderen nur bei Extremhochwasser (EHQ) betroffen sind. Die Stichprobenziehung erfolgte in beiden Städten je in sechs räumlich getrennten Gebieten, die sich im Hinblick auf sozioökonomische Struktur (z. B. Arbeitslosenquote) und Bevölkerungszusammensetzung (z. B. Anteil der ausländischen Bevölkerung) sowie durch die Exposition gegenüber Hochwasser (insbesondere HQ-100, EHQ) unterscheiden.

Bei der Expositionsbestimmung wurde auf bestehende Kategorien der Hochwassergefahrenzonierung, wie z. B. die HQ-100 Abgrenzungen sowie potenzielle Überflutungsbereiche eines Extremhochwassers (EHQ), zurückgegriffen. Laut Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes sind als Überschwemmungsgebiete „mindestens solche Gebiete festgelegt, in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist (Bemessungshochwasser)“.<sup>34</sup> Insbesondere die mit diesem Gesetz verbundene Pflicht, HQ-100 Bereiche auszuweisen, bietet eine erste gute Grundlage, um Expositionen gegenüber Hochwasserereignissen zwischen Städten zu vergleichen. Die Entwicklung von Hochwassergefahren-

<sup>34</sup> Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005, BGBl. 2005 I Nr. 26, S. 1224, insbesondere §31b(2)

und Hochwasserrisikokarten ist seit dem 23. Oktober 2007 auch in den Hochwasserrisikorichtlinien der EU verankert und somit verpflichtend<sup>35</sup>.

Da für die Stadt Dresden keine Berechnungen zu einem 500-jährlichen Hochwasser existieren, wurden dort statt dessen die HQ-100 und HQ-200-300 Bereiche als Differenzierung der Exposition gewählt, wohlwissend, dass damit die direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Köln und Dresden bezüglich der ‚Extremhochwasser‘ erschwert wird. Insgesamt wurde für Köln und Dresden von den städtischen Partnern in den kommunalen Statistikstellen jeweils eine Zufallsstichprobe von 1500 Haushalten bzw. Adressdaten bezogen auf die verschiedenen Stadtteile gezogen, um in beiden Städten 400-500 Interviews zu erzielen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Bevölkerung hinsichtlich Geschlechterverteilung und Altersstruktur repräsentativ abgebildet wird. Die Befragungen wurden als mündliche, vollstandardisierte Interviews durchgeführt (siehe Abschnitt zur Befragungsmethodik sowie WESSEL 1996).

In Köln erfolgte die Befragung in drei Untersuchungsgebieten, im Kölner Norden, im Stadtzentrum und im Süden der Stadt. In Dresden wurden Untersuchungsgebiete im Nordwesten, im Zentrum und im Südosten der Stadt ausgewählt. In beiden Städten wurde die Befragung sowohl mit Haushalten im HQ-100 Gebiet, als auch mit Haushalten im EHQ Gebiet (außerhalb des HQ-100 Gebietes) durchgeführt.

Die folgenden Karten (Abbildung 3.1) stellen ausgewählte Strukturmerkmale der Städte Köln und Dresden in vergleichender Weise dar (die Klassengrenzen und die Farbgebung wurden so gewählt, dass eine direkte Vergleichbarkeit möglich ist; dabei unterscheiden sich die Städte teilweise so stark, dass einzelne Klassen nur in einer der Städte repräsentiert sind). Die Unterschiede zwischen den beiden Städten und zwischen unterschiedlichen Stadtteilen innerhalb einer Stadt sind augenscheinlich. Die Untersuchungsgebiete wurden so gewählt, dass mit der Befragung auch hinsichtlich der sozioökonomischen Merkmale der Untersuchungsräume breit gefächerte Bevölkerungsgruppen erreicht werden konnten.

In Köln wurden 509, in Dresden 390 Haushalte befragt. Die enge Kooperation mit der Stadt Köln ermöglichte die Überprüfung der repräsentativen Güte der tatsächlichen Stichprobe (d. h. der Personen und Haushalte<sup>36</sup>, die tatsächlich interviewt wurden). Die Prüfung ergab, dass die Haushaltsbefragung repräsentativ ist und sich strukturell mit den beim Amt für Stadtentwicklung und Statistik vorliegenden Daten deckt. Die grundsätzliche Möglichkeit, Hochrechnungen auf der Basis der Befragungsdaten vorzunehmen, ist damit gegeben.

- Abbildung 3.1a und Abbildung 3.1b einfügen -

*Abbildung 3.1: Struktur arbeitsloser Bevölkerung in Köln und Dresden*

- Abbildung 3.2a und Abbildung 3.2b einfügen -

*Abbildung 3.2: Struktur ausländischer Bevölkerung in Köln und Dresden*

### 3.2.2 Verwendete statistische Verfahren

Für den Bereich *Exposition* werden die Indikatoren direkt über eine Verschneidung der Bevölkerung am Wohnstandort mit Hochwassergefahrenkarten bestimmt. Für die Bereiche *Anfälligkeit* und *Bewältigung* aber werden Indikatoren mit Hilfe von Formeln, die bestimmte statistische Zusammenhänge widerspiegeln, geschätzt. Dafür werden verschiedene statistische Verfahren angewendet. Sie dienen dazu, Zusammenhänge zu validieren, die zuvor in Form von Hypothesen formuliert werden. Außerdem werden konkrete Formeln bestimmt, die diese Zusammenhänge

<sup>35</sup> Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

<sup>36</sup> Obschon für beide Städte eine ähnlich große Stichprobe verwendet wurde, war die Bereitschaft der Haushalte in Dresden, ein entsprechendes Interview durchzuführen, geringer als in Köln. Dies hatte zur Folge, dass die tatsächlich realisierten Interviews dort etwas niedriger in der Anzahl ausfielen. Unbeschadet dessen konnten deutliche Trends mit den Zahlen auch für Dresden ermittelt werden.

mathematisch ausdrücken und eine Schätzung der Indikatoren auf der Ebene einzelner Raumeinheiten erlauben.

Bei der Validierung und Bestimmung der Formeln wurde insbesondere auf folgende statistische Verfahren zurückgegriffen:

- Kreuztabellen
- Lineare Regression
- Logistische Regression
- Varianzanalyse.

Die zum Verständnis wichtigsten Aspekte der verwendeten Verfahren werden im Folgenden erläutert.

### 3.2.2.1 Kreuztabellen

Kreuztabellen (siehe Beispiel in Tabelle 3.1) stellen ein einfaches Verfahren zur Untersuchung des Zusammenhangs zweier nominaler Variablen (Variablen, deren Ausprägungen nicht sinnvoll in eine Rangfolge gebracht werden können) dar. Sie enthalten die Anzahl der Fälle von Kombinationen der einzelnen Merkmalsausprägungen. Anstelle oder zusätzlich zu absoluten Werten können auch Prozentwerte angegeben werden, und zwar Zeilenprozente, Spaltenprozente oder Totalprozente. Im vorliegenden Bericht werden ausschließlich Zeilenprozente verwendet, d.h. die Fälle in den Zellen werden als Prozentanteile am jeweiligen Zeilensummenwert ausgedrückt. Grund ist, dass jeweils eine der Variablen als unabhängig und die andere als abhängig betrachtet werden kann. Die Prozentwerte beziehen sich dann jeweils auf eine Merkmalsausprägung der unabhängigen Variablen (im Beispiel: Haushaltstyp). Im Sinne einer einheitlichen Darstellung wird die unabhängige Variable in diesem Bericht immer als die Zeilenvariable definiert (vgl. z. B. BÜHL 2008: 247ff.).

Beispiel:

Tabelle 3.1: Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100 Gebiete, Köln

		Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		Gesamt	
		Ja	Nein		
Haushaltstyp	1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	15	1	16
		% innerhalb des HHtyps	93,8%	6,3%	100,0%
	2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	101	6	107
		% innerhalb des HHtyps	94,4%	5,6%	100,0%
	3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	31	7	38
		% innerhalb des HHtyps	81,6%	18,4%	100,0%
	4) Einpersonenhaushalte ab 60 Jahren	Anzahl	12	7	19
		% innerhalb des HHtyps	63,2%	36,8%	100,0%
Gesamt		Anzahl	159	21	180
		% gesamt	88,3%	11,7%	100,0%

Die Zeilenprozente geben bereits einen Hinweis darauf, ob es einen statistischen Zusammenhang zwischen zwei Variablen gibt oder nicht. Als Maß für die Stärke des Zusammenhangs wird jeweils Cramers-V angegeben. Cramers-V ist ein Assoziationsmaß, das Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei der Zusammenhang umso größer ist, je größer der Wert von Cramers-V ist. Für das o. g. Beispiel ergibt sich für Cramers-V:

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,313	0,001

Ein Wert größer als 0,3 zeigt eine Abhängigkeit an, die zumindest mehr als trivial ist (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 244).

Der p-Wert gibt das Ergebnis eines Signifikanztests wider. Bei Signifikanztests wird jeweils eine Nullhypothese (z. B. „es besteht kein Zusammenhang“) gegen eine Alternativhypothese (z. B. „es besteht ein Zusammenhang“) getestet. Der p-Wert bezeichnet dabei die Irrtumswahrscheinlichkeit, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass man man falsch entscheidet, wenn man die Nullhypothese verwirft und die Alternativhypothese annimmt. Der p-Wert muss demzufolge sehr klein sein, um einen Zusammenhang zu bestätigen. Üblicherweise werden Testergebnisse je nach Größe des p-Wertes folgendermaßen bezeichnet:

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung
$p > 0,05$	nicht signifikant
$p \leq 0,05$	signifikant
$p \leq 0,01$	sehr signifikant
$p \leq 0,001$	höchst signifikant

(vgl. z. B. BÜHL 2008: 120f.)

Im vorliegenden Beispiel ist das Ergebnis sehr signifikant, eine Abhängigkeit kann also angenommen werden.

### 3.2.2.2 Lineare Regression

Die lineare Regression dient der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen metrisch skalierten Variablen (Variablen, deren Ausprägungen einer Rangfolge unterliegen und deren Abstände sachlich begründet sind). Es wird versucht, eine lineare Funktion zu finden, die die Abhängigkeit einer abhängigen Variablen von einer oder mehreren unabhängigen Variablen quantifiziert. Für diesen Bericht ist nur der Fall einer einzigen unabhängigen Variablen relevant:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x$$

$\hat{y}$  ist der für verschiedene Werte von  $x$  durch die Regression vorhersagbare Wert der abhängigen Variablen (Schätzwert),

$x$  ist die unabhängige Variable und

$b_i, i = 0,1$  sind die zu schätzenden Regressionskoeffizienten.

Je näher die Beobachtungen an der Regressionsgeraden liegen, desto besser kann die Abhängigkeit durch die lineare Gleichung beschrieben bzw. vorhergesagt werden. Zur Quantifizierung dieser Eigenschaft dient das Bestimmtheitsmaß  $R^2$ : Das Bestimmtheitsmaß ist ein Maß für den erklärten Anteil der Variabilität durch das lineare Regressionsmodell. Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, je höher der Anteil der erklärten Varianz ist, desto größer ist der Wert  $R^2$  (vgl. z. B. JANSSEN & LAATZ 2007: 415f.).

Mit einem F-Test wird geprüft, ob das geschätzte Regressionsmodell auch über die Stichprobe hinaus für die Grundgesamtheit Gültigkeit besitzt. Dabei geht auch der Stichprobenumfang in die Berechnung ein. Die Nullhypothese besagt, dass in der Grundgesamtheit kein Zusammenhang besteht und alle Regressionskoeffizienten Null sind. Wird diese Nullhypothese abgelehnt (kleiner p-Wert), kann von der Existenz eines Zusammenhangs ausgegangen werden.

Ein weiteres Maß zur Beurteilung eines linearen Regressionsmodells stellt der Standardfehler des Schätzers dar. Er ist der mittlere Fehler, der bei der Verwendung der Regressionsfunktion zur Schätzung der abhängigen Variablen gemacht wird (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 64ff.).

### 3.2.2.3 Logistische Regression

Mit dem Verfahren der logistischen Regression wird die Abhängigkeit einer nominalen Variablen (Variablen, deren Ausprägungen nicht sinnvoll in eine Rangfolge gebracht werden können) von anderen, unabhängigen Variablen (mit beliebigem Skalenniveau) untersucht. In der vorliegenden Untersuchung nimmt die abhängige Variable immer nur zwei Ausprägungen an (z. B. Evakuierungsfähig ja / nein), man spricht dann auch von einer binären logistischen Regression.

Im Vergleich zur oben dargestellten linearen Regression, bei der ein Wert der abhängigen Variablen unmittelbar geschätzt wird, berechnet die logistische Regression eine Wahrscheinlichkeit (Werte zwischen 0 und 1) für das Eintreten einer bestimmten Merkmalsausprägung (z. B. Evakuierungsfähig = ja). Diese Wahrscheinlichkeit berechnet sich bei  $n$  unabhängigen Variablen durch

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit  $z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ .

$P(Y=1)$  ist dabei die Wahrscheinlichkeit, dass  $Y$  die Merkmalsausprägung 1 annimmt,

$x_1, x_2, \dots, x_n$  sind die unabhängigen Variablen und

$b_i, i=0,1,2,\dots,n$  sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden.

Für einzelne Fälle wird in der Regel angenommen, dass die Merkmalsausprägung  $Y=1$  eintritt, falls  $P(Y=1)$  größer als 0,5 ist, andernfalls nimmt man das Eintreten der anderen Merkmalsausprägung an (vgl. z. B. BÜHL 2008: 376).

Die Erläuterung zur Bewertung eines geschätzten logistischen Regressionsmodells soll anhand einer Auswahl von Maßen geschehen, die u. a. von SPSS<sup>37</sup> ausgegeben werden:

Mit dem Likelihood-Quotienten-Test (LQ-Test) wird die Erklärungskraft der unabhängigen Variablen insgesamt überprüft. Es wird die Nullhypothese

( $H_0$ : Alle Regressionskoeffizienten sind gleich Null ( $b_1 = b_2 = \dots = 0$ ))

gegen die Alternativhypothese

( $H_A$ : Alle Regressionskoeffizienten sind ungleich Null ( $b_1, b_2, \dots \neq 0$ )) getestet.

Bei einem  $p$ -Wert nahe Null wird die Nullhypothese abgelehnt (vgl. auch Erläuterungen unter ‚Kreuztabellen‘) und von Regressionskoeffizienten ungleich Null ausgegangen. Der LQ-Test ist mit dem F-Test der linearen Regression vergleichbar (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 447).

In Anlehnung an das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  bei der linearen Regression wird bei der logistischen Regression versucht, mit dem Pseudo- $R^2$  den Anteil der erklärten ‚Variation‘ des Modells zu quantifizieren (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 449). Auch hier liegt der Wertebereich zwischen 0 und 1. Eine Faustregel besagt, dass bereits Werte ab 0,2 eine akzeptable Modellanpassung anzeigen.

Der Einfluss der einzelnen unabhängigen Variablen kann mit dem Wald-Test getestet werden, der überprüft, ob sich die Regressionskoeffizienten signifikant von Null unterscheiden (vgl. z. B. BÜHL 2008: 376).

Ein weiterer Hinweis auf die Validität des Regressionsmodells ist der Prozentsatz der richtig klassifizierten Fälle, also der Fälle, für die die Merkmalskategorie, in die sie aufgrund des Regressionsmodells klassifiziert wurden, auch tatsächlich zutrifft (vgl. z. B. BÜHL 2008: 379f.).

### 3.2.2.4 Varianzanalyse

<sup>37</sup> Die Berechnungen wurden in erster Linie mit der Software SPSS 17.0 durchgeführt.

Mit der Varianzanalyse wird der Einfluss von einer oder mehreren unabhängigen Variablen auf eine oder mehrere abhängige Variablen untersucht. In der UNU-EHS Studie ist nur die einfachste Form, mit einer unabhängigen und einer abhängigen Variable (einfaktorielle Varianzanalyse), relevant und wird hier ausschließlich dargestellt.

Die unabhängige Variable muss lediglich nominal skaliert sein, während für die abhängige Variable metrisches Skalenniveau verlangt wird.

Die einfaktorielle Varianzanalyse überprüft, ob die Merkmalsausprägungen der unabhängigen Variablen einen Einfluss auf die abhängige Variable haben bzw. ob sich die Mittelwerte der abhängigen Variablen in den Merkmalsgruppen signifikant voneinander unterscheiden. Dabei wird die Varianz (mittlere quadratische Abweichung) *innerhalb* der Stichprobengruppen (eine Gruppe für jede Merkmalsausprägung der unabhängigen Variablen) mit der Varianz *zwischen* den Gruppen verglichen. Ist die Varianz zwischen den Gruppen groß und die Varianz innerhalb der Gruppen klein, so kann von einem Einfluss der unabhängigen Variablen ausgegangen werden. Es wird also die Nullhypothese ( $H_0$ : Alle Mittelwerte sind gleich) gegen die Alternativhypothese ( $H_A$ : Mindestens zwei Mittelwerte sind verschieden) getestet.

Der zugehörige p-Wert gibt an, mit welcher Vertrauenswahrscheinlichkeit die Nullhypothese verworfen werden kann.

Voraussetzung zur Durchführbarkeit der Varianzanalyse sind eine Normalverteilung der Werte und eine Varianzhomogenität, d. h. die Varianzen innerhalb der Stichprobengruppen dürfen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Man muss also davon ausgehen können, dass andere Einflussgrößen, die nicht auf der unabhängigen Variablen beruhen, sich bis auf zufällige Schwankungen in allen Stichprobengruppen gleich auswirken.

SPSS gibt auch das Ergebnis des ‚Levene-Tests‘ aus, der die Voraussetzung der Varianzhomogenität überprüft. Hier sollte die Nullhypothese also NICHT abgelehnt werden, d. h. der zugehörige p-Wert sollte nicht zu klein sein.

Ein weiteres Maß zur Interpretation der Varianzanalyse ist die Größe Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ). Sie gibt an, welcher Anteil der Gesamtvariation auf die Merkmalsgruppen der unabhängigen Variablen zurückgeführt werden kann (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 120ff.; BÜHL 2008: 441ff.).

### **3.2.3 Auswahl der Verwundbarkeitsindikatoren**

Wie bereits dargestellt, werden zwei unterschiedliche Indikatorensets erstellt: a) ein Kernset von Indikatoren sowie b) ein erweitertes kommunalspezifisches Indikatorenset. Während das Kernset mit Hilfe von Daten berechnet werden kann, die in den meisten Kommunen bereits in Form der kommunalen Statistik vorliegen, kann bei der Durchführung einer gezielten Befragung zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung zusätzlich ein kommunalspezifisches Indikatorenset entwickelt werden. In den folgenden Unterkapiteln werden die ausgewählten Indikatoren innerhalb der Indikatorensets beschrieben und ihre Auswahl begründet. Ein Überblick ist in Abbildung 3.3 gegeben.

- Abbildung 3.3 einfügen -

*Abbildung 3.3: Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen*

#### **3.2.3.1 Kernindikatoren**

Zunächst sollen die Indikatoren des Kernsets vorgestellt und ihre Bedeutung für das Verwundbarkeitsassessment sowie ihre Datenbasis und Validität getrennt nach den Verwundbarkeitsbereichen Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität beschrieben werden.

### ***Exposition***

Exposition bezeichnet spezifiziert für den Bereich soziale Verwundbarkeit den Umstand, dass Bevölkerung einem möglichen Hochwasser an ihrem Wohnstandort ausgesetzt ist. Die Expositionsabschätzung im Rahmen einer Verwundbarkeitsanalyse erfolgt nach der Festlegung eines Hochwasserszenarios zunächst hinsichtlich der betroffenen Räume, aus denen sich dann die potenziell betroffenen Haushalte und Personen – absolute und relative Zahlen – einer Gemeinde bzw. Stadt ableiten lassen (vgl. Abbildung 3.4).

Die Exposition gegenüber Hochwassergefahren ist eine grundlegende Information für die Abschätzung der möglichen Verwundbarkeit. Wenn keine Exposition gegenüber Hochwassergefahren vorliegt, ist auch die Entwicklung von Strategien zum Umgang mit Hochwassergefahren zu vernachlässigen. Für die Erstellung von Notfallplänen und Evakuierungsstrategien sowie für die vorsorgende Stadtplanung ist es deshalb wichtig, Informationen über exponierte Gebiete und die darin lebende Bevölkerung bereitzustellen, so dass Einsatzkräfte und Mittel für den Bevölkerungsschutz sinnvoll koordiniert und konzentriert werden können (DKKV 2003: 56).

- im Folgenden soll bei der Publikation des Berichtes jeweils auf der linken Seite ein Kasten und auf der rechten Seite die zugehörige Karte eingefügt werden -

<b>Indikator:</b> <i>Exposition der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator gibt die absolute Zahl und den relativen Anteil aller innerhalb einer räumlichen Bezugseinheit (z. B. Stadtteil oder Stadtviertel) exponierten Personen oder Haushalte unter Annahme eines Hochwasserszenarios an. Für Köln und Dresden wurden jeweils die Szenarien HQ-100 und EHQ betrachtet.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und das Umweltamt der Stadt Dresden stellten die Daten für die Projektarbeit bereit. c) Daten zum Wohnstandort von Personen oder Haushalten aus der kommunalen Statistik (Einwohnermelderegister). Diese Daten wurden vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln mit den räumlichen Informationen zu Überschwemmungsgebieten verschnitten und anschließend in Form von Angaben pro Stadtviertel zur Verfügung gestellt. d) Räumliche Informationen zu Gebäuden und deren Geschosshöhe. Für das Untersuchungsgebiet Dresden wurden diese Daten von der Kommunalen Statistikstelle der Stadt Dresden vorgehalten.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Die Exposition, angegeben als Anzahl und Anteil exponierter Haushalte und Personen innerhalb einer Raumeinheit, ist ein wichtiger Teilaspekt der Verwundbarkeit. Die Ausweisung der Exposition gegenüber Hochwasserereignissen ist grundlegend für jegliche Schutzmaßnahmen, da sie Auskunft darüber gibt, in welchen Gebieten Maßnahmen erforderlich sind. Durch die Verwendung von Szenarien werden häufiger bzw. seltener betroffene Gebiete erkennbar. Während die Anzahl der exponierten Personen wichtige Informationen für den Bevölkerungsschutz (Evakuierungsplanung, Abschätzung des Bedarfs an Helfern und ggf. Hilfsgütern) und die räumliche Planung (Priorisierung von Maßnahmen) bereithält, kann auch der relative Anteil der betroffenen Personen oder Haushalte an der Gesamtbevölkerung pro Raumeinheit ein wichtiger Anhaltspunkt für die Verwundbarkeitsermittlung sein: Nur wer im Hochwasserfall nicht selbst betroffen ist, kann Anderen Hilfe anbieten. Wenn also innerhalb einer Raumeinheit nur wenige Menschen nicht selbst betroffen sind, kann dort von einem erhöhten Bedarf an externer Hilfe ausgegangen werden.
<b>Validität:</b> Es ergeben sich Unsicherheiten aus der Berechnung der Szenarien auf der Basis von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten. In Folge des Klimawandels wird sich z. B. die Fläche der HQ-100 Gebiete verändern. Die HQ-100 Berechnungen sind nicht als absolute Grenzlinien anzusehen – ein Hochwasser birgt immer ein gewisses Maß an Unsicherheit, was seinen Verlauf angeht. Die Bestimmung der Exposition wird hier auf die Wohnbevölkerung bezogen, da keine verlässlichen und aktuellen Daten zu den Arbeitsplätzen je Raumeinheit vorliegen. Dennoch wäre es sinnvoll, neben der <i>Nachtbevölkerung</i> (Wohnbevölkerung) auch die <i>Tagbevölkerung</i> (Menschen mit exponiertem Arbeitsplatz) zu erheben und in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen.

- Abbildung 3.4 einfügen -

Abbildung 3.4: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde

## *Anfälligkeit*

Vergangene Hochwasserereignisse zeigen, dass innerhalb der Gruppe der tatsächlich betroffenen Haushalte erhebliche Unterschiede bezogen auf die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität bestehen. Während die flächenhafte Exposition gegenüber Hochwassergefahren und die Anzahl der potenziell betroffenen Personen eine erste Orientierung bietet, müssen Verwundbarkeitsanalysen im nächsten Schritt die Anfälligkeit der potenziell Betroffenen beleuchten. Neben der Exposition sind daher weitere Informationen und Indikatoren notwendig, um eine Orientierungshilfe für Vorsorgestrategien und Notfallplanungen zu bieten.

Zur Abschätzung der Anfälligkeit werden in erster Linie Fragen der Evakuierungsfähigkeit sowie der Evakuierungsgeschwindigkeit der betroffenen Bevölkerung betrachtet. Diese Fokussierung trägt insbesondere dem Endnutzer Bevölkerungsschutz Rechnung. Gerade vor dem Hintergrund einer in Deutschland zunehmend älter werdenden Gesellschaft ist es besonders wichtig, zu prüfen, wie sich die Anfälligkeit bezogen auf den Selbstschutz und die Fähigkeit zur eigenständigen Evakuierung vor Ort darstellt.

Unterschiedliche soziale Gruppen werden bei der Betrachtung der Anfälligkeit anhand charakteristischer Merkmale zusammengefasst. Diese Merkmale sind so ausgewählt, dass sie eine Abschätzung darüber erlauben, wie viele Personen bei Eintritt eines Hochwasserereignisses besonderer Hilfe bedürfen, sich also nicht selbstständig in Sicherheit bringen könnten (*Evakuierungsfähigkeit*, vgl. Abbildung 3.5) oder im Falle eines selbstständigen Verlassens der Wohnung trotzdem Unterstützung benötigen würden (*Evakuierungszeit*, vgl. Abbildung 3.6). Obwohl für die großen Flüsse Vorwarnzeiten von mehreren Tagen für Hochwassergefahren bestehen, ist die Frage der Evakuierungsgeschwindigkeit potenziell betroffener Haushalte relevant, da auch das Risiko des Versagens oder der Überspülung von Hochwasserschutzanlagen (Hochwasserschutzzentrale 2009) als unerwartete und sehr schnell auftretende Ereignisse berücksichtigt werden sollten.

<b>Indikator:</b> <i>Evakuierungsfähigkeit der potenziell betroffenen Bevölkerung</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator gibt den Anteil der Haushalte an, die im Hochwasserfall nicht in der Lage wären, alle Haushaltsangehörigen eigenständig in Sicherheit zu bringen.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Für den Untersuchungsraum Köln wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, für den Untersuchungsraum Dresden vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt. c) Haushaltstypen: Für Köln vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, für Dresden von der Kommunalen Statistikstelle Dresden, jeweils erstellt mit Hilfe des Programms HHGen (siehe Kapitel 3.3.1.2) auf der Basis von Einwohnermeldedaten. (Variante 2 zusätzlich: d) Gehbehinderung: Für den Untersuchungsraum Dresden lagen diese Daten bei der Kommunalen Statistikstelle der Stadt Dresden vor.)
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Je mehr Haushalte innerhalb einer Raumeinheit auf fremde Hilfe angewiesen sind, desto anfälliger ist die Bevölkerung dort einzuschätzen. Es besteht eine Verantwortlichkeit der Behörden, die Evakuierung im Ereignisfall auch für hilfsbedürftige Personen zu organisieren (DE BRUIN et al. 2009: 117), so dass die räumliche Darstellung des Indikators Auskunft darüber geben kann, wo im Falle einer Evakuierung mit erhöhtem Bedarf an Helfern zu rechnen ist. In der UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigte sich darüber hinaus, dass ältere Personen, die im Rahmen der Ermittlung der Evakuierungsfähigkeit als besonders vulnerable Gruppe identifiziert wurden, auch hinsichtlich der Zufluchtsorte bei einer Evakuierung weniger auf soziale Netzwerke zurückgreifen können. Dies bedeutet, dass viele der nicht eigenständig Evakuierungsfähigen auch auf die Unterbringung in Notunterkünfte angewiesen sein werden, die sich auf den Umgang mit den Bedürfnissen einer überdurchschnittlich alten Klientel vorbereiten sollte.
<b>Validität:</b> Die Altersstruktur eines Haushalts hat bedeutenden Einfluss auf die <i>Evakuierungsfähigkeit</i> . Für die Validität der Berechnungsmethodik sind in Kapitel 3.3.1.2 entsprechende statistische Gütemaße aufgeführt. Dort wird auch auf die Ableitung der Haushaltstypen aus dem Einwohnermelderegister eingegangen.

- Abbildung 3.5 einfügen -

Abbildung 3.5: Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden

<b>Indikator:</b> <i>Evakuierungszeit der potenziell betroffenen Haushalte</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator gibt an, nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte eines Stadtviertels sich selbst sowie Haustiere und wichtigste Dokumente in Sicherheit gebracht hat. Er ist demnach ein Maß für die Geschwindigkeit, in der sich die Bewohner in Sicherheit bringen können.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Die Bereitstellung der Daten für den Untersuchungsraum Köln erfolgte über das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln. Für den Untersuchungsraum Dresden übernahm das Umweltamt der Stadt Dresden die Bereitstellung. c) Haushaltstypen: Datenquelle für den Untersuchungsraum Köln war das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, für den Untersuchungsraum Dresden die Kommunale Statistikstelle der Stadt Dresden. Die Daten wurden jeweils erstellt mit Hilfe des Programms HHGen (siehe Kapitel 3.3.1.2) auf der Basis von Einwohnermeldedaten.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Bei einer sehr kurzen Vorwarnzeit ist für die Planung von Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen eine Einschätzung darüber erforderlich, wie viele Haushalte und Personen sich in welcher Zeit in Sicherheit bringen können. Insbesondere wenn Schutzvorrichtungen (z. B. Deich, mobile Schutzwände) versagen oder überspült werden oder Stadtgebiete durch aus der Kanalisation eindringendes Wasser überflutet werden, ist die Frage, welche Stadtteile besondere Schwierigkeiten bei der schnellen Evakuierung aufweisen, zentral. Die <i>Evakuierungszeit</i> kann dabei als ein Maß angesehen werden, um verschiedene Stadtteile zu vergleichen. Die absolute Zeit hat hier weniger Bedeutung als vielmehr der Vergleich der Evakuierungsgeschwindigkeiten der Stadtviertel oder Stadtteile untereinander.
<b>Validität:</b> Der Indikator unterliegt der Einschränkung, dass eine eigene Einschätzung der benötigten Zeit, um sich selbst in Sicherheit zu bringen, mit gewissen Unsicherheiten verbunden ist. Durch die Verwendung des Medians als stabilen Mittelwert kann der Einfluss von Ausreißern minimiert werden und zudem die Schätzwerte der Evakuierung in eine Zeitspanne einsortiert werden, die realistisch erscheint. In den Fällen, in denen die Stichprobe groß genug ist, bestätigt die Varianzanalyse die Bedeutung der unterschiedlichen Haushaltstypen für die Feststellung der Evakuierungsgeschwindigkeiten.

- Abbildung 3.6 einfügen -

Abbildung 3.6: *Evakuierungszeiten im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln*

### ***Bewältigungskapazität***

Exponierte und anfällige Bevölkerungsgruppen besitzen vielfach Ressourcen und Fähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, Extremereignisse zu bewältigen. Beispielsweise haben ältere Personen zwar möglicherweise größere Schwierigkeiten bei einer Evakuierung, gleichzeitig können jedoch gerade ältere Menschen auch über wichtiges Erfahrungswissen verfügen, welches ihnen erlaubt, sich im Fall eines Hochwassers richtig zu verhalten. Wenn bereits Erfahrungen mit Naturereignissen gemacht wurden, ist das Risikobewusstsein in der Bevölkerung oft höher. Unmittelbar nach einem als Katastrophe erlebten Naturereignis ist sich die Bevölkerung ihrer Situation am stärksten bewusst, die Motivation vorbeugende Maßnahmen zu finanzieren und umzusetzen besonders ausgeprägt (BRILLY et al. 2005: 245f; KREIBICH et al. im Druck; KREIBICH et al. 2005: 125). Diese positiven Aspekte – wie z. B. das beschriebene Erfahrungswissen – sollten bei einem Verwundbarkeitsassessment als Bewältigungskapazitäten Berücksichtigung finden. Für die Abschätzung der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen wurden insbesondere zwei Indikatoren ausgewählt, der *potenzielle Versicherungsschutz* (vgl. Abbildung 3.7) gegenüber Hochwasserschäden und die *Hochwassererfahrung* (vgl. Abbildung 3.8).

### ***Zusatzinformationen zur Elementarschaden-Versicherung***

Während Eigentümer, die im eigenen Haus wohnen, sowohl ihr Gebäude als auch ihren Hausrat gegen Elementarschäden versichern können, ist für Mieter nur eine Versicherung des Hausrats relevant. Bei Haushalten, die Eigentümer ihrer Wohnung sind, verfügt erwartungsgemäß tendenziell ein höherer Anteil über eine Elementarschaden-Versicherung als bei Haushalten, die zur Miete wohnen. Dies wurde durch die UNU-EHS Haushaltsbefragungen bestätigt: In Köln sind 49 % der befragten Eigentümer gegen Elementarschäden versichert, aber nur 8 % der Mieter. In Dresden stehen 66 % der versicherten Eigentümer einem Anteil von 30 % der versicherten Mieter gegenüber (vgl. Tabelle 3.14 in Abschnitt 3.3.1.3).

Aufgrund des erhöhten Risikos liegt die Vermutung nah, dass in den häufiger betroffenen Gebieten tendenziell ein höherer Anteil an Haushalten einen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden aufweist. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass in den besonders exponierten Räumen der Zugang zu einer entsprechenden Versicherung erschwert und die Prämien erhöht sind. Unter Federführung des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) wurde 1999 zur Einstufung von Gefährdungsgraden ein Zonierungssystem für Überschwemmung, Rückstau und Starkregen (ZÜRS) entwickelt. Nach diesen Zonen richtet sich die Versicherbarkeit bzw. die Versicherungsprämie für Objekte. In der höchsten Gefährdungsklasse haben Hausbesitzer nur sehr geringe Chancen, eine Elementarschaden-Versicherung zu bekommen (vgl. Stiftung Warentest 2008; DKKV 2003: 63f.). Seit dem Elbehochwasser 2002 setzen sich unter anderem die Verbraucherzentralen für die Einführung einer Elementarschaden-Versicherung als Pflichtversicherung für Wohngebäude ein.

### ***Zusatzinformationen zur Hochwassererfahrung***

Da es in der Kommunalstatistik keine direkten Daten zum Anteil der Haushalte bzw. Personen gibt, die bereits Hochwasserereignisse am Wohnort erlebt bzw. bewältigt haben, wird als Ersatzindikator ein Maß der *Hochwassererfahrung* berechnet, welches die Wohndauer des jeweiligen Haushalts am Wohnort und den Grad der Exposition als erste Orientierung zur Beurteilung der Hochwassererfahrung am Wohnort nutzt. Eine grundlegende These lautet, dass die Haushalte, die erst kürzlich, d. h. innerhalb der letzten Jahre in die hochwasserexponierten Wohnstandorte gezogen sind, über weniger Wissen zur Bewältigung von Hochwasserereignissen verfügen als solche, die schon seit längerem an dem entsprechenden Wohnstandort wohnen.

Die UNU-EHS Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden belegen, dass Haushalte mit Hochwassererfahrung am Wohnort in Bezug auf das Wissen über Hochwasserschutzmaßnahmen sowie bezüglich der verfügbaren Gegenstände, die eine Bewältigung des Hochwasserereignisses erleichtern (z. B. Gummistiefel, Strom unabhängige Energiequellen für Licht und Heizung im

Haushalt) deutlich besser abschneiden, als Haushalte ohne entsprechende Hochwassererfahrung. Zudem fielen bei den befragten Personen psychische Probleme (Ängste, Depressionen, etc.) als Folge eines Hochwasserereignisses bei hochwassererfahrenen Personen tendenziell geringer aus. Das gehäufte Auftreten gesundheitlicher und seelischer Folgen nach dem Elbehochwasser 2002 ist ein deutlicher Hinweis auf diesen Zusammenhang (vgl. BIRKMANN 2009, S. 16ff.).

<b>Indikator:</b> <i>Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator gibt den Anteil der Haushalte an, die über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen; geschätzt auf Basis der Einkommensverteilung (Köln) oder ersatzweise über die Eigentumsverhältnisse der Wohnungen und Häuser (Dresden).
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Die für den Untersuchungsraum Köln verwendeten Daten stammen aus dem Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln. Für Dresden wurden die entsprechenden Daten vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. c) Haushaltseinkommen: Die verwendeten Daten für den Untersuchungsraum Köln entstammen dem Kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln. d) Eigentümer-Mieter-Verhältnis: Diese Daten wurden für den Untersuchungsraum Dresden von der Kommunalen Statistikstelle der Stadt Dresden bereitgestellt.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Für die finanzielle Bewältigung eines Hochwasserereignisses ist es von wesentlicher Bedeutung, ob Hochwasserschäden von einer Versicherung übernommen werden. In einer einfachen Wohngebäude- oder Hausratversicherung sind Hochwasserschäden nicht abgedeckt, notwendig ist eine zusätzliche Elementarschaden-Versicherung (Verbraucherzentrale Sachsen 2007). Durch Anreize, die aus Versicherungsbedingungen (z. B. Selbstbeteiligung oder Auflagen zur Eigenvorsorge) entstehen, können die Versicherungsnehmer zur Eigeninitiative animiert werden, um das Schadenspotenzial insgesamt zu verringern (IKSR 2002: 40f.). Die Visualisierung von Gebieten, in denen die Bevölkerung über einen hohen bzw. niedrigen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserereignissen verfügt, kann auch zur Sensibilisierung der exponierten Bevölkerung im Sinne einer Erhöhung der finanziellen Bewältigungskapazität beitragen.
<b>Validität:</b> Beide Methoden beinhalten insofern Unsicherheiten, dass unterschiedliche Versicherungsbedingungen und -preise je nach Expositionslage, auch innerhalb der HQ-100 Gebiete, betrachtet werden. Es muss beachtet werden, dass der Versicherungsschutz der jeweiligen Bewohner geschätzt wird. Ob der Eigentümer einer Mietswohnung gegen Elementarschäden innerhalb der Wohngebäudeversicherung versichert ist, bleibt unbeachtet. Zur Überprüfung der statistischen Validität der Schätzmethode sind in Kapitel 3.3.1.3 entsprechende Gütemaße aufgeführt.

- Abbildung 3.7 einfügen -

Abbildung 3.7: Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Köln

<b>Indikator:</b> <i>Hochwassererfahrung</i>
<b>Aussagegehalt:</b> Der Indikator gibt an, wie viele Personen / Haushalte innerhalb einer Raumeinheit bereits Erfahrung mit Hochwasserereignissen am eigenen Wohnort haben. Berechnet auf der Basis der Wohndauer des jeweiligen Haushalts am Wohnort und dem Grad der Exposition.
<b>Datenbasis / Quelle</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Die Daten, die für den Untersuchungsraum Köln ausgewertet wurden, stammen aus dem Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln. Die für den Untersuchungsraum Dresden erhaltenen Daten wurden vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt. c) Anzahl der Haushalte nach Wohndauerklassen: Das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, sowie die Kommunale Statistikstelle der Stadt Dresden stellten die Daten der jeweiligen Untersuchungsgebiete für die Projektarbeit zur Verfügung.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Der Grad der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gegenüber Hochwasserereignissen hängt nachweislich von der Hochwassererfahrung ab. So zeigten sich deutliche Unterschiede im Grad der in Eigeninitiative getroffenen Hochwasservorsorge, hinsichtlich des Wissens über das richtige Verhalten im Hochwasserfall sowie im Zusammenhang mit körperlichen und seelischen Folgeproblemen nach einem Hochwasser zwischen der Gruppe der Personen, die bereits ein Hochwasserereignis am Wohnort erlebt haben, und denjenigen, die diese Erfahrung nicht hatten. Der Indikator erlaubt eine Abschätzung darüber, in welchen Wohngebieten die Bevölkerung potenziell über wenig Hochwassererfahrung verfügt und demzufolge verstärkt Aufklärungsarbeit zur Information und Sensibilisierung geleistet werden muss.
<b>Validität:</b> Die Berechnung des Indikators basiert auf der Wohndauer des Haushaltes am aktuellen Wohnstandort sowie der Exposition des Wohnstandortes (HQ-100, EHQ). Demzufolge wird ein Maß der Hochwassererfahrung berechnet, welches umso höher liegt, je länger der Haushalt an dem Wohnstandort bereits lebt und je größer der Expositionsgrad ist. Die ermittelten Zusammenhänge zwischen der Wohndauer und der Hochwassererfahrung basieren auf den Befragungsergebnissen in Köln bzw. Dresden. Sie sind stark ortsabhängig, weil die Angaben zur Hochwassererfahrung durch vergangene Hochwasser in der jeweiligen Stadt bestimmt sind. Eine direkte Übertragung auf andere Kommunen wird deshalb nicht empfohlen, stattdessen wird in Kapitel 3.3.1.3 auf Alternativen eingegangen. Gütemaße zur Validität der angewendeten logistischen Regression werden ebenfalls in Kapitel 3.3.1.3 aufgeführt.

- Abbildung 3.8 einfügen -

Abbildung 3.8: Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ Gebiet der Stadt Köln

Des Weiteren ist anzumerken, dass bei der Entwicklung der Indikatoren oder potenziellen Indikatoren auch weitere Indikatoren in erster Näherung in Betracht gezogen wurden, die jedoch im weiteren Verlauf wieder verworfen wurden. Dies war u. a. der Fall bei dem Indikator „Wissen über kommunale Hochwasserschutzmaßnahmen und ihre Beurteilung“. Diese Punkte wurden im Rahmen der Haushaltsbefragung erfasst, allerdings haben nur wenige Haushalte hier entsprechende Angaben gemacht. Des Weiteren ließen sich aus den Daten und Angaben keine schlüssigen Trends oder Muster erkennen, so dass der Indikator im weiteren Verlauf nicht weiter verfolgt bzw. in ein Indikatorenset aufgenommen wurde.

### **3.2.3.2 Kommunalspezifische Indikatoren**

Neben dem Set standardisierter Kernindikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit werden zusätzlich kommunalspezifische Indikatoren vorgeschlagen, die auf eigenen Erhebungen, z. B. als Bestandteil eines kommunalen Mikrozensus, aufbauen. Die vorgeschlagenen kommunalspezifischen Indikatoren werden im Folgenden erläutert. Für Köln konnten diese im Rahmen des kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009 (vgl. Anhang B.2) erhoben werden, für Dresden stammen die Ergebnisse aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung. Folglich konnte für Dresden keine Differenzierung nach Stadtteilen – sondern nur nach den drei Untersuchungsgebieten – vorgenommen werden.

Dem Indikator *Hochwassersensibilität* (vgl. Abbildung 3.9) liegt die Annahme zugrunde, dass sich Personen, welche sich der eigenen Hochwassergefährdung bewusst sind, eher über richtiges Verhalten im Hochwasserfall informieren werden, eine erhöhte Bereitschaft zur Umsetzung von baulichen Hochwasserschutzmaßnahmen zeigen und geneigter sind, sich gegenüber potenziell eintretenden Schäden zu versichern.

Eine Reihe von Forschungsprojekten und Publikationen hat sich in der jüngsten Vergangenheit der Bedeutung des Risikobewusstseins für das Management von Naturgefahren angenommen. So greift beispielsweise das Deutsche Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) in ihrer Schriftenreihe „Lessons Learned“ mit der Ausgabe „Hochwasservorsorge in Deutschland, Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbgebiet“ die Thematik auf. Forschungsprojekte wie FLOODsite, das als wesentlicher Baustein zur Umsetzung europäischer Hochwasserrisikomanagementrichtlinien gilt (EU-HWRM-RL; vgl. STEINFÜHRER et al. 2009; STEINFÜHRER et al. 2007), oder DISFLOOD, welches das Ziel verfolgt auf der Basis von sozialen und ökonomischen Vulnerabilitätsindikatoren Katastrophen zu simulieren (FEKETE 2009: 393ff.; DAMM et al. 2006), begreifen das Risikobewusstsein als einen Schlüsselfaktor.

Die Berechnung des Indikators basiert auf der Auswertung der Frage: *„Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“* Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 konnten in der UNU-EHS Haushaltsbefragung Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht.

<b>Indikator:</b> <i>Hochwassersensibilität</i>
<b>Aussage:</b> Gibt die subjektive Selbsteinschätzung der Hochwasserexposition von Haushalten bezogen auf den Wohnort an.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Für den Untersuchungsraum Köln übernahm das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, für den Untersuchungsraum Dresden das Umweltamt der Stadt Dresden die Bereitstellung der Daten. c) Auswertung der Frage: <i>„Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“</i> Die Datengrundlage für den Untersuchungsraum Köln entstammt dem Kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln; Für den Untersuchungsraum Dresden wurden die Ergebnisse der UNU-EHS Haushaltsbefragung ausgewertet.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Die Visualisierung der Hochwassersensibilität kann Gebiete aufzeigen, die zwar potenziell hochwasserexponiert sind, deren Bevölkerung jedoch nur eine geringe Sensibilisierung bezüglich dieser Problematik aufweist. Tendenziell zeigte die UNU-EHS Haushaltsbefragung, dass Haushalte, die hochwassersensibilisiert sind, auch über einen höheren Grad an Vorsorge verfügen. Umgekehrt ist in Gebieten, in denen nur eine geringe Sensibilisierung der Bevölkerung zu verzeichnen ist, mit einer schlechteren Vorbereitung zu rechnen. Die Auswertung des Indikators kann dazu dienen, Gebiete zu identifizieren, in denen verstärkt Aufklärungsarbeit zu leisten ist.
<b>Validität:</b> Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Für die Frage der Hochwassersensibilität liegen teilweise auch geringere Fallzahlen vor – deshalb werden diese Fallzahlen in der Karte mit angegeben.

- Abbildung 3.9 einfügen -

Abbildung 3.9: Hochwassersensibilität im EHQ Gebiet der Stadt Köln

Die Analyse der *Informationslage* (vgl. Abbildung 3.10) des Haushalts über Hochwassergefahren knüpft an die Betrachtung der *Hochwassersensibilität* an, jedoch liegt der Schwerpunkt auf der Feststellung, wie viele und welche Haushalte bei der Auswahl ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen unaufgefordert erhalten oder aktiv eingeholt haben. Die Aufklärung der Bevölkerung spielt eine bedeutende Rolle bei der Stärkung der Eigenvorsorge im Schadensfall, welche schrittweise von der Abhängigkeit von Kommune bzw. staatlichen Stellen wegführen soll (DKKV 2003: 60ff; BOLLIN 2008: 265f). Der Indikator baut auf der Annahme auf, dass Personen, die sich bei Bezug ihres Hauses oder ihrer Wohnung über mögliche Hochwassergefahren informiert waren, eher Vorsorgemaßnahmen treffen werden. Umgekehrt kann ein hoher Anteil an Haushalten und Personen in Expositionslagen, die sich nicht über entsprechende Hochwassergefahren informiert haben oder durch die Stadt und / oder vom Vermieter oder Makler informiert wurden tendenziell auf ein geringeres Vorsorge- und Sensibilitätpotenzial schließen.

Im Vergleich zu der Schätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* im Kernindikatorensatz, lassen sich im Rahmen eigener Befragungen die aktuellen Werte des *tatsächlichen Versicherungsschutzes* der Haushalte gegenüber Hochwasserrisiken (Elementarschaden-Versicherung) ermitteln, wenn die Umfrage eine entsprechende Repräsentativität und Größe der Stichprobe aufweist.

<b>Indikator:</b> <i>Informationslage zur Hochwassergefährdung</i>
<b>Aussage:</b> Gibt an, welche und wie viele Haushalte beim Bezug ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über die Hochwassergefährdung unaufgefordert erhalten oder aktiv eingeholt haben.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und das Umweltamt der Stadt Dresden stellten die Daten für die jeweiligen Untersuchungsräume bereit. c) Auswertung der Frage: <i>„Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“</i> Datengrundlage waren im Untersuchungsraum Köln die Ergebnisse des Kommunalen Mikrozensus. Für den Untersuchungsraum Dresden wurden die Ergebnisse der UNU-EHS Haushaltsbefragung entsprechend ausgewertet.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Ein wichtiges Etappenziel zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Herabsetzung der Verwundbarkeit besteht darin, den Informationsstand der Haushalte, die in gegenüber Hochwassergefahren exponierten Gebieten leben, auf ein hohes Niveau zu bringen bzw. ein hohes Informationsniveau zu halten. Dies ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg, die Selbstvorsorge der exponierten Haushalte zu erhöhen. Insbesondere bei der baulichen Vorsorge ist die Informationslage bei der Wohnstandortwahl entscheidend, da spätere Umbauten an Haus oder Wohnung oftmals kostenintensiver oder schlicht nicht mehr möglich sind. Es ist demnach davon auszugehen, dass in den Gebieten, in denen ein hohes Informationsniveau schon bei der Entscheidung für einen Wohnstandort vorherrschte, bessere Vorbereitungen getroffen wurden und Vorsorgemaßnahmen greifen können. Die Verwundbarkeit der Bevölkerung in diesen Gebieten reduziert sich. Im Gegenzug spricht ein geringes Informationsniveau für eine erhöhte Verwundbarkeit.
<b>Validität:</b> Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Für die Frage der Informationslage zur Hochwassergefährdung liegen teilweise auch geringere Fallzahlen vor – deshalb werden Stadtteile mit geringeren Fallzahlen nicht dargestellt, sondern nur solche, in denen die Zahl der gültigen Antworten bei mindestens 20 liegt.

- Abbildung 3.10 einfügen -

Abbildung 3.10: Informationslage (keine Informationen erhalten / eingeholt) im EHQ Gebiet der Stadt Köln

<b>Indikator:</b> <i>Tatsächlicher Versicherungsschutz</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator ermöglicht eine Aussage über die tatsächliche Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung der Bevölkerung innerhalb einer Raumeinheit.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und das Umweltamt der Stadt Dresden übernahmen die Bereitstellung der Daten für die jeweiligen Untersuchungsräume. c) Auswertung der Frage: <i>„Haben Sie für Ihre Wohnung oder ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?“</i> Datengrundlage waren im Untersuchungsraum Köln die Ergebnisse des Kommunalen Mikrozensus. Für den Untersuchungsraum Dresden wurden die Ergebnisse der UNU-EHS Haushaltsbefragung entsprechend ausgewertet.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Die Aussage dieses Indikators trägt ebenfalls zur Abschätzung der finanziellen Bewältigungskapazität von Haushalten bei (siehe auch Kernindikator <i>„Versicherungsschutz“</i> , vgl. Kapitel 3.2.3.1). Der Mehrwert zu dem mittels von Einkommensdaten hochgerechneten Kernindikator <i>Versicherungsschutz</i> besteht darin, dass dieser durch eine direkte Erhebung der Information vor Ort ergänzt wird. Dadurch kann ein weiter verbessertes Abbild der tatsächlichen Situation entstehen.
<b>Validität:</b> Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Für die Frage der Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung liegen insgesamt zu geringe Fallzahlen vor – deshalb wird auf eine kartographische Darstellung verzichtet und auf die Darstellung des Indikators <i>potenzieller Versicherungsschutz</i> verwiesen.

Der abschließende kommunalspezifische Indikator erfasst die Anzahl und Art der getroffenen *Hochwasserschutzmaßnahmen im privaten Bereich*. Obschon auch die öffentliche Hand und insbesondere die Kommunen für entsprechende Schutzmaßnahmen im baulichen und nicht-baulichen Bereich eine wichtige Verantwortung tragen (Deiche, mobile Schutzwände etc.), sind auch Vorsorgemaßnahmen privater Haushalte eine wichtige Aufgabe und Voraussetzung für effektiven Bevölkerungsschutz. Insgesamt zeigt der Indikator die Unterschiede auf, die hinsichtlich des eigenverantwortlich durchgeführten Hochwasserschutzes zwischen unterschiedlichen Stadtteilen bestehen. Darüber hinaus lässt sich die Art der getroffenen Maßnahmen auswerten, beispielsweise bezogen auf die mit der Maßnahme verbundene Veränderung (deutliche Veränderung durch z. B. Umzug, leichte Veränderungen durch zusätzliche bauliche Maßnahmen).

<b>Indikator:</b> <i>Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator lässt eine Aussage darüber zu, wie viele Haushalte innerhalb einer Raumeinheit in Eigeninitiative Hochwasserschutzmaßnahmen ergriffen haben. Zudem lassen sich auch Aussagen zur Art der getroffenen Hochwasservorsorgemaßnahmen treffen.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die entsprechenden Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe (Steb) der Stadt Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt. b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (Köln: Stadtviertel, Stadtteile; Dresden: Stadtteile). Die Bereitstellung der Daten für den Untersuchungsraum Köln erfolgte durch das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln. Für den Untersuchungsraum Dresden konnten die Daten vom Umweltamt Dresden zur Verfügung gestellt werden. c) Auswertung der Frage: <i>„Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt?“</i> Datengrundlage waren im Untersuchungsraum Köln die Ergebnisse des Kommunalen Mikrozensus.
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Die Verbesserung des baulichen und nicht-baulichen Hochwasserschutzes im privaten Bereich kann generell die Bewältigungskapazität von exponierten Haushalten erhöhen und dazu beitragen, im Ereignisfall die Ressourcen auf besondere Problembereiche einzugrenzen. Auch für die Bewältigung der Folgen eines Hochwassers sind entsprechende Maßnahmen von erheblicher Bedeutung, da sie das Schadenspotenzial der Haushalte deutlich mindern.
<b>Validität:</b> Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Für die Frage der Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte liegen insgesamt zu geringe Fallzahlen vor – deshalb wird auf eine kartographische Darstellung verzichtet, Gesamtergebnisse für die Stadt Köln werden aber in Kapitel 3.3.2 dargestellt.

### 3.2.4 Diskussion und Validierung der Indikatoren

Die Diskussion und Validierung der ausgewählten Indikatoren kann anhand verschiedener Verfahren und Methoden vorgenommen werden, wie logisch-argumentative Verfahren oder statistische Verfahren. Auch Expertenbefragungen sind eine weitere Möglichkeit. Neben den im Folgenden dargelegten statistischen Validierungsmethoden wurden die entsprechenden Indikatoren auch durch die Gespräche mit den Praxispartnern aus den Städten Köln und Dresden sowie mit betroffenen Bürgern diskutiert und damit validiert. Die Validität eines Indikators als Anzeiger für den Zustand eines Indikandums sollte jeweils anhand einer repräsentativen Stichprobe (hier die UNU-EHS Haushaltsbefragung) und geeigneten Methoden überprüft werden. Dabei gilt es zu prüfen, inwiefern die gefundenen Zusammenhänge statistisch valide und übertragbar sind. Im folgenden Kapitel werden diese dargestellt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden insbesondere Indikatoren ausgewählt, die eine Aussage zur Vulnerabilität auf lokaler Ebene ermöglichen. Dabei sind in den Befragungen die Zusammenhänge primär auf Haushalte bezogen. Folglich müssen bei einer Abschätzung bzw. Übertragung dieser Indikatoren auf ganze Stadtviertel oder Stadtteile immer gewisse Unsicherheiten in Kauf genommen werden, die sich selten direkt und einfach quantifizieren lassen. Oftmals müssen mehrere Gütemaße gemeinsam betrachtet werden, um die Validität der Beziehung Indikator – Indikandum auf Stadtteil- oder Stadtviertelebene beurteilen zu können.

### 3.3 Anwendung der Berechnungsmethoden und Validierung der Ergebnisse

Im diesem Abschnitt werden die Indikatoren für die Fallstudien Köln und Dresden angewendet und die Ergebnisse beispielhaft kartographisch dargestellt. Weitere Karten, die nicht in diesem Abschnitt abgebildet sind, finden sich in Kapitel 3.2.3 und in Anhang B.3.

### **3.3.1 Diskussion und Validierung der Kernindikatoren für die Städte Köln und Dresden**

#### **3.3.1.1 Bereich Exposition**

Als Exposition wird die Anzahl bzw. der Anteil der potenziell betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (z. B. Stadtviertel) unter der Annahme eines Hochwasserszenarios bezeichnet. Mit dem Anteil exponierter Haushalte oder Einwohner pro Raumeinheit lassen sich räumliche Unterschiede im Expositionsgrad zwischen den Stadtvierteln und Stadtteilen ausmachen. Die Angabe der absoluten Anzahl der exponierten Haushalte und Einwohner bietet insbesondere für die Notfall- und Evakuierungsplanung wichtige Informationen zu den potenziell zu versorgenden oder zu evakuierenden Haushalte je Stadtviertel oder Stadtteil.

#### **Köln:**

In Köln konnten die von der Hochwasserschutzzentrale herausgegebenen Hochwassergefahrenkarten für das HQ-100 und das EHQ Szenario (HQ-500) vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln direkt mit der Adressdatei der Einwohnermeldestatistik verschnitten werden. So konnte jeweils die genaue Anzahl der Haushalte im HQ-100 und im EHQ Gebiet je Stadtviertel ermittelt werden. Durch die Angabe der Gesamtzahl der Haushalte pro Stadtviertel konnte auch der jeweilige Anteil der exponierten Bevölkerung bestimmt werden. Die Haushaltsangaben waren zusätzlich nach der Haushaltsgröße unterteilt (Haushalte mit 1, 2, 3, 4, 5 sowie 6 und mehr Personen), was eine fast genaue Bestimmung der laut Szenario exponierten Personen (und nicht nur der Haushalte) ermöglichte (vgl. Abbildungen 3.11 und 3.12).

#### **- Abbildung 3.11 einfügen -**

*Abbildung 3.11: Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde*

#### **- Abbildung 3.12 einfügen -**

*Abbildung 3.12: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde*

#### **Dresden:**

Für Dresden standen die Hochwassergefahrenkarten für das HQ-100 und für das EHQ Szenario (Pegelstand 10 m, entspricht in etwa einem HQ-200–300) zur Verfügung, außerdem lag die Anzahl der Haushalte auf Stadtteilebene vor. Eine Verschneidung der Adressen mit den Gefahrenkarten war hier derzeit leider nicht möglich, deshalb wurden die Zahlen der potenziell betroffenen Haushalte und Personen geschätzt (vgl. Abbildungen 3.13 und 3.14). Dafür wurde eine zusätzliche Karte herangezogen, die Informationen zum Gebäudebestand mit den entsprechenden Geschoszzahlen beinhaltet. Durch die Verschneidung mit den Hochwassergefahrenkarten (HQ-100, EHQ) konnte die Gebäude- und Geschoszzahl pro Expositionslage und Stadtteil ermittelt werden. Mit einem Durchschnittswert ‚Haushalte pro Geschoss‘ wurde die Anzahl der potenziell exponierten Haushalte geschätzt. Die Zahl der potenziell exponierten Personen konnte dabei mit Hilfe der durchschnittlichen Haushaltsgröße geschätzt werden. Ein weiteres Verfahren der kleinräumigen Bevölkerungsexpositionsabschätzung kann auch über die Methode der Satellitenfernerkundung erfolgen (siehe Kapitel 5).

#### **- Abbildung 3.13 einfügen -**

*Abbildung 3.13: Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde*

#### **- Abbildung 3.14 einfügen -**

*Abbildung 3.14: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde*

### 3.3.1.2 Bereich Anfälligkeit

Die Indikatoren *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* repräsentieren, wie in Kapitel 3.2.3.1 beschrieben, die Anfälligkeit der Bevölkerung. Sie werden mit Hilfe von statistischen Daten zu Haushaltstypen berechnet. Vom Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) wurde in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR, heute Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, BBR) ein Haushaltegenerierungsverfahren (HHGen) entwickelt, das allen Gemeinden zur Verfügung steht. Mit diesem Verfahren können Haushalte anhand von Daten aus den Einwohnermelderegistern gruppiert werden (KOSIS-Verbund 2009). Unter anderem können damit Haushaltstypen nach Lebensphasen unterschieden werden, die dann – unter bestimmten Annahmen – den vier unten aufgeführten Haushaltstypklassen zugeordnet werden können (siehe unten ‚Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens‘).

Hauptkriterium zur Bildung von Haushaltstypen ist das Alter der Haushaltsmitglieder. Sie stellen eine gute Ausgangsbasis zur Indikatorenberechnung dar, weil das Alter als stärkster Einflussfaktor auf die Mobilität und Bewegungsgeschwindigkeit angesehen wird. Zusätzlich wird für Haushalte mit älteren Mitgliedern zwischen Ein- und Mehrpersonen-Haushalten unterschieden, da für Einpersonen-Haushalte keine Möglichkeit der gegenseitigen Hilfe besteht. Die UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigte, dass Haushalte mit Kindern und älteren Personen bezogen auf die *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* anfälliger sind als andere Haushalte. Hinsichtlich der *Evakuierungsfähigkeit* konnte die Gruppe der älteren alleinlebenden Personen als besonders anfällig identifiziert werden. Hier zeigen sich die Probleme, die mit einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft sowie der zunehmenden Isolierung von hochbetagten Personen verbunden sind. Ein Rückgriff auf soziale Netzwerke ist hier deutlich schwieriger (vgl. BIRKMANN et al. 2009a: 130).

Um eine möglichst flächendeckende Anwendbarkeit des Indikators zu gewährleisten, wurden folgende Haushaltstypen klassifiziert:

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (bei einer Haushaltsgröße von mind. 2 Personen)
- 4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren.

#### *Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens*

Das HHGen-Verfahren ermittelt zunächst elf Haushaltstypklassen (siehe Tabelle 3.2), aus denen die zur Errechnung der Indikatoren benötigten vier Haushaltstypen abgeleitet wurden. Für die Klassen ‚Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre‘ sowie ‚Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre - < 60 Jahre‘ wird angenommen, dass auch der ältere Partner jünger als 60 Jahre alt ist. Ähnliches gilt für die Klasse ‚Schrumpfungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner‘, hier wurde für alle Haushaltsmitglieder ein Alter von unter 60 Jahren angenommen.

In der Klasse ‚Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind‘ wird nicht nach Kindern über oder unter 6 Jahre unterschieden, aber der ersten Klasse zugeordnet. Somit ist hier eine leichte Verzerrung durch Haushalte mit älteren Kindern zu erwarten. Sie kann hingenommen werden, weil diese Klasse nur einen geringen Anteil einnimmt, für Köln etwa 5 %. Die Klasse ‚Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder‘ wird der zweiten Klasse zugeordnet, so dass Haushalte dieser Gruppe mit Personen über 60 Jahre falsch zugeordnet werden. Da diese Klasse aber ebenfalls nur einen geringen Anteil ausmacht (für Köln 7 %), wird auch hier der Fehler relativ klein sein. Damit sind die Haushaltsklassen nach HHGen vollständig den vier neuen Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung zugeordnet.

Tabelle 3.2: Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung

HHGen-Klassen	Annahmen für neue Klassen	Neue Klasse / Haushaltstyp zur Indikatorenentwicklung
Einpersonen-Haushalt < 30 Jahre	-	2)
Einpersonen-Haushalt 30 - < 60 Jahre	-	2)
Einpersonen-Haushalt ab 60 Jahre	-	4)
Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre	Beide < 60 Jahre	2)
Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre - < 60 Jahre	Beide < 60 Jahre	2)
Seniorenhaushalt: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner ab 60 Jahre	-	3)
Expansionsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person < 6 Jahre	-	1)
Konsolidierungsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person 6 - < 18 Jahre	-	2)
Schrumpfungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner	alle Mitglieder zwischen 6 und 59 Jahre alt	2)
Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind	Kind ist jünger als 6J.	1)
Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder	alle Mitglieder zwischen 6 und 59 Jahre alt	2)

Für die Schätzung der *Evakuierungsfähigkeit* und der *Evakuierungszeit* wird ein Verfahren vorgestellt, das auf den herkömmlichen kommunalstatistischen Daten zu den Haushaltstypen beruht (*Variante 1*). Des Weiteren wird für die *Evakuierungsfähigkeit* zusätzlich ein weiteres Verfahren vorgestellt (*Variante 2*), das angewendet werden kann, wenn zusätzlich Informationen zu Gehbehinderungen in der Bevölkerung vorliegen (z. B. aus Mikrozensusbefragungen).

#### **Berechnung des Indikators Evakuierungsfähigkeit**

Unter *Evakuierungsfähigkeit* wird die Fähigkeit verstanden, im Falle einer Evakuierung alle Haushaltsmitglieder ohne fremde Hilfe in Sicherheit zu bringen.

#### **Berechnung des Indikators nach Variante 1:**

Die Schätzung nach Variante 1 erfolgt durch eine einfache Hochrechnung: Der Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte pro Haushaltstyp (HHtyp) aus der Haushaltsbefragung (siehe Tabellen 3.3 bis 3.6) wird auf die Zahlen der HHtypen aus der Kommunalstatistik übertragen.

Die Zahl der evakuierungsfähigen Haushalte (HH) im Expositionsgebiet einer Raumeinheit ergibt sich dann durch:

#### **Formel 1:**

$$\begin{aligned} \text{Anzahl evakuierungsfähige HH} = & \\ & (\text{Anzahl HHtyp 1} * \text{Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 1}) + \\ & (\text{Anzahl HHtyp 2} * \text{Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 2}) + \\ & (\text{Anzahl HHtyp 3} * \text{Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 3}) + \\ & (\text{Anzahl HHtyp 4} * \text{Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 4}). \end{aligned}$$

Die Zahlen der Haushaltstypen beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EQ) einer Raumeinheit, so dass man am Ende für jede Raumeinheit einen Wert der Evakuierungsfähigkeit der Bevölkerung in Prozent erhält. Für die Anteile der Evakuierungsfähigkeit wurden jeweils die Werte der entsprechenden Stadt und des entsprechenden Expositionsgebietes aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung verwendet. Die Anteile der Evakuierungsfähigkeit werden auf

Basis der in den Umfragen ermittelten Evakuierungsfähigkeiten des jeweiligen Haushaltstyps hochgerechnet (Zeilenprozent in den Kreuztabellen, vgl. auch Kapitel 3.2.2), siehe Tabellen 3.3 bis 3.6.

Zur Quantifizierung und Überprüfung der Abhängigkeit der Evakuierungsfähigkeit vom Haushaltstyp wird jeweils auch Cramers-V und das Ergebnis eines entsprechenden Signifikanztests (p-Wert) angegeben (Erläuterungen in Kapitel 3.2.2). Diese bestätigen den Zusammenhang zwischen den Haushaltstypen und der Evakuierungsfähigkeit in beiden Städten (Köln und Dresden) und beiden Expositionslagen (HQ-100, EHQ), auch wenn der Zusammenhang in Köln im EHQ Gebiet relativ schwach ist (Cramers-V erreicht hier nur einen Wert von 0,24). Wie bei fast allen anderen untersuchten Zusammenhängen ist die Abhängigkeit insgesamt in den HQ-100 Gebieten stärker ausgeprägt. Möglicherweise ist dies damit zu begründen, dass die Haushalte in diesem Gebiet mit den Auswirkungen eines Hochwassers besser vertraut sind und ihre Fähigkeiten realistischer einschätzen können.

Wurde der Datensatz der UNU-EHS Haushaltsbefragung auf die Haushalte beschränkt, die in einem EHQ, aber NICHT in einem HQ-100 Gebiet leben, konnte oftmals keine signifikante Abhängigkeit mehr nachgewiesen werden. Allerdings konnten die Einpersonenhaushalte ab 60 Jahre als schwächster Typ und der Haushaltstyp mit Mitgliedern zwischen 6 und 59 Jahren als der mit den wenigsten Schwierigkeiten bzgl. der Evakuierungsfähigkeit statistisch bestätigt werden.

**Köln:**

Tabelle 3.3: Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100 Gebiete, Köln

			Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		Gesamt
			Ja	Nein	
Haushaltstyp	1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	15	1	16
		% innerhalb des HHtyps	93,8%	6,3%	100,0%
	2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	101	6	107
		% innerhalb des HHtyps	94,4%	5,6%	100,0%
	3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	31	7	38
		% innerhalb des HHtyps	81,6%	18,4%	100,0%
	4) Einpersonenhaushalte ab 60 Jahren	Anzahl	12	7	19
		% innerhalb des HHtyps	63,2%	36,8%	100,0%
<b>Gesamt</b>		Anzahl	159	21	180
		% gesamt	88,3%	11,7%	100,0%

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,313	0,001

Tabelle 3.4: Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ Gebiete (beinhalten HQ-100 Gebiete), Köln

			Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		Gesamt
			Ja	Nein	
Haushaltstyp	1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	44	4	48
		% innerhalb des HHtyps	91,7%	8,3%	100,0%
	2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	248	13	261
		% innerhalb des HHtyps	95,0%	5,0%	100,0%
	3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	114	30	132
		% innerhalb des HHtyps	86,4%	13,6%	100,0%
	4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	28	12	40
		% innerhalb des HHtyps	70,0%	30,0%	100,0%
Gesamt		Anzahl	434	47	481
		% gesamt	90,2%	9,8%	100,0%

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,240	< 0,001

Dresden:

Tabelle 3.5: Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100 Gebiete, Dresden

			Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		Gesamt
			Ja	Nein	
Haushaltstyp	1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	5	1	6
		% innerhalb des HHtyps	83,3%	16,7%	100,0%
	2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	76	1	77
		% innerhalb des HHtyps	98,7%	1,3%	100,0%
	3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	41	4	45
		% innerhalb des HHtyps	91,1%	8,9%	100,0%
	4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	14	10	24
		% innerhalb des HHtyps	58,3%	41,7%	100,0%
Gesamt		Anzahl	136	16	152
		% gesamt	89,5%	10,5%	100,0%

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,459	< 0,001

Tabelle 3.6: Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ Gebiete (beinhalten HQ-100 Gebiete), Dresden

		Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?			Gesamt
		Ja	Nein		
Haushaltstyp	1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	18	2	20
		% innerhalb des HHtyps	90,0%	10,0%	100,0%
	2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	170	10	180
		% innerhalb des HHtyps	94,4%	5,6%	100,0%
	3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	112	12	124
		% innerhalb des HHtyps	90,3%	9,7%	100,0%
	4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	30	24	54
		% innerhalb des HHtyps	55,6%	44,4%	100,0%
Gesamt		Anzahl	330	48	378
		% gesamt	87,3%	12,7%	100,0%

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,393	< 0,001

Weitere Untersuchungen ergaben beispielsweise, dass ein Zusammenhang der Evakuierungsfähigkeit mit der Haushaltsgröße besteht. Dieser ist allerdings nur sehr schwach. Offenbar ist die Abhängigkeit so gering, dass eine größere Stichprobe zu deren Nachweis erforderlich ist. Bei einer Betrachtung von ausschließlich Einpersonenhaushalten ergab sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Evakuierungsfähigkeit und dem Alter der Personen, was den Einfluss des Alters auf die Evakuierungsfähigkeit klar bestätigt.

- Abbildung 3.15 einfügen -

Abbildung 3.15: Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

- Abbildung 3.16 einfügen -

Abbildung 3.16: Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

- Abbildung 3.17 einfügen -

Abbildung 3.17: Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

- Abbildung 3.18 einfügen -

Abbildung 3.18: Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

Die Abbildungen 3.15 bis 3.18 zeigen die Kartendarstellungen der Evakuierungsfähigkeit je Stadtviertel bzw. Stadtteil für Köln und Dresden, geschätzt nach Variante 1. Stadtviertel / -teile in rot sind dabei solche, in denen die Evakuierungsfähigkeit relativ gering ist, die hellgelben Stadtviertel / -teile stehen diesbzgl. relativ gut da. Die Zahlen beziehen sich nur auf die exponierten Gebiete innerhalb der Raumeinheiten, was insbesondere bei der Betrachtung der Prozentzahlen beachtet werden muss. So resultieren besonders hohe oder besonders niedrige Prozentwerte teilweise daraus, dass in diesen Raumeinheiten nur sehr wenige Haushalte überhaupt exponiert sind. Einen guten Überblick vermittelt die ebenfalls in den Karten dargestellte Überschwemmungsfläche des HQ-100 Szenarios.

### **Berechnung des Indikators nach Variante 2:**

Die zweite Variante kommt zur Anwendung, sofern Daten zur Lauffähigkeit (z. B. Bevölkerungsanteil mit Gehbehinderung) vorliegen; was in der Stadt Dresden der Fall war. Ein Vorteil dieser Daten ist, dass die Schätzung der Evakuierungsfähigkeit damit noch genauer erfolgen kann. Die Berechnungen beruhen auf der Frage in der UNU-EHS Haushaltsbefragung ‚Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, ältere Personen)?‘, deshalb sollten die Informationen zur Lauffähigkeit möglichst gut damit übereinstimmen. Für Dresden lagen Daten zu Gehbehinderungen vor, die bei der Anwendung des geschätzten Regressionsmodells verwendet wurden. Es muss beachtet werden, dass die Grundgesamtheit hier nicht identisch ist. Haushalte mit Kleinkindern oder älteren Personen, die sich beispielsweise nicht in der Lage sehen, eine Strecke von über 2 km selbstständig zu bewältigen, werden in der Statistik der ‚Gehbehinderten‘ nicht aufgeführt.

Insbesondere für mehr als eine unabhängige Variable bietet sich die Anwendung einer logistischen Regression an, um eine abhängige nominale Variable abschätzen zu können. Mit einer Regression kann die Beziehung einer abhängigen Variablen zu einer oder mehreren unabhängigen Variablen bestimmt werden. Die logistische Regression kommt dann zum Einsatz, wenn die abhängige Variable, wie in diesem Fall, nominal ist (evakuierungsfähig ja / nein). Von Vorteil ist auch, dass mit einer Regression Daten, die aus verschiedenen Quellen stammen (und damit nicht verschneidbar sind), für die Schätzung verwendet werden können.

Bei der logistischen Regression werden unabhängige Variablen, die ein nominales Skalenniveau mit mehr als zwei Kategorien aufweisen, in binäre Variablen transformiert, wobei jede dieser binären Variablen für eine Kategorie der Ursprungsvariablen steht. Die letzte Variable wird damit redundant, d. h. für diese wird kein Koeffizient berechnet. Dies trifft auf die Variable der Haushaltstypen zu, so dass sich letztlich drei binäre Variablen für die Haushaltstypen ergeben.

Das logistische Regressionsmodell (vgl. Kapitel 3.2.2.3) für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier evakuierungsfähig ja / nein) und vier unabhängige Variablen (hier: drei Variablen zu den Haushaltstypen sowie eine Variable zur Lauffähigkeit), lautet:

Formel 2:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit  $z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$ .

$P(Y=1)$  ist dabei die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit,

$x_1$ ,  $x_2$  und  $x_3$  sind die Variablen HHtyp 1, HHtyp 2 und HHtyp 3 und

$x_4$  ist die Variable ‚Personen im Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten‘.

$b_i$ ,  $i=0,1,2,3,4$  sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden.

Die Ergebnisse der Regressionsschätzungen für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden sind in den Tabellen 3.7 und 3.8, jeweils getrennt nach den zwei Expositionsgebieten, zusammengefasst. Die Regressionskoeffizienten ( $b$ ) können in Formel 2 eingesetzt werden, um Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Werte der unabhängigen Variablen zu bestimmen. Zur Interpretation der Richtung des Einflusses der unabhängigen Variablen eignet sich der Wert  $\text{Exp}(b)$ . Er zeigt an, um welchen Faktor die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit zunimmt, wenn sich eine unabhängige Variable um eine Einheit erhöht. Bei Werten über 1 steigt die Wahrscheinlichkeit, bei Werten unter 1 fällt sie (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 444f.). Die Werte für die Haushaltstypen 1 bis 3 liegen alle über 1. Dies bedeutet, dass die drei Haushaltstypen (Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren, Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren und Haushalte mit Personen ab 60 Jahren bei einer Haushaltsgröße von mind. 2 Personen) gegenüber der Referenzkategorie Haushaltstyp 4 (Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren) die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit steigern, was

den Erwartungen entspricht. Die  $\text{Exp}(b)$ -Werte bei der Variable zur Lauffähigkeit liegen unter 1, d. h. dieser Zustand verringert die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit.

Die p-Werte des Wald-Tests (vgl. Kapitel 3.2.2.3) bestätigen in den meisten Fällen einen signifikanten Einfluss der unabhängigen Variablen. In Köln kann der Einfluss von HHtyp 3 nicht als signifikant bestätigt werden. Das liegt wahrscheinlich daran, dass HHtyp 4 die Referenzkategorie bildet, d. h. der Einfluss der HHtypen 1 bis 3 muss immer im Verhältnis zu HHtyp 4 betrachtet werden. Folglich ist der Unterschied zwischen den HHtypen 3 und 4 (beides Haushalte mit Personen ab 60 Jahren, einmal Einpersonenhaushalte und einmal Mehrpersonenhaushalte) bzgl. der Evakuierungsfähigkeit nicht so deutlich ausgeprägt wie zwischen den anderen Haushaltstypen. In Dresden ist dieser Unterschied offenbar etwas deutlicher. Dafür wird hier der HHtyp 1 im HQ-100 Gebiet nicht mehr als signifikant ausgewiesen. Dies ist offenbar eine Folge der geringen Fallzahl dieses Haushaltstyps im HQ-100 Gebiet im Rahmen der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

Tabelle 3.7: Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle

Köln	HQ-100			EHQ		
	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test
Konstanter Term	1,37	-	0,026	1,53	-	< 0,001
HHtyp 1	2,96	19,20	0,013	2,24	9,36	0,001
HHtyp 2	1,74	5,71	0,013	1,62	5,06	0,001
HHtyp 3	0,62	1,86	0,378	0,75	2,13	0,102
HHtyp 4	0 <sup>a</sup>	-	-	0 <sup>a</sup>	-	-
Lauf	-1,87	0,15	0,001	-1,68	0,19	< 0,001

Dresden	HQ-100			EHQ		
	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test
Konstanter Term	1,56	-	0,009	1,20	-	0,001
HHtyp 1	1,82	6,17	0,147	2,36	10,60	0,005
HHtyp 2	2,47	11,83	0,002	2,11	8,27	< 0,001
HHtyp 3	1,97	7,15	0,008	1,89	6,61	< 0,001
HHtyp 4	0 <sup>a</sup>	-	-	0 <sup>a</sup>	-	-
Lauf	-2,43	0,09	< 0,001	-2,10	0,12	< 0,001

Abhängige Variable: ‚Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?‘ Referenzkategorie: Nein.

HHtyp 1: Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren

HHtyp 2: Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren

HHtyp 3: Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (bei einer Haushaltsgröße von mind. zwei Personen)

HHtyp 4: Einpersonenhaushalte ab 60 Jahren.

Lauf: ‚Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, ältere Personen)?‘ – ja / nein

<sup>a</sup> dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

Tabelle 3.8: Ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

	Köln, HQ-100	Köln, EHQ	Dresden, HQ-100	Dresden, EHQ
<b>p-Wert LQ-Test</b>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Pseudo-R<sup>2</sup> (Nagelkerke)</b>	0,261	0,181	0,414	0,349
<b>Richtig klassifizierte Fälle</b>	88,3 %	89,7 %	92,5 %	91,5 %

Die p-Werte des Likelihood-Quotienten-Tests (LQ-Test, siehe Tabelle 3.8 und Erläuterungen in Kapitel 3.2.2.3) bestätigen in allen Modellen einen höchstsignifikanten Einfluss der unabhängigen Variablen insgesamt.

Das Pseudo-R<sup>2</sup> ist in Köln relativ niedrig, im EHQ Gebiet liegt es sogar bei unter 0,2. Für Dresden liegt es immerhin bei über 0,3 bzw. 0,4. Der Anteil der richtig klassifizierten Fälle ist in allen Fällen relativ hoch (88,3 % bis 92,5 %). Er sollte allerdings immer zumindest größer sein als der Anteil der größeren Gruppe der Stichprobe (vgl. hierzu BACKHAUS et al. 2005: 451), dieser ist jeweils den Tabellen 3.3 bis 3.6 zu entnehmen. Für Dresden ist das der Fall. In Köln aber ist er im HQ-100 Gebiet nur genauso groß, und im EHQ Gebiet liegt er sogar darunter. Hier wäre also eine Anwendung dieses Verfahrens nicht eindeutig zu empfehlen.

Wie bereits bei der Erläuterung der Berechnung nach Variante 1 konstatiert, ist auch im Rahmen der Variante 2 die Modellanpassung bei Anwendung auf die HQ-100 Gebiete erfolgreicher. Gleiches gilt für die Daten aus Dresden im Vergleich zu Köln.

Auch war hier wieder eine logistische Regression bei Beschränkung auf die seltener betroffenen Gebiete (EHQ ohne HQ-100 Gebiete) nicht erfolgreich.

Im Rahmen einer logistischen Regression wurden auch weitere unabhängige Variablen getestet, u. a.: Haushaltsgröße, Hochwassererfahrung und Personen im Haushalt, die ständig auf Medikamente oder medizinische Geräte angewiesen sind. Sie konnten aber keine Verbesserung des Modells bewirken und wurden deshalb wieder verworfen.

Die Schätzung des Regressionsmodells erfolgt mit Daten auf Haushaltsebene, während die Anwendung des Modells zur Darstellung des Indikators auf der Ebene ganzer Raumeinheiten geschieht. Dafür wird genau genommen von einem imaginären durchschnittlichen Haushalt pro Raumeinheit ausgegangen. Für die unabhängigen Variablen werden dabei die Anteilswerte der Raumeinheit (z. B. 20 % der Haushalte sind HHtyp 1 zuzuordnen) eingesetzt.  $P(Y=1)$ , also die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit, wird dann als Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte in der Raumeinheit interpretiert.

Für die Schätzung des Indikators auf Stadtteilebene in Dresden wurden also die Anteilswerte (zwischen 0 und 1) der HHtypen und der z. B. gehbehinderten Personen in die o. g. Formel eingesetzt. Dabei wurden die geschätzten Regressionskoeffizienten verwendet, vgl. Tabelle 3.7.

Mit  $1 - P(Y=1)$  erhält man die Anteilswerte der Haushalte, die sich NICHT selbständig in Sicherheit bringen können, die sich für eine Kartendarstellung anbieten.

#### **Berechnung des Indikators Evakuierungszeit**

Für den Indikator *Evakuierungszeit* wird berechnet, nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte eines Stadtviertels sich selbst, Haustiere und wichtige Dokumente (z. B. Pässe) in Sicherheit gebracht

hat<sup>38</sup>. Der Indikator ist ein relatives Maß zum Vergleich der Anfälligkeit der Bevölkerung einzelner Stadtteile. Der absolute Wert spielt hier weniger eine Rolle, vielmehr werden Unterschiede zwischen den Stadtvierteln oder Stadtteilen deutlich, die aus der unterschiedlichen Struktur der Haushalte resultieren.

Zur Abschätzung der *Evakuierungszeit* wird dabei wieder auf die unterschiedlichen Haushaltstypen als Strukturmerkmale zurückgegriffen, allerdings werden die Haushaltstypen (HHtypen) mit Personen ab 60 Jahren gemeinsam betrachtet, d. h. die HHtypen 3 und 4 werden zusammengelegt. Damit werden für die Berechnung der *Evakuierungszeit* folgende Haushaltsgruppen differenziert:

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren.

Während es bei der *Evakuierungsfähigkeit* eine Rolle spielt, ob sich mehrere Haushaltsmitglieder möglicherweise gegenseitig helfen können, ist dies für die *Evakuierungsgeschwindigkeit* keine entscheidende Information.

- **Abbildung 3.19 einfügen** -

*Abbildung 3.19: Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

- **Abbildung 3.20 einfügen** -

*Abbildung 3.20: Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EHQ Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

- **Abbildung 3.21 einfügen** -

*Abbildung 3.21 Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EHQ Gebiet der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

Insgesamt zeigen die Auswertungen der UNU-EHS Haushaltsbefragung, dass die Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren fast durchgehend eine geringere Evakuierungsgeschwindigkeit aufweist als die anderen beiden Haushaltsklassen. Zudem wird ersichtlich, dass die Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich im Alter zwischen 6 und 59 Jahren am schnellsten sich, Haustiere und wichtige Dokumente in Sicherheit bringen können (siehe Abbildungen 3.19 bis 3.21).

Die Zeit, in der die Hälfte der in einem Stadtviertel oder Stadtteil lebenden Haushalte evakuiert sind, ist der Median der einzelnen Evakuierungszeiten in Minuten. Ausreißer, die insbesondere durch Fehleinschätzungen des eigenen Zeitbedarfs zustande kommen, beeinflussen den Median kaum. Werden die Messwerte einer Stichprobe aufsteigend sortiert, ist der Median der Wert, für den genauso viele Fälle über diesem Wert liegen wie darunter (vgl. z. B. BORTZ 2005: 36).

Ähnlich wie bei der ersten Schätzvariante der Evakuierungsfähigkeit wird die Zeitspanne, nach der die Hälfte der Haushalte evakuiert ist, geschätzt indem die Mediane pro HHtyp aus der Haushaltsbefragung (siehe Tabelle 3.9) auf die Zahlen der HHtypen aus der Kommunalstatistik übertragen werden. Die Evakuierungszeit für die Hälfte der Haushalte im Expositionsgebiet einer Raumeinheit wird dann folgendermaßen abgeschätzt:

Formel 3:

Median Zeit =

$$\begin{aligned} & (\text{Anteil HHtyp 1} * \text{Median HHtyp 1}) + \\ & (\text{Anteil HHtyp 2} * \text{Median HHtyp 2}) + \\ & (\text{Anteil HHtyp 3} * \text{Median HHtyp 3}). \end{aligned}$$

---

<sup>38</sup> „Wenn Sie Ihre Wohnung so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z. B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?“

Die Zahlen der Haushaltstypen beziehen sich wieder jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man für jede Raumeinheit eine Minutenzahl erhält. Die Mediane werden jeweils basierend auf der UNU-EHS Haushaltsbefragung nach Stadt, Expositionsgebiet und HHtyp eingesetzt.

Tabelle 3.9: Mediane der Evakuierungszeit in Minuten

	<b>HHtyp 1: Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren</b>	<b>HHtyp 2: Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren</b>	<b>HHtyp 3: Haushalte mit Personen ab 60 Jahren</b>
<b>Köln HQ-100</b>	30	20	20
<b>Köln EHQ</b>	30	15	30
<b>Dresden HQ-100</b>	90 <sup>a</sup>	30	30
<b>Dresden EHQ</b>	45	30	30

<sup>a</sup> dieser Wert beruht auf nur 9 Fällen in der Haushaltsbefragung. Eine Schätzung für dieses Expositionsgebiet findet nicht statt.

Sowohl die Diagramme als auch die Mediane lassen zwar Unterschiede zwischen den Haushaltstypen erkennen, allerdings sind diese nicht immer sehr eindeutig, weshalb eine Überprüfung in der jeweiligen Kommune durchgeführt werden sollte. Zur Überprüfung der Trennbarkeit von Evakuierungszeiten durch Haushaltstypen wurde hier jeweils eine Varianzanalyse durchgeführt, deren ausgewählte Ergebnisse in Tabelle 3.10 dargestellt werden. Für das HQ-100 Gebiet in Dresden sind aufgrund der geringen Fallzahl des ersten Haushaltstyps keine Ergebnisse aufgeführt.

Tabelle 3.10: Ausgewählte Maße der Varianzanalysen

	<b>p-Wert Levene-Test</b>	<b>p-Wert F-Test</b>	<b>Eta-Quadrat (<math>\eta^2</math>)</b>
<b>Köln HQ-100</b>	< 0,001	< 0,001	0,436
<b>Köln EHQ</b>	0,034	< 0,001	0,325
<b>Dresden EHQ</b>	0,133	< 0,001	0,231

Wie in Kapitel 3.2.2.4 beschrieben, testet der Levene-Test die Voraussetzung der Varianzhomogenität. Aufgrund der kleinen p-Werte kann diese Voraussetzung teilweise nicht erfüllt werden. Dies ist wahrscheinlich eine Folge der unterschiedlich großen Stichprobenumfänge. Insbesondere Haushaltstyp 1 ist relativ gering vertreten, bei einer Beschränkung auf die HQ-100 Expositionsgebiete verringert sich der Stichprobenumfang weiter. Für den Fall nicht gegebener Varianzhomogenität wird empfohlen, nur bei einem besonders kleinen p-Wert des F-Testes die Nullhypothese abzulehnen (BÜHL 2008: 447). Dieser liegt in allen Fällen unter 0,001, so dass dennoch ein Einfluss der Haushaltstypen auf die Evakuierungszeit angenommen wird.

Die Testergebnisse zeigen somit, dass es einen Unterschied zwischen den Haushaltstypen und ihrer Evakuierungszeit gibt. Die Diagramme deuten an, dass sich teilweise zwei der Haushaltstypen ähnlich verhalten, was die Testergebnisse aber nicht ändert, weil sich immer mindestens ein Haushaltstyp anders verhält. Damit ist aber ein Zusammenfallen insbesondere zweier Medianwerte möglich, was hier offenbar auch geschieht. Deshalb kann eine Abschätzung des Medians für verschiedene Raumeinheiten – je nachdem wie homogen die Haushaltstypen zwischen den Raumeinheiten verteilt sind – Ergebnisse liefern, die nur wenig differenziert sind (z. B. Dresden, EHQ Gebiet, hier lagen die Schätzwerte für die Stadtteile sehr nah beieinander).

Der Wert für Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ), der den Anteil der erklärten Varianz ausdrückt, ist für Dresden relativ klein, was die bereits genannten Probleme für Dresden bestätigt. Am größten ist der Anteil erklärter Varianz mit etwa 44 % für Köln, HQ-100, was erneut den deutlicheren Zusammenhang in stärker exponierter Lage zeigt.

- Abbildung 3.22 einfügen -

Abbildung 3.22: Evakuierungszeiten im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

Die Karte zur Evakuierungszeit der HQ-100 Expositionsgebiete in Köln (Abbildung 3.22) zeigt ein ähnliches Bild wie die Karte zur Evakuierungsfähigkeit. Auch hier ist zu erkennen, dass insbesondere die dunkelrot und hellgelb gekennzeichneten Stadtviertel nur zu geringen Teilen im Expositionsgebiet liegen. Diese besonders hohen bzw. niedrigen Werte kommen nur aufgrund einer geringen Anzahl exponierter Haushalte zustande, die meisten Stadtviertel weisen bei der Evakuierungszeit Werte zwischen 22 und 26 Minuten auf. Wie Abbildung 3.19 zeigt, liegen die Haushaltstypen 2 und 3 im HQ-100 Expositionsgebiet in Köln generell relativ nah beieinander, während Haushaltstyp 1 deutlich langsamer ist, was sich insbesondere in den ersten Minuten zeigt. Bei 50 % evakuierter Haushalte hat bereits eine Annäherung stattgefunden; folglich weichen die Mediane nicht mehr stark voneinander ab. Denkbar wäre auch, je nach Anwendungsziel die Unterschiede für z. B. 20 % oder 30 % evakuierter Haushalte zu betrachten, da sich hier möglicherweise deutlichere Unterschiede zwischen den Haushaltstypen ergeben. Für die EHQ Expositionsgebiete ist diese Situation in den Abbildungen 3.20 und 3.21 nicht mehr zu erkennen. Wie bereits bei der Evakuierungsfähigkeit erwähnt, zeigen sich in der UNU-EHS Haushaltsbefragung viele untersuchte Zusammenhänge in den stärker exponierten Lagen (HQ-100) deutlicher als in den geringer exponierten Lagen (EHQ).

Die Evakuierungszeiten für das EHQ Gebiet in Dresden wurden zwar mit der beschriebenen Methode geschätzt, allerdings werden diese hier nicht kartographisch dargestellt, weil die Werte zwischen den Stadtteilen nur gering variieren und folglich Unterschiede kaum deutlich werden. Ein Grund dafür könnte – neben einer recht homogenen Verteilung der Haushaltstypen – darin liegen, dass bereits zwei Haushaltstypen denselben Medianwert haben und der dritte Haushaltstyp (HHtyp 1) nur einen geringen Anteil an den gesamten Haushalten im Stadtteil aufweist.

### 3.3.1.3 Bereich Bewältigung

#### **Berechnung des Indikators Versicherungsschutz**

Als ein Indikator zur Abschätzung der Bewältigungskapazität wurde der Anteil der Haushalte in Köln und Dresden geschätzt, der über eine Elementarschaden-Versicherung verfügt und damit im Fall eines Hochwasserschadens finanziell gegenüber Schäden abgesichert ist. Da der *Versicherungsschutz* nicht direkt in der kommunalen Statistik enthalten ist, wurde der Indikator für Köln im Kernindikatorenset über die Einkommensverteilung abgeleitet. Dabei gilt die Annahme, dass Personen in höheren Gehaltsklassen tendenziell über einen besseren Versicherungsschutz verfügen. Ersatzweise kann dieser Indikator auch über den Anteil von Mietern / Eigentümern bestimmt werden, da die Gruppe der Eigentümer generell einen höheren Anteil an versicherten Haushalten mit Elementarschaden-Versicherung aufweisen. Dies war für Dresden der Fall. Da keine Informationen zum Haushaltseinkommen zur Verfügung standen, wurde hier die Abschätzung des Versicherungsschutzes gegenüber Hochwasserschäden über den Anteil der Mieter / Eigentümer bestimmt.

Anmerkung: In der UNU-EHS Haushaltsbefragung konnte nur der Versicherungsschutz gegenüber Elementarschäden der Haushalte selbst abgefragt werden. Deshalb wird auch nur der Versicherungsschutz der Bewohner abgeschätzt, d. h. ob Eigentümer einer Mietwohnung gegen Elementarschäden am Wohngebäude versichert sind, bleibt unbeachtet. Unbeschadet dessen ist es für die Bewältigungskapazität des jeweiligen Haushaltes – hier des Haushaltes zur Miete – entscheidend, ob dieser Haushalt gegenüber Hochwasserschäden versichert ist, in diesem Fall wäre das Inventar gegenüber Hochwassergefahren zu schützen.

#### **Berechnung des Indikators nach Variante 1 (Köln):**

Stehen Daten zum Haushaltseinkommen zur Verfügung, kann der prozentuale Anteil des Versicherungsschutzes mit Hilfe einer linearen Regression abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 3.2.2.2). Die zugehörige Formel der linearen Regression mit einer unabhängigen Variablen lautet hier:

**Formel 4:**

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x.$$

$\hat{y}$  ist der für verschiedene Werte von  $x$  durch die Regression vorhergesagbare Anteil der Haushalte, die gegenüber Elementarschäden versichert sind (Schätzwert),

$x$  ist das Haushaltseinkommen (netto) und

$b_i, i = 0,1$  sind die zu schätzenden Regressionskoeffizienten.

Für die Abschätzung des Indikators für die Expositionsgebiete in Köln wurden zunächst die Anteile der Versicherten pro Einkommensklasse in der UNU-EHS Haushaltsbefragung bestimmt. Dann wurde ein lineares Regressionsmodell mit den Mittelwerten der Einkommensklassen als unabhängige und den Anteilswerten der Versicherten in der jeweiligen Einkommensklasse erstellt. Die Regressionsgeraden und tatsächlichen Beobachtungswerte in den beiden Expositionsgebieten sind in Abbildung 3.23 und 3.24 dargestellt.

**- Abbildung 3.23 einfügen -**

*Abbildung 3.23: Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

**- Abbildung 3.24 einfügen -**

*Abbildung 3.24: Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EHQ Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

Die Ergebnisse der Regressionsschätzungen für die Untersuchungsgebiete HQ-100 und EHQ in Köln sind in den Tabellen 3.11 und 3.12 zusammengefasst (vgl. auch Kapitel 3.2.2.2). Bei Regressionsschätzungen, die neben dem Regressionskoeffizienten ( $b_1$ ) auch eine Konstante ( $b_0$ ) enthalten, wurde diese Konstante als nicht signifikant von 0 verschieden getestet. Deshalb wurde sie von vornherein ausgeschlossen bzw. = 0 gesetzt. Inhaltlich bedeutet eine Konstante von 0, dass bei Haushalten ohne Einkommen der Anteil der gegenüber Hochwasserschäden versicherten Haushalte laut Regression bei 0 % läge. Die Regressionskoeffizienten ( $b_1$ ) erscheinen sehr klein (vgl. Tabelle 8), was an der Einheit ‚Euro‘ der Variablen liegt, d. h. die Regressionskoeffizienten geben die Veränderung des Versichertenanteils pro 1 Euro an und sind damit entsprechend klein.

Bei der Interpretation des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  muss beachtet werden, dass dieses bei einem Modell ohne konstanten Term den Anteil der Variabilität in der abhängigen Variablen durch den Ursprung misst, der durch die Regression erklärt werden kann. Es kann nicht mit dem  $R^2$  bei Modellen verglichen werden, die einen konstanten Term enthalten<sup>39</sup>. Der F-Test bestätigt in beiden Fällen den Zusammenhang mit einem höchstsignifikanten Ergebnis. Der mittlere Fehler liegt bei 20,6 % bzw. 13,8 %. Dieser Fehler erscheint recht hoch, was aber bei einem simplen Zusammenhang Einkommen – Versichertenanteil auch zu erwarten ist. Dennoch bestätigt die Regression eindeutig den Zusammenhang und kann insbesondere zum Aufzeigen räumlicher Unterschiede als erste Näherung verwendet werden.

*Tabelle 3.11: Koeffizienten der linearen Regressionsmodelle*

	HQ-100		EHQ	
	Regressionskoeffizient ( $b_1$ )	p-Wert F-Test	Regressionskoeffizient ( $b_1$ )	p-Wert F-Test
<b>Einkommen</b>	0,00009	< 0,001	0,00008	< 0,001

*Tabelle 3.12: Ausgewählte Gütemaße der linearen Regressionsmodelle*

	HQ-100	EHQ
<b><math>R^2</math></b>	0,76	0,86
<b>Standardfehler des Schätzers</b>	0,206	0,138

<sup>39</sup> Anmerkung in der SPSS Ausgabedatei

Mit dem linearen Regressionsmodell kann jeder Einkommenshöhe ein Anteilswert der gegenüber Hochwasserschäden versicherten Haushalte zugeordnet werden.

Der gesamte Anteilswert (pro Stadtteil) wird dann durch folgende Berechnung bestimmt:

Formel 5:

Anteil Versicherte =

(Anteil HH Einkommensklasse 1 \* Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 1) +  
(Anteil HH Einkommensklasse 2 \* Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 2) +  
(Anteil HH Einkommensklasse 3 \* Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 3) +  
... . (plus weitere Einkommensklassen und ihr Anteil an versicherten Haushalten)

Die Zahlen der Einkommensklassen beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) pro Stadtteil. Für die Anteile der versicherten Haushalte werden jeweils die Regressionswerte des entsprechenden Expositionsgebietes verwendet.

Für Köln bestand zudem die Möglichkeit, die Schätzmethode zum Versicherungsschutz, die auf der UNU-EHS Haushaltsbefragung beruht, mit den Ergebnissen des kommunalen Mikrozensus zu verifizieren. Eine lineare Regression, wie sie oben beschrieben ist, wurde deshalb auch mit den Mikrozensus-Daten durchgeführt (vgl. Abbildungen 3.25 und 3.26). Sie bestätigen sehr deutlich den linearen Zusammenhang zwischen der Einkommenshöhe und dem Versicherungsschutz der betrachteten Haushalte. Allerdings liegen die Anteile der Versicherten bei den Mikrozensusdaten insgesamt unter denen der UNU-EHS Befragungsdaten (ca. 10-20 %).

**- Abbildung 3.25 einfügen -**

*Abbildung 3.25: Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009*

**- Abbildung 3.26 einfügen -**

*Abbildung 3.26: Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EHQ Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009*

Die Daten aus dem kommunalen Mikrozensus Köln lassen eine direkte Darstellung des Versicherungsschutzes der Haushalte gegenüber Elementarschäden zu. Dies entspricht dem kommunalspezifischen Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz*, vgl. Kapitel 3.3.2.

**Berechnung des Indikators nach Variante 2 (Dresden):**

Ersatzweise, im Falle der Nicht-Verfügbarkeit von Einkommensdaten, können auch Daten zur Anzahl der Eigentümer und Mieter in einer Raumeinheit als erste Orientierung zur Abschätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* herangezogen werden. Dieses Vorgehen ist damit zu begründen, dass in der UNU-EHS Haushaltsbefragung die Gruppe der Eigentümer nachweislich zu einem höheren Anteil gegenüber Hochwasserrisiken versichert ist als dies innerhalb der Gruppe der Mieter der Fall ist. Bei den Eigentümer-Haushalten entsteht vielfach auch der größere finanzielle Schaden, da neben dem Inventar häufig auch das Haus deutlichen Schaden nimmt. Eigentümer, die in ihrem eigenen Haus wohnen, verfügen also möglicherweise nicht nur im Rahmen der Hausratversicherung über eine Zusatzversicherung gegen Elementarschäden, sondern auch im Rahmen der Wohngebäudeversicherung. Für Mieter ist meist nur eine Versicherung des Hausrats gegenüber Elementarschäden relevant.

Analog zur Anwendung der Kreuztabelle bei der Berechnung der Evakuierungsfähigkeit lautet die Formel zur Berechnung des Indikators *potenzieller Versicherungsschutz*:

**Formel 6:**

Anteil versicherte Haushalte =  
(Anteil Mietwohnungen / -häuser \* Anteil versicherte Mieter) +  
(Anteil Wohnungen / Häuser bewohnt vom Eigentümer \* Anteil versicherte Eigentümer).

Die Anteile der Wohnungen / Häuser beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man am Ende für jede Raumeinheit einen Wert erhält. Für die Anteile der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung werden jeweils die Werte des entsprechenden Expositionsgebietes aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung verwendet. Die Anteile ergeben sich durch die Zeilenprozente (vgl. auch Kapitel 3.2.2.1) in den Kreuztabellen (siehe Tabellen 3.13 und 3.14).

*Tabelle 3.13: Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, HQ-100 Gebiete, Dresden*

		Elementarschaden-Versicherung		Gesamt
		Nein	Ja	
<b>Mieter</b>	Anzahl	69	32	101
	% der Mieter	68,3 %	31,7 %	100,0 %
<b>Eigentümer</b>	Anzahl	23	52	75
	% der Eigentümer	30,7 %	69,3 %	100,0 %
<b>Gesamt</b>	Anzahl	92	84	176
	%	52,3 %	47,7 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
<b>Cramers-V</b>	0,373	< 0,001

*Tabelle 3.14: Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, EHQ Gebiete, Dresden*

		Elementarschaden-Versicherung		Gesamt
		Nein	Ja	
<b>Mieter</b>	Anzahl	173	74	247
	% der Mieter	70,0 %	30,0 %	100,0 %
<b>Eigentümer</b>	Anzahl	48	92	140
	% der Eigentümer	34,3 %	65,7 %	100,0 %
<b>Gesamt</b>	Anzahl	221	166	387
	%	57,1 %	42,9 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
<b>Cramers-V</b>	0,347	< 0,001

Die Visualisierung der berechneten Werte in einer Karte macht räumliche Unterschiede im *potenziellen Versicherungsschutz* der Haushalte in den einzelnen Raumeinheiten in Dresden sichtbar. Die kartographische Darstellung der Ergebnisse lässt z. B. solche Bereiche erkennen, in denen die finanzielle Bewältigungskapazität der Haushalte aufgrund eines nicht vorhandenen Versicherungsschutzes gegenüber Hochwasserschäden besonders gering sein dürfte.

Das Beispiel Köln zeigt z. B., dass der rechtsrheinische Innenstadt-Bereich als ein Gebiet identifiziert wurde, welches nur einen geringen Versicherungsschutz und damit auch eine relativ geringe finanzielle Bewältigungskapazität aufweist, obwohl dieser zu großen Teilen im potenziellen Überschwemmungsgebiet eines HQ-100 liegt. Die Einkommensverteilung lässt aber auf eine eher

geringe Versicherungsdichte schließen. Der ebenfalls zu großen Teilen exponierte Stadtteil Rodenkirchen im Süden z. B. verfügt dagegen über eine potenziell hohe Versicherungsdichte.

- **Abbildung 3.27 einfügen** -

*Abbildung 3.27: Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)*

- **Abbildung 3.28 einfügen** -

*Abbildung 3.28: Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)*

Die Daten zur Abschätzung des Versicherungsschutzes in Dresden standen nur auf Stadtraumebene zur Verfügung, so dass sich die vorliegende Karte nicht sinnvoll interpretieren lässt. Für eine eingehende Information und Auswertung des Indikators ist hier die Verbesserung der Datenlage unabdingbar.

### ***Berechnung des Indikators Hochwassererfahrung***

Für die Abschätzung der *Hochwassererfahrung* wurde zunächst versucht, eine rein theoretische Wahrscheinlichkeit zu verwenden, die auf der statistischen Wiederkehrrate eines Hochwasserereignisses beruht (vgl. auch CARDONA 2005: 38f.). Diese ergibt sich aus der Expositionslage des Wohnstandortes (z. B. HQ-100, HQ-500) und der Zahl der Jahre, die ein Haushalt bereits an diesem Wohnort lebt („Wohndauer“). Die Wahrscheinlichkeit, noch kein Hochwasser am Wohnort erlebt zu haben lautet danach:

Formel 7a:

$$P(\text{keine Hochwassererfahrung}) = (1 - 1/HQ)^{\text{Wohndauer}}$$

Für „HQ“ ist hier z. B. 100 (HQ-100 Gebiet) oder 500 (HQ-500 Gebiet) einzusetzen. In diesem Fall müssen die Expositionsbereiche als überschneidungsfreie Gebiete betrachtet werden: Ein HQ-100 Gebiet liegt normalerweise auch gleichzeitig im EHQ (z. B. HQ-500) Gebiet. Hier aber werden die Gebiete getrennt betrachtet, d. h. das HQ-100 Gebiet und das EHQ ohne HQ-100 Gebiet.

Ein Hochwasserereignis im HQ-100 Gebiet tritt in jedem Jahr mit der Wahrscheinlichkeit  $1/100=0,01$  ein. Die Wahrscheinlichkeit, dass es nicht eintritt, ist dann die Gegenwahrscheinlichkeit, also 0,99. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt in einem HQ-100 Gebiet bei einer Wohndauer von 20 Jahren kein Hochwasser erlebt, liegt dann theoretisch bei  $0,99$  hoch 20.

Es ist sehr wichtig zu bedenken, dass bei Anwendung dieser rein theoretischen Formel zwei bedeutende Annahmen gemacht werden: Erstens, dass die mittlere Wartezeit für ein Hochwasser tatsächlich 100 Jahre beträgt und zweitens, dass die Wahrscheinlichkeit der Hochwasser voneinander unabhängig sind. An der Gültigkeit beider Voraussetzungen gibt es wohl berechtigte Zweifel; denn erstens beobachten wir in den letzten Jahren eine Verkürzung der Wartezeit und zweitens wird bei einer so langen Zeit wie etwa 100 Jahren davon auszugehen sein, dass nach jedem Hochwasser bauliche Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit eines weiteren Hochwassers verändern, so dass die Ereignisse gerade nicht voneinander unabhängig sind.

Ein Ansatz war nun, den Zusammenhang zwischen dieser theoretischen Wahrscheinlichkeit und der real erlebten Hochwassererfahrung zu ermitteln. Dafür könnte ein logistisches Regressionsmodell (vgl. Kapitel 3.2.2.3) unter Verwendung der Ergebnisse der UNU-EHS Haushaltsbefragungen eingesetzt werden. Diese Idee wurde aus folgenden Gründen verworfen:

Neben der zweifelhaften Gültigkeit der genannten Annahmen ist die Anwendung einer solchen Formel insbesondere bei der Betrachtung vergangener (und nicht zukünftiger) Jahre problematisch: Selbst wenn die mittlere Wartezeit für ein Hochwasser beispielsweise 100 Jahre beträgt, so kann doch das letzte Hochwasser vor – zum Beispiel – 10 Jahren gewesen sein. Damit ist die Wahrscheinlichkeit keine Erfahrung zu haben für alle Haushalte, die länger als 10 Jahre dort leben, nicht  $0,99$  hoch 10 ( $\approx 0,9$ ) sondern einfach nur genau = 0, modifiziert nur um den Umstand, ob sie es so erlebt haben.

Mit einer logistischen Regression hätte man nun versucht, die „theoretische“ Wahrscheinlichkeit in die „tatsächliche“ Wahrscheinlichkeit umzuwandeln, wobei im Grunde die einzige Variable durch die Wohndauer gebildet wird (die Regressionen müssten getrennt nach Expositionsgebiet erstellt werden, so dass die Expositionsgebiete keine Variable mehr darstellen).

Deshalb wird stattdessen diese einzige Variable direkt als unabhängige Variable in einem logistischen Regressionsmodell verwendet:

Das logistische Regressionsmodell für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier Hochwassererfahrung / keine Hochwassererfahrung) und einer unabhängigen Variablen (hier: Wohndauer), lautet (vgl. z. B. BACKHAUS 2005: 431):

Formel 7b:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit  $z = b_0 + b_1 x_1$ .

$P(Y=1)$  ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Zustand 1 (hier: „keine Hochwassererfahrung“), sie nimmt Werte zwischen 0 und 1 an.

$x_1$  ist die unabhängige Variable, hier die Wohndauer.

$b_i, i=0,1$  sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden (vgl. auch Abschnitt zur Schätzung der Evakuierungsfähigkeit mit *Variante 2*).

Die Regressionen werden getrennt nach Expositionsgebiet (HQ-100 bzw. EHQ ohne HQ-100) geschätzt, weil natürlich von unterschiedlichen Zusammenhängen zwischen Wohndauer und Hochwassererfahrung auszugehen ist.

$P(Y=1)$ , also die Wahrscheinlichkeit für „keine Hochwassererfahrung“, kann bei der Anwendung auf Raumeinheiten als Anteil der Haushalte interpretiert werden, die noch kein Hochwasser am Wohnort erlebt haben. Für Köln und Dresden lagen die Angaben zur Wohndauer klassiert vor, so dass für die Abschätzung auf Stadtviertel- / Stadtteilebene jeweils der Mittelwert der Klasse in das zugehörige Regressionsmodell eingesetzt wurde. Man erhält auf diese Weise einen Anteil der Hochwassererfahrung für jede Wohndauerklasse und Expositionslage. Diese Werte werden anschließend mit den jeweiligen Anteilswerten der Wohndauerklassen in der Raumeinheit gewichtet und ergeben einen gemeinsamen Anteilswert pro Raumeinheit. Für das Schätzverfahren des Indikators werden also die tatsächlich in der Vergangenheit überfluteten Bereiche nicht einbezogen, stattdessen gehen die HQ-100 bzw. EHQ Szenarien in die Schätzung mit ein.

Für die Regressionsschätzungen wurden die Antworten auf die Fragen ‚*Seit wann wohnen Sie in Köln / Dresden?*‘ bzw. ‚*Haben Sie persönlich schon ein Hochwasser in Köln / Dresden erlebt?*‘ der UNU-EHS Haushaltsbefragung verwendet. Es wurde also nach der Wohndauer in der Stadt und nicht der Wohndauer am konkreten Wohnstandort oder im Expositionsgebiet gefragt. Für die Schätzung auf Stadtviertel- / Stadtteilbasis wurde aber die Wohndauer am konkreten Wohnstandort eingesetzt, was eine Ungenauigkeit zur Folge hat, weil innerstädtische Umzüge vernachlässigt werden. Dies muss bei der Interpretation der Ergebnisse unbedingt beachtet werden.

Die Ergebnisse der Regressionsschätzungen für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden sind in den Tabellen 3.15 und 3.16 zusammengefasst (zur Interpretation vgl. auch Kapitel 3.2.2.3). Die Regressionskoeffizienten (b) können in Formel 7b eingesetzt werden, um Wahrscheinlichkeiten bzw. relative Häufigkeiten für bestimmte Werte der unabhängigen Variablen zu bestimmen (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 444f.).

Tabelle 3.15: Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle

Köln	HQ-100			EHQ (ohne HQ-100)		
	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test
Konstanter Term	1,85	-	< 0,001	1,87	-	< 0,001
Wohndauer	-0,10	0,97	< 0,001	-0,09	0,91	< 0,001

Dresden	HQ-100			EHQ (ohne HQ-100)		
	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test
Konstanter Term	0,46	-	0,3	0,64	-	0,3
Wohndauer	-0,22	0,80	< 0,001	-0,20	0,82	< 0,001

Abhängige Variable: Hochwassererfahrung. Referenzkategorie: Hochwassererfahrung=Ja.

Tabelle 3.16: ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

	Köln, HQ-100	Köln, EHQ (ohne HQ-100)	Dresden, HQ-100	Dresden, EHQ (ohne HQ-100)
p-Wert LQ-Test	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pseudo-R <sup>2</sup> (Nagelkerke)	0,225	0,170	0,303	0,284
Richtig klassifizierte Fälle	69,6 %	68,2 %	91,0 %	89,2 %

Für Köln ist dieser Ansatz einigermaßen erfolgreich: Die p-Werte der Wald-Tests und des LQ-Tests sind sehr klein, das Pseudo-R<sup>2</sup> deutet zwar auf einen nicht sehr hohen Anteil erklärter Variation hin, aber es werden ausreichend viele Fälle richtig klassifiziert: Die Werte liegen mit 69,6 % bzw. 68,2 % deutlich über den Prozentwerten der größeren Gruppe der Stichprobe mit 58,2 % bzw. 53,6 % (vgl. hierzu BACKHAUS et al. 2005: 451). Für Dresden erscheint zwar der Anteil erklärter Variation größer, allerdings sind die p-Werte des Wald-Tests bei den konstanten Termen relativ groß. Der Anteil der richtig klassifizierten Fälle erscheint zunächst hoch, relativ gesehen werden aber mit 91,0 % bzw. 89,2 % nur wenige Fälle richtig klassifiziert, da der Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung in der Stichprobe bereits bei 91,0 % bzw. 90,1 % liegt. Diese generell hohen Zahlen resultieren aus dem extremen Elbehochwasser im Jahr 2002. Die logistische Regression schafft es nun offenbar nicht, neben den Haushalten mit Hochwassererfahrung auch die wenigen Haushalte ohne Hochwassererfahrung richtig zu klassifizieren. Die konkrete Anwendung ist deswegen aber nicht direkt hinfällig, weil keine einzelnen Haushalte klassifiziert werden. Stattdessen werden Wahrscheinlichkeiten pro Stadtteil bestimmt, die als Anteilswerte interpretiert werden.

Ein Vergleich der durchschnittlichen Anteile der Hochwassererfahrung mit Angaben aus dem Mikrozensus bzw. den Ergebnissen der UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigt eine Unterschätzung von etwa 20 %. Eine Erklärung liegt in dem bereits erwähnten Unterschied der Definition von „Wohndauer“: Die Schätzung des Regressionsmodells beruht auf der Wohndauer in der Stadt, während die verwendete Wohndauer aus der Kommunalstatistik die Wohndauer am konkreten Wohnstandort meint. Letztere wird insgesamt kürzer sein als die Gesamtwohndauer in der Stadt. Unter diesen Voraussetzungen ist eine Unterschätzung der Hochwassererfahrung nicht verwunderlich – relative Unterschiede sollten aber dennoch gelten.

Die Abbildungen 3.29 und 3.30 zeigen die kartographischen Darstellungen der geschätzten Hochwassererfahrung auf Grundlage der logistischen Regressionsmodelle für Köln und Dresden. Die Angaben beziehen sich auf die EHQ Gebiete der Stadtviertel, wobei die Anteile – wie erläutert – zunächst getrennt nach Expositionsgebiet bestimmt und anschließend durch Gewichtung den

gemeinsamen Wert ergeben. Sowohl für Köln als auch für Dresden sind danach Innenstadtgebiete schlechter gestellt als beispielsweise nordwestliche Teile in Dresden und südliche Teile (z. B. Rodenkirchen) in Köln. Dies lässt sich leicht mit häufigen Zu- bzw. Fortzügen im Innenstadtbereich erklären.

Hohe Werte für Stadtviertel, die relativ weit vom Fluss entfernt liegen, könnten zunächst überraschen. Zu beachten ist aber, dass teilweise nur eine kleine Anzahl an Haushalten in den Expositionsgebieten dieser Stadtviertel liegt – die dann möglicherweise auch noch eine hohe Wohndauer aufweist. Auch befinden sich selbst weit entfernte kleinere Gebiete teilweise im Gebiet des HQ-100 Szenarios.

- **Abbildung 3.29 einfügen** -

*Abbildung 3.29: Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)*

- **Abbildung 3.30 einfügen** -

*Abbildung 3.30: Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EQ Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)*

Eine Übertragung der konkreten Regressionsergebnisse zur Abschätzung des Indikators *Hochwassererfahrung* in anderen Kommunen kann nicht vertreten werden, auch nicht, wenn die Befragungsergebnisse aus Köln und Dresden gemeinsam zur Regressionsschätzung verwendet würden. Grund ist, dass die Angaben zur Hochwassererfahrung stark ortsabhängig sind, weil diese durch konkrete Hochwasser der Vergangenheit in der jeweiligen Stadt bestimmt sind. Dadurch werden auch die ermittelten Zusammenhänge zwischen Wohndauer und Hochwassererfahrung in Gebieten, in denen Hochwasserereignisse in anderen Jahren und in anderer Intensität aufgetreten sind, ganz anders aussehen. Hier müssten also die Zusammenhänge mit eigenen Befragungsergebnissen ermittelt werden.

Eine Alternative und Möglichkeit einer ersten einfachen Abschätzung wird darin gesehen, die mittlere Wohndauer pro Raumeinheit bzw. pro Expositionsgebiet und Raumeinheit darzustellen. Damit erhält man zwar keine direkten Werte der Hochwassererfahrung, hat aber bereits die Möglichkeit eines Vergleichs der Raumeinheiten.

Im Idealfall können die räumlichen Informationen zur Wohndauer mit kartographischen Darstellungen vergangener Hochwasserereignisse verschnitten werden. So könnte ziemlich genau ermittelt werden, wie viele Haushalte jeweils zum Zeitpunkt eines bestimmten Hochwassers bereits am Wohnort gelebt haben. Daraus könnte dann die Hochwassererfahrung pro Raumeinheit geschätzt werden. Für Köln und Dresden standen diese Informationen nicht zur Verfügung, so dass diese Möglichkeit nicht erprobt werden konnte. Eine Schwierigkeit wird auch sein, dass die Informationen wahrscheinlich auf Luft- oder Satellitenbildern beruhen würden und z. B. durch Abflussrohre eindringendes Wasser nicht erfasst würde. Weiterhin spielt der Zeitpunkt der Aufnahme eine Rolle. Die jeweilige Kommune müsste entscheiden, welche Hochwasserereignisse in die Untersuchung einbezogen werden sollen und entsprechend sicherstellen, dass die räumlichen Informationen zu jedem dieser Ereignisse vorliegen.

Der Indikator Hochwassererfahrung kann folglich – je nach Datenverfügbarkeit und Möglichkeit der Implementierung eigener Befragungsergebnisse – auf verschiedene Weise geschätzt werden.

### ***3.3.2 Diskussion und Validierung der kommunalspezifischen Indikatoren für die Städte Köln und Dresden***

Zur Bestimmung kommunalspezifischer Indikatoren konnten für Köln Ergebnisse eines kommunalen Mikrozensus aus dem Jahr 2008 / 2009 verwendet werden. Für Dresden wurden Ergebnisse der UNU-EHS Haushaltsbefragung verwendet.

#### ***Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung***

Neben den in Kapitel 3.3.1 vorgeschlagenen Kernindikatoren zur Erfassung der Anfälligkeit können bei Durchführung eigener Befragungen auch weitere kommunalspezifische Indikatoren angewendet

werden. Im Folgenden sollen die beiden Indikatoren *Hochwassersensibilität* und *Informationslage zur Hochwassergefährdung* als solche beschrieben werden.

### ***Berechnung des Indikators Hochwassersensibilität***

Die *Hochwassersensibilität* basiert auf der Auswertung dieser Frage: ‚Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?‘ Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 können entsprechende Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht. Die Einschätzungen der eigenen Hochwasserexposition werden anschließend mit der tatsächlichen Exposition unter Annahme des gewählten Szenarios überschritten.

Insgesamt ist der Indikator *Hochwassersensibilität* als die gemittelte Bewertung (die Durchschnittswerte der Klassenwerte von Klasse 1 ‚sehr unwahrscheinlich‘ bis Klasse 8 ‚sehr wahrscheinlich‘ – zu verstehen und stellt damit ein direktes Maß der von den befragten Haushalten subjektiv eingeschätzten Hochwassergefahr dar. Die Visualisierung in der Karte (Abbildung 3.31) gibt die subjektive Einschätzung der Hochwassergefahr der befragten Haushalte im Vergleich zu deren tatsächlicher Exposition wieder. Anhand dieser Darstellung lassen sich dann Stadtviertel erkennen, in denen die Hochwassersensibilität sehr gering (oder sehr hoch) ist, obschon eine Hochwasserexposition gegeben ist.

- **Abbildung 3.31 einfügen -**

*Abbildung 3.31: Hochwassersensibilität im EHQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)*

Um Fehlinterpretationen durch zu geringe Stichprobengrößen zu vermeiden, sind die einzelnen Stichprobengrößen (Anzahl der Antworten EHQ Expositionsgebiet pro Stadtviertel) ebenfalls in der Karte aufgeführt. Hier zeigt sich insbesondere im Norden und im Süden eine relativ hohe Sensibilität. Für Dresden wurden die Angaben der UNU-EHS Haushaltsbefragung ausgewertet (Abbildung 3.32). Die Auswertung verdeutlicht, dass sich die Gebiete hinsichtlich der Hochwassersensibilität kaum unterscheiden, wobei tendenziell in Friedrichstadt eine geringere Hochwassersensibilität zu erkennen ist.

- **Abbildung 3.32 einfügen -**

*Abbildung 3.32: Mittelwerte der Hochwassersensibilität für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

### ***Berechnung des Indikators Informationslage zur Hochwassergefährdung***

Die Erfassung der *Informationslage* der Haushalte gegenüber Hochwassergefahren am Wohnort wurde durch diese Frage erhoben: ‚Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?‘ Als Antwortkategorien werden die folgenden aufgeführt:

- A) JA, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten.
- B) JA, ich habe selbst Informationen eingeholt.
- C) NEIN, ich habe keine Informationen erhalten oder eingeholt.

Die Auswertung dieser Frage zeigt auf, wie hoch der Informationsgrad der Bevölkerung hinsichtlich der Hochwassergefahr zum Zeitpunkt des Bezugs der Wohnung bzw. des Hauses war. Die Beantwortung erfolgt unabhängig vom Zeitpunkt des Einzugs, so dass sowohl Befragte, die schon länger am Wohnort leben, erfasst werden, als auch Befragte, die gerade erst in die Wohngegend gezogen sind. Des Weiteren lässt die Auswertung der Antwortmöglichkeiten eine Differenzierung zwischen den Haushalten, die Informationen zur Hochwassergefährdung selbstständig eingeholt haben und den Haushalten, die diese Informationen durch die Stadt oder Dritte erhalten haben, zu. Demzufolge können auch Stadtteile ermittelt werden, in denen die Kommune bzw. Bezirksvertretungen recht aktiv (oder eben nur in geringem Maße) entsprechende Informationen bereitgestellt haben.

Unabhängig davon, ob sich die Befragten mittlerweile informiert haben oder durch den Eintritt eines Hochwasserereignisses auf die Gefährdung aufmerksam wurden, kann man davon ausgehen, dass die Haushalte, die in einer exponierten Lage leben und die bei der Auswahl ihres Wohnstandortes keine Informationen über Hochwassergefahren bei der Entscheidung oder der Auswahl ihres Wohnstandortes in exponierter Lage hatten, verwundbarer gegenüber Hochwasserereignissen sind als Informierte.

Die erste Karte (Abbildung 3.33) beruht auf der Auswertung der Antwortkategorie A), sie lässt also erkennen, in welchen Stadtteilen mehr und in welchen weniger Informationen gegenüber Hochwassergefahren unaufgefordert bereitgestellt werden. Die zweite Karte (Abbildung 3.34) beruht auf den Ergebnissen der Antwortkategorie C) und stellt damit die Informationslage insgesamt dar, also in welchen Stadtteilen weder die unaufgeforderte Bereitstellung von Informationen noch die Eigeninitiative der Bewohner zur Informationsbeschaffung hoch ist. Hier schneidet Rodenkirchen relativ gut ab (dunkelrot), während z. B. der rechtsrheinische Innenstadtbereich auf Basis der Daten des Mikrozensus aus dem Jahr 2008 / 2009 offenbar relativ schlecht informiert ist.

- **Abbildung 3.33 einfügen** -

*Abbildung 3.33: Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten) im EHQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)*

- **Abbildung 3.34 einfügen** -

*Abbildung 3.34: Informationslage (keine Informationen erhalten / eingeholt) im EHQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)*

Für Dresden wurden wieder die Angaben der UNU-EHS Haushaltsbefragung ausgewertet (Abbildung 3.35). Hier liegt das Gebiet Cossebaude weit vorne, was die Bereitstellung von Informationen betrifft, insbesondere im Vergleich zu Kleinzschachwitz. Hinsichtlich dieser Unterschiede merkte unser Praxispartner in Dresden – das Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden – an, dass es prinzipiell keinerlei Bevorzugung von Cossebaude bzgl. der allgemeinen Informationsvorsorge gibt, allerdings ist nach Ansicht des Praxispartners vor Ort tatsächlich zu beobachten, dass auch baulich-technische Maßnahmen bzw. Maßnahmeplanungen in Cossebaude weiter fortgeschritten sind als in den anderen Untersuchungsgebieten. Dies wäre ein möglicher Hinweis auf die unterschiedliche Informations- und Sensibilisierungslage.

- **Abbildung 3.35 einfügen** -

*Abbildung 3.35: Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten, Angaben in %) für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

- **Abbildung 3.36 einfügen** -

*Abbildung 3.36: Informationslage (keine Informationen erhalten oder eingeholt, Angaben in %) für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.*

### ***Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung***

An dieser Stelle werden die Indikatoren *tatsächlicher Versicherungsschutz* und *Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte* als zusätzliche, kommunalspezifische Indikatoren im Bereich Bewältigungskapazität beschrieben.

### **Berechnung des Indikators tatsächlicher Versicherungsschutz**

Neben der bereits durch den Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* abgedeckten Frage, welche Haushalte potenziell über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen (im Kernindikatorenset ausgehend von den Befragungen und dem Einkommensniveau bzw. dem Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeschätzt) wird mit dem kommunalspezifischen Indikator

*tatsächlicher Versicherungsschutz* diese Information durch eine direkte Erhebung ermittelt. Die Frage, mit deren Hilfe bei der Durchführung der Befragung die notwendigen Informationen eingeholt wurden, lautet: ‚Haben Sie für Ihre Wohnung oder ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?‘ Neben Versicherungen wie z. B. Wohngebäudeversicherung, Haftpflichtversicherung, Hausratversicherung war die Elementarschaden-Versicherung, welche als einzige der genannten Hochwasserschäden abdeckt, als Antwortkategorie gegeben.

Der Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* erlaubt wichtige Rückschlüsse über die finanzielle Bewältigungskapazität von Haushalten gegenüber Hochwasserschäden. Anders als der ersatzweise über das Haushaltseinkommen bzw. das Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeleitete Versicherungsschutz im Kernindikatorenset, vermag der tatsächliche Versicherungsschutz lokalen Besonderheiten Raum zu geben.

### ***Berechnung des Indikators Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte***

Um einen gewissen Einblick in die tatsächlichen Hochwasservorsorgemaßnahmen privater Akteure zu erhalten, ist die Auswertung einer Frage zu selbst durchgeführten Maßnahmen zum Hochwasserschutz sinnvoll. Wird die Frage offen gestellt, d. h. ohne vorgegebene Antwortkategorien, können die Antworten anschließend z. B. in folgende Kategorien untergliedert werden: A Fundamentale Maßnahmen (z. B. Umzug), B finanzielle Vorsorge (z. B. Versicherung), C technisch einfache / preiswerte Maßnahmen (z. B. Rückstauventil), D technisch-bauliche Maßnahmen mit Aufwand (z. B. Mauerbau), E organisatorische Maßnahmen (z. B. Hochstellen von Besitztümern).

Für Dresden konnte dieser Indikator nicht ermittelt werden, weil eine entsprechende Frage in der UNU-EHS Haushaltsbefragung nicht implementiert war. Für Köln lagen Ergebnisse des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009 vor, hier wurde gefragt ‚Haben Sie nach den Hochwassern 1993 und 1995 bei sich selber Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien ergriffen?‘ Es konnten ein, zwei oder drei Maßnahmen genannt werden. Für eine kartographische Darstellung war die Anzahl der Fälle pro Stadtteil zu gering – das folgende Diagramm zeigt die Nennungen der gesamten Befragung, inklusive zweiter und dritter Nennung.

- Abbildung 3.37 einfügen -

*Abbildung 3.37: Anzahl der im kommunalen Mikrozensus 2008/2009 der Stadt Köln genannten Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte nach verschiedenen Kategorien*

Am häufigsten wurden Maßnahmen genannt, die nur einen geringen Aufwand erfordern (*Technisch einfache / preiswerte Maßnahmen* sowie *Organisatorische Maßnahmen*). Aber auch Maßnahmen mit höherem Aufwand bis hin zu fundamentalen Maßnahmen wie ein Wegzug aus dem Expositionsgebiet wurden häufiger genannt. Eine finanzielle Vorsorge haben allerdings erstaunlich wenige der befragten Haushalte ergriffen. Hier könnte natürlich auch eine Rolle spielen, dass bereits vor 1993 / 1995 eine Versicherung abgeschlossen wurde, oder aber ein Versicherungsabschluss aufgrund der Expositionslage gar nicht möglich war (vgl. Kapitel 3.2.3.1).

### ***3.4 Anwendung und Nutzen der Indikatoren***

Die im Rahmen dieser Studie identifizierten Indikatoren zur Abschätzung der Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren wurden für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden angewendet. Ein wesentliches Ziel des Projektes bestand allerdings auch darin, eine Übertragbarkeit der Untersuchungen bzw. Methoden und Indikatoren für andere Kommunen zu gewährleisten. Dieses Ziel wurde erreicht und in einem separaten „Leitfaden“ dargelegt, der insbesondere die jeweiligen Bedeutungen der ausgewählten Indikatoren, ihre Berechnungsmethodiken und Datengrundlagen skizziert (siehe Anhang A). Im 4. Abschnitt des Leitfadens wird die Verwundbarkeitsabschätzung gegenüber Hochwassergefahren im Bereich Bevölkerung / Soziales eingehend dargelegt. Schritt für Schritt wird erläutert, wie die im vorangegangenen Kapitel erläuterten Verwundbarkeitsindikatoren in der anwendenden Kommune ermittelt werden können. Dabei werden auch Ergebnisse der Haushaltsbefragungen, die in Kapitel 3.3 detailliert dargestellt werden, verwendet. Insbesondere

handelt es sich dabei um Gewichtungsfaktoren und Regressionsparameter, die für die Abschätzung der Indikatoren übernommen werden können. Um den Einfluss lokaler Besonderheiten zu begrenzen und gleichzeitig die Stichprobe zu vergrößern, wurden die Stichproben aus Köln und Dresden für die HQ-100 Gebiete zusammengelegt und damit die für die Schätzung verwendbaren Gewichtungsfaktoren und Regressionsparameter bestimmt. Die Beschränkung auf das HQ-100 Gebiet hat den Hintergrund, dass das entsprechende Szenario für die meisten Kommunen vorliegt. Der Leitfaden geht auch auf die Möglichkeit ein, dass die Kommune eine eigene Haushaltsbefragung zu diesem Thema durchführt. In diesem Fall können die Parameter kommunalspezifisch bestimmt werden. Im Vergleich zum Leitfaden (Handlungsanleitung) wurden in dem hier vorliegenden Bericht beispielhaft die Berechnungsmethoden, Ergebnisse und Validierungsmethoden der erzielten Ergebnisse dargestellt, die sich speziell für Köln und für Dresden ergeben. Zudem wurde verdeutlicht, wie durch entsprechende graphische oder kartographische Darstellungen die Ergebnisse übersichtlich und leicht verständlich aufbereitet werden können. Neben dem HQ-100 Gebiet wurde hier jeweils auch das EHQ Gebiet betrachtet. Damit ergeben sich jeweils – auf Basis von Stadtvierteln bzw. Stadtteilen – Werte der Indikatoren für zwei Städte und jeweils zwei Überflutungsszenarien.

### **3.5 Schlussbetrachtung**

Insgesamt bieten die ausgewählten und berechneten Indikatoren einen deutlichen Informationsgewinn gegenüber den reinen Hochwassergefahrenkarten, die im Wesentlichen nur die Gefahrenkomponente umfassen. Insbesondere für den hier anvisierten Endnutzer vorsorgender Bevölkerungsschutz sowie strategische Stadtentwicklung sind weitere Informationen über die Anfälligkeiten und Bewältigungskapazitäten von potenziell exponierten Bevölkerungsgruppen besonders wichtig, um gezielt entsprechende Problemstadtteile und besonders vulnerable Bevölkerungsgruppen durch Maßnahmen zu unterstützen.

Die berechneten Bewältigungsindikatoren – die nur einige Schlaglichter auf die unterschiedlichen Fähigkeiten der Bewohner zur Bewältigung von Hochwasserereignissen werfen, zeigen ganz deutliche Unterschiede hinsichtlich der ökonomischen Bewältigungskapazität exponierter Stadtviertel z. B. für Köln auf. Zudem macht die Auswertung der Hochwassererfahrung deutlich, dass die Stadtviertel im Bereich der Innenstadt tendenziell wesentlich weniger hochwassererfahren sind als die exponierten Stadtviertel und Einwohner im Süden, wie beispielsweise in Rodenkirchen. Die kommunalspezifischen Indikatoren zeigen deutliche Unterschiede in der Hochwassersensibilität sowie in der Hochwasserinformationslage auf. Hier bieten sich direkte Ansatzpunkte für Kommunen und Akteure des Bevölkerungsschutzes an, indem besonders in exponierten Stadtvierteln oder Stadtteilen mit geringer Informationslage entsprechende Sensibilisierungs- und Informationskampagnen verstärkt werden.

Insgesamt bieten die Indikatoren eine systematische Erweiterung der Informationslage zur Beurteilung der Vulnerabilität von Einwohnern gegenüber Hochwassergefahren. Unbeschadet dessen ist es nur ein erster Ansatzpunkt, um die vielschichtigen Problemlagen, aus denen Risiken resultieren, zu offenbaren. Durch die leicht verständliche Darstellung der Indikatoren in Form von Karten und Grafiken können diese vielschichtigen Problemlagen verständlich kommuniziert werden, so dass die potenziell betroffene Bevölkerung selbst, sowie entsprechende Entscheidungsträger in Behörden und in Politik diese Informationen erfassen und für die Verbesserung des Bevölkerungsschutzes nutzen können.

## 4. Verwundbarkeit von Umwelt und Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen

(Verfasserin: [REDACTED])

Als theoretische Grundlage für die Ermittlung der Verwundbarkeit in den Bereichen Umwelt und Landwirtschaft wird die Allgemeine Systemtheorie verwendet. Demnach werden die Landwirtschaft und die Umwelt als Systeme betrachtet. Das Wort System leitet sich aus dem griechischen „*to systeme*“ ab und bedeutet „*etwas Zusammengeselltes, Geordnetes*“. Systeme bilden sich, in dem zusammengehörende Elemente gegenüber der Umgebung abgegrenzt werden. Innerhalb der Systeme bestehen zwischen den zusammengehörenden Systemelementen Wirkbeziehungen. Mit der Ausbildung der Wirkbeziehungen entsteht im System eine Ordnung. Durch diese Ordnung werden zum einen andere Elemente aus der Umgebung abgegrenzt, zum anderen bestimmt diese Ordnung das Verhalten eines Systems. Darüber hinaus führt die Selektion von Systemelementen zu einem abgegrenzten System, zu einer Reduktion der Komplexität (KRIEGER 1998: 12). Für VESTER (2004: 18, 25, 55f) stellen Systeme Gebilde dar, in dem die Systemkomponenten in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinander stehen. Sie sind zu einem Wirkungsgefüge vernetzt. Um sinnvolle Lösungen für Probleme zu finden, ist es wichtig die vernetzten Zusammenhänge zur Kenntnis zu nehmen und sich über lineare Denkweisen hinweg zu setzen. Mit der Darstellung eines Systems in einem Wirkungsgefüge gelingt es die Komplexität zu reduzieren, in dem die unübersehbare Zahl der beteiligten Systemelemente durch wenige Schlüsselgrößen repräsentiert wird. Sie stellen die Knotenpunkte eines Systems dar. Auch MOSER (2001: 48, 53) gibt an, dass systemtheoretische Abstraktionen es erleichtern, komplexe Annahmen begreiflich, praktisch vorstellbar und methodisch handhabbar zu machen. Die Darstellung von Systemen in Systemmodellen ermöglichen demnach die praktische Vorstellung von Wirkungsgefügen.

Nach VESTER (2004: 33, 49) besteht das Hauptziel von Systemen darin, ihre Lebensfähigkeit zu erhöhen und zu sichern. Für MALIK (2006: 80) sind Systeme lebensfähig, wenn sie die Eigenschaften adaptiv, lernfähig und selbstregulierend besitzen.

Die Lebensfähigkeit eines Systems richtet sich, so VESTER (2004: 33, 49), vorwiegend nach deren Fähigkeit zur kybernetischen Selbststeuerung. Die kybernetische Selbststeuerung stellt sich in folgend beschriebenen Regelkreis dar (siehe Abbildung 4.0.1). Der Regelkreis besteht aus den Komponenten: Störgröße, Messfühler, Regelgröße, Istwert, Regler, Führungsgröße, Sollwert, Stellglied.

- Abbildung 4.0.1: Abb\_1\_System\_kybernetik-

Abbildung 4.0.1: klassischer Regelkreis mit den gängigen kybernetischen Bezeichnungen, Quelle: VESTER 2004: 43.

Der Regler misst über den Messfühler den momentanen Zustand der Regelgröße, den Istwert. Ist der Zustand durch einen Störfaktor verändert, weicht also der Istwert von einem von der Führungsgröße definierten Sollwert ab, gibt der Regler eine entsprechende Anweisung an ein Stellglied, die Störung zu beheben, d. h. den Istwert auf den gewünschten Sollwert zu „regeln“. Auf diese Weise ist das System mit sich selbst rückgekoppelt. Ein System, das nach dem Prinzip des Regelkreises funktioniert, ist somit in der Lage auftretende Störungen aufzufangen und selbstregulierend auszugleichen (VESTER 2004: 43, 154f). Über diesen beschriebenen negativen Rückkopplungsprozess stabilisiert sich das System nach der aufgetretenen Störung wieder (KRIEGER 1998: 26; MALIK 2006: 384; LASZLO 1998: 56; MOSER 2001: 216).

In dem konkreten Fall - die Verwundbarkeit der Umwelt und der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen - stellt die Verwundbarkeit die Regelgröße und das Hochwasserereignis die Störgröße in den Systemen Umwelt bzw. Landwirtschaft dar. Nach einem Hochwasserereignis wird anhand des Schadensmaßes ersichtlich wie verwundbar das System ist. Hat nämlich das Hochwasser tatsächlich zu einer Störung mit Schäden in der Umwelt und / oder der Landwirtschaft geführt, so zeigt der Istwert eine hohe Verwundbarkeit an. Eine Führungsgröße definiert in diesem Fall, als Reaktion auf diesen Schaden, einen Sollwert der Verwundbarkeit. Über Gesetze, Richtlinien

und Handlungsempfehlungen werden Vorgaben darüber gemacht, wie dieser Sollwert zu erreichen ist, während der Stellwert in der Praxis für die Umsetzung dieser Vorgaben sorgt. Im Bereich der Landwirtschaft stellt der Landwirt den Stellwert dar. Über die Art und Weise seiner Bewirtschaftung (z. T. durch Vorgaben beeinflusst, z. T. basierend auf eigenen Entscheidungen) beeinflusst er die Verwundbarkeit seiner landwirtschaftlichen Flächen. Hat ein Landwirt einen Hochwasserschaden erlitten, wird er neben den infolge des Hochwassers für die Allgemeinheit aufgestellten Regelungen zur Minimierung der Hochwasserschäden, zusätzlich in Eigeninitiative Maßnahmen ergreifen. Diese Maßnahmen könnten beispielsweise darin bestehen, die Bewirtschaftung so zu verändern, dass künftig Schäden vermieden werden, wodurch der gewünschte Sollwert, nämlich eine geringe Verwundbarkeit, erreicht wird.

Im Bereich der Umwelt hält sich das System nach der „Registrierung“ von Schäden durch Anpassungsstrategien selbstregulierend stabil. So werden sich beispielsweise Arten, die auf trockenen Standorten leben, zurückziehen, während Feuchte liebende Arten die Landschaft besiedeln. Sind Populationszahlen durch ein Hochwasserereignis zurückgegangen, kann ein verändertes Fortpflanzungsverhalten dazu führen die Populationsschwankung wieder auszugleichen. Bewirken vom Menschen sekundär ausgelöste Schäden in der Umwelt (z. B. Kontamination bei Hochwasser) auch eine Beeinträchtigung der menschlichen Lebensgrundlagen (z. B. fruchtbare Böden, sauberes Trinkwasser), so muss die Gesellschaft über Vorgaben die Verhaltensweisen so steuern, dass die Lebensgrundlagen in Zukunft erhalten bleiben. Schaffen es Systeme nicht eine Störung selbstregulierend abzufangen und auszugleichen, sind sie nicht mehr lebensfähig.

Für den konkreten Fall bedeutete das, dass die Systeme Umwelt (Umwelt betrachtet aus menschlicher Sicht als „Bereitsteller“ menschlicher Lebensgrundlagen) und Landwirtschaft zusammenbrechen würden. Die Umwelt könnte infolge eines Hochwasserereignisses nicht mehr ihre Funktionen für die Existenz des Menschen erfüllen, die landwirtschaftlichen Betriebe müssten ihre Bewirtschaftung aufgeben.

Besteht das Ziel darin, die Verwundbarkeit in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt auf ein geringes Maß zu reduzieren, empfiehlt es sich die Landwirtschaft und Umwelt als Systeme zu betrachten und in einem Systemmodell darzustellen. Erst mit der Erstellung von Systemmodellen, also der Darstellung der wesentlichen Schlüsselgrößen (=Systemelementen) mit ihren Beziehungen untereinander, werden systemimmanente Wirkbeziehungen deutlich, die vermutlich bei anderen Ansätzen, die der Komplexität des realen Geschehens nicht gerecht werden, unentdeckt blieben. Gerade das Erkennen sämtlicher Wirkungsbeziehungen ist beim Ableiten von Kriterien zur Bestimmung der Verwundbarkeit als auch bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Verwundbarkeit notwendig. Hingegen könnten infolge sektoraler Sichtweisen empfohlene Maßnahmen zu unbeabsichtigten negativen Nebenwirkungen führen, wenn sie die Systemzusammenhänge nicht umfassend berücksichtigen (VESTER 2004: 37).

# 4.1 Verwundbarkeitsassessment der Umwelt

(Verfasserin: ██████████)

## 4.1.1 Umwelt als Untersuchungsgegenstand

### 4.1.1.1 Definition Umwelt

Wie unter dem einführenden Kapitel 4 beschrieben, wird die Umwelt als System nach den Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie verstanden.

Um ein Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit zu entwickeln, muss der Begriff Umwelt neben der Festlegung eines Systemverständnisses für das Forschungsprojekt genau definiert und eindeutig abgegrenzt werden.

Dafür erschien es zunächst sinnvoll, die Gesetzgebung und deren Definitionen von Umwelt oder ähnlichen Begriffen wie Natur, Naturhaushalt zu Rate zu ziehen. Nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) versteht man unter Naturhaushalt „seine Bestandteile Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere und Pflanzen sowie das Wirkungsgefüge zwischen ihnen [...]“ (§ 10 I Nr. 1 BNatSchG). Unter den Zielen des Naturschutzes wird nach diesem Gesetz folgendes verstanden: „Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Lebensgrundlagen des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und, soweit erforderlich, wiederherzustellen...“ (§ 1 BNatSchG). Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) zählen zu den bereits genannten Aspekten auch die menschliche Gesundheit, Kulturgüter und sonstige Sachgüter zur Umwelt (§ 2 UVPG). Diese sollen für das Forschungsprojekt allerdings ausgeschlossen werden. Wesentlich scheint die Aussage, dass die Umwelt bzw. Natur und Landschaft als Lebensgrundlage des Menschen und hinsichtlich ihres Eigenwertes betrachtet werden muss. Die Lebensgrundlagen des Menschen können relativ einfach benannt werden. Hierzu zählen z. B. das Vorhandensein von fruchtbaren, qualitativ hochwertigen Böden zum Anbau von Nahrungsmitteln oder die Existenz von sauberem Wasser für die Trinkwassergewinnung. Ohne diese ‚Leistungen‘ bzw. ‚Funktionen‘, die die Umwelt für die Menschen erbringt bzw. erfüllt, könnte dieser nicht überleben. Was sich hinter ‚auf Grund ihres Eigenwertes‘ verbirgt, kann allerdings nicht so klar definiert werden. Aus menschlicher Sicht lässt es sich schwer einschätzen, welchen Zustand die Umwelt anstrebt. Beobachtet man sich selbst überlassene Flächen, so führt die Selbstorganisation zu nachhaltigen und tragfähigen Systemen. Dieser Zustand scheint auch im Sinne der Menschheit zu liegen, da so die menschlichen Lebensgrundlagen aufrechterhalten werden können. Bei der Betrachtung der Umwelt innerhalb des Projektes sollte der Fokus allerdings nicht auf die einzelnen Bestandteile wie Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere, Pflanzen, wie im Gesetzestext beschrieben, gelegt werden, sondern stärker auf deren Wechselwirkungen untereinander. Genau diese Wechselwirkungen, hinter welchen sich komplexen Vorgänge verbergen, ermöglichen u. a. den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und die Bereitstellung von sauberem Wasser.

In einem zweiten Ansatz sollten zur Definition des Begriffes Umwelt die Aussagen aus wissenschaftlichen Literaturquellen herangezogen werden. BASTIAN & SCHREIBER (1994: 39ff) verwenden den Begriffe ‚Landschaft‘ bzw. ‚Landschaftsfunktionen‘, um die Umwelt zu beschreiben. Sie betonen mit dem von ihnen verwendeten Begriff ‚Landschaftsfunktionen‘ die für den Menschen notwendige funktionale Bewertung der Landschaftsstrukturen. Da der Mensch die Naturräume teilweise seit Jahrhunderten zum Erhalt seiner Lebensgrundlagen nutzt, ist es nur logisch, dass er sie hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit bewertet. Er unterscheidet Produktionsfunktionen (ökonomische Funktionen), Regulationsfunktionen (ökologische Funktionen) und Lebensraumfunktionen (soziale Funktionen). Unter den Produktionsfunktionen versteht er zusammengefasst die Verfügbarkeit erneuerbarer Ressourcen, unter den Regulationsfunktionen die Regulation von Stoff- und Energiekreisläufen wie die Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion des Bodens, die Grundwasserneubildung, die Selbstreinigung von Oberflächengewässern, den Temperatursausgleich oder die Regulation der Organismenpopulationen und unter den Lebensraumfunktionen psychologische und humanökologische Funktionen, aber auch die Informations- und

Erholungsfunktion. Im MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005: 5) wird von Ökosystemdienstleistungen gesprochen, da Ökosysteme für sie Funktionen und Güter bereitstellen, die für das menschliche Wohlergehen unverzichtbar sind. Ökosysteme und die Gesellschaft können demnach nicht getrennt betrachtet werden. Ökosystemdienstleistungen werden hier in vorsorgende Ökosystemdienstleistungen wie Nahrung, Trinkwasser oder Brennholz, in regulierende Ökosystemdienstleistungen wie die Klimaregulation, die Wasserspeicherung oder die Bestäubung, in kulturelle Ökosystemdienstleistungen wie ästhetischer Wert, Erholung, regionale Identität und die erhaltende Ökosystemdienstleistungen wie die Bodenbildung, die Nährstoffkreisläufe und die Primärproduktion eingeteilt.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) greift das Konzept des Millennium Ecosystem Assessments auf und spricht ebenfalls von Ökosystemdienstleistungen. Hier werden die erhaltenden Ökosystemdienstleistungen als Basisdienstleistungen bezeichnet (BMU 2008b). Für das Forschungsprojekt wurden die Überlegungen bzgl. der ‚Landschaftsfunktionen‘ und ‚Ökosystemdienstleistungen‘ von BASTIAN & SCHREIBER, vom MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT und vom BMU aufgenommen und als Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen bezeichnet. Unter dem Begriff Umwelt wird also resultierend aus den Gesetzestexten und der wissenschaftlichen Literaturquellen folgende Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen zum Erhalt ihres Eigenwertes und damit als Lebensgrundlage für den Menschen im besiedelten und unbesiedelten Bereich verstanden:

- Erhalt der Bodenfruchtbarkeit in Verbindung mit intaktem Nährstoff- und Wasserkreislauf als Voraussetzung für die Existenz von Kultur- und Wildpflanzen wiederum als Voraussetzung der Nahrungssicherung (Bodenfunktion)
- Erhalt der Filter-, Puffer- und Transformatorfunktionen des Bodens als Schutz des Grundwassers und somit Sicherstellung der Grundwasserqualität als Voraussetzung für die Trinkwassergewinnung, aber auch zur Sicherung der Bodenqualität als Voraussetzung für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und für die Ansiedlung von Lebensgemeinschaften (Boden- und Grundwasserfunktion)
- Erhalt der Oberflächenwasserqualität als Lebensraum für aquatische Lebensgemeinschaften und der Sicherung der Wassergewinnung für die Trinkwasserversorgung (Oberflächenwasserfunktion)
- Erhalt von Lebensräumen als Voraussetzung für den Erhalt von Lebensgemeinschaften zur Sicherung eines Genpools und zur Gewährleistung der Sauerstoffproduktion, der Bestäubung von Pflanzen, der Bodenbildung und anderer Prozesse (Arten- und Biotopschutzfunktion)

#### *4.1.1.2 Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen*

Für die Ermittlung der Umweltverwundbarkeit muss nun bestimmt werden, ob und wie diese Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen durch ein Hochwasserereignis beeinträchtigt werden können. Ausgehend von den innerhalb des Forschungsprojektes erhobenen Expertenmeinungen<sup>40</sup> und der eigenen Einschätzung ist die Umwelt gegenüber den reinen Überschwemmungsprozessen nicht verwundbar. Hochwasser wird in der Literatur und in den Äußerungen der befragten Experten als natürlicher Prozess in Auenlandschaften bezeichnet. Überschwemmungen sind sogar eine notwendige Voraussetzung für den Erhalt des Lebensraums der Aue. Nach einem Hochwasserereignis ändert sich zwar die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften, der Boden kann abgetragen werden und mitgeführtes Material wird sedimentiert, aber die Vorgänge gehören zu einer natürlichen Auendynamik. Die Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen werden dadurch nicht nachhaltig beeinträchtigt. Die Lebensgrundlage des Menschen ist nicht gefährdet. Anders sind die von den menschlichen Nutzungen ausgehenden Gefährdungen infolge eines Hochwassers wie z. B. die Schadstoffausbreitung von unzureichend gesicherten Kontaminationsquellen zu bewerten. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen in Anlehnung an WARM & KÖPPKE 2007 die Anlagen nach § 19 g WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und die Betriebsbereiche nach

<sup>40</sup> Siehe Kapitel 4.1.2.1.1 methodische Grundlagen

der 12. BImSchV (Störfallbetriebe). Dieser Ansatz wurde zur Bearbeitung der Forschungsfrage um die Altlasten erweitert, da von ihnen laut Expertenmeinungen und anderen Veröffentlichungen ebenfalls eine potenzielle Schädigung auf die Umwelt ausgehen kann<sup>41</sup>. Es verbleiben nur wenige weitere Kontaminationsquellen, die nicht unter die drei genannten Kategorien fallen. So könnten beispielsweise auch landwirtschaftliche Nutzfläche oder Bahntrassen, von denen Agrochemikalien bzw. Chemikalien gespült werden als potenzielle Kontaminationsquellen betrachtet werden. Diese sollen aber unberücksichtigt bleiben, zum einen um das Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit zu vereinfachen. Zum anderen werden in der Literatur und in den Experteninterviews die Anlagen nach § 19 g WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten als die potenziellen Hauptkontaminationsquellen bei einem Hochwasser angeführt. Diese Kontaminationsquellen können zu Kontaminationen in der Umwelt führen und die oben aufgeführten Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen beeinträchtigen. Betrachtet man die Umwelt bezüglich ihres Eigenwertes, so ist davon auszugehen, dass dieser aufgrund von Kontaminationen geschmälert wird. Die Menschen sind auf die Umweltfunktionen angewiesen. Ein Ausfall bzw. eine Einschränkung über eine längere Zeit wäre für die Sicherung der Lebensgrundlagen, auch die künftiger Generationen vgl. § 1 BNatSchG bedrohlich.

Die Voraussetzung für eine mögliche Schädigung auf die Umwelt und damit für die Existenz einer Umweltverwundbarkeit sind also im Überschwemmungsgebiet liegende potenzielle Kontaminationsquellen. Die Umwelt ist damit nur in den Einfluss- bzw. Ausbreitungsbereichen der Schadstoffe aus den potenziellen Kontaminationsquellen verwundbar.

#### ***4.1.2 Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode***

##### ***4.1.2.1 Methodisches Vorgehen***

Die methodische Herangehensweise zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen in Kommunen orientiert sich an der Arbeit von VILLA & MCLEOD von 2002, in der allerdings auf nationaler Ebene und nicht auf ein Naturereignis bezogen, Umweltverwundbarkeitsindikatoren erstellt, diese bewertet und zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammengeführt werden. VILLA & MCLEOD führen zur Erstellung ihres Indikatorensets drei Schritte durch. Im ersten Schritt wurde ein Verwundbarkeitsmodell erarbeitet. Mit dessen Hilfe gilt es den Verwundbarkeitsbegriff zu definieren und für den jeweiligen Untersuchungsgegenstand zu konkretisieren. In einem zweiten Schritt wird ein System- bzw. Sachmodell erstellt. Es beschreibt die hierarchische Zerlegung des betrachteten Systems, in dem die wesentlichen Systemkomponenten in ein großes System eingepasst sind und eine gemeinsame Berechnung und Aggregation der daraus abgeleiteten Indikatoren erlaubt. Die Zerlegung muss so erfolgen, dass das gesamte komplexe Wirkungsgefüge des Systems wiedergegeben wird und es so generell-abstrakt ist, dass es nicht nur die ortstypische Situation wiedergibt, sondern auch auf andere Systeme übertragen werden kann. Die Erstellung des Systemmodells muss entsprechend der Verwundbarkeitsdefinitionen des Verwundbarkeitsmodells erfolgen. Im mathematischen Modell (Schritt 3) werden die aus dem Systemmodell abgeleiteten Sachinformationen (Indikatoren) bewertet, gewichtet und zu einer Verwundbarkeitsaussage aggregiert (VILLA & MCLEOD 2002: 337 ff).

Das Verfahren von VILLA & MCLEOD wird innerhalb des Projektes für den Bereich Umwelt erweitert und verändert. Zum einen wird vor die Erstellung des Verwundbarkeits-, Sach- und mathematischen Modells, die Erarbeitung eines Verwundbarkeitskonzeptes gestellt, zum anderen erfolgt eine Erweiterung um einen vierten Schritt. Dieser besteht darin, Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Verwundbarkeit zu geben. Zudem erscheint es für das Projekt nicht sinnvoll, die Bewertung der Kriterien/Indikatoren und deren Zusammenführung zur Umweltverwundbarkeitsaussage als mathematisches Modell zu bezeichnen. Dieser Schritt wird einfach mit ‚Bewertung und Aggregation‘ betitelt. Das vorangestellte Verwundbarkeitskonzept soll das gesamte Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit abstrakt darstellen, d. h. es umfasst auch die vier Schritte der Erarbeitung eines

<sup>41</sup> Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: „Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser“, z. B. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & K. ULLRICH 2005

Verwundbarkeitsmodells, eines Systemmodells, das Verfahren der Bewertung und Aggregation und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen.

#### 4.1.2.1.1 Methodische Grundlagen

Für die Erarbeitung und Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit wurden primäre und sekundäre Literaturquellen ausgewertet, Experteninterviews durchgeführt und auf die Nutzung von Indikatoren / Kriterien und Bewertungsverfahren zurückgegriffen.

Es gibt nur wenige Literaturquellen, die sich konkret mit den Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt beschäftigen. Zwar kann für das Einzugsgebiet der Elbe und speziell für den Raum Dresden auf einige wenige Publikationen zurückgegriffen werden, doch zur Bearbeitung des Fallbeispiels Köln standen keine Quellen dieser Art zur Verfügung. Der Problemzusammenhang muss daher als bislang wenig bearbeitet gelten.

Die Experteninterviews erfolgten als mündliche Befragung in Form qualitativer Interviews. Die Interviewpartner waren relevante Akteure aus den Beispielkommunen Köln und Dresden. Die Durchführung qualitativer Interviews wurde deshalb als Methode gewählt, da sie sich immer dann anbietet, wenn es um die Erschließung neuen Wissens wie z. B. die Aufdeckung von Zusammenhängen, Strukturen und Abläufen geht (POHL 1998: 98; DIEKMANN 1996: 444). Besteht das Ziel darin, ein genaueres Abbild der Realität zu gewinnen, sollte die Befragung so offen und flexibel wie möglich gehalten werden (POHL 1998: 102). Da es im Bereich Umwelt darum ging, neues Wissen über die Abläufe bei einem Hochwasser zu akquirieren, d. h. die Geschehen im Hochwasserfall zu rekonstruieren und abzubilden, um die wesentlichen verwundbaren Aspekte zu identifizieren, wurden die qualitativen Interviews in offener Form durchgeführt. Dabei wurde nur ein Gesprächsleitfaden mit thematischen Schwerpunkten verwendet, welche angepasst an den Gesprächsverlauf, ohne feste Reihenfolge, abgefragt wurden. So bestand genügend Freiheit für neue bisher nicht bedachte Aspekte (DIEKMANN 1996: 450). Unter den Verfahren der qualitativen Interviews eignete sich das problemzentrierte Interview, welches sich auf einen Problemschwerpunkt fokussiert - in dem konkreten Fall die Folgen eines Hochwassers (MAYRING 1999: 50).

Folgende Themenschwerpunkte wurden in den Interviews abgefragt:

- Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt im Allgemeinen
- Auswirkungen auf Boden, Wasser, Lebensräume und Arten
- Existenz von Umweltverwundbarkeit
- Existenz von Verwundbarkeit der einzelnen Umweltmedien, Lebensräume und Arten
- Bedeutung potenzieller Kontaminationsquellen und deren Sicherheit.

Die Auswahl der Akteure wurde mit der Zielsetzung getroffen, möglichst viele Akteure bzw. Repräsentanten im Bereich Umwelt, die in Verbindung mit dem Hochwasser und seinen Folgen standen, zu interviewen.

In Dresden wurden 17 Experteninterviews geführt. Als Experten wurden Mitarbeiter der Ressorts Boden, Grundwasser und Altlasten, Oberflächenwasser, Naturschutz und Landschaftspflege der folgenden Behörden und Verbände ausgewählt<sup>42</sup>:

- Mitarbeiter des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden
  - ein Mitarbeiter der Stadtökologie
  - ein Mitarbeiter im Bereich Grundwasser und Altlasten
  - drei Mitarbeiterinnen des Abfall- und Bodenschutzes (in einem Interview)
  - ein Mitarbeiter der Gewässer- und Bodenpflege
  - eine Mitarbeiterin im Bereich Oberflächenwasser
  - eine Mitarbeiterin, zuständig für VAWS-Anlagen<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Die Befragung fand vor der Funktionalreform statt, so dass einige Behörden mit der oben beschriebenen Formulierung gar nicht mehr existieren.

<sup>43</sup> Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

- zwei Mitarbeiter im Naturschutz (in einem Interview)
- Mitarbeiter des Staatlichen Umwelfachamtes Radebeul
  - ein Mitarbeiter im Bereich Ober- und Grundwasser
  - eine Mitarbeiterin in der Naturschutz und Landschaftspflege
  - ein Mitarbeiter im Bereich Boden und Altlasten
- Mitarbeiter des Landesamtes für Umwelt und Geologie
  - ein Mitarbeiter des Referates Landschaftspflege und Artenschutz
  - ein Mitarbeiter des Referates Bodenschutz
  - die Gewässergüterreferentin
  - eine Mitarbeiterin des Referates Grundwasser und Altlasten
  - ein Mitarbeiter des Landeshochwasserzentrums
- ein Mitarbeiter des Umweltforschungszentrums Halle-Leipzig
- ein Mitglied der Ortsgruppe des Umweltverbandes Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)

In Köln sollte analog zu Dresden verfahren werden. Leider war das Interesse, an den Experteninterviews teilzunehmen, geringer. So konnte beispielsweise auch kein Mitglied eines Umweltverbandes für ein Interview gewonnen werden. Insgesamt wurden 12 Interviews geführt. Befragt wurden:

- Mitarbeiter des Umwelt- und Verbraucherschutzamtes Köln
  - drei Mitarbeiter der Abteilung Boden- und Grundwasserschutz
  - ein Mitarbeiter der Unteren Landschaftsbehörde
  - ein Mitarbeiter der Abteilung Immissionsschutz, Wasser- und Abfallwirtschaft
- Mitarbeiter der Bezirksregierung Köln
  - ein Mitarbeiter des Dezernates Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
  - ein Mitarbeiter des Dezernates Natur- und Landschaftsschutz
  - ein Mitarbeiter des Dezernates Abfallwirtschaft (einschließlich anlagenbezogener Umweltschutz)
- Mitarbeiter des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
  - ein Mitarbeiter der Abteilung Bodenschutz und Altlasten
  - ein Mitarbeiter der Abteilung Naturschutz und Landschaftspflege
  - ein Mitarbeiter der Abteilung Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
- ein Mitarbeiter der RheinEnergie AG

Die Interviews dienten als Grundlage bei der Bearbeitung der vier bereits vorgestellten Verfahrensschritte. Die Expertenmeinungen verhalfen mit zu einem Verständnis darüber, was Umweltverwundbarkeit bedeutet und was es umfasst. Die Interviews bildeten neben der Literaturrecherche die wesentliche Grundlage für die Erstellung eines Systemmodells und die Ableitung von Handlungsempfehlungen. Sie trugen auch mit zur Bewertung und Gewichtung, der aus dem Systemmodell abgeleiteten Kriterien/Indikatoren bei. Auf eine ausführliche qualitative Auswertung der Interviews soll hier aber verzichtet werden, da dadurch kein Informationsmehrgewinn entstehen würde.

Bei dem Ziel Indikatoren/Kriterien der Verwundbarkeit zu entwickeln, mussten solche Größen gefunden werden, die es ermöglichen, sämtliche Wechselbeziehungen innerhalb des Systems Umwelt zu erfassen. Sie müssen repräsentativ für die Beschreibung bestimmter Wirkweisen eines Systems sein, d. h. sie müssen das gesamte System, das die verwundbare Umwelt darstellt, widerspiegeln (siehe dazu auch die Erläuterungen zur Allgemeinen Systemtheorie unter Kapitel 4). Die Kriterien/Indikatoren sollten nachvollziehbar, vergleichbar, weitestgehend objektiv und kontrollierbar sein (SCHOLLES 2008a: 320; BASTIAN & SCHREIBER 1994: 52).

Auf die Anwendung von Bewertungsverfahren, um den entwickelten Kriterien/Indikatoren einer Wertstufe hinsichtlich der Verwundbarkeit zuzuordnen und diese zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammenzuführen, wird im Kapitel ‚Bewertung und Aggregation‘ (Kapitel 4.1.2.1.5) näher eingegangen.

#### **4.1.2.1.2 Verwundbarkeitskonzept**

Wie bereits erwähnt, stellt das Verwundbarkeitskonzept die Vorgehensweise zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen abstrakt dar. Innerhalb des Projektverlaufes wurde es immer wieder rückgreifend durch neue gewonnene Erkenntnisse ergänzt, verändert und angepasst. Das Verwundbarkeitskonzept besteht aus zwei Arbeitsschritten: der vorab geschalteten Expositionsanalyse als Filter für die eigentliche Verwundbarkeitsanalyse und der Verwundbarkeitsanalyse, die die vier bereits benannten Verfahrensschritte umfasst (siehe Abbildung 4.1.1).

Hier Abbildung 4.1.1: Abb1\_UmwB\_Verwkonzept  
Abbildung 4.1.1: Darstellung des Verwundbarkeitskonzepts

#### **Expositionsanalyse**

Da eine Umweltverwundbarkeit bei Hochwasserereignissen nur gegenüber Kontaminationen besteht, ist die Exposition von potenziellen Kontaminationsquellen im betrachteten Überschwemmungsgebiet die Voraussetzung für die eigentliche Verwundbarkeitsanalyse. Liegen keine potenziellen Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet, wird die Umwelt infolge eines Hochwassers auch nicht kontaminiert, wodurch sich eine Verwundbarkeitsanalyse erübrigt. Die Umwelt der betrachteten Kommune wäre damit nicht gegenüber Überschwemmungen verwundbar.

Dazu sollten von der Kommune zunächst ein oder mehrere Überschwemmungsgebiete definiert werden. Erst mit der Festlegung dieser Überschwemmungsgebiete kann die Umweltverwundbarkeit gegenüber Kontaminationen konkret ermittelt werden. Für Kommunen, die an einem Fließgewässer liegen und für die Schäden durch ein Hochwasser zu erwarten sind, ist die Ausweisung von rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten (entspricht einem HQ 100) ohnehin vom Gesetzgeber vorgeschrieben (vgl. § 31 b WHG). Es empfiehlt sich aber darüber hinaus ein weiteres Hochwasserszenario größerer Jährlichkeit zu betrachten, um auch im Falle des Eintritts dieses Extremereignisses vorbereitet zu sein. Die Ermittlung der Umweltverwundbarkeit ist demnach an die Festlegung des Überschwemmungsgebiets, also der Exposition, und die Betrachtung der darin liegenden potenziellen Kontaminationsquellen gekoppelt.

Die Expositionsanalyse erfolgt durch die Kommune und ist somit auf die Fläche innerhalb der Stadtgrenzen beschränkt. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass potenzielle Kontaminationsquellen direkt hinter der Stadtgrenze liegen und mit der Ausbreitung der Schadstoffe in Fließrichtung die angrenzende Kommune bedrohen. Daher empfiehlt sich eine Zusammenarbeit benachbarter Kommunen bei der Bestimmung der Umweltverwundbarkeit.

#### **Verwundbarkeitsanalyse**

Die Verwundbarkeitsanalyse umfasst das nachfolgend beschriebene Verwundbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.1.2.1.3), die in Kapitel 4.1.2.1.4 beschriebene Systemmodellerstellung, die in Kapitel 4.1.2.1.5 erläuterte Bewertung und Aggregation der aus dem Systemmodell abgeleiteten Indikatoren / Kriterien und die Ableitung von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 4.1.2.1.6). Das Ergebnis der Verwundbarkeitsanalyse ist eine Einschätzung der Verwundbarkeit in den Wertstufen von I (besonders gering verwundbar) bis VII (besonders hoch verwundbar).

#### **4.1.2.1.3 Verwundbarkeitsmodell**

Im Rahmen der Erstellung des Verwundbarkeitsmodells soll der Begriff der Verwundbarkeit für den gegebenen Untersuchungsgegenstand, in dem Fall die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen, konkretisiert werden. Bei der Erstellung wurde deutlich, dass eine Trennung zwischen der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität, anders als in der allgemeinen Projektdefinition (vgl. Kapitel 1), aus praktischen Erwägungen, nicht sinnvoll ist. Ginge man wissenschaftlich ins Detail, so könnte eine Trennung, wie im Folgenden beispielhaft beschrieben,

vorgenommen werden. So könnte z. B. der pH-Wert von Böden als Anfälligkeitsindikator gegenüber der Freisetzung und der Verlagerung von Schadstoffen und die Pufferkapazität von Böden, gemessen an dem Vorhandensein von Humus, Tonmineralien und Sesquioxiden als Bewältigungskapazitätsindikator interpretiert werden. Allerdings ist der pH-Wert nur für Schwermetalle richtungssicher zu interpretieren, da organische Schadstoffe bezüglich des pH-Wertes ein anderes Verhalten zeigen. Demnach müssten verschiedene Schadstoffgruppen getrennt betrachtet werden. Mit dem Anspruch, den Kommunen ein einfaches Verfahren zur Verwundbarkeitsermittlung zu bieten, wären diese detaillierten wissenschaftlichen Betrachtungen zu komplex. Zudem müsste eine Reihe von Daten neu erhoben werden, da die Informationen zu den Schadstoffgehalten nicht in der benötigten Form in den Kommunen vorliegen dürften.

Es geht bei der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen um die Beeinträchtigung von Umweltfunktionen und damit um die Bedrohung der menschlichen Lebensgrundlagen. Im Begriff der Umweltfunktionen ist die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität enthalten: Werden die Umweltfunktionen in einem hohen Maße erfüllt, (hier gleichzusetzen mit einer relativ intakten Umwelt), besteht einerseits eine hohe Anfälligkeit. Das bedeutet, dass bei einer Kontamination ein hohes Schädigungspotenzial bzw. ein hohes Potenzial an Qualitäts- und damit Funktionsverlust besteht. Eine hochgradige Erfüllung der Umweltfunktionen steht andererseits gleichzeitig für ein großes Puffervermögen und damit eine hohe Bewältigungskapazität, diesen potenziellen Schaden bzw. Funktionsverlust über Selbstorganisation wieder auszugleichen. Grundsätzlich bedeutet eine Kontamination aber immer einen Eingriff in die Umwelt. Umweltfunktionen werden beeinträchtigt. Die Schäden, die beispielsweise durch eine Kontamination mit Schwermetallen oder schwer abbaubaren organischen Schadstoffen entstehen, sind nicht immer vollständig auszugleichen. In anderen Fällen bedarf es einer bestimmten Zeitspanne der Regeneration, in der aber die Umweltfunktionen auch nur eingeschränkt erfüllt werden. Damit stehen intakte Umweltfunktionen für eine hohe Verwundbarkeit.

Wie bereits beschrieben, ist die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontamination aber ausschließlich an den Wirkungsbereich der Schadstoffe aus den potenziellen Kontaminationsquellen gebunden. Dieser Wirkungsbereich beschränkt sich laut Festsetzung innerhalb des Projektes für die Altlasten nur auf die Altlastenfläche. Bei den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV wurden drei Zonen unterschiedlicher Schadintensität um die Schadquelle definiert (vgl. Kapitel 4.1.2.1.5).

Das Verwundbarkeitsmodell stellt nach der unter Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie einen Regelkreis dar (siehe Abbildung 4.1.2). Es zeigt, dass intakte Umweltfunktionen eine hohe Verwundbarkeit der Umwelt implizieren. Die Verwundbarkeit gegenüber Kontaminationen existiert nur, wenn potenziellen Kontaminationsquellen im definierten Überschwemmungsgebiet liegen. Sie reduziert sich stark, wenn nur Wenige mit geringer Schadwirkung im Überschwemmungsgebiet exponiert sind. Die Verwundbarkeit, die sich aus dem Maß der Erfüllung der Umweltfunktionen verschnitten mit dem Einflussbereich der Schadwirkungen und verknüpft mit der Intensität der Schadwirkung von potenziellen Kontaminationsquellen ergibt, bestimmt das Schadensmaß. Ein großer Schaden führt zu einer reduzierten Erfüllung der Umweltfunktionen und damit zu einer zunehmenden Bedrohung der Lebensgrundlagen. Die gefährdeten Lebensgrundlagen erhöhen wiederum die Verwundbarkeit der Gesellschaft. Gleichzeitig werden, wie die Erfahrungen in der Praxis zeigen, bei einer geringen Erfüllung der Umweltfunktionen (hier gleichzusetzen mit einer degradierten Umwelt), also einem tatsächlich aufgetretenen Schaden, rechtliche Grundlagen erlassen, um die potenziellen Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet zu sichern oder zu vermeiden. Werden die Rechtsetzungen umgesetzt, wäre die Verwundbarkeit stark reduziert. Bei einem nächsten Hochwasserereignis fiel demnach der Schaden geringer aus, was zum Erhalt der Umweltfunktionen und damit der Lebensgrundlagen beitrüge. Eine Verlagerung der potenziellen Kontaminationsquellen aus dem Überschwemmungsgebiet würde über die Vermeidung der Exposition zu einer Verwundbarkeit von Null führen (siehe Abbildung 4.1.1).

**Hier Abbildung 4.1.2: Abb2\_UmwB\_Verwmodell**  
*Abbildung 4.1.2: Darstellung des Verwundbarkeitsmodells*

#### 4.1.2.1.4 Systemmodell

Für die nachfolgenden Ausführungen zur Systemmodellierung gelten die in Kapitel 4 beschriebenen Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie und im Besonderen die Kybernetik nach VESTER (2004).

Das Systemmodell konkretisiert thematisch die abstrakte Darstellung des Verwundbarkeitsmodells, d. h. es stellt die Komponenten der Verwundbarkeit im Wirkungsgefüge dar. Hierbei werden die wesentlichen Elemente des Systems ‚Umwelt‘, genauer gesagt ‚Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen‘ und die untereinander bestehenden Beziehungen dargestellt. Im Systemmodell wird aufgezeigt, wie sich die Umwelt vor, während und nach einem Hochwasser verhält. Es ist der Versuch, diese ‚Realität‘ abstrakt und vereinfacht abzubilden. Es muss aber betont werden, dass es aufgrund der Komplexität der ökosystemaren Prozesse und einer weitgehenden Unkenntnis über das genaue Geschehen in der Umwelt nach einem Hochwasser das Systemmodell nur ein Versuch ist, die Wirklichkeit darzustellen.

Die Erstellung eines Systemmodells führt zu einem vertieften Systemverständnis, das dazu führt, auch die tatsächlich systemrelevanten Kriterien / Indikatoren abzuleiten. Diese Kriterien / Indikatoren repräsentieren das gesamte System. Zudem gibt die dargestellte Stärke der Wirkbeziehungen (repräsentiert durch die Pfeilstärken) im Systemmodell eine Orientierung bei der Gewichtung der abgeleiteten Kriterien für die Zusammenführung zu einer Verwundbarkeitsaussage. Darüber hinaus werden aus dem abgebildeten Sachzusammenhang die ersten abstrakten Handlungsempfehlungen sichtbar. Es wird deutlich, welche Systemelemente mit dem Ziel der Reduktion der Verwundbarkeit verändert werden müssen.

Das nachfolgend dargestellte Systemmodell stellt im Wesentlichen eine Regelschleife, mit der über negative Rückkopplungen die Sicherheit potenzieller Kontaminationsquellen, damit die Umweltfunktionen und damit die Verwundbarkeit gegenüber Kontamination infolge eines Hochwassers reguliert wird, dar (siehe Abbildung 4.1.3).

#### Hier Abbildung 4.1.3: Abb3\_UmwB\_Systemmodell

*Abbildung 4.1.3: Darstellung des Systemmodells*

Aus dem Systemmodell wird deutlich, dass von den menschlichen Nutzungen in der Aue bzw. durch damit ggf. einhergehende unzureichende Sicherung potenzieller Kontaminationsquellen Gefahren für die Umwelt ausgehen. Damit gefährdet der Mensch über die möglicherweise durch sein Handeln ausgelöste Degradierung der Umwelt, die sich aus den degradierten Boden-, Grundwasser-, Oberflächenwasser-, Arten- und Biotopschutzfunktionen ergibt, seine eigenen Lebensgrundlagen. Bekommt die Gesellschaft das zu spüren und / oder messen Behörden kritische Werte im Boden, Grund- und Oberflächenwasser leitet sie Maßnahmen für eine Erhöhung der Sicherheit der potenziellen Kontaminationsquellen ein, um die Umweltfunktionen und damit ihre Lebengrundlagen in Zukunft zu erhalten. An den ein- und ausgehenden Wirkungen des Systemelementes ‚Sicherheit potenzieller Kontaminationsquellen‘ wird deren Dominanz ersichtlich. Das Systemmodell macht damit auch klar, dass die Verwundbarkeit der Umwelt erst aus einer unzureichenden Sicherung der potenziellen Kontaminationsquellen resultiert.

Zunächst werden die Schadwirkungen ausgehend von den Altlasten im Systemmodell betrachtet. Über den ansteigenden Grundwasserspiegel im Hochwasserfall können Altlasten remobilisiert werden und den Boden und bei erneut sinkenden Grundwasserspiegel nach einem Hochwasserereignis das Grundwasser kontaminieren. Es ist aber auch vorab möglich, dass infolge der erhöhten Niederschläge, die zu dem Hochwasser führten, verstärkte Versickerungsprozesse einsetzen, die eine Auswaschung der Schadstoffe aus unzureichend gesicherten Altlasten in den Boden und das Grundwasser bewirken. Über den Bodenpfad können so pflanzliche und tierische Lebensgemeinschaften bedroht werden. Über den Zwischenabfluss im Boden und den Grundwasserpfad kann zudem das Oberflächenwasser kontaminiert werden. Auch hier besteht die Gefahr, dass aquatische Lebensgemeinschaften beeinträchtigt werden. Da im Oberflächenwasser, gerade innerhalb der Fließgewässer nach einem Schadstoffeintrag rasch Verdünnungseffekte einsetzen und für Fließgewässer gegenüber

Kontaminationen innerhalb eines kleinen Untersuchungsgebietes wie den Kommunen keine spezifischen Verwundbarkeitsunterschiede festzumachen sind, bleiben Aussagen zum Oberflächenwasser im Systemmodell und damit bei der Verwundbarkeitsermittlung der Umwelt unberücksichtigt. Über die anderen drei Informationen, die in die Umweltverwundbarkeit eingeflossen sind, können jedoch auch Rückschlüsse für das Oberflächenwasser gezogen werden.

Neben den Altlasten müssen auch die Wirkungen ausgehend von den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV im Systemmodell berücksichtigt werden. Trifft die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach 12. BImSchV, kann es zum Stoffaustrag aus den Anlagen und Betriebsbereichen kommen. Je nach Transportkraft des abfließenden Hochwassers und Eigenschaften der freigesetzten Schadstoffe kommt es in Stromrichtung zur Ablagerung der Schadstoffe. Daraus können sich direkt Belastungen für den Boden oder Pflanzen ergeben. Über den Bodenpfad besteht die Möglichkeit, dass die Belastungen über Versickerung an das Grundwasser oder über Nährstoffaufnahme an die Pflanzen und Tiere weitergeleitet werden.

Eine Beeinträchtigung der Grundwasserfunktion und der Bodenfunktion durch Kontamination aus den Altlasten und den Anlagen / Betriebsbereichen nach § 19 g WHG und nach der 12. BImSchV führt zur Gefährdung der menschlichen Lebensgrundlagen, da Schadstoffe über das Grundwasser in das Trinkwasser und über die Aufnahme aus dem Boden in die Kulturpflanzen in die Nahrungskette gelangen können.

Wie bereits beschrieben, besteht die Gefahr, dass über kontaminierte Böden die Tiere und Pflanzen und deren Lebensräume und damit die Arten- und Biotopschutzfunktion beeinträchtigt werden. Rückgekoppelt bedeuten Schäden in den Lebensräumen und den darin lebenden Lebensgemeinschaften beispielsweise in den Lebensgemeinschaften der Bodenorganismen infolge von Kontamination eine Einschränkung der Bodenfunktionen.

Wird über Messungen festgestellt, dass die Boden- oder Grundwasserqualität unter bestimmte Schwellenwerte gesunken ist oder die Lebensgrundlagen (Nahrung, Trinkwasser) kontaminiert sind, dann werden Maßnahmen gefordert und auch formuliert, um die Kontaminationsquellen zu sichern oder zu vermeiden<sup>44</sup>. Mit einer höheren Sicherheit der potenziellen Kontaminationsquellen geht eine geringe Verwundbarkeit einher. Werden potenzielle Kontaminationsquellen vermieden, so sind weniger Umweltflächen von potenzieller Kontamination betroffen. Sie sind damit nach der gewählten Definition nicht verwundbar.

### ***Abgeleitete Kriterien***

Aus dem Systemmodell konnten Kriterien der Umweltverwundbarkeit abgeleitet werden<sup>45</sup>. Diese Kriterien sollten sich nicht nur aus dem Sachzusammenhang ergeben und damit wissenschaftlich begründet sein. Sie sollten auch zur Vergleichbarkeit in anderen Kommunen (auch kleineren) z. B. aus der Erstellung des Landschaftsplanes oder eines Umweltberichtes zur Verfügung stehen. Damit sind die abgeleiteten Kriterien das Resultat des Anspruches, zum einen ein einfaches transparentes Verfahren der Verwundbarkeitsermittlung zu entwickeln und zum anderen auf bereits vorhandene Daten zuzugreifen.

Für die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen in einer Kommune ist zunächst, wie bereits beschrieben, das Vorhandensein von potenziellen Kontaminationsquellen im

<sup>44</sup> Dieser Aspekt wurde in Dresden nach dem Hochwasser 2002 im Zusammenhang mit den ausgelaufenen Öltanks deutlich – das rechtlich festgesetzte Überschwemmungsgebiet wurde neu ausgewiesen. Danach wurden die dort angesiedelten Gewerbe und Industriebranche als auch Privatpersonen kontaktiert und über die Vorschriften der VAWS informiert.

<sup>45</sup> Für den Bereich Umwelt ist es nicht sinnvoll, Indikatoren im Sinne von Messgrößen wie z. B. pH-Wert oder Humusgehalt abzuleiten. Um die Verwundbarkeit genau zu ermitteln, müssten eine Reihe von speziellen Messgrößen verknüpft werden. Zum einen werden diese Größen z. T. in Kommunen gar nicht erhoben, zum anderen wäre das Verfahren der Verknüpfung und der Aggregation der vielen Messgrößen sehr umständlich und schwer nachvollziehbar. Aus diesem Grund sollten wenige Kriterien die Verwundbarkeit des dargestellten Gesamtsystems widerspiegeln (siehe Kapitel 4.2.2.1.1)

Überschwemmungsgebiet Voraussetzung. In dem Einflussbereich dieser potenziellen Schadwirkungen sind Böden, Grund- und Oberflächenwasser-, Arten- und Biotopschutzfunktionen bedroht. Wie oben bereits erwähnt, lässt sich jedoch für das Oberflächenwasser keine spezifische Verwundbarkeit ermitteln. Damit wird die Verwundbarkeit der Kommune über die Bodenfunktion, die Grundwasserfunktion und die Arten- und Biotopschutzfunktion, die im Einflussbereich potenzieller Kontaminationsquellen erfüllt werden, ermittelt.

Die in den Kommunen vorhandenen Daten über die Schutzwürdigkeit der Böden könnte die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust der Funktionsfähigkeit von Böden widerspiegeln. So stünde ein sehr schutzwürdiger Boden aufgrund der Gefahr bei Kontamination seine vorhandenen, noch relativ intakten Bodenfunktionen nur eingeschränkt oder gar nicht mehr zu erfüllen, für eine hohe Verwundbarkeit. Die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust von Grundwasserfunktionen könnte über die Größe der natürlichen Grundwassergeschüttheit dargestellt werden. Eine geringe natürliche Grundwassergeschüttheit wäre mit einer hohen Verwundbarkeit gleichzusetzen, da in dem Fall die Schadstoffe relativ ungehindert zum Grundwasser vordringen können. Der Biotopwert macht Aussagen darüber, wie wertvoll die Lebensräume von Lebensgemeinschaften sind und damit wie gut die Arten- und Biotopschutzfunktion erfüllt wird. Es ist davon auszugehen, dass wertvolle Biotope auch Lebensgemeinschaften beherbergen, die die Funktionen der Sicherung des Genpools, der Sauerstoffproduktion, der CO<sub>2</sub>-Aufnahme, der Bestäubung, der Bodenbildung etc. sehr gut erfüllen. Wertvolle Biotope stünden demnach für eine hohe Verwundbarkeit, da in diesen Fällen der Funktionsverlust sehr groß wäre.

Im Folgenden sind die aus dem Systemmodell abgeleiteten und i. d. R. in den Kommunen als Daten vorliegenden verwundbarkeitsrelevanten Kriterien aufgeführt.

- Schutzwürdigkeit des Bodens
- Natürliche Grundwassergeschüttheit
- Biotopwert

Diese drei Kriterien repräsentieren die verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften. Werden diese Umwelteigenschaften zusammengeführt, ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation. Erst die räumliche Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Ausbreitungsräumen der potenziellen Schadwirkungen und die Verknüpfung mit der Intensität der Schadwirkung ergibt die zu ermittelnde Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen.

#### ***4.1.2.1.5 Bewertung und Aggregation***

Um zu einer Verwundbarkeitsaussage zu kommen, müssen zunächst die verwundbarkeitsrelevanten Kriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Verwundbarkeit bewertet und zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation zusammengeführt werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Bewertung der Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen. Die so abgestuften Schadintensitäten sollten auch hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Verwundbarkeit bewertet werden. In einem letzten Schritt wird dann die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation mit den unterschiedlich starken Schadwirkungen zur Umweltverwundbarkeit aggregiert. Die Zusammenführung der Kriterien zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und die Aggregation zur Umweltverwundbarkeit erfolgt über das Verfahren der ‚logischen Verknüpfung‘ (siehe unten).

#### **1. Bewertung und Zusammenführung zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation**

Zunächst wird die Bewertung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien und die Verknüpfung zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation über die logische Verknüpfung erläutert. Vor der Durchführung der logischen Verknüpfung muss man sich der Bedeutung der einzelnen verwundbarkeitsrelevanten Kriterien für die Verwundbarkeit bewusst werden. Nach eigener Meinung

und der Meinung der befragten Experten steht eine hohe Schutzwürdigkeit des Bodens für eine sehr hohe Verwundbarkeit, da diese Böden noch sehr gut ihre Umweltfunktion, also ihre Bodenfunktionen erfüllen. Eine Kontamination würde einen großen Eingriff in die Bodenfunktionen darstellen. Böden mit geringer Schutzwürdigkeit leisten dagegen kaum oder gar keinen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfunktion. Sie werden als sehr gering verwundbar eingestuft. Sind die Grundwasserleiter durch mächtige und bindige Bodenkörper überdeckt, was einer sehr hohen oder hohen natürlichen Grundwassergeschütztheit entspricht, dann ist von einer sehr geringen Verwundbarkeit gegenüber Kontamination auszugehen. Ist das Grundwasser dagegen nur gering oder sehr gering durch den überlagernden Bodenkörper geschützt, ist von einer sehr hohen Verwundbarkeit auszugehen. Ein hoher bzw. sehr hoher Biotopwert steht für eine sehr hohe Verwundbarkeit, da Biotope beider Wertstufen noch gut bzw. sehr gut ihre Umweltfunktion, also ihre Arten- und Biotopschutzfunktionen erfüllen. Es ist davon auszugehen, dass Kontaminationsprozesse Eingriffe in die Lebensräume, damit in die Lebensgemeinschaften und somit einen Funktionsverlust bedeuten würden. Biotope mit geringen oder sehr geringen Wert leisten dagegen kaum oder gar keinen Beitrag zum Erhalt der Arten- und Biotopschutzfunktion. Sie können als sehr gering verwundbar eingeschätzt werden. Diese beschriebenen Zusammenhänge zwischen den verwundbarkeitsrelevanten Kriterien und der Verwundbarkeit bilden die Grundlage für die logische Verknüpfung. Das Verfahren der logischen Verknüpfung wird angewendet, wenn mehrere, aber mindestens zwei ordinalskalierte Größen zu einer gemeinsamen Zielaussage zusammengeführt werden sollen (BACHFISCHER 1978: 89; SCHOLLES 2008 a: 49). Bei ordinalskalierten Größen stellen die Ausprägungen Wertstufen in einer Rangfolge dar, z. B. sehr geringer Biotopwert, geringer Biotopwert, mittlerer Biotopwert, hoher Biotopwert sehr hoher Biotopwert. Diese verbal formulierten Wertstufen sind i. d. R. römischen Ziffern I, II, III, IV, V zugeordnet. Dennoch dürfen sie nicht arithmetisch über Addition oder Multiplikation zur gewünschten Zielaussage zusammengeführt werden. Formal dürfen sie nur ‚logisch verknüpft‘ werden (SCHOLLES 2008a: 409, 411). Zur Durchführung von logischen Verknüpfungen wird in der Literatur u. a. die Verwendung von Präferenzmatrizen vorgeschlagen. Dabei werden zwei zu verknüpfende Größen mit ihren rangskalierten Ausprägungen gegenübergestellt (siehe Abbildung 4.1.4).

#### Hier Abbildung 4.1.4: Abb4\_UmwB\_Beispielmatrix

*Abbildung 4.1.4: Eine noch leere Präferenzmatrix*

Die jeweiligen Ausprägungen, also die Wertstufen, der Größen logisch zu verknüpfen, bedeutet, sich anhand logischer Gesichtspunkte zu überlegen, was das Ergebnis aus der Zusammenführung z. B. der Wertstufe ‚gering‘ (I) der einen Größe mit der Wertstufe ‚mittel‘ (III) der anderen Größe sein könnte. So gilt es im vorliegenden konkreten Fall ein Zwischenergebnis der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus beispielsweise ‚geringer Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und der ‚mittleren Grundwassergeschütztheit‘ zu finden. Für die Verknüpfung zweier Größen nach logischen Gesichtspunkten in einer Präferenzmatrix gibt es kein einheitliches oder standardisiertes Verfahren. Es liegt im Ermessen des jeweiligen Bearbeiters dies logisch und nachvollziehbar zu entscheiden. Um diese Entscheidungen bei der Zusammenführung der Kriterien zur gewünschten Zielaussage ‚verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ zu vereinfachen, wurde ein neues Verfahren unter Anwendung der Präferenzmatrix entwickelt. Dabei wird den in den Kommunen vorliegenden ordinalen Ausprägungen der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien mit Hilfe einer funktionalen Darstellung fachlich begründet, je ein Verwundbarkeitswert zugeteilt. Aus der Zusammenführung der drei Verwundbarkeitswerte der Kriterien ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation. In der Funktion wird die gerade beschriebene Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit dargestellt. Sie zeigt also wie sich die Verwundbarkeit mit steigender Rangfolge der Ausprägungen des Kriteriums verändert.

Für die Darstellung der Funktion sollte zunächst festgelegt werden, wie viele Wertstufen die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation aufweisen soll. Danach richtet sich auch die Anzahl der Wertstufen der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm. Bezüglich der Anzahl der Wertstufen zeigen Erfahrungen, dass Ordinalskalen nicht mehr als 5-7 Stufen haben sollten (BACHFISCHER 1978: 178). Die Anzahl der Wertstufen sollte sich nach dem Sachverhalt richten. Je genauer ein Sachverhalt wissenschaftlich untersucht ist, je besser also die Datengrundlage ist, desto mehr Klassen können gegründet werden. Neun Klassen stellen allerdings die Obergrenze dar, da der Mensch nicht mehr

differenzieren kann (SCHOLLES 2008 a: 411). Bei nur drei Klassen besteht allerdings die Gefahr, dass die Aussagekraft des Ergebnisses zu gering ist. Innerhalb des Forschungsprojektes wird zur Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation eine fünfstufige Darstellung der Ergebnisse angestrebt. Zum einen wird so im Vergleich zur dreistufigen Bewertung von gering über mittel bis hoch eine höhere Aussagekraft des Ergebnisses erzielt, zum anderen ist eine stärkere Differenzierung als in fünf Klassen durch die vorhandene Datenbasis nicht sinnvoll. Allerdings sollte in den Kommunen die gleiche Anzahl der Klassen zur Darstellung der Verwundbarkeit gewählt werden, um einen Vergleich mit anderen Kommunen zu ermöglichen.

Demnach stellt das Funktionsdiagramm die Verwundbarkeit in fünf Wertstufen dar. Die Anzahl der Ausprägungen des jeweiligen Kriteriums richtet sich nach der in den Kommunen vorliegenden Wertabstufung. Der abgebildete Zusammenhang – das entspricht dem generellen Verlauf der Funktion – zwischen dem jeweiligen Kriterium und der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm steht fest. Da in jeder Kommune eine andere Anzahl an Ausprägungen der Kriterien vorliegen, muss der Funktionsverlauf gestaucht (weniger Ausprägungen als im Beispielverläufen siehe Abbildung 5, 6, 7) oder gestreckt werden (mehr Ausprägungen als im Beispielverläufen). Im folgenden Beispiel wird der Zusammenhang zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit dargestellt (siehe Abbildung 4.1.5).

#### **Hier Abbildung 4.1.5: Abb5\_UmwB\_Beispiefunktion\_Biotopwert**

*Abbildung 4.1.5: Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit*

Bei diesem Beispiel weist der Biotopwert fünf Ausprägungen (I-V) auf. Der Verlauf zeigt, dass ein sehr geringer und geringer Biotopwert (Ausprägung I und II) vorwiegend für sehr geringe Verwundbarkeiten (vorwiegend Wertstufe I), während hohe und sehr hohe Biotopwerte (Ausprägungen IV und V) für eine vorwiegend sehr hohe Verwundbarkeit (vorwiegend Wertstufe V) steht. Damit ist der Verlauf der Funktion nicht linear. Linearität hieße, dass mit zunehmender Rangfolge der Ausprägung des Kriteriums auch die Verwundbarkeitswertstufen entsprechend steigen. Das würde bedeuten, dass die Ausprägung ‚sehr gering‘ für eine sehr geringe Verwundbarkeit, die Ausprägung ‚gering‘ für eine geringe Verwundbarkeit usw. ständen. Der Übergang der Funktion von geringer zu hoher Verwundbarkeit (Wertstufe II zu Wertstufe IV) ist durch einen Sprung gekennzeichnet.

Die anderen Kriterien ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Grundwassergeschüttheit‘ weisen ebenfalls diesen skizzierten, nichtlinearen Verlauf auf (siehe Abbildungen 4.1.6 und 4.1.7).

#### **Hier Abbildung 4.1.6: Abb6\_UmwB\_Beispiefunktion\_Schutzw**

*Abbildung 4.1.6: Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit*

#### **Hier Abbildung 4.1.7: Abb7\_UmwB\_Beispiefunktion\_GWG**

*Abbildung 4.1.7: Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit*

Der generelle nichtlineare Verlauf der Funktionen wurde mit Hilfe der geführten Experteninterviews erarbeitet. Zudem sollte vor der Verknüpfung die Gewichtung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien klar sein. Aus dem Systemmodell lässt sich erkennen, dass die drei verwundbarkeitsrelevanten Kriterien gleichermaßen die Umwelt bzw. die Umweltfunktionen repräsentieren. Aus diesem Grund ist keine Gewichtung der Kriterien notwendig.

Für jede Ausprägung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien kann nun aus den Funktionsverläufen eine Verwundbarkeitsstufe (= Verwundbarkeitswert) abgelesen werden. Für die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix muss überlegt werden, was das Ergebnis aus beiden abgelesenen Verwundbarkeitswerten ist. Ein geringer Verwundbarkeitswert (Wertstufe II) und ein hoher Verwundbarkeitswert (Wertstufe IV) werden bei Gleichgewichtung der beiden Kriterien eine mittlere Verwundbarkeitsstufe (Wertstufe III) zum Ergebnis haben. Das Ergebnis wird in das entsprechende Feld der Präferenzmatrix eingetragen.

Es kann aber auch vorkommen, dass der Funktionsverlauf zwei Wertstufen der Verwundbarkeit schneidet. So sind für die Ausprägung ‚geringer Biotopwert‘ (Ausprägung II) die Wertstufen sehr geringe und geringe Verwundbarkeit (Wertstufen I und II) abzulesen (siehe Abbildung 4.1.5). Da sich aber der Funktionsverlauf eher in der Wertstufe sehr geringe Verwundbarkeit (Wertstufe I) befindet, würde man  $I/II$  ablesen, d. h. für eine Verknüpfung würde die Wertstufe ‚sehr geringe Verwundbarkeit‘ stärker zu bewerten sein als die Wertstufe ‚geringe Verwundbarkeit‘. Die logische Verknüpfung zweier Kriterien in der Präferenzmatrix ist dann beendet, wenn für jede Kombinationsmöglichkeiten aus den Ausprägungen der beiden Kriterien ein Ergebnis in die Präferenzmatrix eingetragen ist. Für die logische Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation können zunächst nur zwei Kriterien in der Präferenzmatrix gegenübergestellt und verknüpft werden, z. B. die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, und die ‚Grundwassergeschüttheit‘. Für die Umsetzung im GIS können ohnehin maximal zwei Kriterien zusammengeführt werden. Für das Zwischenergebnis aus der Verknüpfung der ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ mit der ‚Grundwassergeschüttheit‘ muss ebenfalls die Bedeutung für die Verwundbarkeit in Form einer Funktion dargestellt werden. Da das Zwischenergebnis aus den beiden Einzelkriterien resultiert, besteht der gleiche generelle funktionale Zusammenhang zwischen dem Zwischenergebnis und der Verwundbarkeit wie zwischen den Einzelkriterien und der Verwundbarkeit (siehe Abbildung 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7). Für die Verknüpfung mit dem noch ausstehenden Kriterium ‚Biotopwert‘ gilt das gleiche beschriebene Prinzip. Für die entsprechenden zu verknüpfenden Ausprägungen des Zwischenergebnisses und des Biotopwertes in der Präferenzmatrix sind die Verwundbarkeitswerte aus den beiden Funktionsverläufen abzulesen und nach eigenem Ermessen logisch zusammenzuführen. Mit den in dieser Präferenzmatrix eingetragenen Verwundbarkeitswerten sind die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation ermittelt, d. h. die Wertstufen in der Präferenzmatrix der beiden Größen ‚Zwischenergebnis‘ und dem ‚Biotopwert‘ entsprechen den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation.

Das Verfahren der logischen Verknüpfung lässt sich i. d. R. in jedem Geoinformationssystem (GIS), wie im folgenden Arbeitsschritt beschrieben, umsetzen und darstellen.

Dazu müssen die umweltrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ als digitale Themen in ein View eingeladen werden. Die Kriterien können somit in ihren Ausprägungen ‚sehr gering‘, ‚gering‘ u. s. w. räumlich dargestellt werden. Für die nächsten Arbeitsschritte werden die erarbeiteten Präferenzmatrizen benötigt. Im ersten Schritt der logischen Verknüpfung im GIS wird der ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl des Werkzeugkastens genutzt. Dort sind die beiden zu verknüpfenden Kriterien, also die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und die ‚Grundwassergeschüttheit‘ auszuwählen. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt. Das könnte beispielsweise ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ heißen. In der dazugehörigen Attributtabelle dieses Themas erscheinen die Datensätze beider Kriterien. In der Tabelle muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Unter Nutzung des Abfragefensters der Attributtabelle müssen nun nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Kriterien abgefragt werden, z. B. Schutzwürdigkeit = I AND Grundwassergeschüttheit = II. Werden die abgefragten Datensätze markiert, muss in das markierte Feld der neuen Spalte das entsprechende Ergebnis aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind. Nun kann man sich das neue Thema ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ klassifiziert nach der neuen Spalte im View anzeigen lassen. Für die Verknüpfung dieses Zwischenergebnisses mit dem dritten verwundbarkeitsrelevanten Kriterium ‚Biotopwert‘ wird analog vorgegangen, d. h. man nutzt den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl, wählt die beiden Themen ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ und ‚Biotopwert‘ aus, legt in der Attributtabelle des neuen Themas, das ‚Umweltinformation‘ heißen könnte, eine neue Spalte an, fragt nacheinander jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen der beiden Themen ab und trägt die entsprechenden Ergebnisse aus der Präferenzmatrix in die Felder der neuen Spalte ein. Sind alle Ergebnisse eingetragen kann man sich im View das neue Thema ‚Umweltinformation‘, klassifiziert nach der neuen Spalte, anzeigen lassen. So ist die räumliche Verbreitung der Wertstufen ‚sehr gering‘, ‚gering‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘ der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation zu sehen.

## 2. Bewertung der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Da eine Umweltverwundbarkeit nur in dem Einflussbereich potenzieller Kontaminationsquellen besteht, muss die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation mit den potenziellen Kontaminationsquellen verschnitten und der Intensität der Schadwirkung verknüpft werden. Dazu muss die Schadwirkung der potenziellen Kontaminationsquellen zunächst bewertet werden.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe aus Altlasten während und nach dem Hochwasserereignis im Boden und angestiegenem Grundwasser nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal verläuft, werden ausschließlich die auf und unter der Fläche der Altlast befindlichen Umweltausschnitte mit ihren Wertabstufungen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation betrachtet. Die Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasserleiter in Fließrichtung nach dem Absinken des Grundwasserspiegels im Fall des Schadstoffeintrages in das Grundwasser wird, mit dem Ziel das Verfahren möglichst einfach zu halten, nicht mit berücksichtigt<sup>46</sup>. Nur für die Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenflächen besteht eine Umweltverwundbarkeit gegenüber einer möglichen Kontamination. In dem Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten nicht weiter bewertet, da aus Datenschutzgründen aus den Kommunen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlastenverdachts- bzw. Altlastenflächen vorlagen. Das bedeutet, dass es für die Gefährdung durch Altlasten keine Abstufungen der Schadintensität gibt. Möchte eine Gemeinde die Verwundbarkeit der Umwelt genauer ermitteln, kann sie beispielsweise die nach der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu nutzen, das Schadpotenzial einer Altlastenverdachts- bzw. einer Altlastenfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten.

Für die Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Entfernung von der potenziellen Schadquelle Verdünnungseffekte in der Hochwasserwelle einsetzen, so dass sich die potenzielle Schadwirkung abschwächt. Dargestellt wird dies über die Festlegung von drei Zonen um die potenzielle Schadquelle. Den Zonen werden Wertstufen von I-III unterschiedlicher Schadintensitäten zugeordnet. So ist in der unmittelbar an die Schadquelle angrenzenden Zone die potenzielle Schadintensität am höchsten. Sie bekommt beispielsweise den Wert I (hohe Schadwirkung) zugeordnet.

## 3. Verschneidung und Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Die Verwundbarkeitsaussage gegenüber potenziellen Kontaminationen durch Altlasten erhält man über die Verschneidung der Altlastenflächen mit den Umweltflächen, auf denen Daten zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vorliegen. Wie bereits erwähnt, sind dabei nur die bewerteten Umweltflächen innerhalb der Altlastenflächen verwundbar. Die Höhe der Umweltverwundbarkeit richtet sich aufgrund der fehlenden Information zu unterschiedlichen Schadintensitäten innerhalb der Altlastenflächen nur nach der vorliegenden Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation. Ein Umweltausschnitt innerhalb der Altlastenflächen ist also sehr verwundbar, wenn dort eine sehr hohe Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vorliegt. Die Verschneidung der Altlastenflächen mit der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation kann in einem GIS umgesetzt werden. Dazu sollte das definierte Überschwemmungsgebiet in einem View dargestellt werden. Diese Darstellung wird ergänzt, indem das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und die Altlastenflächen eingeladen werden. Nun schneidet man über den „Ausschneiden- bzw. Clip“-Befehl des Werkzeugkastens die Altlastenflächen aus der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus, so dass nur noch die Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenflächen mit ihrer Wertabstufung der

<sup>46</sup> Sind Schadstoffe aus Altlasten ins Grundwasser gelangt, verbreiten sich die Schadstoffe natürlich über Jahrzehnte mit der Strömungsrichtung des Grundwassers. Da aber zur Vereinfachung des Verfahrens keine Grundwasserströmungsmodellierung eingesetzt werden soll und ein einsetzender Verdünnungseffekt im Grundwasser auch berechnet werden müsste, wird nur die unmittelbare Gefahr am Eintragsort betrachtet.

verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation in der Gemeindefläche angezeigt werden. Auf demselben Weg wird anschließend das definierte Überschwemmungsgebiet mit den innerhalb der Altlastenflächen liegenden Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation ermittelt werden konnte, verschnitten. Als Ergebnis erhält man die Umweltausschnitte, die bei dem definierten Überschwemmungsgebiet gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Altlasten verwundbar sind.

Im Gegensatz zu dem gerade beschriebenen Prozess der Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber den potenziellen Schadwirkungen aus Altlasten erfolgt im Falle einer potenziellen Kontamination durch Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV neben der Verschneidung des Einflussbereiches der Schadwirkung (dargestellt durch die drei Zonen) mit den Umweltflächen, auf denen die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation erhoben werden kann, auch eine Verknüpfung der Wertstufen der Schadwirkung mit den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation. Dabei sind die Umweltausschnitte, die zugleich eine sehr hohe Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aufweisen und im unmittelbaren Einflussbereich einer Anlage oder eines Betriebsbereiches liegen, sehr verwundbar gegenüber potenziellen Kontaminationen ausgehend von Anlagen und Betriebsbereichen. Die Verknüpfung erfolgt ebenfalls unter Zuhilfenahme von Funktionen und in Form der Präferenzmatrix. Dabei müssen der Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der endgültig darzustellenden Verwundbarkeit und zwischen der Schadintensität der potenziellen Kontaminationsquellen und der endgültig darzustellenden Verwundbarkeit abgebildet werden. Da sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation aus den drei Kriterien zusammensetzt, die jeweils den beschriebenen nicht-linearen Verlauf aufweisen, nimmt auch der Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der endgültig darzustellenden Verwundbarkeit den nicht-linearen Verlauf an (siehe Abbildung 4.1.8).

**Hier Abbildung 4.1.8: Abb8\_UmwB\_FKT\_Umweltnf**

*Abbildung 4.1.8: funktionaler Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Verwundbarkeit*

Der Zusammenhang zwischen der Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV und der Verwundbarkeit ist linear, da angenommen wird, dass sich die Schadwirkung über die definierten Zonen gleichmäßig abschwächt (siehe Abbildung 4.1.9).

**Hier Abbildung 4.1.9: Abb9\_UmwB\_FKT\_Schadw**

*Abbildung 4.1.9: funktionaler Zusammenhang zwischen der Schadwirkung von Anlagen/ Betriebsbereichen und der Verwundbarkeit*

Die Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit der Schadwirkung der potenziellen Kontaminationsquellen in der Präferenzmatrix verläuft nach dem gleichen bereits beschriebenen Prinzip der logischen Verknüpfung. Es wurden für jede Ausprägung beider Größen die Verwundbarkeitswerte abgelesen und nach eigenem Ermessen in die entsprechenden Felder der Präferenzmatrix eingetragen (siehe Abbildung 4.1.10). Diese bereits erarbeitete Präferenzmatrix kann in jeder Kommune übernommen werden, die den Vorschlag der fünfstufigen Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der dreistufigen Darstellung der Schadwirkung angenommen haben.

**Hier Abbildung 4.1.10: Abb10\_UmwB\_Matrix\_Umwinf\_Schadw**

*Abbildung 4.1.10: Präferenzmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Schadwirkung ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen nach § 19 g WHG und nach der 12. BImSchV*

Diese Präferenzmatrix wird für die Umsetzung im GIS benötigt. Dazu sollte das definierte Überschwemmungsgebiet in einem View dargestellt werden. Diese Darstellung wird ergänzt, indem das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und die Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV eingeladen werden. Liegen die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vor, so müssen beide über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-

Befehl des Werkzeugkastens vereinigt werden. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das sowohl die Anlagen als auch die Betriebsbereiche enthält. Nun sollte aus dem gerade erstellten Thema über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ des Werkzeugkastens ein neues Thema, z. B. ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit drei Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m<sup>47</sup> erstellt und die Puffer gleicher Distanz über ‚Dissolve ALL‘ vereinigt werden. In der Attributtabelle dieses Themas werden nun den Puffern unterschiedlicher Distanzen Wertigkeiten der Schadwirkung zugeordnet, z. B. der Distanz von 170 m eine hohe (Wertstufe III), der Distanz von 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und der Distanz von 300 m eine geringe Schadwirkung (Wertstufe I) zu. Nun erfolgt die Verknüpfung der Themen ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ und ‚verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation‘ über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Damit entsteht ein neues Thema, das die Datensätze beider Themen enthält. In der Attributtabelle des neuen Themas muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Über das Abfragefenster müssen alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Themen abgefragt und in die neue Spalte der markierten Datensätze die entsprechenden Werte aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Ist die neue Spalte vollständig gefüllt, wird im View das neue Thema nach der neuen Spalte klassifiziert. Als Ergebnis sind die Umweltausschnitte, die gegenüber der Schadwirkung aus den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV verwundbar sind, zu sehen. Dabei werden nur die Umweltausschnitte innerhalb der Pufferzonen dargestellt.

Nun wird über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das definierte Überschwemmungsgebiet mit den innerhalb der Pufferzonen liegenden verwundbaren Umweltflächen verschnitten. So erhält man die innerhalb des definierten Überschwemmungsgebiets liegenden verwundbaren Umweltflächen gegenüber den Anlagen und Betriebsbereichen.

#### 4. Aggregation zur endgültigen Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen

Es ist davon auszugehen, dass sich die schädlichen Auswirkungen und damit die gesamte hochwasserbedingte Umweltverwundbarkeit bei einer Überlagerung der potenziellen Schadwirkungen ausgehend von den unterschiedlichen Kontaminationsquellen erhöhen. Liegt beispielsweise der Einflussbereich einer Anlage nach § 19 g WHG, dargestellt durch die Pufferzonen, über einer Altlastfläche, so wird die Verwundbarkeit des sich dort befindlichen Umweltausschnittes gesteigert. Dazu muss zunächst die Umweltverwundbarkeit gegenüber der potenziellen Kontamination aus Altlasten mit der Umweltverwundbarkeit gegenüber der potenziellen Kontamination gegenüber Anlagen nach § 19 g WHG / Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV verknüpft werden. Dabei entstehen zwei Fälle. Für den Fall, dass eine Umweltfläche nur durch eine Altlast oder nur durch eine Anlage oder einen Betriebsbereich gefährdet ist, wird die bereits über den Punkt 3 ermittelte Verwundbarkeitsaussage übernommen. Ist eine Umweltfläche gleichzeitig durch eine potenzielle Schadwirkung aus Altlasten und Anlagen / Betriebsbereichen gefährdet, erhöht sich der Mittelwert beider Verwundbarkeitsabstufungen um zwei Wertstufen. Im GIS wird dieser Schritt wie folgt umgesetzt: Die beiden Themen aus dem Punkt 3, also die Verwundbarkeit der Umwelt unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten und die Verwundbarkeit der Umwelt unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus den Anlagen / Betriebsbereichen müssen in ein View eingeladen werden. Ist zu erkennen, dass sich beide Themen überlagern, erfolgt die Verknüpfung beider Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht ein neues Thema, das beispielsweise ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen‘ heißen könnte. Nun wird in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte angelegt. In der Tabelle sind die beiden beschriebenen Fälle erkennbar. Entweder liegen die Umweltausschnitte, die gegenüber der Schadwirkung ausgehend von Altlasten und Anlagen § 19 g WHG / Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV verwundbar sind, nicht übereinander sondern nebeneinander (in diesen Fällen werden die

<sup>47</sup> Die Distanzen abgestufter Schadwirkung wurden mit Hilfe von Expertengesprächen festgelegt. Obwohl eine Schadwirkung nur in Fließrichtung auftreten kann, werden zur Vereinfachung des Verfahrens Puffer mit einem einheitlichen Abstand um die Kontaminationsquellen erzeugt. Die tatsächliche Ausbreitungsfähigkeit der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle in Fließrichtung kann nicht ohne Zuhilfenahme anderer Programme dargestellt werden.

Verwundbarkeitsabstufungen je der beiden Themen 1:1 in die neue Spalte übernommen), oder sie überlagern sich. In diesen Fällen wird der Mittelwert aus beiden Verwundbarkeitsabstufungen um zwei Klassen erhöht und in das neue Feld eingetragen. Liegt für beide Themen der Wert I vor, so werden diesen Datensätzen nun in der vereinten Attributtabelle der Wert III zugeordnet. Damit geht die bisherige fünfstufige Bewertung in eine siebenstufige Bewertung über. Das neue Thema 'Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen' wird nun über die neue Spalte im View klassifiziert. Somit sind die nach Ihrer Verwundbarkeit abgestuften Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenverdachtsflächen und Pufferzonen um die Anlagen / Betriebsbereiche ersichtlich. Es handelt sich dabei um jene Umweltausschnitte die bei dem definierten Hochwasserszenario gegenüber potenziellen Schadwirkungen, ausgehend von potenziellen Kontaminationsquellen, verwundbar sind.

#### **4.1.2.1.6 Handlungsempfehlungen**

Wie bereits erwähnt ergeben sich erste allgemeine Handlungsempfehlungen aus der Analyse des Systemmodells, z. T. aber auch aus den direkten Vorschlägen und Anregungen der Experten. Aus den Wirkbeziehungen zwischen den wesentlichen Schlüsselgrößen des Systems 'Umwelt' im Systemmodell wird deutlich, an welcher Stelle, also an welchen Schlüsselgrößen, angepackt werden muss, um die Verwundbarkeit zu reduzieren.

Zunächst wird den Kommunen dringend empfohlen, mit den benachbarten Kommunen bei der Durchführung der Verwundbarkeitsanalyse zusammenzuarbeiten bzw. sich abzustimmen, da die potenziellen Schadwirkungen, die die Voraussetzung für die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen darstellen, nicht an Gemeindegrenzen enden. Die Zusammenarbeit der Kommunen sollte sich auch über die Ermittlung der Verwundbarkeit hinaus auf die folgend vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen zur Minderung der Umweltverwundbarkeit erstrecken.

Wie erwähnt, wird aus dem Systemmodell die dominante Rolle des Systemelementes 'Sicherheit potenzieller Kontaminationsquellen' ersichtlich. Es wird auch deutlich, dass es keine Umweltverwundbarkeit gäbe, fiele dieses Systemelement weg. Deshalb beschränken sich die Handlungsempfehlungen im Wesentlichen auf die Vermeidung bzw. stärkere Sicherung dieser Schadstoffquellen. Es bestehen zwar bereits Gesetze und Verordnungen, die den Umgang mit den potenziellen Kontaminationsquellen regeln. Dennoch existieren Lücken im bestehenden Recht, so dass Gefahren für die Umwelt bestehen.

Bestimmungen über den Hochwasserschutz von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§ 19 g WHG-Anlagen) trifft das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes, die ländereigenen Wassergesetze und Verordnungen. Im derzeit geltenden Wasserhaushaltsgesetz werden Anforderungen zur Sicherung der Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen für die Überschwemmungsgebiete (§ 31 b WHG) und für die überschwemmungsgefährdeten Gebiete (§ 31 c WHG) getroffen. Diese Anforderungen sollen in den Ländergesetzen konkretisiert werden. Diese verweisen auf genauere Bestimmungen in den ländereigenen Verordnungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. In der Regel bestehen genaue Sicherheitsvorschriften für die Anlagen im rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet nach § 31 b WHG – also für jene Gebiete, die bei einem 100-jährlichen Hochwasser überflutet werden. Für die nach § 31 c beschriebenen überschwemmungsgefährdeten Gebiete – jene Gebiete, die bei einem größeren Hochwasser als einem 100-jährlichen Hochwasser oder einem Deichversagen überschwemmt werden – werden in den Ländern entweder keine oder nur Bestimmungen mit einem großen Interpretationsspielraum getroffen. Das bedeutet, dass nur für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdeten Stoffen im rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet klare Hochwasserschutzanforderungen gelten. Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten können im Hochwasserfall eine Gefahr für die Umwelt darstellen, da ihre Sicherung gar nicht oder nur sehr schwammig geregelt ist<sup>48</sup>. Trotz der konkreten Hochwasserschutzanforderungen in den rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten darf

---

<sup>48</sup> Eine Ausnahme bildet Sachsen. Die sächsische Anlagenverordnung bezieht die Hochwasserschutzregelungen für die Anlagen im Überschwemmungsgebiet nach § 31 b WHG auch auf die bereits bei einem großen Hochwasser betroffenen Gebiete. Gemeint ist damit der bei dem Hochwasser 2002 überschwemmte Bereich. Dieses Hochwasser der Elbe wird mit einer Jährlichkeit von ca. 150 Jahren angegeben.

jedoch dennoch nicht von einer hundertprozentigen Sicherheit der Anlagen ausgegangen werden. Zum einen sind rechtlich keine Umsetzungsfristen für die geforderten Auflagen vorgesehen, zum anderen fehlen in den Behörden die Kapazitäten, die Umsetzung der Anforderungen zu kontrollieren. So lässt sich vermuten, dass einige Anlagen, wenn kein eigenes Interesse des Anlagenbetreibers an der Sicherheit besteht, unzureichend gegenüber einem potenziell auftretenden Hochwasser gesichert sind. Demnach wird empfohlen, Umsetzungsfristen in den Genehmigungs- oder Nachrüstungsbescheiden der Behörden an die Anlagenbetreiber zu verankern. Darüber hinaus sollte der Anlagenbetreiber aufgefordert sein, bis zum Ablauf der Umsetzungsfrist eine Meldung an die Behörde zu machen, in dem er anzeigt, welche Maßnahmen zum Hochwasserschutz er getroffen hat. Es sollte auch im Interesse des Betreibers liegen, einen Hochwasserschaden, der mit Kosten verbunden ist, zu vermeiden. Die Behörde sollte darüber hinaus stichpunktartig Kontrollen der Umsetzung durchführen. Wurden die geforderten Auflagen nicht realisiert, sollten Geldbußen eine abschreckende Wirkung erzielen. Zudem sollten Anlagenbetreiber, die den rechtlichen Bestimmungen nicht nachgegangen sind auch keinen Anspruch auf irgendeine Form der Wiederaufbauhilfe nach einem Hochwasser haben.

Die bevorstehenden Neuregelungen im Wasserrecht, sei es durch eine Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes oder durch das Inkrafttreten eines Umweltgesetzbuches, fordern nur Hochwasserschutzvorkehrungen für Anlagen im rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet. Es werden keine Bestimmungen mehr für überschwemmungsgefährdete Gebiete getroffen. Hier wird ein großer Handlungsbedarf gesehen. Um eine Gefährdung für die Umwelt zu vermeiden, sollte rechtlich nachgebessert werden. Die Sicherheitsauflagen dürfen nicht nur für ein 100-jährliches Hochwasser gelten.

Die Regelungen zum Hochwasserschutz von Störfallbetrieben sind sehr vage und ausschließlich in der 12. Bundesimmissionsschutzverordnung geregelt. Demnach muss der Betreiber die notwendigen Schutzvorkehrungen treffen, um einen Störfall, der durch ein Hochwasser ausgelöst werden könnte, zu verhindern<sup>49</sup>. Der Gesetzgeber lässt jedoch offen, für welche Betriebe das gilt. In der Regel fordern die Genehmigungsbehörden die Schutzvorkehrungen nicht nur von Störfallbetrieben, die in einem rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet liegen, sondern auch von denen, die bei einem 200 jährigen Hochwasser betroffen sein könnten. Eine feste Regelung besteht dazu nicht. Es liegt im Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörden. Anders als beim Wasserrecht sind über § 16 der 12. BImSchV Kontrollen bzw. das Betreiben eines Systems zur Überwachung der Sicherheitsauflagen rechtlich verankert. Als Alternative für die vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen innerhalb des Wasserrechtes könnte so ein Überwachungssystem auch als Vorbild für das Wasserrecht dienen. Durch den Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörden ist jedoch nicht auszuschließen, dass von einigen Störfallbetrieben bei einem größeren Hochwasserereignis als einem 100-Jährlichen eine Gefahr für die Umwelt ausgeht. Aus diesem Grund sollte entweder eine Nachbesserung in der 12. BImSchV erfolgen, in der konkret die Schutzerfordernisse auch für seltenere als 100-jährliche Hochwasser formuliert werden oder die Genehmigungsbehörden in den Gemeinden oder Regierungspräsidien stimmen sich auf eine einheitliche Vorgehensweise ab, so dass die geforderten Schutzvorkehrungen Betriebe auch bei einem potenziellen Extremhochwasser absichern.

Es ist zudem ein großes Problem, das sowohl im Wasser- als auch im Immissionsschutzrecht eine drohende Gefahr, die ausschließlich von einem ansteigenden Grundwasserspiegel resultiert, nicht mit berücksichtigt wird. Auch außerhalb von rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten und überschwemmungsgefährdeten Gebieten können gelagerte wasser- bzw. umweltgefährdende Stoffe über den Grundwasserdruck freigesetzt werden. Mit Hilfe von Grundwassermodellierung sollten jene Bereiche ausgewiesen werden, die zwar nicht vom oberflächlichen Hochwasser jedoch von hoch anstehendem Grundwasser bedroht werden könnten. Hier gilt es ebenfalls, Sicherheitsanforderungen für die Anlagen und Störfallbetriebe rechtlich festzusetzen.

Da die Sicherheit von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Störfallbetrieben in den Überschwemmungsgebieten und den grundwassergefährdeten Gebieten nicht nur von den technischen Hochwasserschutzvorkehrungen abhängt, sondern auch von der menschlichen Fähigkeit,

---

<sup>49</sup> § 3 I 12. BImSchV

die richtigen Entscheidungen zu treffen, sollte es bei weiteren Planungen in Erwägung gezogen werden, Genehmigungen in Überschwemmungs- oder grundwassergefährdeten Gebieten zu versagen. Des Weiteren sollten Behörden die Betreiber von Anlagen und Betrieben mit dem Hinweis auf die Vermeidung von Eigen- und Fremdschäden anregen, wasser- bzw. umweltgefährdende Stoffe aus dem Überschwemmungs- und grundwassergefährdeten Gebiete auszulagern.

Für den Bereich der Altlasten bestehen bezüglich eines Hochwassers keine gesonderten Anforderungen. Sie unterliegen den allgemeinen Bestimmungen der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Es ist aber denkbar und empfehlenswert, dass bei der Untersuchung, Bewertung und der Sanierung von Altlastenverdachtsflächen bzw. Altlasten mit berücksichtigt wird, wo Altlasten auf sehr verwundbare Umweltflächen treffen, d. h. an welchen Stellen die Altlastenflächen einen besonders großen Schaden in der Umwelt anrichten können. Werden von den Kommunen die im Leitfaden (vgl. Anhang A) beschriebenen Einzelbetrachtungen durchgeführt, so wird auch ersichtlich, an welchen Stellen der Boden oder das Grund- bzw. das Trinkwasser von Schädwirkungen aus Altlasten gefährdet werden könnten. Somit könnten die Verwundbarkeitsermittlungen eine Grundlage für die Priorisierung bei der Altlastensanierung sein.

Das Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit könnte analog dazu dienen, beispielsweise eine Verlagerung oder den Rückbau von bestehenden Anlagen nach § 19 g WHG oder Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV in Überschwemmungs-, überschwemmungsgefährdeten oder grundwassergefährdeten Gebieten zu priorisieren. Sollte eine Verlagerung oder der Rückbau nicht durchsetzbar sein, könnte sich die Behörde bei Genehmigungs- oder Nachrüstungsbescheiden jedoch mit der Höhe der Sicherheitsanforderungen mit an der Umweltverwundbarkeit orientieren.

Auf jeden Fall sollte die Karte der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation als Grundlage für weitere räumliche Planungen verwendet werden. Unabhängig von den Auswirkungen im Hochwasserfall könnte man über die Karte der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation ableiten, an welchen Stellen keine weiteren Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieausweisungen erfolgen sollten. So könnten die erzeugten Karten die Grundlagen für Stellungnahmen bei Vorhabensplanungen sein. Die Ergebnisse könnten zudem bei der Aktualisierung des Landschaftsplanes oder Umweltberichte verwendet werden.

Konkrete Handlungsempfehlungen können Kommunen erst dann aussprechen, wenn sie das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit durchgeführt und flächengenaue Aussagen zur Umweltverwundbarkeit vorliegen haben. Erst dann können die Kommunen entscheiden, in welchen Gebieten die Verwundbarkeit akzeptabel ist und in welchen sie über zu ergreifende Maßnahmen reduziert werden muss.

#### **4.1.2.2 Vorstellung der Assessment-Methode**

Die Assessment-Methode, die bereits in Kapitel 4.1.2.1 beschrieben wurde, wird in dem Leitfaden zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit umgesetzt (vgl. Anhang A). Der Leitfaden ist unabhängig von diesem Abschlussbericht ein eigenständiges Werk. Er ist deshalb so aufgebaut, dass die Kommunen diesen auch ohne Einarbeitung in den Abschlussbericht anwenden können. Der Leitfaden enthält für die Kommunen konkrete Anweisungen zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen. Das beschriebene abstrakte Verwundbarkeitskonzept wird also im Leitfaden konkret umgesetzt. Dabei bleibt der hier im Forschungsbericht beschriebene wissenschaftliche Hintergrund der Erarbeitung eines Verwundbarkeits- und Systemmodells außen vor. Das vorgestellte Verwundbarkeits- und Systemmodell stellen die Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen von Kommunen so abstrakt dar, dass sie für alle Kommunen gelten. Sie dienen vorwiegend der Entwicklung der Kriterien. Aus diesem Grund müssen die Kommunen bei der Ermittlung ihrer individuellen Umweltverwundbarkeit nur die abgeleiteten Kriterien anwenden. Ein Verwundbarkeits- und ein Systemmodell muss somit nicht von den Kommunen erstellt werden. Auch werden im Leitfaden keine Handlungsempfehlungen aufgeführt, da jede Kommune individuell entscheiden muss, inwieweit sie die Ergebnisse aus der Verwundbarkeitsermittlung für akzeptabel hält.

Im Leitfaden (vgl. Anhang A) wird zunächst der Begriff Umwelt kurz definiert und abgegrenzt, die abgeleiteten Kriterien werden nur benannt und deren Bedeutung für die Verwundbarkeit kurz erläutert. Den Hauptteil bilden konkrete Bewertungs- und Aggregationsverfahren, die bereits in Kapitel 4.1.2.1.5 erläutert sind, um die verwundbarkeitsrelevanten Kriterien zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und diese mit den Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen zu verknüpfen. Der Hauptteil gliedert sich in zwei Kapitel. Im ersten Kapitel wird die Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit beschrieben. Es umfasst die Expositions- und Verwundbarkeitsanalyse.

Die Expositionsanalyse beinhaltet die Verfahrensschritte:

- Festlegung des Überschwemmungsgebietes einschließlich exponierter potenzieller Kontaminationsquellen (Exposition)
- Expositionstest 'Liegen potenzielle Kontaminationsquellen im definierten Überschwemmungsgebiet?'

Die Verwundbarkeitsanalyse enthält die Verfahrensschritte:

- Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation
- Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen
- Verknüpfung der hochwasserbedingten verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV
- Ermittlung der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller exponierten potenziellen Kontaminationsquellen.

Im zweiten Kapitel werden zusätzlich noch Einzelbetrachtungen zur Verwundbarkeit aufgezeigt. Hierbei wird den Kommunen vorgeschlagen neben der allgemeinen Verwundbarkeit der Umwelt, noch die potenzielle Beeinträchtigung der einzelnen Umweltfunktionen, also der Bodenfunktion, der Grundwasserfunktion und der Arten- und Biotopschutzfunktion durch die Anlagen nach § 19 g WHG, den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV und den Altlasten zu ermitteln. Dabei wird analog zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit vorgegangen. Die einzelnen verwundbarkeitsrelevanten Kriterien, die die einzelnen Umweltfunktionen repräsentieren, werden mit dem Einflussbereich der Altlasten, der Anlagen und Betriebsbereichen verschnitten und im letzteren Fall noch mit der Schadwirkung verknüpft. Das zweite Kapitel umfasst die differenzierte Verwundbarkeitsanalyse mit folgenden Verfahrensschritten:

- Ermittlung potenzieller Schadwirkungen aus Altlasten auf den Boden und das Grundwasser bzw. Trinkwasser
- Ermittlung potenzieller Schadwirkungen aus Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV auf den Boden und Biotope (incl. Lebensgemeinschaften)

Jeder Verfahrensschritt in den beiden Kapiteln wird durch eine allgemeine Erläuterung, konkret durchzuführenden Arbeitsschritte, einem Beispiel und einem Hinweis zum Umgang mit Datenlücken untersetzt. Da es sich um räumliche Analysen handelt, sind die Arbeitsschritte mit Hilfe eines Geoinformationssystem (GIS) durchzuführen. Die Beispiele wurden mit der Software ArcGIS 9.2 erstellt. Die notwendigen Funktionen, um die Arbeitsschritte umzusetzen, sind jedoch auch in anderen Geoinformationssystemen enthalten.

Im angehängten Leitfaden (vgl. Anhang A) wird das Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit anhand der Kommune Köln aufgezeigt, d. h. als Datengrundlage für die Kriterien dienen die aus dem Umweltamt der Stadt Köln, dem Regierungsbezirk Köln und dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen stammenden Daten.

### **4.1.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung**

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus der Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen anhand der Kommune Köln vorgestellt. Dabei werden die Ergebnisse aus den einzelnen Verfahrensschritten präsentiert. Die konkreten Arbeitsschritte, die zu diesem Ergebnis führen, sind bereits in Kapitel 4.1.2.1.5 und im Leitfaden (vgl. Anhang A) beschrieben. Darüber hinaus hat die Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit für die Stadt Köln gezeigt, dass die bisher abgeleiteten Kriterien nicht geeignet sind, um die Umweltverwundbarkeit von Kommunen untereinander zu vergleichen. Zu Vergleichszwecken müssen andere, und zwar relative Größen, bemüht werden. Diese werden nach der beispielhaften Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit vorgestellt.

#### **4.1.3.1 Beispielhafte Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit**

##### **Expositionsanalyse**

Entsprechend des Verwundbarkeitskonzeptes erfolgt zunächst die Expositionsanalyse. Dazu müssen die potenziellen Kontaminationsquellen, also die Anlagen nach § 19 g WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten mit einem definierten Überschwemmungsgebiet überlagert werden. Für Köln wurde in diesem Fall ein 500-jährliches Hochwasserereignis (HQ 500) gewählt. Dieses ist mit einem Extremereignis gleichzusetzen. Aus dem Umweltamt Köln und der Bezirksregierung Köln liegen die Daten der potenziellen Kontaminationsquellen vor, wobei die Anlagen nach § 19 g WHG und die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV zusammen als Punktquellen vorliegen. Eine Unterscheidung ist hier nicht möglich. Abbildung 4.1.11 zeigt deutlich, dass sowohl Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV als auch Altlasten im Überschwemmungsgebiet liegen. Damit ist die Umwelt gegenüber potenziellen Kontaminationen infolge eines Hochwassers verwundbar. Somit ist eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen.

**Hier Abbildung 4.1.11: Karte1\_UmwB\_Expositionstest**

*Abbildung 4.1.11: Expositionstest für die Stadt Köln*

##### **Verwundbarkeitsanalyse**

Zunächst wird unabhängig vom festgelegten Überschwemmungsgebiet und den darin enthaltenen potenziellen Kontaminationsquellen (Exposition) die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation ermittelt. Somit erhält man zunächst die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation innerhalb des ganzen Stadtgebietes. Für Köln liegen die verwundbarkeitsrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Biotopwert‘ und ‚natürliche Grundwassergeschüttheit‘<sup>50</sup>, die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation ergeben, aus dem Umweltamt der Stadt Köln und dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen bereits klassifiziert vor (siehe Abbildung 4.1.12).

**Hier Abbildung 4.1.12: Karte2\_UmwB\_Verwundkriterien**

*Abbildung 4.1.12: verwundbarkeitsrelevante Kriterien, dargestellt für die Stadt Köln*

Die Daten der Schutzwürdigkeit der Böden liegen für den Stadtraum von Köln nicht flächendeckend vor. Der dicht besiedelte Innenstadtbereich und einige wenige Kernsiedlungsräume sind ausgespart, da die bewerteten Böden naturnahe und wenig überprägte Böden voraus setzen. Die Schutzwürdigkeit wird nach dem Vorhandensein bzw. nach dem Grad der Erfüllung der Kriterien ‚Archivfunktion‘, ‚Biotopentwicklung‘ und ‚Fruchtbarkeit/Regelungsfunktion‘ bewertet (SCHREY o. J.). Für das Forschungsprojekt wurden die Bezeichnungen der Wertstufen zu gering, eher gering, eher hoch und hoch modifiziert.

<sup>50</sup> In Köln werden die Daten mit Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung bezeichnet.

Bis auf zwei nicht kartierte Flächen im Norden und Süden der Stadtflächen von Köln, liegen im Rahmen der Biotoptypenkatasters die Daten der Biotopbewertung flächendeckend vor. Basierend auf dem Bewertungssystem von LUDWIG 1991 zur Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft werden die Biotopwerte in drei Wertstufen: 0-6 Punkte (teilversiegelte und überprägte Biotoptypen), 7-15 Punkte (hier müssen bei Vorhaben frühzeitig die Beurteilung des Umweltamtes eingeholt werden) und 16-35 Punkte (sehr wertvolle Flächen, so dass Überplanung eigentlich verboten) eingeteilt. Den Wertstufen wurden die Bezeichnungen gering, mittel und hoch zugeteilt.

Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, was der natürlichen Grundwassergeschüttheit gleichgesetzt werden kann, wird vom Geologischen Dienst über das Hölting-Verfahren unter Zuhilfenahme der Sickerwasserdaten ermittelt. Als Ergebnis liegen fünf Wertstufen (sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch) vor.

Über die Darstellung von Funktionen, die die Bedeutung der Kriterien für die Verwundbarkeit verdeutlichen und über die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix (siehe Kapitel 4.1.2.1.5) kann die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation räumlich abgebildet werden (siehe Abbildung 4.1.13).

#### **Hier Abbildung 4.1.13: Karte3\_UmwB\_Umweltinformation**

*Abbildung 4.1.13: verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation, dargestellt für die Stadt Köln*

Vorsicht ist bei der Interpretation dieser Karte geboten. Die 'weißen Flecken' zeigen auf, an welchen Stellen Daten fehlen. Es bedeutet nicht, dass diese Flächen nicht gegenüber Schadwirkungen von potenziellen Kontaminationsquellen verwundbar sein könnten.

Um zu ermitteln, welche Umweltverwundbarkeit gegenüber potenziellen Schadwirkungen aus Altlasten bei einem Extremereignis bestehen, müssen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Altlastenflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen des Extremereignisses verschnitten werden. Das Ergebnis ist für das Beispiel Köln in Abbildung 4.1.14 zu sehen.

#### **Hier Abbildung 4.1.14: Karte4\_UmwB\_Verw\_Altlasten**

*Abbildung 4.1.14: Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Köln*

Es gilt zu beachten, dass die dargestellten verwundbaren Umweltflächen nicht vollständig sein müssen. Liegt beispielsweise bei der Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Altlasten unter einer Altlast ein 'weißer Fleck' der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation bedingt durch Informationslücken in den Einzelkriterien, so können hier keine Aussagen gemacht werden. Es ist aber durchaus möglich, dass hier eine Umweltverwundbarkeit gegenüber der Schadwirkung von Altlasten existiert, nur liegen keine Informationen dazu vor. Das ist für das Beispiel Köln der Fall. Gerade durch die fehlenden Informationen zur Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschüttheit im innerstädtischen Bereich können an diesen Stellen auch keine Aussagen zur Umweltverwundbarkeit gegenüber der Schadwirkung aus Altlasten und Altlastenverdachtsflächen getroffen werden.

Zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber potenziellen Schadwirkungen aus Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV müssen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit dem Einflussbereich der Anlagen und Betriebsbereiche innerhalb des festgelegten HQ 500-Bereiches verschnitten und mit den unterschiedlich starken Schadwirkungen ausgehend von den Kontaminationsquellen verknüpft werden. Der Einflussbereich wird durch die drei Zonen unterschiedlicher Schadwirkung dargestellt. Die Festlegung der Distanzen der Zonen erfolgte mit Hilfe von Experteneinschätzungen. Das Ergebnis der räumlichen Analyse wird in Abbildung 4.1.15 gezeigt.

#### **Hier Abbildung 4.1.15: Karte5\_UmwB\_Verw\_Anlagen**

*Abbildung 4.1.15: Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Köln*

Auch hier ist wieder bei der Interpretation dieser Karte zu beachten, dass aufgrund fehlender Daten durchaus Umweltflächen verwundbar sein können, obwohl sie nicht dargestellt sind. Denn: Liegt innerhalb des festgelegten Überschwemmungsgebietes in einem Einflussbereich einer Anlage bzw. eines Betriebsbereich keine Information der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vor, so können hier keine Verwundbarkeitsaussagen getroffen werden.

Die Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen ist für die Stadt Köln in Abbildung 4.1.16 dargestellt. Hierbei wurden die Einflussbereiche der Schadwirkungen aller potenziellen Kontaminationsquellen überlagert bzw. verknüpft. Damit erhöht sich an den Stellen, an denen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation gleichzeitig den potenziellen Schadwirkungen von Altlasten und von Anlagen / Betriebsbereichen ausgesetzt sind, die Verwundbarkeit. Damit geht die Verwundbarkeitsdarstellung in eine siebenstufige Bewertung über.

**Hier Abbildung 4.1.16: Karte6\_UmwB\_Verw\_ALLpotSQ**

*Abbildung 4.1.16: Umweltverwundbarkeit gegenüber den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Köln*

Auch hier muss bei der Interpretation der Karte beachtet werden, dass das Ergebnis aufgrund der lückenhaften Informationen bei den Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und ‚Grundwassergeschütztheit‘ nicht vollständig ist.

#### **4.1.3.2 Kommunale Vergleichsindikatoren der Umweltverwundbarkeit**

Um verschiedene Kommunen hinsichtlich ihrer Umweltverwundbarkeit vergleichen zu können, genügen diese räumlichen Darstellungen nicht. Es müssen direkt messbare Größen bemüht werden. Diese lassen sich aus der kartographischen Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation nach der Verschneidung und Verknüpfung mit den potenziellen Kontaminationsquellen ermitteln. Folgende Indikatoren könnten dazu herangezogen werden:

##### Indikator der Exposition

- Anteil der durch potenzielle Kontaminationsquellen gefährdeten Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt, gemessen an allen im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vorliegt

##### Indikator der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation

- Anteil der Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt, mit Wertstufen je I-V gemessen an allen exponierten Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt

##### Indikator der endgültigen Umweltverwundbarkeit

- Anteil der endgültigen Verwundbarkeitsflächen mit Wertstufen je I-VII gemessen an allen exponierten endgültigen Verwundbarkeitsflächen im definierten Überschwemmungsgebiet

Da diese Indikatoren auf relativen Größen basieren, sich also auf die je vorhandenen Daten beziehen, ist die Vergleichbarkeit in Kommunen trotz unterschiedlicher Datenlage gesichert.

Für das Beispiel Köln wurden innerhalb der festgelegten Überschwemmungsfläche des Extremereignisses folgende Werte ermittelt:

- Exposition: 59%

Von den wenigen Flächen innerhalb des festgelegten Hochwasserszenarios des Extremhochwassers, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation bestimmt werden kann (siehe Abbildung 4.1.13), liegen mehr als die Hälfte (59 %) innerhalb von Altlasten oder im Einflussbereich der Anlagen nach § 19 g WHG oder der Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV. Dieser Wert ist sehr hoch. Er verdeutlicht, dass viele potenzielle Kontaminationsquellen gerade in Flussnähe angesiedelt sind.

- verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation:	sehr gering (I)	0 %
	gering (II)	42 %
	mittel (III)	44 %
	hoch (IV)	13 %
	sehr hoch (V)	1 %

Bei der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation sind die Wertstufen der geringen und mittleren Verwundbarkeit dominierend. Ca. 14 % der Flächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegen, weisen hohe und sehr hohe Wertstufen auf, d. h. hier werden die Umweltfunktionen noch gut bzw. sehr gut erfüllt. Diese wertvollen Umweltausschnitte gilt es zu bewahren. Die Ausschnitte, die sich in Flussnähe befinden, sollten nicht neuen potenziellen Kontaminationsquellen ausgesetzt werden.

- endgültige Umweltverwundbarkeit:	besonders gering (I)	3 %
	sehr gering (II)	19 %
	gering (III)	45 %
	mittel (IV)	20 %
	hoch (V)	9 %
	sehr hoch (VI)	2 %
	besonders hoch (VI)	1 %

Für die endgültige Verwundbarkeit lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der Flächen sehr gering, gering und mittel verwundbar sind. Dennoch sind ca. 12 % hoch bis besonders hoch verwundbar. Hier besteht Handlungsbedarf. Die Verwundbarkeit lässt sich hier nur über die Sicherung oder Vermeidung der potenziellen Kontaminationsquellen reduzieren (siehe Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.1.2.1.6)

## 4.2. Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft

(Verfasserin: [REDACTED])

### 4.2.1 Landwirtschaft als Untersuchungsgegenstand

#### 4.2.1.1 Definition Landwirtschaft

Wie unter dem einführenden Kapitel 4 beschrieben, wird neben der Umwelt auch die Landwirtschaft als System nach den Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie verstanden.

Um ein Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit in der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen zu entwickeln, muss der Begriff Landwirtschaft neben der Festlegung eines Systemverständnisses für das Forschungsprojekt genau definiert und eindeutig abgegrenzt werden. Bei der Betrachtung der Landwirtschaft werden die Ackerlandbewirtschaftung, die Grünlandbewirtschaftung einschließlich der Viehhaltung und die Bewirtschaftung der Gartenbaubetriebe berücksichtigt. Dabei werden in einem flächenbasierten Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit ausschließlich die ackerbaulichen Nutzflächen, die Grünflächen und die gärtnerischen Nutzflächen betrachtet (kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung). Neben diesem Bezug auf die Fläche, rückt in einem separaten Verfahren der wirtschaftende Landwirt mit seinem Betriebsstandort in den Fokus der Verwundbarkeitsermittlungen. Dieses Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit bezieht sich damit auf einen einzelnen Betrieb bzw. das individuelle Verhalten der Landwirte (einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung).

#### 4.2.1.2 Verwundbarkeit der Landwirtschaft

Wie bereits angedeutet, wird die hochwasserbezogene Verwundbarkeit der Landwirtschaft in zwei Verfahren getrennt ermittelt. In dem flächenbasierten Verfahren kann sich die Kommune einen Überblick über die Verwundbarkeit der Landwirtschaft verschaffen. Es wird untersucht, inwieweit die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen an die bestehenden Hochwassergefahren angepasst ist. Dabei gelten die landwirtschaftlichen Nutzflächen als verwundbar, wenn die dort angebauten Kulturen nicht mit potenziell auftretenden Überschwemmungen zurechtkommen bzw. Schaden nehmen können. Zusätzlich führen aber auch potenzielle Schädwirkungen wie beispielsweise eine Kontamination der Böden, die bei Hochwasser aus unzureichend gesicherten Kontaminationsquellen resultieren können, zur Erhöhung der Verwundbarkeit. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen in Anlehnung an WARM & KÖPPKE (2007) die Anlagen nach § 19 g WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV (Störfallbetriebe). Dieser Ansatz wurde um die Altlasten erweitert, da von ihnen laut Experteninterviews und anderen Veröffentlichungen ebenfalls eine potenzielle Schädwirkung auf Böden<sup>51</sup> ausgehen kann<sup>52</sup>. Es verbleiben nur wenige Kontaminationsquellen, die nicht darunter fallen. So könnten beispielsweise auch Bahntrassen, von denen Chemikalien gespült werden, als potenzielle Kontaminationsquellen betrachtet werden. Diese sollen aber hier unberücksichtigt bleiben. Zum einen, um das Verfahren zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu vereinfachen, zum anderen, da in der Literatur und in den Experteninterviews die Anlagen nach § 19 g WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten als die Hauptkontaminationsquellen bei einem Hochwasser bezeichnet werden.

In dem einzelfallbezogenen Verfahren wird beschrieben, wie Landwirte ihre individuelle Verwundbarkeit ermitteln können. Hierbei werden individuelle Bewirtschaftungsweisen und das Verhalten des Landwirts vor, während und nach einem Hochwasser berücksichtigt. Als verwundbar gelten die Landwirte, die ihre Bewirtschaftungsweise und ihr Verhalten nicht an die potenziell bestehenden Hochwassergefahren angepasst haben und somit in ihrer beruflichen Existenz bedroht sind. Auch in diesem Verfahren wird eine mögliche Erhöhung der Verwundbarkeit über potenziell

<sup>51</sup> Böden als zentrale Grundlage landwirtschaftlicher Produktion

<sup>52</sup> Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: „Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser“, z. B. Landeshauptstadt Dresden 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & K. ULLRICH 2005

auftretende Schadwirkungen aus den im Überschwemmungsgebiet liegenden Kontaminationsquellen mit berücksichtigt.

#### **4.2.2 Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode**

##### **4.2.2.1 Methodisches Vorgehen**

Die methodische Herangehensweise zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen in den beiden Verfahren orientiert sich analog zum Verwundbarkeitsassessment für den Teilbereich Umwelt an der Arbeit von VILLA & MCLEOD (2002: 337ff). An dieser Stelle wird auf die Erläuterungen in Kapitel 4.1.2.1 verwiesen. Die dort beschriebenen Erweiterungen und Veränderungen des in VILLA & MCLEOD vorgeschlagenen Verfahrens, werden auch für den Bereich Landwirtschaft übernommen, d. h. ein den gesamten Ermittlungsprozess umfassendes Verwundbarkeitskonzept wird der Erarbeitung eines Verwundbarkeitsmodells zur Konkretisierung des Verwundbarkeitsbegriffes für den Untersuchungsgegenstand, der Erstellung eines Systemmodells zur Darstellung des Sachzusammenhanges und zur Ableitung der systemrelevanten Verwundbarkeitskriterien und der Bewertung und Aggregation der Kriterien zur Verwundbarkeitsaussage vorangestellt. Zudem werden abschließend Handlungsempfehlungen zur Reduktion der ermittelten Verwundbarkeit gegeben.

##### **4.2.2.1.1 Methodische Grundlagen**

Für die Erarbeitung des Verfahrens zur Ermittlung der Landwirtschaftsverwundbarkeit wurden analog zum Vorgehen im Bereich Umwelt primäre und sekundäre Literaturquellen ausgewertet, Experteninterviews durchgeführt und auf die Nutzung von Indikatoren/Kriterien und Bewertungsverfahren zurückgegriffen. Im Unterschied zur Verwundbarkeitsermittlung im Bereich Umwelt war es möglich, Interviews mit betroffenen Landwirten durchzuführen.

Bei der Literaturrecherche konnten nur wenige Artikel und Aufsätze gefunden werden, die sich über das Auflisten von Schadenssummen mit konkreten Auswirkungen auf die Landwirtschaft beschäftigen. Um mehr Erkenntnisse zu erlangen, wurden Betroffenen- und Experteninterviews durchgeführt. Sie erfolgten, wie im Bereich Umwelt, als mündliche Befragung in Form qualitativer Interviews. Die Durchführung qualitativer Interviews bot sich zudem an, um neues Wissen wie z. B. die Aufdeckung von Zusammenhängen, Strukturen und Abläufen zu erschließen (POHL 1998: 98; DIEKMANN 1996: 444). Da es im Bereich Landwirtschaft ebenfalls darum ging, neues Wissen über die Abläufe bei einem Hochwasser zu akquirieren, d. h. das Geschehen im Hochwasserfall zu rekonstruieren und abzubilden, um die wesentlichen verwundbaren Aspekte zu identifizieren, wurden die qualitativen Interviews in offener Form durchgeführt. Dabei wurde nur ein Gesprächsleitfaden mit thematischen Schwerpunkten verwendet, welcher, angepasst an den Gesprächsverlauf, ohne feste Reihenfolge abgefragt wurde. So bestand genügend Freiheit für neue bisher nicht bedachte Aspekte (DIEKMANN, 1996: 450).

Folgende Themenschwerpunkte wurden in den Interviews abgefragt:

- Hochwasserschadensbilder der Landwirtschaft
- die Rolle der Exposition
- die Existenz unterschiedlicher Anfälligkeiten
- die Existenz unterschiedlicher Bewältigungskapazitäten.

Das Ziel bestand darin, in den Interviews bestehende Meinungen im Bereich Landwirtschaft bezüglich Hochwasser und seinen Folgen, möglichst vollständig zu erfassen.

In Dresden wurden sechs Experteninterviews und sechs Betroffeneninterviews geführt. Als Experten galten:

- der Leiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- eine Mitarbeiterin der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, tätig im Fördervollzug

- ein Mitarbeiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, zuständig für den Bereich Gartenbau
- ein Mitarbeiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, zuständig für den Bereich Acker- und Grünlandwirtschaft
- ein Mitarbeiter des Sächsischen Landesbauernverbandes
- ein Mitarbeiter des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, zuständig für Fördergelderausgabe

Als betroffene Landwirte wurden befragt:

- zwei Gartenbaubetriebe
- ein ehemaliger Gartenbaubetrieb, der zum Hochwasser 2002 noch betrieben wurde
- eine Landwirtin in der Ackerlandwirtschaft im Vollerwerb
- ein Landwirt in der Ackerlandwirtschaft im Nebenerwerb
- ein Landwirt in der Acker- und Grünlandwirtschaft mit Viehhaltung

In Köln sollte analog zu den Befragungen in Dresden verfahren werden. Hier war die Suche nach Gesprächspartnern sehr viel schwieriger als in Dresden. Es konnte nur ein Interviewpartner (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) gefunden werden, der ausführlich Auskunft geben konnte. Einige Schilderungen wurden in einem Kurztelefonat von einem Mitarbeiter des Kreisverbandes Köln Rhein-Erftkreis geliefert. Da die Deiche in Köln anders als in Dresden auf ein Bemessungshochwasser von HQ-100 ausgelegt waren und gut gepflegt wurden<sup>53</sup>, konnten diese beiden Experten keine in den letzten Jahren vom Hochwasser betroffenen Landwirte nennen.

Für Köln wurden interviewt:

- ein Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
- der Vorsitzende des Landwirtschaftskreisverbandes Köln Rhein-Erftkreis

Die Experten- und Betroffenenmeinungen halfen bei der Definition des Begriffes Verwundbarkeit der Landwirtschaft und somit bei der Erstellung der Verwundbarkeitsmodelle. Die Interviews bildeten neben der Literaturrecherche die wesentliche Grundlage für die Erstellung der Systemmodelle, der Entwicklung von Kriterien und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen. Sie trugen auch mit zur Bewertung und Gewichtung, der aus dem Systemmodell abgeleiteten Kriterien bei. Auf eine ausführliche qualitative Auswertung der Interviews soll hier aber verzichtet werden, da dadurch für das Verwundbarkeitsassessment kein Informationsmehrgewinn entstehen würde. Bei dem Ziel Indikatoren bzw. Kriterien der Verwundbarkeit zu entwickeln, mussten solche Größen gefunden werden, die es ermöglichen, sämtliche Wechselbeziehungen innerhalb des Systems Landwirtschaft zu erfassen. Sie müssen repräsentativ für die Beschreibung bestimmter Wirkweisen eines Systems sein, d. h. sie müssen das gesamte System, das die verwundbare Landwirtschaft darstellt, widerspiegeln (siehe dazu auch die Erläuterungen zur Allgemeinen Systemtheorie in Kapitel 4). Die Kriterien / Indikatoren sollten nachvollziehbar, vergleichbar, weitestgehend objektiv und kontrollierbar sein (SCHOLLES 2008a: 320, BASTIAN & SCHREIBER 1994: 52).

Auf die Anwendung von Bewertungsverfahren, um die entwickelten Kriterien / Indikatoren zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammenzuführen, wird im Abschnitt ‚Bewertung und Aggregation‘ näher eingegangen.

#### **4.2.2.1.2 Verwundbarkeitskonzept**

Wie bereits erwähnt, umfasst das Verwundbarkeitskonzept die Darstellung des gesamten Prozesses der Ermittlung der Verwundbarkeit in der Landwirtschaft. Innerhalb des Projektverlaufes wurde es immer wieder rückgreifend durch neue Erkenntnisse ergänzt, verändert und angepasst.

Es besteht, wie bereits erwähnt, aus zwei Verfahren: der einzelfallbezogenen und der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung. Beide Verfahren bestehen aus zwei Arbeitsschritten: der

<sup>53</sup> Diese Aussage bezieht sich auf den Zeitpunkt der letzten beiden großen Hochwasser in Köln und Dresden

vorab geschalteten Expositionsanalyse als Filter für die eigentliche Verwundbarkeitsanalyse und der Verwundbarkeitsanalyse (siehe Abbildung 4.2.1).

#### **Hier Abbildung 4.2.1: Abb1\_LWB\_Verwkonzept**

*Abbildung 4.2.1: Darstellung des Verwundbarkeitskonzepts*

#### Expositionsanalyse

Im Rahmen der Expositionsanalyse der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung kann eine Kommune entscheiden, ob der Anteil der landwirtschaftlichen Flächen im Überschwemmungsgebiet groß genug ist, um eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen. Wird der Anteil der Fläche durch die Kommune als gering bzw. unbedeutend eingestuft, so erübrigt sich eine Verwundbarkeitsanalyse. Damit wird die Landwirtschaft als nicht verwundbar eingeschätzt.

Dazu sollten von der Kommune zunächst ein oder mehrere Überschwemmungsgebiete definiert werden. Erst mit der Festlegung dieser Überschwemmungsgebiete kann die Verwundbarkeit der Landwirtschaft konkret ermittelt werden. Für Kommunen, die an einem Fließgewässer liegen und für die Schäden durch ein Hochwasser zu erwarten sind, ist die Ausweisung von rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten (entspricht einem HQ-100) ohnehin vom Gesetzgeber vorgeschrieben (vgl. § 31 b WHG). Es empfiehlt sich aber darüber hinaus ein Hochwasserszenario größerer Jährlichkeit zu betrachten, um auch im Falle dieses Extremereignisses vorbereitet zu sein. Die Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft erfordert neben der Festlegung des Überschwemmungsgebiets, also der Exposition gegenüber dem Hochwasserereignis, auch die Betrachtung der in dem Expositionsgebiet (Überschwemmungsgebiet) liegenden potenziellen Kontaminationsquellen.

Bei der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung ist anzunehmen, dass ein Landwirt, nur dann seine individuelle Verwundbarkeit ermittelt, wenn seine landwirtschaftlichen Flächen oder sonstigen Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet liegen. Sind weder landwirtschaftliche Flächen noch sonstige Vermögenswerte des Landwirts exponiert, erübrigt sich eine Verwundbarkeitsanalyse. Der Landwirt wird damit als nicht verwundbar eingestuft. Da die Landwirte bei der Verwundbarkeitsbestimmung auf Überschwemmungskarten zugreifen müssen, nutzen sie die von den Kommunen festgelegten Überschwemmungsgebiete. Hat die Kommune Überschwemmungsflächen für ein 100-jährliches Hochwasser und ein Extremereignis ausgewiesen, so können die Landwirte ihre individuelle Verwundbarkeit für die beiden verschiedenen Hochwasserszenarien bestimmen.

#### Verwundbarkeitsanalyse

Die Verwundbarkeitsanalyse der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung umfasst das nachfolgend beschriebene Verwundbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.2.2.1.3), die Entwicklung von Indikatoren bzw. Kriterien aus dem Verwundbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.2.2.1.4), die in Kapitel 4.2.2.1.5 erläuterte Bewertung und Aggregation dieser entwickelten Indikatoren bzw. Kriterien und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 4.2.2.1.6). Das Ergebnis der Verwundbarkeitsanalyse ist eine Einschätzung der Verwundbarkeit in den Wertstufen von I (besonders gering verwundbar) bis VII (besonders hoch verwundbar).

Die Verwundbarkeitsanalyse der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung beinhaltet das Verwundbarkeitsmodell, das in Kapitel 4.2.2.1.3 erläutert wird, das in Kapitel 4.2.2.1.4 beschriebene Systemmodell, die in Kapitel 4.2.2.1.5 erläuterte Bewertung und Aggregation der aus dem Systemmodell abgeleiteten Indikatoren bzw. Kriterien und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 4.2.2.1.6). Die individuelle Verwundbarkeit der Landwirte wird in fünf Wertstufen von I (sehr gering verwundbar) bis V (sehr hoch verwundbar) dargestellt.

#### 4.2.2.1.3 Verwundbarkeitsmodell

Im Rahmen der Erstellung der beiden Verwundbarkeitsmodelle soll der Begriff der Verwundbarkeit für den gegebenen Untersuchungsgegenstand, im ersten Fall für die kommunale flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft und im zweiten Fall für die einzelfallbezogene Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen, konkretisiert werden.

In beiden Verwundbarkeitsmodellen ergibt sich die Verwundbarkeit aus den Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘.

Abbildung 4.2.2 stellt das Verwundbarkeitsmodell für die kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung dar. Während eine hohe Exposition und eine hohe Anfälligkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen die Verwundbarkeit erhöhen, reduziert eine hohe Bewältigungskapazität dieser Flächen die Verwundbarkeit. Dabei muss die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch solche Größen repräsentiert werden, die in jeder Kommune zur Verfügung stehen und einfach auf einer Fläche darstellbar sind, um so einen schnellen Überblick zu ermöglichen.

Hier Abbildung 4.2.2: Abb2\_LWB\_Verwmodell\_flä

*Abbildung 4.2.2: Verwundbarkeitsmodell der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung*

Abbildung 4.2.3 stellt das Verwundbarkeitsmodell der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung dar. Es stellt nach der in Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie einen Regelkreis dar, in dem über negative Rückkopplungen das Maß der Verwundbarkeit reguliert wird und sich somit im Idealfall auf ein gewünschtes Maß (Sollwert) stabilisiert. Das Modell enthält ebenfalls die Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ (siehe auch BBC-Rahmenkonzept Kap. 1). Während eine hohe Exposition und eine hohe Anfälligkeit des Landwirts die Verwundbarkeit erhöhen, reduziert eine hohe Bewältigungskapazität die individuelle Verwundbarkeit des landwirtschaftlichen Betriebs. Diese entscheidet über das Ausmaß der Schäden. Ist ein großer Schaden eingetreten, setzen in der Regel bei den Landwirten so genannte Lerneffekte ein, die dazu führen, dass die Exposition und die Anfälligkeit reduziert und/oder die Bewältigungskapazität erhöht und somit die Verwundbarkeit gesenkt wird. Das wirkungsvollste Mittel zur Senkung der Verwundbarkeit liegt in der Vermeidung der Exposition beispielsweise durch die Nutzung von Alternativflächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes. Setzen keine Lerneffekte ein, so wird das System nach der allgemeinen Systemtheorie langfristig nicht bestehen bleiben, d. h. der Betriebsstandort wäre in seiner Existenz gefährdet. Die Komponenten ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ müssen durch individuelle Größen der Verhaltens- und Bewirtschaftungsweisen der Landwirte repräsentiert werden.

Hier Abbildung 4.2.3: Abb3\_LEB\_Verwmodell\_einzel

*Abbildung 4.2.3: Verwundbarkeitsmodell der einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung*

#### 4.2.2.1.4 Systemmodell

Zunächst muss angemerkt werden, dass eine Systemmodellierung nur für die einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung sinnvoll ist, da die individuelle Verwundbarkeit der Landwirte, repräsentiert durch die individuellen Bewirtschaftungs- und Verhaltensweisen an einem Betriebsstandort, als ein System im Sinne der in Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie verstanden werden kann. Das bedeutet u. a., dass jeder einzelne Landwirt aufgrund der Bewirtschaftung der Fläche bzw. der Betriebsstandorte und dem jeweiligen Verhalten bei einem Hochwasser die Verwundbarkeit selbst bestimmt. So kann ein Landwirt beispielsweise seine Verwundbarkeit durch an potenziell auftretende Überschwemmungen angepasste Bewirtschaftungs- und Verhaltensweisen reduzieren. Die Erstellung eines Systemmodells verhilft hierbei zu einem vertieften Systemverständnis, das dazu führt, auch die tatsächlich systemrelevanten Kriterien/Indikatoren abzuleiten. Das heißt, dass die Systemmodellerstellung u. a. dem Zweck dient, die ‚richtigen‘ Indikatoren bzw. Kriterien der Verwundbarkeit herauszufiltern. Bei der Ermittlung der

flächenbasierten Verwundbarkeit geht es darum, einfach und schnell einen Überblick über die Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu bekommen. Dabei muss die Kommune auf die Bewirtschaftungsdaten der landwirtschaftlichen Nutzfläche zurückgreifen. Diese ergibt sich wiederum aus der Bewirtschaftung jedes einzelnen Landwirtes. Die Landwirtschaftsbehörden der Kommunen erfassen diese Bewirtschaftungsdaten und können über die Einschätzung, ob diese Bewirtschaftung hochwasserangepasst erfolgt, die Verwundbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen ermitteln. Die Kommunen haben aber selber keinen direkten Einfluss auf die Verwundbarkeit. In der in Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie besteht damit kein eigenes System. Die Kriterien der Verwundbarkeit müssen deshalb bei diesem Verfahren einerseits fachlich begründet aus dem Verwundbarkeitsmodell abgeleitet werden, andererseits kann nur auf die in den Landwirtschaftsbehörden zur Verfügung stehende Daten zurückgegriffen werden.

### *Systemmodelle der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit*

Innerhalb des Verfahrens zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit wird klar, dass zwei Systemmodelle erstellt werden müssen. Eins spiegelt die Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe wider, das andere stellt die Verwundbarkeit der Betriebe der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung) dar.

Die Systemmodelle der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit konkretisieren thematisch die abstrakte Darstellung des Verwundbarkeitsmodells, d. h. sie stellen die Komponenten der Verwundbarkeit ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ im Wirkungsgefüge dar. Hierbei werden die wesentlichen Elemente der beiden Systeme ‚individuelle Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe‘ und ‚individuelle Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung‘ und die untereinander bestehenden Beziehungen dargestellt. In den Systemmodellen wird aufgezeigt, wie sich die Landwirte vor, während und nach einem Hochwasser verhalten. Es ist der Versuch, diese ‚Realität‘ abstrakt und vereinfacht abzubilden. Zudem gibt die dargestellte Stärke der Wirkbeziehungen (repräsentiert durch die Pfeilstärken) in den Systemmodellen eine Orientierung bei der Gewichtung der abgeleiteten Kriterien für die Zusammenführung zu einer Verwundbarkeitsaussage. Darüber hinaus werden aus den abgebildeten Sachzusammenhängen die ersten abstrakten Handlungsempfehlungen sichtbar. Es wird deutlich, welche Systemelemente mit dem Ziel der Reduktion der Verwundbarkeit verändert werden müssen.

Für die nachfolgenden Ausführungen zur Systemmodellierung gelten die in Kapitel 4 beschriebenen Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie und im Besonderen die Kybernetik nach VESTER (2004). Die dargestellten Systemmodelle stellen im Wesentlichen eine Regelschleife, mit der über negative Rückkopplungen die Existenz des Landwirtschaftsbetriebes und damit die Verwundbarkeit reguliert wird, dar.

#### Systemmodell der Verwundbarkeit von Gartenbaubetrieben

Die Abbildung 4.2.4 zeigt das Systemmodell der verwundbaren Gartenbaubetriebe.

#### Hier Abbildung 4.2.4: Abb4\_LWB\_Systemmodell\_Gä

*Abbildung 4.2.4: Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit von Gartenbaubetrieben*

Im Systemmodell wird eine große Regelschleife sichtbar. Diese ist bereits im Verwundbarkeitsmodell abstrakt dargestellt. Ist dem Gartenbaubetrieb durch das Hochwasser ein Schaden entstanden, der die Existenz des Betriebes mehr oder weniger stark bedroht, führen Lerneffekte i. d. R. dazu, Maßnahmen für einen besseren Hochwasserschutz z. B. der Bau- oder Risikovorsorge zu treffen. Lerneffekte können aber auch darin bestehen, zukünftig das Evakuierungsverhalten zu verbessern sowie das Schadenspotenzial zu reduzieren, indem die vorhandenen Vermögenswerte so untergebracht sind, dass sie schnell in Sicherheit gebracht werden können. Diese Maßnahmen zur Erhöhung der Bewältigungskapazität führen zu einer Reduzierung der Verwundbarkeit und somit zu einer erhöhten Sicherheit der Existenz bei zukünftigen Hochwasserereignissen. Allerdings könnte nach mehrmaligem Erleben eines Hochwassers die Bindung bzw. die Identifikation mit der Tätigkeit und damit die

Bereitschaft, nach Schäden den Betrieb immer wieder neu aufzubauen, nachlassen. Die Existenzaufgabe wäre die Folge.

Lerneffekte könnten zudem darin bestehen, dass Betriebe ihre Bewirtschaftung auf Flächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes verlagern, um die Exposition gegenüber Hochwassergefahren zu mindern. Würden die Flächen so in Zukunft nicht mehr überschwemmt, gäbe es keine Gewinneinbußen. Mit wachsenden Rücklagen wäre die Existenz gesichert und die Verwundbarkeit besonders effektiv reduziert bzw. nicht mehr vorhanden. Diese Option ist allerdings mit Schwierigkeiten verbunden, da die Flächenverfügbarkeit in Kommunen zumeist beschränkt ist und die Nutzung bzw. der Neuerwerb von Flächen mit zusätzlichen Kosten einhergeht. Weitere Gewinneinbußen, bedingt durch Nutzungsausfälle resultierend aus Kontaminationen der landwirtschaftlichen Nutzfläche, könnten mit der Minimierung der Kontaminationsgefahr reduziert werden. Hat der Gartenbaubetrieb einen Schaden infolge von Kontaminationen erlitten, könnte er im Falle der Selbstverschuldung gelernt haben, seinen Öltank<sup>54</sup> zu sichern oder auf alternative Heizmöglichkeiten umzurüsten. Gingen die Verschmutzungen von anderen potenziellen Kontaminationsquellen in der Umgebung aus, so könnten die Auswirkungen in der Öffentlichkeit ein Handlungsdruck auslösen, der dazu führt, dass schadensmindernde Maßnahmen angeordnet werden, die die Kontaminationsgefahr reduzieren. Lerneffekte könnten sich aber auch darin äußern, dass das Betriebskonzept der Hochwassergefahr angepasst wird. So würde eine Diversifizierung in den angebauten Kulturen und / oder der Aufbau eines zweiten Standbeines (z. B. Handel mit Produkten aus dem Gartenbau) die Abhängigkeit von nur einer Einnahmequelle herabsetzen und so die Wahrscheinlichkeit senken, Totalverluste zu erleiden. Da das Betriebskonzept allerdings an den Markt- und politischen Rahmenbedingungen ausgerichtet wird, ist es wahrscheinlich, dass die Gartenbaubetriebe wegen eines relativ selten zu befürchtenden Hochwassers ihr Betriebskonzept nicht umstellen werden. In diesem wahrscheinlichen Fall würden die Gartenbaubetriebe nicht die Chance nutzen über eine minimierte Anfälligkeit die Verwundbarkeit zu senken.

Bei einem erlittenen Schaden können auch finanzielle Hilfen der Öffentlichkeit die Existenz retten. Allerdings haben die Gartenbaubetriebe keinen Einfluss darauf. Die Politik bestimmt, an wen und in welcher Höhe die Hilfen ausgezahlt werden. Sich darauf zu verlassen und die Maßnahmen, die in der eigenen Hand liegen deshalb zu unterlassen, würden zu einer noch größeren Verwundbarkeit führen.

- Bitte die folgenden Thesen in der Publikation in einer Box darstellen -

#### Thesen der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe

Aus dem Sachzusammenhang des erstellten Systemmodells können für die Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ Thesen der Verwundbarkeit abgeleitet werden.

##### Exposition

- Liegt der Gartenbaubetrieb in einem definierten Überschwemmungsgebiet, so ist dieser verwundbar
- Je größer die Kontaminationsgefahr ist, der ein Gartenbaubetrieb ausgesetzt ist, desto verwundbarer ist dieser

##### Anfälligkeit

- Ein Gartenbaubetrieb mit vielfältig aufgestelltem Betriebskonzept, der mehrere Kulturen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet werden, anbaut und neben der Produktion noch ein zusätzliches Einkommen, z. B. aus dem Handel oder der Vermietung hat, ist weniger anfällig gegenüber einem Hochwasserschaden als Betriebe, die diese Diversifizierung nicht aufweisen.

<sup>54</sup> Öltanks zählen zu den Anlagen nach § 19 g WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen)

#### Bewältigung

- Je größer die Risikovorsorge ist, die ein Gartenbaubetrieb betreibt, desto besser kann dieser einen durch Hochwasser entstandenen Schaden bewältigen. Zur Risikovorsorge gehören Versicherungen und erwirtschaftete Rücklagen.
- Je mehr Hochwasserschutzmaßnahmen zur Bauvorsorge getroffen wurden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit einen Schaden zu erleiden.
- Je besser das Evakuierungsverhalten, also je mehr Vermögenswerte ein Gartenbaubetrieb sichern kann, desto besser wird der Schadensentstehung vorgebeugt.
- Je größer die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit ist, desto höher ist die Belastbarkeit / Widerstandsfähigkeit.<sup>55</sup>

#### Abgeleitete Kriterien der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe

Aus den aufgestellten Thesen der Verwundbarkeit können Kriterien abgeleitet werden. Diese repräsentieren die individuelle Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe gegenüber Hochwasserereignissen. Diese Kriterien sollten in einem für jeden Gartenbaubetrieb zugänglichen Online-Fragebogen, der sich thematisch in die Bereiche ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ gliedert, abgefragt werden. Mit der Beantwortung der abgefragten Kriterien kann jeder Gartenbaubetrieb seine Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität und letztendlich seine eigene Verwundbarkeit einschätzen. So erfährt der Betreiber, in welchen Bereichen seines Wirtschaftens und Verhaltens Handlungsbedarf zur Senkung der Verwundbarkeit besteht. Um einen freien Zugang zum dem Online-Fragebogen zu gewähren, könnte dieser beispielsweise auf die Homepage der Landwirtschaftsbehörden gestellt werden.

#### Exposition

- Anteil der betrieblichen Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet
- Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

#### Anfälligkeit

- Anzahl verschiedener Kulturen oder Sätze (Betriebskonzept)
- zusätzliche Einnahmequellen (Betriebskonzept)

#### Bewältigungskapazität

- Risikovorsorge
- Bauvorsorge
- Evakuierungsverhalten
- Bindung an die Tätigkeit

#### Systemmodell der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)

Die Abbildung 4.2.5 zeigt das Systemmodell der verwundbaren Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung).

#### **Hier Abbildung 4.2.5: Abb\_LWB\_Systemmodell\_AL**

*Abbildung 4.2.5: Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)*

Ähnlich zu dem Systemmodell ‚Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe‘ besteht auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung eine große Regelschleife, die die im Verwundbarkeitsmodell dargestellte Rückkopplung konkretisiert. Auch hier könnte ein erlittener Schaden, der die Existenz bedroht, zu Lerneffekten führen, die über das Treffen von Hochwasserschutzmaßnahmen (Bau- und Risikovorsorge, verbessertes Evakuierungsverhalten) die Bewältigungskapazität erhöhen, über ein

<sup>55</sup> Die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit spielt für die Ermittlung der individuellen Verwundbarkeit eine Rolle; sie lässt sich aber anders als die anderen aufgeführten Punkte nicht monetarisieren. Es handelt sich dabei eher um eine Einstellung des Landwirts, die nicht einfach zur Minderung der Verwundbarkeit verändert werden kann.

verändertes Betriebskonzept die Anfälligkeit und über die Herausnahme von Vermögenswerten und die Verlegung der landwirtschaftlichen Nutzung aus dem Überschwemmungsgebiet die Exposition senken. Die Aussagen zur Reduktion der Kontaminationsgefahr treffen neben den Gartenbaubetrieben auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung zu. Mit der so reduzierten Exposition und Anfälligkeit und erhöhten Bewältigungskapazität wäre die Verwundbarkeit gesenkt und damit die Existenz und der Erwerb bei einem künftigen Hochwasser zu einem höheren Maße gesichert. Die bereits bei der Beschreibung des Systemmodells für die Gartenbaubetriebe erwähnten Schwierigkeiten, der Exposition durch Nutzung von Flächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu entgehen und das Betriebskonzept bei der bestehenden Abhängigkeit von den Markt- und politischen Rahmenbedingungen zu ändern, gelten ebenfalls für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung. Die Aussagen über die Sicherung der Existenz über staatliche Hilfen sowie die Existenzbedrohung durch nachlassende Bindung an die Tätigkeit treffen hier auch zu. Im Vergleich zu den Gartenbaubetrieben umfasst das Betriebskonzept, das über die Höhe der Anfälligkeit entscheidet, mehrere Komponenten<sup>56</sup>. Nicht nur die Diversität an Kulturen und die Anzahl von verschiedenen Einnahmequellen bestimmen das Betriebskonzept, sondern auch die Wahl der angebauten Kulturen und die damit verbundenen Eigenschaften der Überflutungstoleranz und des Schadenspotenzials, aber auch die Entscheidung konservierende Bodenbearbeitung zu betreiben oder nicht sind von großer Bedeutung.

- Bitte die folgenden Thesen in der Publikation in einer Box darstellen -

#### Thesen der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandwirtschaft (einschließlich Viehhaltung)

Aus dem dargestellten Sachzusammenhang im Systemmodell können ebenfalls für die Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ Thesen der Verwundbarkeit abgeleitet werden.

##### Exposition

- Je größer die landwirtschaftliche Nutzfläche ist, die in einem definierten Überschwemmungsgebiet liegt, desto verwundbarer ist der Betrieb
- Je mehr Vermögenswerte sich in Form von Wirtschaftsgebäuden, Maschinen / Technik und Vieh im definierten Überschwemmungsgebiet befinden, desto verwundbarer ist der Betrieb
- Je größer die Kontaminationsgefahr ist, der der Betrieb ausgesetzt ist, desto verwundbarer ist dieser

##### Anfälligkeit

- Ein landwirtschaftlicher Betrieb mit einem der Hochwassergefahr angepassten Betriebskonzept ist weniger anfällig gegenüber einem Hochwasserschaden. Dazu gehört eine günstige Risikoverteilung, z. B. mehrere Kulturen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet werden und / oder zusätzliche Einnahmequellen wie z. B. Handel oder Vermietung. Zu einem angepassten Wirtschaften zählt aber auch der Anbau von Kulturen mit möglichst hoher Überflutungstoleranz und geringem Schadenspotenzial. Zum Betriebskonzept gehört ebenfalls die konservierende Bodenbearbeitung: Betreibt ein Landwirt auf seinen Flächen konservierende Bodenbearbeitung, kann er möglichen Schäden durch Bodenerosion infolge eines Hochwassers vorbeugen.

##### Bewältigung

- Je größer die Risikovorsorge (Versicherungen, Rücklagen) ist, die ein Landwirtschaftsbetrieb betreibt, desto besser kann dieser einen durch Hochwasser entstandenen Schaden bewältigen.
- Je mehr Hochwasserschutzmaßnahmen zur Bauvorsorge getroffen wurden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit einen Schaden zu erleiden.

<sup>56</sup> In dem Systemelement ‚Betriebskonzept‘ wurden die Elemente verschiedene Einnahmequellen, Überflutungstoleranz, Schadenspotenzial und konservierende Bodenbearbeitung zusammengefasst, weil sie thematisch das Betriebskonzept darstellen und weil jedes einzelne Element von den politischen Rahmen- und Marktbedingungen und von Lerneffekten beeinflusst wird und alle Einfluss auf die zu erzielenden Gewinne haben.

- Je besser das Evakuierungsverhalten ist, also je mehr Vermögenswerte ein Landwirtschaftsbetrieb sichern kann, desto besser wird der Schadensentstehung vorgebeugt.
- Je größer die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit ist, desto höher ist die Belastbarkeit / Widerstandsfähigkeit.

#### Kriterien der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandwirtschaft (einschließlich Viehhaltung)

Aus diesen aufgestellten Thesen können Kriterien, die die Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung) bestimmen, abgeleitet werden. Diese Kriterien sollten ebenfalls in einem für jeden Landwirt zugänglichen Online-Fragebogen abgefragt werden (s. o. Kriterien der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe).

##### Exposition

- Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche im definierten Überschwemmungsgebiet
- Anteil der Vermögenswerte im definierten Überschwemmungsgebiet
- Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

##### Anfälligkeit

- Anzahl der verschiedenen Einnahmequellen (Betriebskonzept)
- Schadenspotenzial (Betriebskonzept)
- Überflutungstoleranz der Kulturen (Betriebskonzept)
- Anwendung konservierender Bodenbearbeitung (Betriebskonzept)

##### Bewältigungskapazität

- Risikovorsorge
- Bauvorsorge
- Evakuierungsverhalten
- Bindung an die Tätigkeit<sup>57</sup>

Die aus dem Systemmodell abgeleiteten Kriterien des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz erscheinen ebenfalls in der Literatur (vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; Emschergenossenschaft Hydrotec 2004: 11). Hier wird deren Verwendung zur Ermittlung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung empfohlen.

#### Kriterien der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung

Wie bereits erwähnt, ist es nicht sinnvoll für die kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsanalyse ein Systemmodell zu erstellen. Dennoch müssen Kriterien für die flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung abgeleitet werden. Gerade diese flächenbasierten räumlichen Aussagen sind für eine erste Einschätzung der Verwundbarkeit und zum Vergleich mit anderen Kommunen wünschenswert. Es wurde nach Kriterien gesucht, die insgesamt auf der Fläche die Verwundbarkeit der Landwirtschaft widerspiegeln und die ohne zusätzliche empirische Ermittlung von Daten auskommen. Die Daten für die Kriterien sollten also bereits verfügbar sein und über ein einfaches Verfahren zu einer flächenbasierten Verwundbarkeitsaussage zusammengeführt werden können. Andererseits besteht die Anforderung, dass diese grobe Verwundbarkeitseinschätzung auch der in der Realität existierenden Verwundbarkeit möglichst nahe kommt. Über die Nachfrage bei den Landwirtschaftsbehörden stellte sich heraus, dass jedes Jahr bei dem Antrag für die Auszahlung der EU-Beihilfen die jeweilige Flächenbewirtschaftung, also die angebaute Kultur pro Fläche vom Landwirt angegeben werden muss. Zudem werden in der Literatur im Zusammenhang mit der Einschätzung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung zwei Größen, und zwar das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz benannt, die beide auf Grundlage der existierenden Flächenbewirtschaftungsdaten, also der angebauten Kultur, ermittelt werden können (vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; Emschergenossenschaft Hydrotec 2004: 11).

<sup>57</sup> Siehe Fußnote in ‚Kriterien der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe‘

Das Schadenspotenzial kann als Komponente der Anfälligkeit verstanden werden. Besitzt eine Kulturart ein hohes Schadenspotenzial, dann ist sie sehr anfällig gegenüber einer Überschwemmung. Die Überflutungstoleranz wird als Größe der Bewältigungskapazität interpretiert<sup>58</sup>. Kulturen, die eine hohe Überflutungstoleranz aufweisen, besitzen eine hohe Bewältigungskapazität gegenüber einem Hochwasserereignis.

Bei der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung spielt die Exposition für die Verwundbarkeit ebenfalls eine große Rolle. Wie in Kapitel 4.2.2.1.2 beschrieben, stellen exponierte landwirtschaftliche Flächen die Vorraussetzung dar, um eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen. Wie auch bei der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung erhöht sich die Verwundbarkeit, wenn von vorhandenen potenziellen Kontaminationsquellen eine Kontaminationsgefahr auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgeht. Als Kriterien für die Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung gelten:

Exposition

- Schädigung potenzieller Kontaminationsquellen

Anfälligkeit

- Schadenspotenzial

Bewältigungskapazität

- Überflutungstoleranz

Da die beiden Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ als Größen der Anfälligkeit und der Bewältigung die verwundbaren Eigenschaften der landwirtschaftlichen Nutzflächen widerspiegeln, werden sie im Folgenden als die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften bzw. verwundbarkeitsrelevante Kriterien der Landwirtschaft bezeichnet.

#### **4.2.2.1.5 Bewertung und Aggregation**

Die aus beiden Verfahren abgeleiteten Kriterien der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität müssen bewertet werden und anschließend zu den Aussagen der einzelfallbezogenen und flächenbasierten Verwundbarkeit aggregiert werden.

#### Kommunale flächenbasierte Verwundbarkeit

Für die Ermittlung der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeit ist es sinnvoll, zunächst das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz zu verknüpfen. Diese beiden Kriterien der Anfälligkeit und der Bewältigung repräsentieren die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Diese aus beiden Kriterien resultierende verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation kann anschließend mit dem in der Expositionsanalyse festgelegten Überschwemmungsgebiet und den darin enthaltenen potenziellen Kontaminationsquellen verschnitten bzw. verknüpft werden. Daraus wird ersichtlich, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt, noch von der Schädigung potenzieller Kontaminationsquellen überlagert werden. Dazu muss die Schädigung der unterschiedlichen Kontaminationsquellen bewertet werden. Aus der Verschnidung bzw. Verknüpfung der Schädigung der Kontaminationsquellen mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation ergibt sich die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft.

Die Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften zur verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Aggregation zur flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft erfolgt über das bereits in Kapitel 4.1.2.1.5 beschriebene Verfahren der ‚logischen Verknüpfung‘.

<sup>58</sup> Bei der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung wird die Überflutungstoleranz mit zum Betriebskonzept gezählt und damit als Anfälligkeitskomponente betrachtet. Es erscheint aber sinnvoll, das Betriebskonzept eher der Anfälligkeit als der Bewältigung zuzuordnen.

## 1. Verknüpfung zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation

Zur Erleichterung der Verknüpfung der beiden Größen Schadenspotenzial und Überflutungstoleranz müssen die in der Literatur (BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; Emschergenossenschaft Hydrotec 2004: 11) vorliegenden Angaben zum Schadenspotenzial in € bzw. €/ha je Kulturart und zur maximal tolerierbaren Überflutungszeit in Tagen je Kulturart in eine rangskalierte Wertabstufung überführt werden. Das Ergebnis ist in Tabelle 4.2.1 zu sehen.

*Tabelle 4.2.1: Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz nach den Flächennutzungsklassen (eigene Zusammenstellung)*

<b>Flächennutzungsklasse / Kulturart</b>	<b>Schadenspotenzial</b>	<b>Überflutungstoleranz</b>
Getreide	II (eher gering)	II (mittel) transformiert zu II
Hackfrüchte	III (eher hoch)	I (gering) transformiert zu III
Hülsenfrüchte	I (gering)	I (gering) transformiert zu III
Ölsaaten	II (eher gering)	I (gering) transformiert zu III
Ackerfutter	II (eher gering)	I (gering) transformiert zu III
Dauergrünland	I (gering)	III (hoch) transformiert zu I
Gemüse- und sonstige Handelsgewächse	IV (hoch)	I (gering) transformiert zu III
Dauerkulturen	IV (hoch)	I (gering) transformiert zu III
Stillgelegte Flächen	I (gering)	III (hoch) transformiert zu I
Aus Erzeugung genommene Flächen	I (gering)	III (hoch) transformiert zu I

Für das Schadenspotenzial liegt somit eine vierstufige- und für die Überflutungstoleranz eine dreistufige Bewertung vor. Da nun die beiden Größen ordinalskaliert bzw. rangskaliert vorliegen, dürfen sie nur über das Verfahren der logischen Verknüpfung zur Aussage der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation zusammengeführt werden.

Vor der Durchführung der logischen Verknüpfung zur verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation muss sich, wie in Kapitel 4.1.2.1.5 bereits beschrieben, der Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit bewusst werden. Das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz besitzen folgende Bedeutung für die zu ermittelnde Verwundbarkeit der Landwirtschaft: Kulturarten mit einem hohen Schadenspotenzial, d. h. einem hohen potenziellen Ertragsverlust<sup>59</sup> bei Überschwemmung, sind als sehr verwundbar einzustufen. Kulturarten, die eine hohe Überflutungstoleranz aufweisen, sind dagegen als sehr gering verwundbar zu betrachten. Für eine vereinfachte Verknüpfung beider Kriterien wurden die Wertstufen der Überflutungstoleranz transformiert. So steht die Wertstufe I für eine hohe Überflutungstoleranz, während die Wertstufe III für eine geringe Überflutungstoleranz steht. Damit lassen sich die Wertstufen I beider Kriterien als sehr gering verwundbar interpretieren. Das in Kapitel 4.1.2.1.5 beschriebene neu entwickelte Verfahren unter Nutzung der Präferenzmatrix wird auch hier angewendet. Das heißt den ordinalen Ausprägungen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz wird mit Hilfe einer funktionalen Darstellung fachlich begründet je ein Verwundbarkeitswert zugeteilt. Aus der Zusammenführung der beiden Verwundbarkeitswerte der Kriterien ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante

<sup>59</sup> Zu den Ertragsverlusten zählen die direkten Verluste der Kulturen, aber auch indirekte Verluste wie die Beseitigung des Schwemmgutes und Verluste durch Wiederherstellungsmaßnahmen wie Neusaat oder Zukäufe.

Landwirtschaftsinformation. In der Funktion wird die gerade beschriebene Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit dargestellt. Diese zeigt also wie sich die Verwundbarkeit mit steigender Rangfolge der Ausprägungen des Kriteriums verändert.

Für die Darstellung der Funktion sollte zunächst festgelegt werden, wie viele Wertstufen die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation aufweisen soll. Danach richtet sich auch die Anzahl der Wertstufen der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm. Innerhalb des Forschungsprojektes wird zur Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation eine fünfstufige Darstellung der Ergebnisse angestrebt (siehe Erläuterungen in Kapitel 4.1.2.1.5). Demnach stellt das Funktionsdiagramm die Verwundbarkeit in fünf Wertstufen dar. Die Anzahl der Ausprägungen des Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz stehen mit der Einstufung aus der Tabelle 4.2.1 fest. Damit steht auch der abgebildete Zusammenhang – das entspricht dem Verlauf der Funktion – zwischen dem Schadenspotenzial, der Verwundbarkeit, der Überflutungstoleranz und der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm fest (siehe Abbildungen 4.2.6 und 4.2.7). Die Kommunen müssen also nicht, wie das im Bereich der Umwelt der Fall war, den Funktionsverlauf stauchen oder strecken.

Hier Abbildung 4.2.6: *Abb6\_LWB\_FKT\_SP*

*Abbildung 4.2.6: funktionaler Zusammenhang zwischen dem Schadenspotenzial und der Verwundbarkeit*

Hier Abbildung 4.2.7: *Abb7\_LWB\_FKT\_ÜT*

*Abbildung 4.2.7: Funktionaler Zusammenhang zwischen Überflutungstoleranz und Verwundbarkeit*

Beide Verläufe sind linear, d. h. mit wachsendem Schadenspotenzial und wachsenden transformierten Wertstufen der Überflutungstoleranz, erhöht sich die Verwundbarkeit gleichmäßig. Dieser lineare Zusammenhang konnte aus der Literatur abgeleitet werden vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; Emschergenossenschaft Hydrotec 2004: 11. Zudem sollte vor der Verknüpfung die Gewichtung der Kriterien klar sein. Da beide Kriterien gleich großen Einfluss auf die Verwundbarkeit haben, erfolgt keine Gewichtung der beiden Größen.

Für jede Ausprägung der beiden Kriterien kann nun aus den Funktionsverläufen eine Verwundbarkeitsstufe (= Verwundbarkeitswert) abgelesen werden. Für die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix muss überlegt werden, was das Ergebnis aus beiden abgelesenen Verwundbarkeitswerten ist. Ein geringer Verwundbarkeitswert (Wertstufe II) und ein hoher Verwundbarkeitswert (Wertstufe IV) werden bei Gleichgewichtung der beiden Kriterien eine mittlere Verwundbarkeitsstufe (Wertstufe III) zum Ergebnis haben. Das Ergebnis wird in das entsprechende Feld der Präferenzmatrix eingetragen.

Es kann aber auch vorkommen, dass der Funktionsverlauf zwei Wertstufen der Verwundbarkeit schneidet. So sind für die Ausprägung ‚geringes Schadenspotenzial‘ (Ausprägung I, siehe Abbildung 4.2.6) die Wertstufen sehr geringe und geringe Verwundbarkeit (Wertstufen I und II) abzulesen. Da sich aber der Funktionsverlauf eher in der Wertstufe sehr geringe Verwundbarkeit (Wertstufe I) befindet, würde man  $I_{II}$  ablesen, d. h. für eine Verknüpfung würde die Wertstufe ‚sehr geringe Verwundbarkeit‘ stärker zu bewerten als die Wertstufe ‚geringe Verwundbarkeit‘. Die logische Verknüpfung beider Kriterien in der Präferenzmatrix ist dann beendet, wenn für jede Kombinationsmöglichkeiten aus den Ausprägungen der beiden Kriterien ein Ergebnis in die Präferenzmatrix eingetragen ist. Diese Wertstufen in der Präferenzmatrix entsprechen den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation. Da die beiden in Abbildung 4.2.6 und Abbildung 4.2.7 dargestellten Funktionsverläufe feststehen, können die Ergebnisse aus der logischen Verknüpfung, die in der Präferenzmatrix (siehe Abbildung 4.2.8) aufgeführt sind, von den Kommunen übernommen werden. Das Verfahren der logischen Verknüpfung lässt sich in der Regel in jedem Geoinformationssystem (GIS), wie im folgenden Arbeitsschritt beschrieben, umsetzen und darstellen. In diesem Verfahren wurde die Software ArcGIS 9.2 verwendet, wodurch sich im weiteren Verlauf die Benennung der einzelnen Befehle hierauf beziehen wird. Eventuell können die Bezeichnungen in anderen Programmen abweichen.

## Hier Abbildung 4.2.8: Abb8\_LWB\_Matrix\_SP\_ÜT

Abbildung 4.2.8: Präferenzmatrix aus dem Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz

Dazu müssen zunächst die in den Landwirtschaftsbehörden vorliegenden Flächenbewirtschaftungsdaten als Thema in ein View geladen und diese, soweit noch nicht geschehen, nach den Flächennutzungsklassen bzw. Kulturarten: Getreide, Hackfrüchte, Hülsenfrüchte, Ölsaaten, Ackerfutter, Dauergrünland, Gemüse- und sonstige Handelsgewächse, Dauerkulturen, stillgelegte Flächen und aus der Erzeugung genommene Flächen klassifiziert werden. In der Attributtabelle des Themas müssen zwei neue Spalten erstellt werden. Über das Abfragefenster in der Attributtabelle sind nun nacheinander die Kulturarten abzufragen. In die neuen Spalten der markierten Datensätze werden dann die entsprechenden Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz der Tabelle 4.2.1 eingetragen. Das nach den Flächennutzungsklassen bzw. Kulturarten klassifizierte Thema wird nun zweimal in das View eingeladen. Einmal wird es nach der neuen Spalte, in der das Schadenspotenzial der Kulturarten eingegeben wurde, klassifiziert und zum anderen erfolgt die Klassifikation nach der zweiten neuen Spalte, in der die Überflutungstoleranz aufgeführt ist. Die beiden Kriterien können somit in ihren Ausprägungen ‚gering‘, ‚mittel‘ u. s. w. räumlich dargestellt werden.

Für die nächsten Arbeitsschritte wird die bereits erstellte Präferenzmatrix benötigt. Im ersten Schritt der logischen Verknüpfung im GIS wird der ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl genutzt. Dort sind die beiden zu verknüpfenden Kriterien, also das ‚Schadenspotenzial‘ und die ‚Überflutungstoleranz‘ auszuwählen. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, welches ‚Landwirtschaftsinformation‘ heißen könnte. In der dazugehörigen Attributtabelle dieses Themas erscheinen die Datensätze beider Kriterien. In der Tabelle muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Unter Nutzung des Abfragefensters der Attributtabelle müssen nun nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Kriterien abgefragt werden, z. B. Schadenspotenzial = I AND Überflutungstoleranz = II. Werden die abgefragten Datensätze markiert, muss in das markierte Feld der neuen Spalte das entsprechende Ergebnis aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind. Nun kann man sich das neue Thema ‚Landwirtschaftsinformation‘ klassifiziert nach der neuen Spalte im View anzeigen lassen. So ist die räumliche Verbreitung der Wertstufen ‚sehr gering‘, ‚gering‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘ der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation zu sehen. Sollte sich nach der Verschneidung bzw. Verknüpfung mit den Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen, wie dem nachfolgenden Punkt 3 beschrieben, herausstellen, dass die landwirtschaftlichen Nutzflächen von keiner Schadwirkung überlagert wird, so stellt die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation bereits die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft dar.

## 2. Bewertung der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Da sich die Verwundbarkeit für den Fall, dass landwirtschaftliche Nutzflächen von den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen überlagert werden, erhöht, muss die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation mit den potenziellen Kontaminationsquellen bzw. deren Schadwirkung verknüpft werden. Dazu muss die Schadwirkung der potenziellen Kontaminationsquellen zunächst bewertet werden.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe aus Altlasten während und nach dem Hochwasserereignis im Boden und angestiegenem Grundwasser nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal verläuft, erfolgt die Erhöhung der Verwundbarkeit ausschließlich dort, wo sich landwirtschaftliche Nutzflächen auf Altlastenflächen befinden. Die Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasserleiter in Fließrichtung nach dem Absinken des Grundwasserspiegels im Fall des Schadstoffeintrages in das Grundwasser wird, mit dem Ziel das Verfahren möglichst einfach zu halten, nicht mit berücksichtigt<sup>60</sup>.

<sup>60</sup> Sind Schadstoffe aus Altlasten ins Grundwasser gelangt, verbreiten sich die Schadstoffe natürlich über Jahrzehnte mit der Strömungsrichtung des Grundwassers. Da aber zur Vereinfachung des Verfahrens keine

In dem Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten nicht weiter differenziert bewertet, da aus Datenschutzgründen in den Kommunen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlastenverdachts- bzw. Altlastenflächen vorlagen. Das bedeutet, dass es für die Gefährdung durch Altlasten keine Abstufungen der Schadwirkung gibt. Möchte eine Gemeinde die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft genauer ermitteln, kann sie beispielsweise die nach der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu nutzen, das Schadpotenzial einer Altlastenverdachts- bzw. einer Altlastenfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten.

Für die Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Entfernung von der potenziellen Kontaminationsquelle Verdünnungseffekte in der Hochwasserwelle einsetzen, so dass sich die potenzielle Schadwirkung abschwächt. Dargestellt wird das über die Festlegung von drei Zonen um die potenzielle Kontaminationsquelle. Den Zonen werden Wertstufen von I-III unterschiedlicher Schadwirkungen zugeordnet. So ist in der unmittelbar an die Kontaminationsquelle angrenzenden Zone die potenzielle Schadintensität am höchsten. Sie bekommt beispielsweise den Wert III (hohe Schadwirkung) zugeordnet.

### 3. Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Die flächenbasierte Verwundbarkeitsaussage unter Berücksichtigung der potenziellen Kontaminationen durch Altlasten erhält man über die Verknüpfung der Altlastenflächen mit den landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation vorliegen. Bei der Verknüpfung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Für die landwirtschaftlichen Flächen, die sich nicht mit Altlastenflächen überschneiden, besteht keine Kontaminationsgefährdung. Auf diesen Flächen entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen. Liegt jedoch eine landwirtschaftliche Nutzfläche über einer Altlast, so werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Stufe erhöht. Diese nun von fünf auf sechs Stufen gehobene Wertabstufung entspricht der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen. Die Verknüpfung der Altlastenflächen mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation kann in einem GIS umgesetzt werden. Dazu sollte das zuvor definierte Überschwemmungsgebiet in einem View dargestellt werden. Diese Darstellung wird ergänzt, indem das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Altlastenflächen eingeladen werden. Zur Verknüpfung beider Themen wird der ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl genutzt. Dort wählt man die beiden Themen, also die ‚verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation‘ und die ‚Altlastenflächen‘ aus. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das die Datensätze beider Themen enthält. Nun muss in der Attributtabelle des neuen Themas eine neue Spalte angelegt werden. Aus der vereinten Attributtabelle wird ersichtlich, ob über einer Altlastenfläche eine landwirtschaftliche Nutzfläche liegt oder nicht. Besteht keine Überlagerung so wird für die landwirtschaftlichen Nutzflächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation in die neue Spalte übernommen. Liegt eine Überlagerung vor, so wird für diese Flächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Wertstufe hochgestuft und in die neue Spalte eingetragen. Klassifiziert man das neue Thema über die zuvor entstandene Spalte, so sieht man die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkung ausgehend von den Altlastenflächen.

Nun wird mit dem ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das definierte Überschwemmungsgebiet mit der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Altlastenwirkung

---

Grundwasserströmungsmodellierung eingesetzt werden soll und ein einsetzender Verdünnungseffekt im Grundwasser berechnet werden müsste, wird nur die unmittelbare Gefahr am Eintragsort betrachtet.

verschnitten, so dass nur noch die verwundbaren Flächen innerhalb der Überschwemmungsflächen erscheinen.

Die flächenbasierte Verwundbarkeitsaussage unter Berücksichtigung der potenziellen Kontaminationen durch Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV erhält man über die Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der Schadwirkung aus den Anlagen und Betriebsbereichen. Bei der Verknüpfung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Besteht keine Überlagerung mit der Schadwirkung aus Anlagen / Betriebsbereichen, ist keine Gefährdung zu erwarten. In diesem Fall entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV. Im Fall der Überlagerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen mit der potenziellen Schadwirkung ergibt sich die Abstufung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung ausgehend von den Anlagen und Betriebsbereichen aus der Verknüpfung der Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der unterschiedlichen Schadwirkung, repräsentiert durch die drei Zonen. Dabei werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation im Fall, dass die landwirtschaftlichen Nutzflächen in der unmittelbar der Kontaminationsquelle umgebenden Zone (Zone mit der Wertstufe III) liegen um zwei Wertstufen hochgestuft. Für den Fall, dass sich die landwirtschaftlichen Flächen mit den Zonen der Wertstufe II und I (mittlere und geringe Schadwirkung) überschneiden, werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Wertstufe erhöht (siehe Präferenzmatrix in Abbildung 4.2.9). Zur Visualisierung der Ergebnisse, sollte die Verknüpfung im GIS umgesetzt werden. Dazu wird zunächst wieder das zuvor definierte Überschwemmungsgebiet, die verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV in ein View eingeladen. Liegen die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vor, so sind beide über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl zu vereinigen. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das sowohl die Anlagen nach § 19 g WHG als auch die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV enthält. Nun sollte aus dem gerade erstellten Thema über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ ein neues Thema, z. B. ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit drei Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m<sup>61</sup> erstellt und die Puffer gleicher Distanz über ‚Dissolve ALL‘ vereinigt werden. In der Attributtabelle dieses Themas werden nun den Puffern unterschiedlicher Distanzen Wertigkeiten der Schadwirkung zugeordnet, z. B. der Distanz von 170 m eine hohe (Wertstufe III), der Distanz von 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und der Distanz von 300 m eine geringe Schadwirkung (Wertstufe I) zu. Nun erfolgt die Verknüpfung der Themen ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ und ‚verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation‘ über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Damit entsteht ein neues Thema, das die Datensätze beider Themen enthält. In der Attributtabelle des neuen Themas muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Über das Abfragefenster der Attributtabelle werden nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen abgefragt, z. B. verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation = I AND potenzielle Schadwirkung = I. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. In die neue Spalte der markierten Datensätze sind die entsprechenden Werte aus der Präferenzmatrix einzutragen, in dem Beispiel also der Wert II. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

#### Hier Abbildung 4.2.9: Abb9\_LW\_Matrix\_LWinf\_Pufferz

*Abbildung 4.2.9: Verknüpfungsmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und der Schadwirkung der Anlagen nach § 19 g WHG und der Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV*

<sup>61</sup> Die Distanzen abgestufter Schadwirkung wurden mit Hilfe von Expertengesprächen festgelegt. Obwohl die schädliche Wirkung von Kontaminationen nur in Fließrichtung auftreten kann, wird zur Vereinfachung des Verfahrens und um der Unberechenbarkeit des exakten Abflusses Rechnung zu tragen ein ringförmiger Bereich mit einheitlichem Abstand um die Kontaminationsquelle angenommen. Die tatsächliche Ausbreitungsfähigkeit der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle kann nicht ohne Zuhilfenahme komplexerer Verfahren ermittelt werden.

Wird das vereinte Thema über die neue Spalte klassifiziert, so sieht man die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkung ausgehend von den Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

Nach der Verschneidung des Überschwemmungsgebiets mit dem neuen Thema über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl, erscheinen nur noch die verwundbaren Nutzflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen.

#### 4. Aggregation zur flächenbasierten Landwirtschaftsverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenzieller Kontaminationsquellen

Um die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu ermitteln, müssen die potenziellen Schadwirkungen ausgehend von den Altlastenflächen, den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen gemeinsam betrachtet werden. Werden landwirtschaftliche Nutzflächen gleichzeitig von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen und den Schadwirkungen aus Anlagen/ Betriebsbereichen überlagert, so müssen die beiden Ergebnisse aus Punkt 3 (Verwundbarkeit unter Berücksichtigung der Schadwirkungen aus Altlasten, Verwundbarkeit unter Berücksichtigung der Schadwirkungen aus Anlagen/ Betriebsbereichen) verknüpft werden. Dabei bestehen nun vier mögliche Fälle. Im ersten Fall wird die landwirtschaftliche Nutzfläche von keiner potenziellen Schadwirkung bedroht. Damit entspricht die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation der endgültigen Verwundbarkeit der Landwirtschaft. Im zweiten Fall gehen nur von Altlastenflächen Gefahren für die darüber liegende landwirtschaftliche Nutzfläche aus und im dritten Fall bestehen nur von Anlagen und Betriebsbereichen potenzielle Schadwirkungen auf die Nutzflächen. In den Fällen 2 und 3 werden die Verwundbarkeitsabstufungen aus den beiden Ergebnissen von Punkt 3 übernommen. Diese stellen nun die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft dar. Für den vierten Fall, dass eine landwirtschaftliche Nutzfläche gleichzeitig von der potenziellen Schadwirkung aus Altlasten und aus Anlagen bzw. Betriebsbereichen bedroht wird, erhöht sich auf diesen Flächen die hochwasserbedingte Verwundbarkeit.

Im GIS wird dieser Schritt wie folgt umgesetzt: Die beiden resultierenden Themen aus Punkt 3, also die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten und die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus den Anlagen/ Betriebsbereichen, müssen in ein View eingeladen werden. Ist zu erkennen, dass sich beide Themen überlagern, erfolgt die Verknüpfung beider Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht ein neues Thema, das beispielsweise ‚Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ heißen könnte. Nun wird in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte angelegt. In der Tabelle sind die beiden beschriebenen Fälle erkennbar. Für die Nutzflächen bzw. für die Datensätze der Nutzflächen, die keiner potenziellen Schadwirkungen ausgesetzt sind, bleibt die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation bestehen. Sie werden so in die neue Spalte eingegeben. Im zweiten Fall, bei dem nur von Altlastenflächen Gefahren für die darüber liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgehen, wird die Erhöhung der Verwundbarkeitsstufe um eine Klasse entsprechend Punkt 3 vorgenommen und in das Feld eingetragen. Im Fall, dass nur von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV potenzielle Schadwirkungen auf die Nutzfläche ausgehen, bleibt die Verwundbarkeitsabstufung aus der in Abbildung 4.2.9 dargestellten Präferenzmatrix bestehen. Überlagern sich die potenziellen Schadwirkungen aus den Altlastenflächen und den Anlagen/ Betriebsbereichen, erfolgt in die neue Spalte eine Wertzuweisung entsprechend der in Abbildung 4.2.10 bereits vorgegebenen Präferenzmatrix. Über das Abfragefenster der Attributtabelle sind nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen abzufragen, z. B. Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten = II AND Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Anlagen/ Betriebsbereichen = II. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. Dann wird in die neue Spalte der markierten Datensätze der entsprechende Wert aus der Präferenzmatrix, in dem Beispiel also den Wert III, eingetragen. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

### Hier Abbildung 4.2.10: Abb10\_LW\_Matrix\_VerwAnl\_VerwAlt

Abbildung 4.2.10: Verknüpfungsmatrix aus der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkungen von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen und der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV

Das neue Thema 'Verwundbarkeit der Landwirtschaft' wird nun über die neue Spalte klassifiziert. Somit sind im GIS die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften landwirtschaftlichen Nutzflächen unter Berücksichtigung aller potenziellen Schädwirkungen sichtbar. Es handelt sich dabei um landwirtschaftliche Nutzflächen, die im definierten Überschwemmungsgebiet verwundbar sind.

### Einzelfallbezogene Verwundbarkeit

Die aus den beiden Systemmodellen abgeleiteten Kriterien der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität werden in den Online-Fragebögen für die Gartenbaubetriebe und für die Ackerland- und Grünlandbewirtschaftung einzeln abgefragt (siehe Anhang C I). Mit der Beantwortung dieser Fragebögen kann jeder Landwirt seine eigene individuelle Verwundbarkeit ermitteln. Der Online-Fragebogen muss mit einem Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus hinterlegt werden, so dass direkt am Bildschirm eine Auswertung der individuellen Eingaben erfolgen kann. Dieser Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus sollte so abstrakt sein, dass dieser alle möglichen Eingabefälle berücksichtigt.

Für die Auswertung erscheint es sinnvoll, zunächst die Kriterien innerhalb der Fragebogenabschnitte 'Exposition', 'Anfälligkeit' und 'Bewältigungskapazität' zu verknüpfen, das bedeutet die Antwortmöglichkeiten jeder Frage pro Abschnitt zu verknüpfen. Durch die Gliederung des Fragebogens in 'Exposition', 'Anfälligkeit' und 'Bewältigungskapazität' kann der Landwirt über die drei getroffenen Einzeleinschätzungen sehen, bei welchen Bereichen der Verwundbarkeit Handlungsbedarf besteht. Erst in einem zweiten Schritt erfolgt dann die Aggregation der drei Einzelaussagen zur einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsaussage.

Eine Besonderheit ist noch für die Bewältigungskapazität zu erwähnen. Hier erfolgt zunächst eine getrennte Ermittlung der Bewältigungskapazität I, welche die Kriterien Risiko- und Bauvorsorge und Evakuierungsverhalten umfasst und der Bewältigungskapazität II, welche die Bindung an die Tätigkeit beinhaltet. Die getrennte Einschätzung ist für die Landwirte hilfreich. Die Bewältigungskapazität I kann der Landwirt aktiv über sein Verhalten verbessern, während die Bewältigungskapazität II zwar für eine zu treffende Aussage der Bewältigungskapazität insgesamt benötigt wird, aber kaum von den Landwirten beeinflusst werden kann, da er dazu seine Einstellung bzw. Mentalität ändern müsste.

Zur Erläuterung des Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus wird zu jedem Schritt ein Beispiel beschrieben. Die Antwortmöglichkeiten in den Fragebögen wurden so formuliert, dass sie rangskaliert bewertet werden können. Jede Antwortmöglichkeit bekam zunächst entsprechend ihrer Einreihung in die Rangskala eine Wertstufe zugeteilt. Die Zuordnung der Antwortmöglichkeiten zu Wertstufen ist im Anhang C II nachzuvollziehen. Mit ihrer Rangskalierung dürfen die Antworten pro Abschnitt formal nur durch logische Verknüpfung zusammengeführt werden (siehe Kapitel 4.1.2.1.5). Das hieße für den ersten Abschnitt 'Exposition', dass man 64 Fälle<sup>62</sup> einzeln betrachten und nach logischen Gesichtspunkten ein Ergebnis der Exposition zuteilen müsste. Dieser Aufwand schien zu groß. Zur Vereinfachung wurden die vergebenen Wertstufen je Antwort als Punktwerte betrachtet, die auch arithmetisch über Addition und Multiplikation zusammengeführt werden dürfen.

Beispiel:

Erfassung der Exposition (Abschnitt 1)

Frage 1

<sup>62</sup> Diese Anzahl ergibt sich aus der Multiplikation der einzelnen Ausprägungen je Frage:  $4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$

- |    |   |                        |
|----|---|------------------------|
| 1. | Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ-100/ EHQ <sup>63</sup> liegt? | <b>Wert-<br/>stufe</b> |
| a) | Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsbereich  | <b>I</b>               |
| b) | 1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet   | <b>II</b>              |
| c) | mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet                               | <b>III</b>             |
| d) | mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet  | <b>IV</b>              |

Dann wurde jeder gestellten Frage pro Abschnitt ein Gewicht zugeordnet. Die Gewichtung der Fragen bzw. Antworten wurde anhand der aufgestellten Systemmodelle, basierend auf den Betroffenen- und Experteninterviews, vorgenommen. Die Gewichtungsfaktoren sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Beispiel:

Gewichtung der Einzelkriterien (Fragen) der Exposition (Abschnitt 1)

Frage 1: Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche	dreifach	3/7	0,43
Frage 2: Anteil der landwirtschaftlichen Vermögenswerte	dreifach	3/7	0,43
Frage 3: Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen	einfach	1/7	0,14

Die Angabe ‚dreifach‘ in der Tabelle bedeutet, dass die Exposition der landwirtschaftlichen Nutzflächen und der Vermögenswerte im Systemmodell ein dreifaches Gewicht bekommen. Dieses dreifache Gewicht spiegelt sich im Systemmodell in der Stärke der Wirkbeziehungen wider. In Abbildung 4.2.5 wird deutlich, dass das Systemelement Exposition mit einem dicken Pfeil (der Stärke 3) in das Systemmodell eingebunden ist. Das Systemelement Kontaminationsgefahr, das durch das Kriterium Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen repräsentiert wird, ist dagegen nur mit einfachem Gewicht in das Systemmodell eingebunden. Der Gewichtungsfaktor je Frage bzw. Antwortmöglichkeit ergibt sich aus dem Gewicht der einzelnen Frage geteilt durch die Gesamtsumme der Gewichte pro Abschnitt.

Dann wurde jeder mögliche Eingabefall je Abschnitt notiert.

Beispiel:

Eingabefälle des Abschnitts 1

I+I+I, d. h. Bei der Frage 1 des Fragebogens wurde die Antwort, die mit ‚I‘ bewertet wurde, angegeben. Auch bei den Fragen 2 und 3 wurden die Antworten gewählt, die jeweils mit ‚I‘ bewertet wurden

II+I+I

II+I+II

I+II+I

I+II+II

II+II+I

II+II+II

I+II+III

I+III+II

II+I+III

II+III+I...

usw.

Das Ergebnis pro Abschnitt erhält man, in dem der Mittelwert aus den gewichtete Eingaben bestimmt wird, d. h. die Wertstufe jeder der Antworten wird mit seinem ihm zugeteilten Gewicht multipliziert und anschließend zum Ergebnis pro Abschnitt addiert.

<sup>63</sup> Der Fragebogen ist so konzipiert, dass der Landwirt seine individuelle Verwundbarkeit für zwei verschiedene Hochwasserszenarien ermitteln kann, in dem Fall für ein 100-jährliches Hochwasser und für ein Extremhochwasser. Da der Landwirt zur Beantwortung der Fragen auf die Überschwemmungskarten der Kommune zurückgreifen muss, ist er bei der Bestimmung seiner Verwundbarkeit an die von der Kommune festgelegten Überschwemmungsgebiete gebunden.

Beispiel:

Berechnungsvorschrift des Abschnitts 1

Wertstufe Frage 1 \* 0,43 + Wertstufe Frage 2 \* 0,43 + Wertstufe Frage 3 \* 0,14

<u>Eingabefälle</u>	<u>Berechnung</u>
I+I+I	1
I+I+II	1,29
I+II+I	1,29
II+I+I	1,43
I+II+II	1,57
I+I+III	1,57
I+III+I	1,57
II+I+II	1,71
II+II+I	1,71
III+I+I	1,86
I+I+IV...	1,86...
usw.	

Mit dem Ziel die Ergebnisse in einer fünfstufigen Bewertung (sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch) darzustellen, wurde die Spanne zwischen dem geringsten und höchsten Mittelwert pro Abschnitt so unterteilt, dass fünf gleich große Klassen entstanden. So ist dem gebildeten Mittelwert pro Abschnitt leicht seine entsprechende Wertstufe zuzuordnen. Aus der Zusammenführung der Wertstufen je Abschnitt erhält man die Verwundbarkeitsaussage.

Beispiel:

Klassenbildung des Abschnitts 1

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 4

Klassenzuordnung des Abschnitts 1

I	1,00-1,59
II	1,60-2,19
III	2,2-2,79
IV	2,8-3,39
V	3,4-4,00

Eingabefälle Berechnung Klassenzuordnung

I+I+I	1	I
I+I+II	1,29	I
I+II+I	1,29	I
II+I+I	1,43	I
I+II+II	1,57	II
I+I+III	1,57	II
I+III+I	1,57	II
II+I+II	1,71	II
II+II+I	1,71	II
III+I+I	1,86	II
I+I+IV	1,86	II
I+IV+I...	1,86...	II...
usw.		

Eine Besonderheit liegt für den Fragebogen für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich. Viehhaltung) vor. Hier gibt es für Abschnitt 2 und 3 verschiedene Fälle. Diese richten

sich nach den Filterfragen und den damit auszulassenden Fragen im Fragebogen. Diese müssen bei der Auswertung über den Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus berücksichtigt werden (siehe Anhang C II).

Anschließend wurde den drei Ergebnissen je Abschnitt, dargestellt durch die Wertstufen I-V, je ein Gewicht zugeteilt. Das Gesamtergebnis, das die individuelle hochwasserbedingte Verwundbarkeit des Landwirts darstellt, ergibt sich aus dem Mittelwert der gewichteten Abschnittsergebnisse. Auch dieser Mittelwert wird wie bereits beschrieben über die vorgenommene Klasseneinteilung eine Wertstufe zugeteilt. Diese Wertstufen entsprechen den Wertstufen der Verwundbarkeit. Die ausführlichen Bewertungs- und Aggregationsalgorithmen, die den beiden Online-Fragebögen hinterlegt werden, befinden sich im Anhang C II.

#### **4.2.2.1.6 Handlungsempfehlungen**

Die im Folgenden beschriebenen Handlungsempfehlungen sollen der Reduktion oder im günstigsten Fall der Vermeidung der ermittelten Verwundbarkeit dienen.

##### Kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung

Da sich die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft, dargestellt über das Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz der angebauten Kulturen, und der möglichen Schädwirkungen aus den Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Störfallbetrieben und Altlastenflächen ergibt, können sich die Handlungsempfehlungen zur Reduzierung der Verwundbarkeit auch nur auf diese Aspekte beschränken.

Da die Landwirtschaftsbehörden nach der Durchführung des vorgestellten Verfahrens über Karten der flächenbasierten Verwundbarkeit verfügen, sollten sie verstärkt die Landwirte ansprechen, deren Flächen im Überschwemmungsgebiet durch die dort angebauten Kulturen als sehr hoch oder hoch verwundbar eingestuft sind. In ihrem eigenen Interesse sollte diesen Landwirten geraten werden, hochwasserangepasst zu bewirtschaften, d. h. solche Kulturen zu wählen, die sowohl überflutungstolerant sind, aber auch ein geringes Schadenspotenzial aufweisen. Dabei könnten über die Landwirtschaftsbehörden direkt Listen von Kulturen erstellt werden, die nach ihrem Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz eingestuft werden. Da Überschwemmungen nicht in jeder Kommune gleich häufig auftreten, werden Landwirte, die in bisher sehr selten überschwemmten Bereichen wirtschaften, nicht die Notwendigkeit der Umstellung sehen. Eine Beratung durch die zuständigen Behörden oder im Internet veröffentlichte Hinweise der Behörden können dennoch Interesse wecken. Letzten Endes verbleibt die Wahl der angebauten Kulturen beim Landwirt. Er wird diese Wahl vorrangig von den zu erzielenden Marktpreisen und den Förderangeboten der EU abhängig machen. Aus diesem Grund könnte durch die EU über verschiedene Programme ein Anreiz für eine an potenziell auftretende Überschwemmungen angepasste Bewirtschaftung erfolgen.

Auf die potenziellen Schädwirkungen ausgehend von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Störfallbetrieben und Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen haben die Landwirte keinen Einfluss. Es sei denn, sie betreiben beispielsweise selbst Heizölanlagen. In diesen Fällen könnte auch über die zuständigen Landwirtschaftsbehörden eine Beratung hinsichtlich der Umrüstung auf alternative Heizmöglichkeiten erfolgen. Ansonsten sollte die hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Landwirtschaft über die verstärkte Sicherung oder Vermeidung von potenziellen Schadquellen reduziert werden. Welche Maßnahmen dazu getroffen werden könnten, sind in Kapitel 4.1.2.1.6 vermerkt.

##### Einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung

Bei der Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit können die Handlungsempfehlungen direkt bei der Online-Auswertung der Fragebögen gegeben werden. Dabei ist es sinnvoll, die Handlungsempfehlungen nach jedem ausgefüllten Abschnitt (Exposition, Anfälligkeit,

Bewältigungskapazität) zu geben, damit der Landwirt genau weiß, in welchen Bereichen seine Schwächen liegen. Die Handlungsempfehlungen können sich natürlich nur auf die abgefragten Kriterien pro Abschnitt beziehen. Bei einem schlechten Abschneiden im Abschnitt ‚Exposition‘ wird vorgeschlagen, darüber nachzudenken, Alternativflächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu bewirtschaften, sofern Flächen verfügbar sind. Im Fall der Acker- und Grünlandbewirtschaftung kann zudem empfohlen werden, Vermögenswerte außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu lagern. Für das Kriterium ‚Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen‘ kann nur darauf verwiesen werden, eigene Schadquellen wie Heizöltanks durch Umrüstung auf alternative Heizquellen aus dem Überschwemmungsgebiet zu beseitigen. Ansonsten liegt es nicht im Einflussbereich des Landwirts die Schadwirkung, der er potenziell ausgesetzt ist, zu vermeiden.

Bei einem schlechten Ergebnis im Abschnitt ‚Anfälligkeit‘ wird den Landwirten nahe gelegt, das Risiko von Ernteausfällen durch Überschwemmung zu streuen, indem mehrere Kulturen angebaut werden und zusätzliche Einnahmequellen geschaffen werden. Im Bereich der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung) wird dem Landwirt vorgeschlagen, möglichst überflutungstolerante Kulturen mit geringem Schadenspotenzial anzubauen. Betreibt ein Landwirt auf den Ackerbauflächen im Überschwemmungsgebiet keine konservierende Bodenbearbeitung, so wird dies in Zukunft zur Vorbeugung gegen Bodenerosion empfohlen.

Bei einem schlechten Abschneiden im dritten Abschnitt ‚Bewältigungskapazität‘ wird vorgeschlagen, verstärkt bauliche Maßnahmen zum Hochwasserschutz zu treffen, eine Versicherung abzuschließen und / oder Vermögenswerte so zu lagern, dass sie jederzeit schnell evakuiert werden können. Neben diesen direkten Hinweisen, sollte auf der Homepage der Landwirtschaftsbehörde, auf der auch die Online-Fragebögen erscheinen, eine Kontaktadresse stehen, um sich bei Bedarf von den Landwirtschaftsbehörden hinsichtlich einer hochwasserangepassten Bewirtschaftung und eines richtigen Verhaltens im Hochwasserfall beraten zu lassen. Die Landwirtschaftsbehörden können, wenn eine Beratung gewünscht ist, individuelle Handlungsempfehlungen geben. Über die Auswertung der eingegebenen Fragebögen können sie auch in Broschüren oder im Internet allgemeine Handlungsempfehlungen geben.

Aus den erstellten Systemmodellen wird ersichtlich, dass die Exposition im Vergleich zu den Systemelementen, die die Anfälligkeit (Systemelement ‚Betriebskonzept‘) und die Bewältigungskapazität (Systemelemente ‚Risikovorsorge‘, ‚Bauvorsorge‘, ‚Evakuierungsverhalten‘ und ‚Bindung an die Tätigkeit‘) widerspiegeln, eine große Bedeutung für die Verwundbarkeit hat. Das ist an der Pfeilstärke, mit der das Systemelement Exposition in die Systemmodelle eingebunden ist, zu erkennen. Das heißt um die Verwundbarkeit wirkungsvoll zu senken, sollte zunächst versucht werden, die Exposition zu senken oder ganz zu vermeiden. Durch Verlagerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen oder von Vermögenswerten aus dem Überschwemmungsgebiet könnte das erreicht werden. Dieses besondere Gewicht der Exposition sollte auch in der online erscheinenden Handlungsempfehlung für den Abschnitt Exposition betont werden. So könnte der Rat gegeben werden, möglichst bei der Verminderung und der Vermeidung der Exposition anzusetzen, um die individuelle Verwundbarkeit zu senken.

#### **4.2.2.2 Vorstellung der Assessment-Methode**

Die Assessment-Methode, die bereits in Kapitel 4.2.2.1 beschrieben wurde, wird in dem Leitfaden zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft umgesetzt (vgl. Anhang A). Da der Leitfaden auch unabhängig von den ausführlichen Erläuterungen dieses Abschlussberichts in den Kommunen angewendet werden soll, muss er so aufgebaut sein, dass er als eigenständiges Werk zu verstehen ist und seine enthaltenen Verfahrensschritte ohne Beschreibungen des Abschlussberichtes von den Kommunen durchgeführt werden können. Der Leitfaden enthält für die Kommunen konkrete Anweisungen zur Ermittlung der flächenbasierten Landwirtschaftsverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen. Der in Kapitel 4.2.2.1.5 erläuterte Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit ist nicht im Leitfaden enthalten. Dieser muss unabhängig von einem Leitfaden an die entsprechenden Landwirtschaftsbehörden gereicht werden und dort von der EDV-Abteilung auf deren Internetseite eingearbeitet werden.

Das beschriebene abstrakte Verwundbarkeitskonzept für die flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung wird also im Leitfaden (vgl. Anhang A) detailliert beschrieben und in Verfahrensschritten umgesetzt. Im Vergleich zu dem Leitfaden bieten die Ausführungen des hier vorliegenden Endberichts zudem eine detaillierte Darlegung der Herleitung der wissenschaftlichen Konzepte und des Verwundbarkeitskonzepts, insbesondere bezogen auf das Systemmodell und die dahinter stehenden Annahmen. Zudem führt dieser Endbericht konkrete Handlungsempfehlungen auf, die Möglichkeiten zur Verwundbarkeitsreduzierung beinhalten.

aufgeführt, da jede Kommune individuell entscheiden muss, inwieweit sie die Ergebnisse aus der Verwundbarkeitsermittlung für akzeptabel hält.

Im Leitfaden (vgl. Anhang A) wird zunächst der Begriff Landwirtschaft kurz definiert und abgegrenzt, die abgeleiteten Kriterien werden nur benannt und deren Bedeutung für die Verwundbarkeit kurz erläutert. Den Hauptteil bilden konkrete Bewertungs- und Aggregationsverfahren, die bereits in Kapitel 4.2.2.1.5 erläutert sind, um die Kriterien zur verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und diese mit den Schädwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen zu verknüpfen, um so eine Aussage zur Verwundbarkeit zu erhalten.

Der Hauptteil umfasst die Expositions- und die Verwundbarkeitsanalyse. Die Expositionsanalyse beinhaltet die folgenden Verfahrensschritte:

- Festlegung eines Hochwasserszenarios (Exposition)
- Expositionstest 'Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet?'
- 

Die Verwundbarkeitsanalyse enthält die Verfahrensschritte:

- Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation
- Bestimmung und Verortung der Kontaminationsquellen
- Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Schädwirkungen aus Altlastenflächen
- Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den potenziellen Schädwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV
- Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller exponierten potenziellen Kontaminationsquellen.

Jeder Verfahrensschritt wird durch eine allgemeine Erläuterung, die Beschreibung der konkret durchzuführenden Arbeitsschritte, einem Beispiel und Hinweisen zum Umgang mit Datenlücken untersetzt. Da es sich um räumliche Analysen handelt, sind die Arbeitsschritte mit Hilfe eines Geoinformationssystems (GIS) durchzuführen. Die Beispiele wurden mit der Software ArcGIS 9.2 erstellt. Die notwendigen Funktionen, um die Arbeitsschritte umzusetzen, sind jedoch auch in anderen Geoinformationssystemen enthalten.

Im angehängten Leitfaden (vgl. Anhang A) wird das Verfahren zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft anhand von Beispielen aus der Stadt Dresden aufgezeigt, d. h. als Datengrundlage für die Kriterien dienen die aus dem Umweltamt der Stadt Dresden und dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft stammenden Daten.

#### ***4.2.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung***

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen anhand der Stadt Dresden vorgestellt. Dabei werden die Ergebnisse aus den einzelnen Verfahrensschritten präsentiert. Die konkreten Arbeitsschritte, die zu diesem Ergebnis führen, sind in Kapitel 4.2.2.1.5 beschrieben. Darüber hinaus hat die Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten

Verwundbarkeit der Landwirtschaft für die Stadt Dresden gezeigt, dass die bisher abgeleiteten Kriterien nicht geeignet sind, um die Verwundbarkeit der Landwirtschaft von Kommunen untereinander zu vergleichen. Zu Vergleichszwecken müssen andere, relative Größen, bemüht werden. Diese werden nach der beispielhaften Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft vorgestellt. Da die erstellten Online-Fragebögen zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit noch nicht auf der Homepage der Landwirtschaftsbehörde in Dresden erschienen sind, konnten sie auch noch nicht von Landwirten ausgefüllt werden. Aus diesem Grund steht ein Test, ob sich die Fragebögen in der Praxis bewähren, ebenfalls noch aus. Dieser konnte im Rahmen des Forschungsprojektes nicht mehr geleistet werden.

#### **4.2.3.1 Beispielhafte Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft**

##### Expositionsanalyse

Entsprechend des Verwundbarkeitskonzeptes erfolgt zunächst die Expositionsanalyse. Dazu müssen die landwirtschaftlichen Nutzflächen mit einem definierten Überschwemmungsgebiet überlagert werden. Für Dresden wurde in diesem Fall ein Extremhochwasserereignis (Pegel 10,00 m) gewählt. Abbildung 4.2.11 zeigt deutlich, dass sich landwirtschaftliche Nutzflächen in den Überschwemmungsflächen des Extremhochwasserereignisses befinden. Eine Verwundbarkeitsanalyse wird allerdings erst dann notwendig, wenn eine Kommune den Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen als bedeutend einstuft. Um dieses Verfahren der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung beispielhaft durchzuführen, wurde der Anteil für Dresden als bedeutend eingeschätzt. Somit ist die Landwirtschaft als verwundbar zu betrachten. Zur genauen Bestimmung der Verwundbarkeit ist nun eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen.

Hier Abbildung 4.2.11: Karte1\_LWB\_Expositionstest  
*Abbildung 4.2.11: Expositionstest für die Stadt Dresden*

Die Expositionsanalyse könnte erschwert werden, wenn die landwirtschaftlichen Flächennutzungsdaten nicht vollständig vorliegen. So lagen z. B. in Dresden viele gartenbaulich genutzte Flächen über die Flächenbewirtschaftungsdaten der Landwirtschaftsbehörde nicht vor. In diesen Fällen sollte z. B. auf ATKIS-Daten oder andere Daten, die die Flächenbewirtschaftung in der Landwirtschaft enthalten, zurückgegriffen werden.

##### Verwundbarkeitsanalyse

Zunächst wird unabhängig vom festgelegten Überschwemmungsgebiet und den darin enthaltenen potenziellen Kontaminationsquellen (Exposition) die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation ermittelt. Somit erhält man zunächst die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation innerhalb des ganzen Stadtgebietes. Sie ergibt sich wie in den Kapiteln 4.2.2.1.4 und 4.2.2.1.5 beschrieben aus den verwundbarkeitsrelevanten Kriterien der Landwirtschaft ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘. Den Flächennutzungsklassen bzw. Kulturarten, die über die Flächenbewirtschaftungsdaten aus dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft vorliegen, konnten aufgrund von Literaturangaben Wertstufen der beiden Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ zugeordnet werden (siehe Abbildungen 4.2.12 und 4.2.13).

Hier Abbildung 4.2.12: Karte2\_LWB\_Schadenspotenzial  
*Abbildung 4.3.12: Schadenspotenzial der landwirtschaftlichen Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden*

Hier Abbildung 4.2.13: Karte3\_LWB\_Überflutungstoleranz  
*Abbildung 4.2.13: Überflutungstoleranz landwirtschaftlichen Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden*

Über die Darstellung von Funktionen, die die Bedeutung der beiden verwundbarkeitsrelevanten Kriterien für die Verwundbarkeit verdeutlichen und über die logische Verknüpfung in der

Präferenzmatrix (siehe Kapitel 4.2.2.1.5) kann die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation räumlich abgebildet werden (siehe Abbildung 4.2.14). Werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht von den Schadwirkungen ausgehend von potenziellen Kontaminationsquellen überlagert, so entsprechen die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation den Wertstufen der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft.

**Hier Abbildung 4.2.14: Karte4\_LW\_LWinformation**

*Abbildung 4.2.14: verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation, dargestellt für die Stadt Dresden*

Probleme treten bei der Interpretation der Karten nur dann auf, wenn den Kommunen für die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine vollständigen Bewirtschaftungsdaten vorliegen. Bei der Interpretation der Verwundbarkeit muss dann darauf geachtet werden, dass sich hinter 'weißen Flecken' auf der Karte durchaus auch verwundbare landwirtschaftliche Nutzflächen verbergen können.

Da sich die Verwundbarkeit der Landwirtschaft aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und möglichen Schadwirkungen ausgehend von Kontaminationsquellen ergibt, muss geprüft werden, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen in einem Hochwasserfall über Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV gefährdet werden könnten. Aus diesem Grund müssen die landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegen mit den Altlastenflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen des Extremereignisses verknüpft werden. Werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen von der Schadwirkung einer Altlast gefährdet, so wird die Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Stufe erhöht. Damit geht die Darstellung in eine sechsstufige Wertabstufung über. Das Ergebnis ist für das Beispiel Dresden in Abbildung 4.2.15 zu sehen.

**Hier Abbildung 4.2.15: Karte5\_LWB\_Verw\_Altlasten**

*Abbildung 4.2.15: flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Dresden*

Auch hier gilt zu beachten, dass die dargestellten verwundbaren landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht vollständig sein müssen. Liegen nicht für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen Flächenbewirtschaftungsdaten vor, so können hier keine Aussagen zur Verwundbarkeit gemacht werden. In Dresden konnten bei fehlenden Flächenbewirtschaftungsdaten auf ATKIS-Daten zurückgegriffen werden.

In einem weiteren Schritt wird geprüft, ob neben den potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten auch eine Kontaminationsgefährdung aus den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgehen. Zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkungen aus diesen Anlagen und Betriebsbereichen müssen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit dem Schadwirkungen der Anlagen und Betriebsbereiche innerhalb des festgelegten Extremhochwasserbereich verknüpft werden. Der Einflussbereich der Schadwirkungen wird durch die drei Zonen unterschiedlicher Schadintensität dargestellt. Die Festlegung der Distanzen der Zonen erfolgte mit Hilfe von Experteneinschätzungen. Werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen von der Schadwirkung einer Anlage oder eines Betriebsbereichs gefährdet, so wird die Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation bei Überlagerung mit der unmittelbar an die Kontaminationsquelle angrenzenden Zone um zwei Stufen, ansonsten um eine Stufe erhöht. Damit geht die Darstellung in eine siebenstufige Wertabstufung über. Das Ergebnis der räumlichen Analyse wird in Abbildung 4.2.16 gezeigt.

**Hier Abbildung 4.2.16: Karte6\_LWB\_Verw\_Anlagen**

*Abbildung 4.2.16: Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Dresden*

Auch hier ist wieder bei der Interpretation der Karte zu beachten, dass aufgrund fehlender Flächenbewirtschaftungsdaten einige verwundbare landwirtschaftliche Nutzflächen nicht dargestellt werden.

Die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen ist für die Stadt Dresden in Abbildung 4.2.17 dargestellt. Hierbei wurden die Einflussbereiche der Schadwirkungen aller potenziellen Kontaminationsquellen mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation überlagert bzw. verknüpft. Damit erhöht sich an den Stellen, an denen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation gleichzeitig den potenziellen Schadwirkungen von Altlasten und von Anlagen / Betriebsbereichen ausgesetzt sind, die Verwundbarkeit. Die Darstellung in sieben Stufen bleibt erhalten.

**Hier Abbildung 4.2.17: Karte7\_LWB\_Verw\_ALLpotSQ**

*Abbildung 4.2.17: Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Dresden*

Auch hier muss bei der Interpretation der Karte beachtet werden, dass das Ergebnis nicht vollständig sein muss.

#### **4.2.3.2 Vergleichsindikatoren der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft**

Um verschiedene Kommunen hinsichtlich ihrer flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft vergleichen zu können, genügen diese räumlichen Darstellungen nicht. Es müssen direkt messbare Größen bemüht werden. Diese lassen sich aus der kartographischen Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation nach der Verschneidung und Verknüpfung mit den potenziellen Kontaminationsquellen ermitteln. Folgende Indikatoren könnten dazu herangezogen werden:

##### Indikatoren der Exposition

- Anteil der im Überschwemmungsgebiet exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen gemessen an den gesamtstädtischen landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Anteil der durch potenzielle Kontaminationsquellen gefährdeten landwirtschaftlichen Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt, gemessen an allen exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt

##### Indikator der Anfälligkeit

- Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten landwirtschaftlichen Flächen mit Schadenspotenzial in den Wertstufen I, II, III, IV gemessen an allen exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen für die das Schadenspotenzial angegeben werden kann

##### Indikator der Bewältigungskapazität

- Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten landwirtschaftlichen Flächen mit Überflutungstoleranz in den Wertstufen I, II, III gemessen an allen exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen für die die Überflutungstoleranz angegeben werden kann

##### Indikator der Verwundbarkeit

- Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten Verwundbarkeitsflächen mit in den Wertstufen I, II, III, IV, V gemessen an allen exponierten Verwundbarkeitsflächen

Da sich diese Indikatoren auf die je vorhandenen Daten in den Kommunen beziehen, ist die Vergleichbarkeit zwischen Kommunen trotz unterschiedlicher Datenlage gesichert.

Für das Beispiel Dresden wurden innerhalb der festgelegten Überschwemmungsfläche des Extremereignisses folgende Werte ermittelt:

- Exposition I: Anteil der im Überschwemmungsgebiet exponierten Flächen: ca. 10 %

Mit 10 % liegt ein relativ geringer Anteil der landwirtschaftliche Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet. Um das Verfahren zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft beispielhaft für Dresden durchzuführen, wurden diese 10 % als bedeutend eingestuft. Somit wurde die Durchführung der Verwundbarkeitsanalyse erforderlich.

- Exposition II: Anteil der durch potenzielle Kontaminationsquellen gefährdeten landwirtschaftlichen Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet: ca. 53 %

Von den wenigen landwirtschaftlichen Nutzflächen, die innerhalb der Überschwemmungsfläche eines Extremhochwassers liegen, werden mehr als die Hälfte (53 %) von den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen gefährdet. Dieser Wert ist sehr hoch. Es verdeutlicht, dass viele potenzielle Kontaminationsquellen gerade in Flussnähe zu finden sind.

- Anfälligkeit:
 

gering (I)	ca. 53 %
eher gering (II)	ca. 28 %
eher hoch (III)	ca. 1 %
hoch (IV)	ca. 18 %

Bei der Anfälligkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen sind die Wertstufen der geringen und eher geringen Anfälligkeit dominierend. Ca. 19 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen, weisen eher hohe und hohe Wertstufen auf, d. h. diese Flächen werden von den Landwirten nicht hochwasserangepasst bewirtschaftet.

- Bewältigungskapazität:
 

gering (I)	ca. 26 %
mittel (II)	ca. 22 %
hoch (III)	ca. 52 %

Bei der Bewältigungskapazität der landwirtschaftlichen Nutzflächen ist die Wertstufe der hohen Bewältigungskapazität mit ca. 52 % dominierend. Ca. 26 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen weisen jedoch eine geringe Bewältigungskapazität auf, d. h. diese Flächen werden von den Landwirten nicht hochwasserangepasst bewirtschaftet.

- Verwundbarkeit:
 

besonders gering (I)	25 %
sehr gering (II)	17 %
gering (III)	25 %
mittel (IV)	11 %
hoch (V)	9 %
sehr hoch (VI)	6 %
besonders hoch (VII)	7 %

Für die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der Flächen besonders gering, sehr gering und gering verwundbar sind. Hier lässt sich kein Handlungsbedarf erkennen. Dennoch sind ca. 22 % hoch bis besonders hoch verwundbar. Hier besteht Handlungsbedarf. Die Verwundbarkeit lässt sich hier über eine dem hochwasserangepasste Bewirtschaftung und über die Sicherung oder Vermeidung der potenziellen Kontaminationsquellen reduzieren (siehe Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.2.2.1.6).

## 4.3 EXKURS: Verwundbarkeit der Wirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen

(Verfasser: [REDACTED])

### 4.3.1 Gliederung der Wirtschaftssektoren

Der komplexe Bereich „Wirtschaft“ bedarf zunächst einer der Aufgabenstellung entsprechenden Untergliederung, da sich Fragestellungen zu Hochwassergefahren nicht nur hinsichtlich möglicher Umweltgefährdungen ergeben, sondern auch ökonomische und weitere Aspekte einzubeziehen sind. Eine erste Unterscheidung wird darin gesehen, den Bereich Wirtschaft entsprechend der drei Wirtschaftssektoren in die folgenden Bereiche zu gliedern:

- Primärer Sektor (Landwirtschaft, hier ohne Bergbau, Forstwirtschaft und Fischerei) mit den generellen Untersuchungsaspekten:
  - Areale/Flächen (z. B. Grünland, ackerbauliche Flächen)
  - Betriebsstandorte (ggf. auch § 19 g WHG-Anlagen wie Dunganlagen, Silagesickersaftanlagen)
- Sekundärer (industrieller) Sektor: (Wirtschaftszweige des verarbeitenden und produzierenden Gewerbes, die besondere Gefahrenpotenziale bei Hochwasser bergen, wie: Industrie, Handwerk, hier ohne Energiewirtschaft, Energie- und Wasserversorgung, da diese im Rahmen der kritischen Infrastruktur erfasst werden)
- Tertiärer Sektor (Wirtschaftszweige mit Dienstleistungen, die an vorwiegend größere, durch Hochwasser gefährdete Einrichtungen gebunden sind wie Verwaltungen, Handel, Verkehr / Logistik, Hotel- und Gaststättengewerbe, Kreditinstitute / Versicherungen)

Für diese Unterscheidung spricht, dass jeweils generelle und unterschiedliche Problemstellungen zu betrachten sind: die eher großflächigen Fragen landwirtschaftlicher Nutzflächen, die besonderen Gefährdungspotenziale gewerblich-industrieller Nutzungen und die besonderen Fragen im Hinblick auf besondere Gebäude mit z. T. hoher Personenzahl. In diesen Sektoren sind jeweils die Fragestellungen hinsichtlich der Umwelt, wirtschaftlicher und sozialer Auswirkungen / Probleme zu untersuchen und daraus Indikatoren für die Anfälligkeit und Bewältigung zu generieren.

### 4.3.2 Industriell-gewerbliche Wirtschaftszweige

#### 4.3.2.1 Untersuchungsgegenstand

##### *Problemaufriss Hochwassergefahren*

Aus der Vielzahl möglicher Wirkungen durch Extremhochwasser und den dadurch hervorgerufenen Problemen und Gefahren kann anhand der Ergebnisse eines UBA-Forschungsvorhabens (UFOPLAN, vgl. WARM & KÖPPKE 2007) zusammenfassend der Stand der Technik zum Hochwasserschutz als Grundlage für die Entwicklung eines kriteriengestützten Wirkungsmodells verwendet werden. Dort werden als wesentliche Maßnahmen die bauseitige Vorsorge (*trockene* und *nasse* Vorsorge) und organisatorische Maßnahmen konkreter beschrieben. Sie werden hier lediglich als Überblick aufgeführt:

- Zur trockenen Vorsorge zählen:
  - Anheben des Geländeniveaus
  - Eindeichung
  - Errichtung von stationären oder mobilen Schutzsystemen
  - Einbau von Kanalverschlüssen
  - Errichtung von Speicherbehältern für Abwasser während des Hochwassers für Abwasser relevante Betriebsbereiche

- Sicherung der Energieversorgung
- Sicherung der Betriebsmittelversorgung für Betriebsbereiche
- Sicherung der Kommunikationswege für Betriebsbereiche
- Zur nassen Vorsorge zählen:
  - Auftriebssicherheit von Behältern durch Verankerung der Tanks in einer Bodenplatte bzw. Fundamenten oder durch DT ausreichende Überdeckung bei erdverlegten Anlagen
  - Einsatz von zugelassenen Tanks, welche dem äußeren Wasserdruck widerstehen
  - Anordnung von Entlüftungen oberhalb der Wasserlinie
  - wasserdichte Ausführung von DT n Anschlüssen, die unterhalb der Wasserlinie liegen
  - Verzicht auf Untergeschossnutzung
  - Anordnung von gefährdeten Elektroeinrichtungen, wie z. B. Hauptschalter und Verteilungseinrichtungen oberhalb der Wasserlinie
  - Sicherung der Anlagen und Rohrleitungen vor Treibgut und Eisgang durch z. B. Leitbleche
  - Hochlagerung von gefährlichen Stoffen auf Stahl- oder Betonkonstruktionen
  - Einblocksysteme für Betriebsbereiche
  - Einrichtung von geschützten Prozessleitsystemen zum sicheren Abfahren von Anlagen

Generell sind Maßnahmen zur trockenen Vorsorge zu bevorzugen.

- Zu den organisatorische Maßnahmen zählen:
  - Informationsbeschaffung und Auswertung von möglichen Hochwasserständen und Flusscharakteristiken sowie der behördlichen Vorsorgemaßnahmen bezüglich des Gefährdungspotenzials der betrachteten Anlage bzw. des Betriebsbereichs
  - Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzepts entsprechend den Möglichkeiten der trockenen und nassen Vorsorge
  - Bearbeitung von internen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen unter besonderer Berücksichtigung der Gefahren durch Hochwasser inklusive der Notfallplanung für Betriebsbereiche mit erweiterten Ruhe Pflichten entsprechend der Störfall-Verordnung und Abstimmung der Planungen mit den Katastrophenschutzbehörden
  - Erarbeitung eines externen Alarm- und Gefahrenabwehrplans durch die Katastrophenschutzbehörden
  - Erprobung der Alarm- und Gefahrenabwehrplanung mit den Behörden, der Feuerwehr bzw. Wasserwehr sowie weiteren beteiligten Institutionen
  - Kommunikation mit dem behördlichen Katastrophenschutz, Bewertung eintreffender Informationen und Veranlassung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz im Ereignisfall
  - Organisation von Maßnahmen zur Verminderung der Umweltauswirkungen bei Schadstofffreisetzungen
  - Zurückhaltung aufschwimmender Stoffe, wie zum Beispiel Heizöl: Verhinderung der Ausbreitung unter bestimmten Umständen

### *Typisierungs- und Strukturierungsfragen*

Eine erste Näherung zur Strukturierung der industriell-gewerblichen Wirtschaftszweige anhand deren möglichen Umweltgefährdungen durch betriebliche Anlagen etc. bietet sich mit der Gliederung der Liste der Vorhaben nach Anlage 2 zum UVPG (die in Zusammenhang mit der 4. BImSchV steht) an. Die dort genannten vielzähligen Vorhabensgruppen sind allerdings nicht auf einfache Weise zu überschaubaren Kategorien zusammenzufassen und enthalten auch Anlagen, die hier als Kritische Infrastruktur gesondert betrachtet werden. Versucht man die möglichen Grundwasser- bzw. Umweltgefährdungen dieser Anlagentypen (auch unter Berücksichtigung der Differenzierungen gemäß 4. BImSchV) zu strukturieren, so ergeben sich – nur grob zusammengefasst – insgesamt etwa 50 Systemmodelle, die jeweils unterschiedlich zu betrachten wären<sup>64</sup>.

<sup>64</sup> So ein erster Versuch des Verfassers zur Strukturierung im Rahmen eines beantragten Forschungsvorhabens zur Vereinfachung und Strukturierung der Umwelt erheblich in Fragestellungen.

Tabelle 4.3.1: Untergliederung gewerblicher Anlagen gemäß Anlage 2 zum UVPG

Nrn. der Vorhaben nach Anl. 2 zum UVPG	Vorhabensgruppe
1.1 bis 1.6; 1.8; 1.9	Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie
2.1; 2.2; 2.4 bis 2.7	Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe
3.3; 3.5 bis 3.15	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung
4.2; 4.4	Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung
5.1	Oberflächenbehandlung von Kunststoffen
6.2	Holz, Zellstoff
7.1 bis 7.20; 7.22 bis 7.29	Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse
8.1 bis 8.4; 8.6 bis 8.9	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen
9.1 bis 9.5; 9.7; 9.8	Lagerung von Stoffen und Zubereitungen
10.3 bis 10.7	Sonstige Industrieanlagen
11.4	Kernenergie
12.2	Abfalldeponien
14.1; 14.2; 14.6; 14.8; 14.10 bis 14.12	Verkehrsvorhaben
16.1	Flurbereinigung
18.1 bis 18.8	Bauplanungsrechtliche Vorhaben
19.1 bis 19.9	Leitungsanlagen und andere Anlagen
Gesamt	

Diese generelle Strukturierung nach Anlagenarten und die darauf aufsetzende standörtlich-spezifische Betrachtung von konkreten Anlagen ist zwar prinzipiell für die Klärung hochwasserbezogener Fragestellungen vorzuziehen, wird dem Untersuchungsziel aus verschiedenen Gründen allerdings nicht gerecht. So ist einerseits die rechtliche Wirksamkeit von räumlichen Kategorien (Festlegungen von Gebieten zum Hochwasserschutz) daraus schwer abzuleiten. Andererseits ist die Betrachtung hochwasserspezifischer Probleme wegen der besonderen Heterogenität der Nutzungen und Strukturen schwierig. So sind beispielsweise im Bereich Gewerbe/Industrie zu unterscheiden:

- Bürogebäude, auch Keller
- Produktionsanlagen / Produktions- und Lagergebäude
- Lagerflächen, Lagertanks (ober- / unterirdisch)
- Transporteinrichtungen
- Ver- und Entsorgungsanlagen
- Oberirdische/ unterirdische Leitungen, Schächte, Kanäle
- Parkplätze und Verkehrsflächen, insbesondere auch mobile Gefahrenquellen
- Sonstige Freiflächen (z. B. Grünanlagen)
- (...)

Dies führt zu der Überlegung, dass eine Typisierung nach Branchen den besonderen standörtlichen Bedingungen nicht in der gewünschten Aussagensicherheit Rechnung trägt.

Hinzu kommt, dass generelle Probleme hinsichtlich der Verfügbarkeit der erforderlichen Daten bestehen (hinsichtlich der gewünschten Form, aber auch der Zugänglichkeit).

Zur Einschätzung der Verwundbarkeit im gewerblich-industriellen Sektor wird daher das nachfolgend beschriebene Vorgehen gewählt.

#### **4.3.2.2 Methodisches Vorgehen**

##### ***Untersuchungscluster Anfälligkeit***

Entscheidend ist in der Regel der spezielle einzelne Betrieb mit seinen speziellen betrieblichen Einrichtungen und gehandhabten Stoffen / Materialien.

Die große Vielfalt der bei Hochwasserereignissen maßgeblichen Aspekte bei gewerblich-industriellen Anlagen erfordert für die Indikatorenbildung eine „intelligente“ Herangehensweise, die von Gruppenbildungen auf einer höheren Hierarchieebene ausgeht. Eine zunächst nahe liegende Gruppierung aufgrund von Branchen wird verworfen, da sich aufgrund von Diskussionen während der Bearbeitung die Einsicht durchsetzt, dass die Betrachtung einzelner technischer Anlagen und Anlagenteile aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit und mangels Erhebbarkeit detaillierter Daten kaum möglich erscheint, um genügend spezifische und sichere Aussagen zu erhalten. Vor allem bei den gewerblichen Einrichtungen mit einem hohen Gefahrenpotenzial (zum Beispiel bei störfallrelevanten Anlagen) sind zwar in der Regel explizite Daten über verwendete Stoffe, Sicherheitsanforderungen etc. aufgrund von Sicherheitsanalysen vorhanden, werden in aller Regel aber nicht außerhalb des Betriebes und der unmittelbaren Überwachungsbehörde zugänglich gemacht.

Der Besonderheit dieses Untersuchungsbereichs entsprechend wird deshalb eine Kategorisierung vorgenommen, wie sie im Forschungsbericht (vgl. UFOPLAN, vgl. WARM & KÖPKE 2007) angelegt ist:

1. Betriebsbereiche und Anlagen, die der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) unterliegen,
2. Anlagen zum Umgang mit Wasser gefährdenden Stoffen (§ 19 g WHG), insbesondere Anlagen zum Umgang mit Heizölen und Kraftstoffen (Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen),
3. Anlagen zur Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern.

Mangels vorhandener Anlagen nach Störfall-Verordnung bzw. zum Umgang mit Wasser gefährdenden Stoffen im Untersuchungsgebiet Dresden wird nachfolgend die Themenstellung an Hand des Untersuchungsgebiets Köln betrachtet.

##### ***Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen***

Hier ist zunächst die Frage zu beantworten, inwieweit das Überwachungssystem gemäß § 16 der 12. BImSchV die systematische Überprüfung bei Hochwassergefahren berücksichtigt und welche Kriterien für den Schutz und die Vorsorge angewendet werden. Dabei kommt der Unterscheidung zwischen Überschwemmungsgebiete (z. B. nach HQ 100) und überschwemmungsgefährdeten Gebieten (z. B. nach HQ 500) eine große Bedeutung zu.

Gefahren durch Hochwasser gehören zu den umgebungsbedingten Gefahren einer Anlage bzw. eines Betriebsbereichs und werden im Rahmen der Seveso-Inspektion (EU-Richtlinie zur Verhütung schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen) überprüft. Grundlage für die Festsetzung des Überschwemmungsgebiets ist zurzeit das HQ 100. Die topografische Festlegung erfolgt durch das Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz NRW (LANUV). In der Praxis wird sichergestellt, dass bei Hochwasserereignissen mit HQ 100 keine Überspülungen der Hochwasserschutzmaßnahmen eintreten.

Bei der Festlegung hochwassergefährdeter Bereich in NRW hat das LANUV Karten erarbeitet und veröffentlicht, in denen Überschwemmungsgebiete für HQ 500 dargestellt sind. Die Abgrenzung der potentiellen Überflutungsbereiche am Rhein nach einem fünfhundertjährigem Hochwasserereignis entspricht dem Atlas der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins und bildet zugleich die Grundlage für den Gebietsentwicklungsplan (GEP) Teilabschnitt „vorbeugender Hochwasserschutz“ für den Regierungsbezirk Köln.

Durch die Darstellung der Überflutungsbereich bei HQ 500 im Gebietsentwicklungsplan (GEP) Teilabschnitt „vorbeugender Hochwasserschutz“ für den Regierungsbezirk Köln ist jeder Betrieb in der Lage, selbst zu ermitteln, ob er in die Zone HQ 500 fällt. Eine zusätzliche Unterrichtung durch die Behörde erfolgt nicht. Die Hochwasserschutzmaßnahmen im Falle HQ 100 werden seit einigen Jahren für die sichere Ableitung von HQ 500 erweitert.

### *Anlagen zum Umgang mit Wasser gefährdenden Stoffen*

Auch hier stellt sich die Frage, ob es für Anlagen nach § 19 gWHG ein ähnliches Überwachungssystem gibt, wie es im § 16 der 12. BImSchV geregelt ist. Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe. (sog. HBV- bzw. VAWs-Anlagen, z. B. Tanklager u. a.) sind vielfach Bestandteile einer genehmigungsbedürftigen Anlage nach § 4 BImSchG i.V.m. Spalte 1 der 4. BImSchV. Damit gelten grundsätzlich auch für diese Anlagen die gleichen Anforderungen wie die Hauptanlage und werden auch in die behördliche Überwachung integriert. VawS-Anlagen fallen nach Verwaltungsreformen der letzten Jahre in NRW in die Zuständigkeit der Kreise und kreisfreien Städte. Die Überwachung von Anlagen nach BImSchV gehört zum Zuständigkeitsbereich der Bezirksregierungen.

Hinsichtlich der Umsetzungsfristen werden in § 12 der VawS des Landes NRW die Prüfpflichten des Betreibers dieser Anlagen geregelt. Die Überwachungsbehörde dokumentiert die technische Überwachung mithilfe von Überwachungsdateien und kann Bußgelder verhängen, wenn der Betreiber mit seinen Prüfpflichten in Verzug kommt. Im § 12 VawS wird bezüglich der Umsetzungsfristen der Anlagenüberwachung auf § 19 i WHG verwiesen.

### *Weitere Aspekte*

Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben werden keine rechtlichen oder materiellen Unterschiede hinsichtlich der Umsetzung zwischen großen und kleinen Betrieben gemacht. Spielraum besteht letztlich im Zeitrahmen für den Vollzug. Dabei werden das Risiko, welches von der Anlage ausgehen kann, der Umfang der Anpassung und die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Unternehmens berücksichtigt.

Eine wichtige Frage stellt sich auch dahin gehend, ob es Unterschiede zwischen Betrieben mit alten und neuen Genehmigungen in Hinblick auf diese Bestimmungen gibt. Genehmigte Betriebe bzw. Anlagen haben Bestandsschutz, d. h. sobald eine Genehmigung erteilt wurde, sind Änderungen nur über Änderungsgenehmigungsverfahren möglich. Insoweit bestehen prinzipiell keine Unterschiede zwischen „alten“ und „neuen“ Genehmigungen, da im Falle eines unzureichenden Hochwasserschutzes die erteilte Genehmigung jederzeit „nachgebessert“ werden kann. Allerdings ist die Behörde im Rahmen der Antragsprüfung bei der Erteilung einer Genehmigung nach § 16 BImSchG gehalten, das Risiko einer Überflutung zu berücksichtigen.

Vollzugsdefizite im Bereich Industrie/Gewerbe bei Hochwassergefahren können nicht völlig ausgeschlossen werden, da eine umfassende Bearbeitung dieser Fragestellung nicht abgeschlossen ist.

### *Zwischenfazit*

Bei den genannten Anlagenkategorien zu Ziffer 1 und 2 bestehen also explizite rechtliche Bestimmungen zum Schutz und zur Vorsorge vor Hochwasserereignissen, so dass die Indikatorenbildung hierauf aufsetzen kann. Eine Ersterhebung von hochwasserrelevanten Anlagen etc. wird daher aus folgenden Gründen nicht als vordringlich angesehen:

- So hat der Betreiber nach § 3 der 12. BImSchV die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren (hier die umgebungsbedingte Gefahrenquelle Hochwasser) die gemäß den allgemeinen Betreiberpflichten erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern und darüber hinaus auch vorbeugende Maßnahmen zu treffen.

- Gemäß § 31a WHG sind alle potentiellen Hochwasserbetroffenen verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen Gefährdungen durch Hochwasser anzupassen.

Aus diesen Verpflichtungen ist zu schließen, dass die Anfälligkeit dieser Anlagenkategorie gegenüber Hochwassergefahren durch vorsorglichen Schutz weitgehend begrenzt ist. Allerdings werden nicht unerhebliche rechtliche Regelungsdefizite in Bezug auf Hochwassergefahren ausgemacht (vgl. UFOPLAN, vgl. WARM & KÖPPKE 2007), so dass es hier insbesondere auf eine explizite Überprüfung der Anforderungen und auf den entsprechenden Vollzug dieser Anforderungen ankommt. Vor allem ist dabei das Gefährdungspotenzial von bestimmten Stoffen (d. h. Menge und Stoffkriterium) zu berücksichtigen.

Auch zählen die genannten Anlagen nach § 19 g WHG nur für die gewerbliche Wirtschaft und öffentliche Einrichtungen und sind möglicherweise nicht ausreichend definiert (es fehlen z. B. die Berücksichtigung von Abwasser, Radiaktivität, Dung- und Silagesickersäfte, Forschungs- und Versuchsanlagen, Labors). Im Rahmen von Befragungen (s. u.) werden weitere Erkenntnisse gewonnen.

Hinsichtlich der Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern (auch im privaten Bereich) und im Dienstleistungssektor werden spezielle Erhebungen bzw. Kartierungen erforderlich.

#### ***Untersuchungskuster Rechtlich wirksame Gebietskategorien***

Der rechtliche Regelungsgehalt bei den genannten Anlagenkategorien nach 12. BImSchV und WHG erlaubt nach den oben genannten Begründungen zum Untersuchungskuster „Anfälligkeit“ eine räumliche Differenzierung von drei Gebietskategorien, in denen die Länder entsprechende Vorschriften erlassen:

- "Überschwemmungsgebiete" gem. § 31b WHG Abs. 1f; „mindestens“ wird von HQ 100 ausgegangen.
- "vorläufig zu sichernde Überschwemmungsgebiete" gem. § 31b Abs. 5 WHG.
- "überschwemmungsgefährdete Gebiete" gem. § 31 c WHG (Gebiete, die keiner Festsetzung bedürfen oder die bei Versagen von Deichen überschwemmt werden können).

Eine erste Abstufung hinsichtlich der Anfälligkeit zur Ermittlung von Vulnerabilität geht also zunächst von den rechtlichen Gebietskategorien gemäß WHG aus, da davon ausgegangen werden muss, dass in diesen festgesetzten Gebieten die relevanten Betriebe (mit Anlagen nach 12. BImSchV und § 19 g WHG) soweit Vorsorge vor Extremereignissen zu treffen haben, dass hier keine besonderen Gefahren/Störungen in der Umgebung etc. zu erwarten sind. Umgekehrt kann davon ausgegangen werden, dass diese Betriebe außerhalb der festgesetzten Gebiete nach WHG mangels Vorschriften und Prüfung durch Behörden bzw. nicht ergriffener Maßnahmen zur Vorsorge ein großes Schadenspotenzial erzeugen können.

Auch nach Aussagen der Behörden (Bezirksregierung Köln) reichen Definition und Abgrenzung der Überschwemmungsgebiete gemäß 31 b WHG/ Landesrecht (Verpflichtung zu Vorsorgemaßnahmen bei der Nutzung von Grundstücken und zur Schadensminderung etc.) aus, um im Hochwasserfall bei Wasser gefährdenden Stoffen und Störfällen im Sinne der 12. BImSchV Gefahren zu vermeiden. Allerdings ist die zeitnahe Bestimmung der Gewässer oder Gewässerabschnitte nach § 31 b Abs. 2 Satz 1 des WHG durch die oberste Wasserbehörde wichtige Voraussetzung.

#### ***Rechtliche Wirksamkeit der „Überschwemmungsgefährdeten Gebiete“***

Neben der Tatsache, dass Überschwemmungsgefährdete Gebiete nach § 31c WHG derzeit kaum mit Vollzugsmöglichkeiten ausgestattet sind, ergibt sich ein Mangel hinsichtlich der Berücksichtigung dieser rechtlich gefasste Kategorie (beispielsweise beim Ansatz eines HQ 500) dadurch, dass diese

Gebietskategorie wohl zukünftig keine Bedeutung mehr erlangen wird. Die neue Richtlinie 2007 / 60 / EG muss in nationales Recht umgewandelt werden. Der erste Versuch wurde im UGB II Wasserwirtschaft unternommen. Danach spielen überschwemmungsgefährdete Gebiete keine Rolle mehr. Das bedeutet in gewisser Weise einen Rückschritt im Vergleich zum derzeit geltenden WHG. In NRW sind diese z. B. ausgewiesen – hier besteht zwar ein höheres Restrisiko im Vergleich zum Überschwemmungsgebiet, aber es gelten durch den § 31 c WHG Anforderungen, die nun bei der Novellierung entfallen.

Gleichwohl kommt es bei der Fragestellung von Extremereignissen gerade auf diese Kategorie an, da entsprechend der Definition „nicht gegebene Vorsorge“ hier besondere Verwundbarkeiten und geringere Bewältigungskapazitäten erwartet werden müssen. Ausgewählte Betriebe wurden daher auch für diesen Fall befragt.

### ***Ergebnis***

Als Ergebnis dieser Ermittlungen kann festgehalten werden, dass die rechtswirksamen Kategorien nach § 31 b WHG ausreichenden Schutz und Vorsorge bei Hochwasserereignissen bieten, gesonderte Erhebungen entbehrlich machen und ein vereinfachtes Indikatorensystem hier angewendet werden kann. Dabei wird es im Wesentlichen um Fragen des Managements und Controllings zur Einhaltung der Bestimmungen gehen.

Die Kategorie der überschwemmungsgefährdeten Gebiete (im Sinne eines HQ 500) bedarf einer besonderen Aufmerksamkeit. Auch wenn hier am Beispiel Köln deutlich wird, dass ein behördliches Augenmerk verstärkt auch auf eine räumliche Erweiterung der Anforderungen nach § 31 b WHG gelegt wird, wird für die relevanten Gefahrenpotenziale (Anlagen nach 12. BImSchV und § 19 g WHG) eine konkrete Erfassung notwendig.

#### ***4.3.2.3 Befragungen***

Neben Befragungen von Behörden zu Erfahrungen mit den getroffenen Gebietskategorien und der darauf fußenden Herangehensweise wurden auch Betriebe ausgewählt, um deren Erfahrungen und Einschätzungen in die Überlegungen zu verwendbaren Indikatoren einfließen zu lassen. Hierbei wurden zunächst zwei Kategorien gebildet, um unterschiedliche Betriebsgrößen zu berücksichtigen:

- Kleinbetriebe: etwa 20 bis 50 Beschäftigte
- Großbetriebe über 50 bis über 100 Beschäftigte

Über die Vermittlung zuständiger Behörden wurden Ansprechpartner in den Betrieben ermittelt. Es stellte sich heraus, dass aufgrund der Restriktionen im Bereich Umwelt- und Hochwasserschutz sowie der gesetzlichen Vorgaben und Überwachungen die Unternehmen wenig Bereitschaft zeigen, darüber hinaus Informationen an Dritte weiterzugeben, solange sie nicht dazu verpflichtet sind. Auch wurden Termine für persönliche Gespräche vor Ort von Seiten der Unternehmen so gut wie nicht ermöglicht. Als Anhang (vgl. Anhang C III) werden Ergebnisse von zwei größeren Betrieben (> 50 und > 1.000 Mitarbeiter) dokumentiert, die im Bereich einer Zone HQ 500 liegen.

#### ***4.3.2.4 Indikatoren der Verwundbarkeit***

Die zu Beginn des Vorhabens diskutierte methodische Verknüpfung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität kann wegen der nicht im Original erhebbaren Daten bei industriell-gewerblichen Anlagen nicht beibehalten werden. Die Möglichkeit für konkrete Datenerhebungen und das Ergreifen von Maßnahmen ist außerhalb der Beziehung Betrieb – Überwachungsbehörde stark eingeschränkt. Zudem ist in den Überschwemmungsgebieten aufgrund der rechtlichen Anforderungen die Bewältigungskapazität implizit enthalten und kann insoweit nicht gesondert ermittelt werden. Daher wird nachfolgend von einem vereinfachten Indikatorenset ausgegangen.

Zwei Kategorien sind hinsichtlich der durch einen Betrieb bei Extremereignissen hervorgerufenen Schäden zu unterscheiden:

- Eigenschäden: Schadenspotenziale, die dem verursachenden / betroffenen Betrieb Schäden zufügen (wirtschaftliche Einbußen, Schäden, Störungen etc.).
- Fremdschäden, Umweltschäden etc.: Schäden, die auch außerhalb des Betriebes hervorgerufen werden können.

Methodisch gesehen müsste eine räumliche Differenzierung vorgenommen werden, um das jeweilige Betriebsareal einerseits und können räumlich darüber hinausgehende Zonen der Verwundbarkeit bei möglichen Schäden andererseits identifizieren zu können. Da Auswirkungen bzw. Ausbreitungen aufgrund vielschichtiger Parameter bzw. des großen Aufwands und wegen mangelnder Daten nicht abgeschätzt werden können, bleibt die Betrachtung der Verwundbarkeit auf die betrieblichen Areale beschränkt.

Tabelle 4.3.2: Verwundbarkeitsindikatoren im Bereich gewerblich-industrieller Areale und Anlagen

Indikator	Auswirkungen/ potentielle Schadwirkungen (Beispiele)	Beispiel-Kriterien für Verwundbarkeit
Areal / Standort mit Anlagen n. 12. BImSchV [in Gebieten nach § 31 b WHG]	Freisetzung von umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stoffen; Ausbreitung, Explosion, Brand (Gefährdung Beschäftigte, Menschen, Boden, Wasser, auch im Einwirkungsbereich)	mangelndes Management / Controlling zum HW-Schutz
Areal / Standort mit Anlagen gemäß § 19 g WHG [in Gebieten nach § 31 b WHG]	Freisetzung von Wasser gefährdenden Stoffen; Ausbreitung (Gefährdung Boden, Wasser, F+F, auch im Einwirkungsbereich)	mangelndes Management / Controlling zum HW-Schutz
Areal / Standort mit Anlagen n. 12. BImSchV [Gebiete außerhalb § 31 b WHG]	Freisetzung von umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stoffen; Ausbreitung, Explosion, Brand (Gefährdung Beschäftigte, Menschen, Boden, Wasser, auch im Einwirkungsbereich)	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Areal / Standort mit Anlagen gemäß § 19 g WHG [Gebiete außerhalb § 31 b WHG]	Freisetzung von Wasser gefährdenden Stoffen; Ausbreitung (Gefährdung Boden, Wasser, Flora / Fauna, auch im Einwirkungsbereich)	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Gleisanschlüsse / Lagerplätze zum Umschlag mit Gefahrstoffen / Wasser gefährdenden Stoffen (Mobile Behältnisse wie Lkw, Waggon, Container)	Freisetzung von Gefahrstoffen und Wasser gefährdenden Stoffen durch Auslaufen, Beschädigung	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Sonstige gewerblich-industrielle Standorte / Areale (z. B. auch Schrottplätze, Tankstellen, Fuhrparks, Altlasten)	Freisetzung umwelt- oder gesundheitsgefährdender Stoffe aus Abfallbehältern, Becken, Tanks, Rohrleitungen; Auftrieb Heizöl- und Flüssiggastanks	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Abwasser-Einlaufbauwerke	Eindringen von Wasser auf das Betriebsgelände durch Abwasser-Einlaufbauwerke	Unverschlossene Kanäle etc.

#### 4.3.2.5 Ermittlung der Verwundbarkeit

Die zu Beginn des Vorhabens angelegte Methodik der Verknüpfung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität kann wegen der nicht im Original erhebbaren Daten nicht durchgängig beibehalten werden. In den Überschwemmungsgebieten ist aufgrund der rechtlichen Anforderungen

die Bewältigungskapazität implizit enthalten und kann insoweit nicht gesondert ermittelt werden. Auch ist die Möglichkeit für konkrete Datenerhebungen und das Ergreifen von Maßnahmen außerhalb der Beziehung Betrieb – Überwachungsbehörde stark eingeschränkt. Hier ist lediglich eine mittelbare Vorgabe durch Gebietstypisierungen bzw. räumlich-rechtliche Festlegungen als Voraussetzung für konkrete Schritte denkbar. So ist mit den folgenden Bewertungen bereits die Vulnerabilität als Ergebnis dargestellt.

Durch die über die Gebietstypen mögliche Differenzierung der Vulnerabilität wird insbesondere der Bereich außerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebiete (i. d. R. HQ 100) hinsichtlich einer Herangehensweise bedeutsam. Auch hier gilt die Einschränkung bezüglich der verfügbaren Daten und Möglichkeiten für konkrete Maßnahmen außerhalb der Beziehung Betrieb – Überwachungsbehörde. Am Beispiel des Untersuchungsgebiets Köln kann allerdings abgeleitet werden, dass außerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebieten zwar generell keine speziellen und zwingenden Auflagen zur Vorsorge erwartet werden können, andererseits sind im Rahmen der Information, der gebietstypischen Festlegungen in planungsrechtlichen Sinne und aufgrund der erhöhten Sensibilität von Betrieben zum Eigenschutz vor Schäden deutliche Ansatzpunkte zur Vorsorge bereits getroffen wurden oder gegeben sind. Wenn es nicht gelingt, mögliche oder denkbare Überschwemmungsgebiete nach WHG im Ausmaß eines HQ 500 zu definieren und festzulegen, so bietet die planungsrechtliche Festlegung von Gebieten (Gebietsentwicklungs- bzw. Flächennutzungsplan) ein Instrument zur Information und Einflussnahme auf weitere Maßnahmen zur Vorsorge. Mit solchen Gebietsfestlegungen können gezielte Informations-, Überwachungs- und Managementaufgaben auch außerhalb konkreter gesetzlicher Regelungen befördert werden. am Beispiel Köln kann gezeigt werden, dass die behördliche Einflussnahme und das Eigeninteresse der betroffenen Betriebe bereits Vorsorge ermöglichen bzw. Bewältigungskapazität aufbauen.

Um die Vulnerabilität einer Bewertung zuzuführen, wird mit der Methode logischer Verknüpfungen gearbeitet. Diese auch als Bewertungsbäume bezeichneten Strukturierungen bilden einerseits die Kenntnisse von Wirkungszusammenhängen / Systembetrachtungen ab und erlauben andererseits deren hierarchische Stufung in Form einer Ordinalskala. Die Abbildung stellt eine solche Bewertung dar. Darin wird deutlich, wie die Vulnerabilität zugeordnet werden kann.

Weitere hierarchische Differenzierungen sind z. B. hinsichtlich Wassergefährdungsklassen (WGK) denkbar. Zum Beispiel existiert eine Einstufung nach WGK (1. schwach Wasser gefährdend, 2. Wasser gefährdend, 3. stark Wasser gefährdend). Eine Einstufung darüber hinaus wäre kaum sinnvoll, da diese von einer Vielzahl von Einzelaspekten abhängig ist (beispielsweise hinsichtlich Menge, Konzentration und Toxizität). Zusätzlich wäre auch eine Differenzierung der Anlagen nach 12. BImSchV nötig, was aufgrund der genannten Einschränkungen im Rahmen dieser Untersuchung nicht leistbar ist.

Die Verwundbarkeit hinsichtlich ökonomischer Folgen von Hochwasserereignissen wurde z. T. ausführlich diskutiert, mangels erkennbarer Auskunftswilligkeit von Betrieben und aufgrund des relativ hohen Arbeitsaufwands zur Ermittlung von Hilfsgrößen nicht weiter verfolgt.

**Hier Abbildung 4.3.1\_Bereich verarbeitendes und produzierendes Gewerbe**  
*Abbildung 4.3.1: Ermittlung der Verwundbarkeit im gewerblich-industriellen Bereich (Fremdschäden)*

Lesebeispiel: Aufgrund der rechtlichen Vorschriften und behördlicherseits geprüften Maßnahmen zur Vorsorge ist die Verwundbarkeit in festgelegten Überschwemmungsgebieten nur gering ausgeprägt. Es besteht lediglich ein gewisses oder geringes Risiko der Verwundbarkeit. Außerhalb der festgelegten Überschwemmungsgebiete ist dagegen die Verwundbarkeit (insbesondere hinsichtlich Beeinträchtigung der Umweltfunktionen) groß. Auch für sonstige gewerblich-industrielle Einrichtungen entsteht eine relativ große Verwundbarkeit.

# 5. Nutzung von Fernerkundungsmethoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen

(Verfasser/-innen: [REDACTED])

Im folgenden Kapitel wird das Potenzial fernerkundlicher Datensätze und Methoden, zum Assessment von Vulnerabilität gegenüber wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen vorgestellt. Hierfür werden gängige und leicht verfügbare Datengrundlagen prozessiert und analysiert. Ein großer Vorteil der Fernerkundung besteht darin, raumbezogene Fragestellungen aktuell, schnell und flächendeckend bedienen zu können. Somit können große Gebiete rasch aufgenommen, kartiert und interpretiert werden und die somit gewonnenen Informationen an die zuständigen Institutionen weitergeleitet werden. Daraus lassen sich entsprechende Maßnahmen zum Katastrophenmanagement vor, während oder nach einer Katastrophe ableiten und einschätzen. Fernerkundung kann insbesondere zur Ermittlung der physischen Vulnerabilität sowie zur Bestimmung der Exposition der Bevölkerung gegenüber ausgewählten Hochwasserszenarien (HQ 100, HQ 500) oder tatsächliche Ereignissen beitragen. Zudem können über die Bestimmung der Gebäudehöhen in potenziell von einem Hochwasser betroffenen Stadtteilen auch Aspekte der Bewältigungskapazität ermittelt werden (z. B. vertikale Evakuierungsmöglichkeit, vgl. Kapitel 1). Fernerkundungsdatengrundlagen werden von unterschiedlichen Systemen und Sensoren aufgenommen. Diese Sensoren weisen spezifische Charakteristika und Informationen auf, die für unterschiedliche Anwendungen geeignet sind. Die gängigsten Systeme sind flugzeug- oder satellitengestützte Sensoren, welche Daten für raumbezogene Aussagen über die Landoberfläche bereitstellen.

## 5.1. Fernerkundung

„Fernerkundung im umfassenden Sinne ist die Aufnahme oder Messung von Objekten, ohne mit diesen in körperlichen Kontakt zu treten, und die Auswertung dabei gewonnener Daten oder Bilder zur Gewinnung quantitativer und qualitativer Informationen über deren Vorkommen, Zustand oder Zustandsänderung und ggf. deren natürliche oder soziale Beziehungen zueinander“ (HILDEBRANDT 1996: 1).

Fernerkundung besteht grundsätzlich aus drei Hauptkomponenten: 1) Elektromagnetische Strahlungsvorgänge als Informationsträger, 2) Empfang, Registrierung und Speicherung dieser Strahlung und 3) Bearbeitung und sachbezogene Auswertung empfangener Signale.

Die elektromagnetische Strahlung ist eine Energieabgabe von Materiekörpern und transportiert elektrische und magnetische Energie in Wellenform mit Lichtgeschwindigkeit, wobei die Energie abhängig von der Frequenz bzw. der Wellenlänge ist (HILDEBRANDT 1996).

Das elektromagnetische Spektrum beschreibt die Gesamtheit der elektromagnetischen Strahlung, wobei für die optische Fernerkundung elektromagnetische Wellen der Länge 0,3 - 14  $\mu\text{m}$  genutzt werden und zwischen dem sichtbaren Licht, dem reflektierten und dem thermalen Infrarot unterschieden wird (Abbildung 5.1).

- Hier Abbildung 5.1 einfügen-

Abbildung 5.1: Das elektromagnetische Spektrum (ALBERTZ 2007).

Die Informationsgewinnung der Fernerkundung basiert auf der Messung der am Sensor auftreffenden elektromagnetischen Strahlung, wobei je nach Sensorsystem ein unterschiedlicher Wellenlängenbereich pro Flächeneinheit aufgezeichnet und in digitalen Bilddaten ausgegeben wird. In passiven Sensoren wird die von der Erdoberfläche reflektierte, solare elektromagnetische Strahlung aufgezeichnet - wobei Teile der Strahlung von den Objekten auf der Erdoberfläche aufgenommen (absorbiert) oder durchgelassen (transmittiert) werden können. In aktiven Sensoren wird mittels einer eigenen Strahlungsquelle künstliche elektromagnetische Strahlung erzeugt (MATHER 2004).

Die unterschiedlichen physikalischen oder chemischen Eigenschaften der reflektierenden Objekte (Oberflächenrauigkeit, Feuchtigkeit, Ausrichtung zur Strahlungsquelle, Größe und Form) resultieren in unterschiedlichen Reflektionsverhalten der Objekte, sogenannte spektrale Signaturen, die sich die Fernerkundung zu Nutze macht, um unterschiedliche Objekte der Erdoberfläche automatisch extrahieren zu können. Jedoch reflektieren oftmals unterschiedliche Objekte im für den jeweiligen Sensor sensiblen Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums gleich, wodurch eine automatisierte – auf ihren Reflektionseigenschaften basierende – Identifikation der Objekte erschwert wird. Im Speziellen sind ähnliche Signaturen von Oberflächen ähnlicher Materialien wie Straßen oder Gebäudedächer alleine aufgrund weniger Ausschnitte des elektromagnetischen Spektrums kaum zu differenzieren. Hierfür können mittels arithmetischer Bildverarbeitungsprozesse wie z. B. Ratios zwischen den einzelnen Bändern gerechnet werden. Ein bekannter Index aus zwei Bändern gerechnet, ist der NDVI (Normalized Differenced Vegetation Index), welcher eine deutlichere Unterscheidung von Vegetation, Boden, versiegelter Fläche und Wasser erleichtert und in sehr stark strukturierten urbanen Räumen zur Anwendung kommt.

$$(1) \text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Rot}}{\text{NIR} + \text{Rot}}$$

## 5.2 Auswertung von Fernerkundungsdaten

Ziel einer jeglichen Auswertung von Fernerkundungsdaten ist die Informationsgewinnung, d. h. die Ableitung von anwendungsrelevanten Produkten, wofür eine Vielzahl an Methoden zur Verfügung steht. Klassische Auswerteverfahren sind die visuelle Bildinterpretation, welche durch die visuelle Wahrnehmung und der Erfahrung des Interpreters beeinflusst wird, die photogrammetrische Auswertung welche auf die Messung geometrischer Größen abzielt, und die digitale Bildauswertung, bei welcher es sich um ein Computerverfahren handelt, welches automatisiert Bildinhalte interpretiert. In der Regel sind den Auswerteverfahren eine Vielzahl von Vorverarbeitungsschritten – in Form digitaler Bildverarbeitung – zur Datenaufbesserung vorgeschaltet (ALBERTZ 2007).

Numerische Klassifikationsverfahren verfolgen das Ziel, die Bildelemente mittels ihrer Grauwerte in homogene spektrale Signaturen zu gruppieren und so als thematische Klassen quantitativ auszuweisen und/oder ihr Vorkommen in thematischen Klassen darzustellen (HILDEBRANDT 1996). Die Auswerteverfahren stützen sich dabei auf die unterschiedlichen spektralen Signaturen, wobei grundsätzlich zwischen unüberwachten und überwachten Klassifikationsmethoden unterschieden wird.

Bei der *unüberwachten Methode* erfolgt die Klassenbildung automatisch mittels einer Clusteranalyse. Hierbei wird die Gesamtheit der Bildelemente ohne Vorgabe von thematischen Inhalten nach ähnlichen Wertekombinationen untersucht bzw. eingeteilt. Die Merkmalsvektoren aller Bildelemente werden durch ein Zuordnungs- und Zurückweisungskriterium auf ihre Merkmalsnähe zu einem vom Rechner willkürlich gesetzten vorläufigen zentralen Merkmalsvektor geprüft. Die Anzahl zu bildender Cluster wird vom Auswerter vorgegeben. Für die Clusterbildung wird dann zunächst vom Rechner eine entsprechende Anzahl von Merkmalsvektoren als Zentren willkürlich gesetzt. In einem iterativen Prozess werden die Positionen dieser Zentren verschoben, bis eine optimale Lage der Clusterzentren erreicht ist. Die Bedeutung und thematische Aussage der so ermittelten Spektralklassen müssen anschließend vom Auswerter analysiert werden. Einer der gängigsten und ein sehr häufig angewendeter Algorithmus, ist der ISODATA-Algorithmus (Interactive Self Organising Data Analysis Technique, vgl. RICHARDS & JIA 1999). Allerdings gestaltet sich die Zuordnung der Spektralklassen in Objektklassen schwierig, da die Beziehung oft nicht eindeutig ist. Es kann beispielsweise eine Spektralklasse mehrere zu identifizierende Objektklassen enthalten oder auch eine gesuchte Objektklasse durch mehrere Spektralklassen wiedergegeben werden. Aufgrund dieser Zuordnungsproblematik wird eine unüberwachte Klassifikation in der praktischen Anwendung nicht als selbstständiges Verfahren, sondern vorwiegend zur Vorbereitung einer überwachten Klassifizierung eingesetzt (vgl. CAMPBELL 2002).

Bei der *überwachten Klassifikation* werden die Punktwolken, die eine Objektklasse charakterisieren, vom Bearbeiter selbst festgelegt. Hierfür werden zumeist auf Grundlage von vorhandenen Geländeinformationen (Referenzdaten oder Bodenkontrollen) so genannte Trainingsgebiete definiert (z. B. unterschiedliche Vegetationsflächen, Wasserflächen oder versiegelte Flächen). Die Gesamtheit der multispektralen Daten aus den Trainingsgebieten bildet eine repräsentative Musterklasse, die die charakteristischen Spektraleigenschaften der zu differenzierenden Objektklassen und damit deren Lage, Form und Größe im Merkmalsraum beinhaltet (LILLESAND, KIEFER & CHIPMAN 2004). Bei der überwachten Klassifikation werden alle Bildelemente mittels eines Zuordnungs- und Zurückweisungskriteriums den zuvor definierten Spektralklassen zugewiesen. Zu den etablierten Methoden der überwachten Klassifikation zählen der Maximum Likelihood Klassifikator, das Nearest Neighbour Verfahren, der Minimum Distance- und der Quader- oder Boxklassifikator.

Mit der Verbesserung der geometrischen Auflösung von Fernerkundungsdaten können Objekte detaillierter dargestellt werden, wodurch auch der Informationsgehalt steigt. Traditionelle pixelbasierte Verfahren können die kleinräumigen Strukturen aufgrund ihrer gestiegenen spektralen Heterogenität innerhalb der Objekte nicht mehr in ausreichender Genauigkeit klassifizieren (HEROLD 2002). Speziell für geometrisch sehr hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten wurden angepasste *objektorientierte Klassifikationsmethoden* entwickelt, welche nicht mehr das einzelne, von seiner nächsten Umgebung isolierte Pixel nach seiner spektralen Signatur betrachten, sondern vielmehr Cluster angrenzender Pixel, sogenannte Segmente. Beim Prozess der Segmentierung wird der Bilddatensatz einer Fernerkundungsaufnahme in einzelne, in sich mehr oder weniger homogene Partitionen, zerlegt, wobei benachbarte Bildelemente (Pixel) aufgrund ihrer Homogenität zusammengefasst oder aufgrund ihrer Heterogenität getrennt werden (SCHIEWE 2002).

### **5.3 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Verwundbarkeitsassessment**

Gerade Hochwasserereignisse sind vielfach durch eine große räumliche Ausbreitung geprägt, weshalb insbesondere die Fernerkundung hier eine hervorragende Daten- und Informationsgrundlage liefern kann. Dies gilt sowohl für die Abschätzung von Vulnerabilität oder Bewältigungspotenzialen, als auch speziell für Post-Desaster-Analysen im Sinne von Schadenskartierungen. Je nach Spezifikation des Fernerkundungssensors und -systems, sind die Daten für unterschiedliche Anwendungsfelder bzw. aufgrund ihres unterschiedlichen Detaillierungsgrades für Aussagen und Auswertungen unterschiedlicher Tiefe geeignet. Für Analysen in urbanen Räumen eignen sich geometrisch höchst aufgelöste Datensätze, da sie das geometrische Potential besitzen, das sehr kleinräumige und hoch strukturierte städtisch geprägte Gebiet sehr genau abbilden bzw. beschreiben zu können. Naturgemäß sind mit den Vorteilen einiger Sensoren auch Nachteile in anderen Bereichen verbunden und der Fernerkundung sind auch Limitierungen hinsichtlich der Verwundbarkeitsabschätzung in urbanen Räumen gesetzt. Im Folgenden werden sowohl die Fernerkundungsdatengrundlagen und ihre Eigenschaften als auch die in die Analysen mit eingeflossenen raumbezogenen Daten beschrieben.

#### **5.3.1 Optische Fernerkundungsdaten aus passiven Aufnahmesystemen**

Optische Aufnahmesysteme von Fernerkundungsdaten zeichnen den reflektierten Anteil der elektromagnetischen Strahlung auf. In der Fernerkundung werden jedoch nicht alle Wellenlängenbereiche, sondern nur der Teil des Spektrums zwischen dem nahen Ultraviolett und dem mittleren Infrarot und zusätzlich noch den Mikrowellenlängenbereich, genutzt (ALBERTZ 2007). Seit der geometrisch höchst auflösende Satellit IKONOS im Jahr 1999 in die Erdumlaufbahn gebracht wurde, konnte erstmals in der kommerziellen Satellitenfernerkundung eine Bodenauflösung von 1m erreicht werden. Datensätze dieses Sensors zeichnen sich als besonders gute Quelle für Analysen in urbanen Räumen aus. Für die beiden Untersuchungsgebiete Köln und Dresden wurden beim Vertreiber European Space Imaging (EUSI) flächendeckende Aufnahmen im Sommer 2007 bestellt. Da in der Regel mit zunehmender geometrischer Auflösung der relevanten Gebiete in Köln und Dresden die räumliche Abdeckung des aufzunehmenden Untersuchungsgebietes auf der Erdoberfläche sinkt, sind für eine komplette Abdeckung oft mehrere Aufnahmen notwendig. Mit einer geometrischen Auflösung von 1m und einer Schwadbreite von 11km, wurden mit dem Sensor IKONOS für das Untersuchungsgebiet Dresden im August 2007 drei Szenen aufgenommen und für Köln drei

Teilszenen im Mai 2007 sowie zwei Teilszenen im August 2007 aufgezeichnet. Weitere Angaben zu den Eigenschaften der Szenen können Tabelle 5.1 entnommen werden.

*Tabelle 5.1: Eigenschaften der höchst aufgelösten Satellitenbilddaten.*

	<b>Dresden</b>	<b>Köln</b>
Sensor	IKONOS	IKONOS
Anzahl der Szenen	3	5
Aufnahmedatum/-en	06.08.2007	22.05.2007, 08.07.2007
Radiometrische Auflösung	11 bit	11 bit
Geometrische Auflösung	Pan: 1m MS: 4m	Pan: 1m MS: 4m
Spektrale Auflösung	Pan: 450-900nm Blau: 455-516nm Grün: 506-595nm Rot: 632-698nm NIR: 757-853nm	Pan: 450-900nm Blau: 455-516nm Grün: 506-595nm Rot: 632-698nm NIR: 757-853nm

- Hier Abbildung 5.2 einfügen-

*Abbildung 5.2: Abdeckung des Untersuchungsgebietes Köln mit höchst aufgelösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2).*

- Hier Abbildung 5.3 einfügen-

*Abbildung 5.3: Abdeckung des Untersuchungsgebietes Dresden mit höchst aufgelösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2).*

In den beiden Abbildungen 5.2 und 5.3 ist klar ersichtlich, mit welcher hohem Detail kleinräumige urbane Strukturen mit höchstauflösenden Satellitenbildsensoren abgebildet werden können. Speziell für die Auswertung von Daten urbaner Landschaften ist eine sehr hohe geometrische Auflösung notwendig, um Einzelgebäude identifizieren zu können. Die gezeigten Abbildungen stellen jeweils einen Ausschnitt aus dem Zentrum beider Untersuchungsgebiete in Falschfarbinfrarotdarstellung (Bandkombination 4/3/2) dar. Diese Darstellungsform erlaubt die deutlichere Differenzierung von Vegetationsflächen und versiegelten Flächen.

### **5.3.2 Oberflächenmodelle aus aktiven Sensoren**

Um die physische Struktur eines urbanen Raumes in seinen Formen und Dimensionen ausreichend beschreiben zu können, sind neben den zweidimensionalen Satellitenbilddaten noch zusätzliche Informationen notwendig. Flugzeuggetragene Laserscansysteme bieten die Möglichkeit die Oberfläche eines überflogenen Gebietes abzutasten und somit die jeweiligen Objekte auch nach ihrer vertikalen Ausprägung hin zu beschreiben. Vom Messprinzip gehören Laserscanner zu den aktiven Sensoren. Ein Laserimpuls wird vom Sensor auf die Erdoberfläche ausgesendet, von dort reflektiert und wieder zum Sensor zurückgesendet (Abbildung 5.4). Der Sensor misst die Laufzeit des Impulses und kann mittels GPS (Globales Positionierungssystem) und INS (Intertial Navigationssystem) genau in seiner Lage verortet werden. Somit wird die exakte Position in horizontaler Richtung und die absolute Höhe des jeweiligen reflektierenden Objektes gemessen (HOFMANN 2005). In Abhängigkeit der Dichte der somit entstehenden Punktwolke, werden unterschiedliche Auflösungen bzw. Genauigkeiten erreicht. Meist werden die Daten für die Erstellung eines digitalen Oberflächenmodells (DOM) verwendet und finden Anwendung in unterschiedlichen Bereichen, wie z. B. Forstwirtschaft, Stadtplanung, Gletschermonitoring und andere.

- Hier Abbildung 5.4 einfügen

*Abbildung 5.4: Funktionsprinzip eines flugzeuggetragenen Laserscanners (Quelle: Professur für Geodäsie und Geoinformatik, Universität Rostock 2008)*

Von den beiden Untersuchungsgebieten wurden von Seiten der Städte Köln und Dresden hochgenaue digitale Oberflächenmodelle mit einer geometrischen Auflösung von 1m zur Verfügung gestellt (vgl. Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2: Eigenschaften der digitalen Laserscanning Oberflächenmodelle.

Digitales Laserscanning Oberflächenmodell	Dresden	Köln
Aufnahmedatum	2001/2002	2007
Geometrische Auflösung	1m	1m

- Hier Abbildung 5.5 einfügen

Abbildung 5.5: Digitales Oberflächenmodell von Köln und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung.

- Hier Abbildung 5.6 einfügen

Abbildung 5.6: Digitales Oberflächenmodell von Dresden und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung.

Abbildung 5.5 und 5.6 zeigen beispielhaft die in den digitalen Oberflächenmodellen enthaltenen Informationen. Im Unterschied zu optischen Fernerkundungsdaten ist der große Vorteil bei Oberflächenmodellen die abgespeicherte Höheninformation für die einzelnen Objekte, wodurch sich urbane Strukturen relativ einfach identifizieren lassen. Die Darstellung im Bild erfolgt anhand von Grauwerten, wobei höhere Objekte heller dargestellt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Zeitpunkte zwischen den Satellitenbild- und Laserscanaufnahmen ergeben sich – insbesondere in Dresden – deutlich erkennbare Abweichungen der beiden Datengrundlagen voneinander. Abbildung 5.7 zeigt beispielhaft einige Veränderungen in der Bebauungsstruktur zwischen den Jahren 2001 (ALS) und 2007 (IKONOS) für Dresden (a-d) und zwischen den beiden Aufnahmen im Jahr 2007 für Köln.

- Hier Abbildung 5.7a einfügen	- Hier Abbildung 5.7b einfügen
- Hier Abbildung 5.7c einfügen	- Hier Abbildung 5.7d einfügen
- Hier Abbildung 5.7e einfügen	- Hier Abbildung 5.7f einfügen

Abbildung 5.7: Veränderungen in der bebauten Landschaft in den Untersuchungsgebieten Dresden (a-d) und Köln (e-f).

### 5.3.3 Zusätzliche raumbezogene Datengrundlagen

Zusätzlich zu den oben genannten Fernerkundungsdaten wurden weitere raumbezogene Daten für die Analysen von den Städten Dresden und Köln zur Verfügung gestellt. Digitale Orthofotos dienen einerseits als Vergleichsmöglichkeit mit den Satellitenbilddaten und andererseits als geometrische Referenz für die Koregistrierung der Datensätze. Von Dresden wurden Daten aus dem Jahr 2004 mit einer geometrischen Auflösung von 20cm und von Köln aus dem Jahr 2000 mit einer geometrischen Auflösung von 10cm seitens der Gemeindeverwaltungen bereitgestellt.

Das digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) stellt eine Beschreibung der topographischen Objekte in der Landschaft als Vektorformate dar und dient ebenfalls als Referenzdatensatz. Der Informationsumfang orientiert sich an der Topographischen Karte 1:25000 (BKG).

### 5.3.4 Datenvorverarbeitung

Die von EUSI gelieferten Satellitenbilddaten wurden als GeoOrthoKit geliefert, was einer Lagegenauigkeit der einzelnen Objekte von 15m entspricht. Dies bedeutet, dass im Extremfall ein Lageversatz von 30m für dasselbe Objekt in zwei Szenen auftreten kann. Aus diesem Grund wurden die Satellitenbildszenen jeweils auf Basis der Orthofotoreferenz mittels Koregistrierung geometrisch aneinander angepasst. Bei diesem Prozess werden die Bildelemente so ausgerichtet, dass sie bei

räumlicher Überlagerung deckungsgleich aufeinander zu liegen kommen. Für die Durchführung der Koregistrierung wurde ein semi-automatischer Ansatz gewählt, bei welchem vom Anwender zunächst einige Verknüpfungspunkte zwischen zwei Bilddatensätzen manuell gesetzt werden. Bei entsprechender Genauigkeit können von entsprechenden Bildverarbeitungsprogrammen auf Basis von Ähnlichkeiten in den Bildern, automatisiert weitere Verknüpfungspunkte generiert werden. Somit wird eine geometrische Übereinstimmung der für die weiteren Analysen verwendeten Datensätze hergestellt.

#### **5.4 Verwundbarkeitsassessment mit Methoden der Fernerkundung**

Vulnerabilität ist ein Begriff der verschiedene Interpretationen in unterschiedlichen Denkschulen umfasst (vgl. Birkmann 2006); im Rahmen des vorliegenden Projekts ist Vulnerabilität bzw. Verwundbarkeit insbesondere in drei Schlüsselkomponenten untergliedert worden, a) eine Expositions-, b) eine Anfälligkeits- und c) eine Bewältigungskomponente (siehe Kap. 1). Folglich ist Vulnerabilität als ganzheitlicher Ansatz zu verstehen, der eine interdisziplinäre Herangehensweise erfordert. In diesem Sinne sind verschiedene Teilkomponenten durch quantitativ oder qualitativ messbare Indikatoren und/oder Kriterien zu erfassen. Die Abschätzung der Vulnerabilität hängt aber sehr stark von den für den betrachteten Raum zur Verfügung stehenden Datengrundlagen ab, weshalb meist nur Teilaspekte des ganzheitlichen Konzepts beleuchtet werden können (TAUBENBÖCK 2008). In Abbildung 5.8 wird der Versuch dargestellt, einen konzeptionellen und schematischen Überblick zu Risiko, Vulnerabilität und Gefahr zu geben, wobei das hierarchische Konzept vom theoretischen Rahmen bis zur Beschreibung einzelner Indikatoren aufgezeigt wird.

- Hier Abbildung 5.8 einfügen

Abbildung 5.8: Konzept von Risiko, Vulnerabilität und Gefährdung (TAUBENBÖCK 2008).

In diesem Zusammenhang ist es das Ziel der Fernerkundung mit den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und Methoden, Indikatoren für Teilaspekte dieser Gesamtbetrachtung von Vulnerabilität bereitzustellen. Hierfür werden im folgenden Kapitel die Potenziale der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Fernerkundungsdaten zur Abschätzung von Vulnerabilität aufgezeigt. Basierend auf den unterschiedlichen Datensätzen werden Produkte in unterschiedlicher thematischer Tiefe und Qualität bereitgestellt.

Zu diesem Zweck wurden folgende Hauptziele formuliert:

- a) Identifikation von vulnerabilitätsrelevanten Objekten, insbesondere Wohngebäude und Gebäude mit gewerblich-industrieller Nutzung sowie verschiedene Infrastrukturen und deren Lage im Raum und Quantifizierung (Exposition)
- b) Physiognomische Charakterisierung urbaner Strukturen (Exposition, Anfälligkeit)
- c) Abschätzung der Bevölkerungsverteilung (Exposition, Anfälligkeit)
- d) Abschätzung von potenziellen Überflutungstiefen mit Methoden der Fernerkundung (Exposition)

##### **5.4.1 Expositionsanalyse – objekt-orientierte Landbedeckungsklassifikation**

Um die Exposition einzelner Objekte auf der Erdoberfläche abschätzen zu können, ist es zunächst notwendig die Landbedeckung flächendeckend auszuweisen. Dies wird anhand eines objekt-orientierten, hierarchischen, modularen und übertragbaren Klassifikationsansatzes durchgeführt. Ziel dieses Ansatzes ist es, unabhängig vom Untersuchungsgebiet, auf Basis von höchst aufgelösten optischen Satellitenbilddaten die Landbedeckung mit hoher Genauigkeit zu extrahieren.

Die angewandte Methode basiert auf zwei wesentlichen Prozessierungsschritten: der Segmentierung und der Klassifikation. Die angewendete Segmentierungsmethode wurde von ESCH (2006) mit dem Ziel der robusten Erfassung von Objekten unterschiedlicher Größe entwickelt. Sie beruht zunächst auf einer Basissegmentierung und einem Optimierungslevel mit einem entsprechend höheren Skalierungsparameter. In der Optimierungsprozedur wird nun die spektrale Differenz zwischen dem Sub-Objekt der Basissegmentierung und dem Super-Objekt des Optimierungslevel verglichen. Falls eine signifikante Abweichung durch die Differenz auftritt, wird das Sub-Objekt als relevante Struktur definiert und bleibt folglich im Optimierungslevel erhalten. Dieser Optimierungsschritt wird so lange

wiederholt, bis ein zufriedenstellender Grad der Segmentierung des Bilddatensatzes erreicht ist, der sowohl sehr große, homogene Flächen zusammenfasst, als auch den kleinräumig strukturierten Raum ausreichend beschreibt. Eine Übersicht über die Einzelschritte der Segmentierungsoptimierung mit anschließender Klassifizierung ist in Abbildung 5.9 gegeben.

- Hier Abbildung 5.9a einfügen	- Hier Abbildung 5.9b einfügen
- Hier Abbildung 5.9c einfügen	- Hier Abbildung 5.9d einfügen
- Hier Abbildung 5.9e einfügen	- Hier Abbildung 5.9f einfügen
- Hier Abbildung 5.9g einfügen	- Hier Abbildung 5.9h einfügen
- Hier Abbildung 5.9i einfügen	- Hier Abbildung 5.9j einfügen

*Abbildung 5.9. Segmentierungsoptimierung. Einzelschritte der Segmentierung: (a) Kombinierte Darstellung des digitalen Oberflächenmodell und Ikonos, (b) Import von ATKIS-Baublöcken, (c) Gebäudescharfe Segmentierung, (d) Klassifizierung nach Typ, (e) Basissegmentierung Ikonos, (f-i) Teilschritte der Segmentierungsoptimierung, (j) Klassifikationsergebnis.*

Die Erstellung von sinnvollen Segmenten stellt aber lediglich den ersten Schritt zur Klassifikation der Bilddaten dar. Ziel des hier verwendeten Ansatzes ist es, einen übertragbaren Ablauf zur Klassifikation der Landbedeckung mit hoher Genauigkeit zu erstellen. Der Ansatz wurde von TAUBENBÖCK (2006) entwickelt und auf unterschiedlichen Untersuchungsgebieten getestet (TAUBENBÖCK & ROTH 2007). Rekapitulierend basiert die Methode auf der Klassifikation von Objektmerkmalen, welche in ihren Eigenschaften möglichst geringen räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterliegen. Der Ansatz beruht auf der Annahme, dass urbane Objekte (Häuser, Straßen, Freiflächen usw.) weltweit grundsätzlich in ihrer räumlichen Ausprägung vergleichbar sind. Somit bedient sich die Klassifikation vorwiegend formbasierter Merkmale wie der Fläche, der Länge, der Breite oder deren Verhältnis zueinander und dem NDVI als einzigen spektralen Parameter. Die thematische Zuordnung zur einer der Landbedeckungsklassen beruht auf der Theorie der Fuzzy Logic (ZADEH 1978), wonach ein Objekt nicht mehr aus Basis einer 0/1-Maske zu einer Klasse zugeordnet wird, sondern die „Unschärfe“ der Klassenzugehörigkeit berücksichtigt wird.

Eine schematische Darstellung der Segmentierungsoptimierung ist in Abbildung 5.10 dargestellt, Ergebnisse der Klassifikation in Abbildung 5.11 und 5.12.

Die Qualität der Landbedeckungsklassifikation ist für die Abschätzung der Exposition einzelner Objekte von besonderer Bedeutung. Um eine Aussage über die Genauigkeit treffen zu können, wird das Ergebnis mit Referenzdaten verglichen (FOODY 2002) und in einer Konfusionsmatrix dargestellt (vgl. Tabelle 5.3 und 5.4). Für 100 zufällig verteilte Punkte je Klasse wurde ein visueller Abgleich zwischen dem Klassifikationsergebnis und dem Satellitenbild durchgeführt. Die Tabelle beinhaltet sowohl die Hersteller- (Anzahl korrekt klassifizierter Referenzpunkte dividiert durch die Summe aller Referenzpunkte, die der betrachteten Klasse insgesamt zugewiesen wurden), als auch die Nutzergenauigkeiten (Anzahl korrekt klassifizierter Referenzpunkte dividiert durch die Summe aller Referenzpunkte, die der betrachteten Klasse eigentlich angehören).

Mit der beschriebenen Methode wurde eine Gesamtgenauigkeit für Köln von ~91% und für Dresden von ~89% erreicht. Dies stellt ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis dar. Es zeigt die Möglichkeit, anhand von Satellitenbilddaten mittels vollkommen automatisierter Methoden sehr hohe Genauigkeiten bei der Klassifikation von urbanen Strukturen für die physische Verwundbarkeitsabschätzung zu erreichen. Gegenüber einer vollkommen manuell durchgeführten Auswertung stellt diese Möglichkeit eine erhebliche Reduzierung des Arbeitsaufwands dar.

Anhand der automatischen Klassifikation der Landbedeckung mittels Fernerkundungsdaten können Objekte auf der Erdoberfläche detailliert beschrieben werden. Es ist klar zu erkennen, welche Gebiete gegenüber einem potenziellen Hochwasserereignis aufgrund ihrer Lage gefährdet sind. Diese Art der Expositionsanalyse ist ein wichtiger Beitrag bei der Gesamtbetrachtung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen, da somit die Art, die Anzahl und die Lage von gefährdeten Objekten abgeschätzt werden kann. Zusätzlich bietet diese Methode die Möglichkeit, Freiflächen oder sichere Gebiete, sogenannte „Safe Areas“ zu identifizieren, und für eine notwendige Evakuierung im Krisenfall betroffene Verkehrsinfrastruktur zu verorten (TAUBENBÖCK et al. 2009)

- Hier Abbildung 5.10 einfügen

Abbildung 5.10: Schematischer Ablauf der hierarchischen Segmentierungsoptimierung.

Quelle: TAUBENBÖCK 2008

- Hier Abbildung 5.11 einfügen

Abbildung 5.11: Landbedeckungsklassifikation Dresden – Altstadt.

- Hier Abbildung 5.12 einfügen

Abbildung 5.12: Landbedeckungsklassifikation Köln – Innenstadt.

Tabelle 5.3: Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Köln.

Klassifikation – Köln							
	Wasser	Grünland	Baum- /Strauchveg.	Versiegelt	Gebäude	Gesamt	Nutzer %
Wasser	98	0	0	1	0	99	98,99
Grünland	0	91	19	2	0	112	81,25
Baum- /Strauchveg.	0	9	79	0	1	89	88,76
Versiegelt	2	0	1	88	0	91	96,70
Gebäude	0	0	1	9	99	109	90,83
Gesamt	100	100	100	100	100	500	
Hersteller %	98,00	91,00	79,00	88,00	99,00		91,00
Gesamt %	98,49	86,13	83,88	92,35	94,91		91,15

Tabelle 5.4: Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Dresden.

Klassifikation - Dresden							
	Wasser	Grünland	Baum- /Strauchveg.	Versiegelt	Gebäude	Gesamt	Nutzer %
Wasser	100	1	3	5	0	109	91,74
Grünland	0	95	20	8	1	124	76,61
Baum- /Strauchveg.	0	4	71	0	2	77	92,21
Versiegelt	0	0	4	85	3	92	92,39
Gebäude	0	0	2	2	94	98	95,92
Gesamt	100	100	100	100	100	500	
Hersteller %	100,00	95,00	71,00	85,00	94,00		89,00
Gesamt %	95,87	85,81	81,60	88,70	94,96		89,39

#### 5.4.2 Identifikation urbaner Strukturen auf Einzelhaus-/Gebäudeblockebene

Auch wenn die Ableitung der Landbedeckung aus Satellitenbilddaten für die oben genannten fünf Klassen sehr gute Genauigkeiten liefert, ist die Auswertung dennoch auf die zweidimensionale Information der Datengrundlage limitiert. Obgleich TAUBENBÖCK et al. (2007) anhand von Schattenlängen einzelner Gebäude deren Höhe abgeschätzt hat, ist diese Methode nicht uneingeschränkt auf sämtliche Untersuchungsgebiete übertragbar (abhängig von Sonnenstand und Bebauungsdichte). Um Einzelgebäude hinsichtlich ihrer physischen Merkmale detaillierter beschreiben zu können, wurde eine übertragbare Methode entwickelt, um diese Informationen aus digitalen Oberflächenmodellen zu extrahieren.

In einer ähnlich der Segmentierungsoptimierung klar strukturierten Prozesskette, werden Objekte aufgrund ihrer relativen Höhe gegenüber der nächsten Umgebung segmentiert. Der Ablauf ist ebenfalls in zwei Arbeitsschritte unterteilt, wobei zunächst die Segmentierung, gefolgt von der Klassifizierung,

durchgeführt wird. Für die Segmentierung wird zunächst eine übergeordnete Objektebene erstellt (L1), welche auch aus externen Datensätzen in Form von Vektordaten eingelesen werden kann. In diesem Fall standen Bebauungsblockgrenzen aus dem Digitalen Landschaftsmodell (Basis-DLM) des Amtlichen Topographischen Kartographischen Informationssystem (ATKIS) zur Verfügung (BKG). Diese Blöcke werden benötigt, um auf diesen kleinräumigen Einheiten, diverse statistische Parameter zu berechnen. So werden Quantile, Mittelwerte und Mediane der Grauwerte für alle Blöcke erstellt. Diese Werte sind für die folgende, detaillierte Segmentierung von Bedeutung. Ergebnis dieses Segmentierungsschrittes sind hochgenaue Umrisse von Einzelgebäuden (Abbildung 5.13).

- Hier **Abbildung 5.13** einfügen

*Abbildung 5.13: Ergebnis der Segmentierung von Einzelgebäuden, auf Ikonos überlagert.*

Diese Segmente können im Folgenden nach ihren Eigenschaften weiter beschrieben und charakterisiert werden. Da der Anspruch der entwickelten Methode die Übertragbarkeit auf verschiedene Untersuchungsgebiete zum Ziel hat, werden die extrahierten Gebäude nach ihrer Form und Größe weiter klassifiziert. Die Größe eines Gebäudes setzt sich aus dessen Grundfläche und der Höhe zusammen. Die mittlere absolute Höhe für jedes Segment, ist durch den Mittelwert der jeweiligen Grauwerte zu ermitteln. Für die Ableitung der Höhe jedes einzelnen Gebäudes, wird der Mittelwert des gebildeten Segmentes von der absoluten Höhe der jeweils nächsten Objekte subtrahiert, wobei diese Objekte keine Gebäude beinhalten dürfen. Als Ergebnis wird die mittlere relative Höhe für jedes Gebäudeobjekt ausgegeben. Für weitere Berechnungen ist es aber notwendig, diesen Wert für alle Gebäude vereinheitlicht darzustellen, weshalb die Gebäudehöhe durch die Anzahl der Geschosse ersetzt wird. Dies geschieht durch Verwendung einer mittleren Geschosshöhe, welche empirisch auf Basis von 50 Testgebäuden ermittelt wurde. Somit ist es möglich, für jedes Einzelgebäude dessen Größe in Fläche und Anzahl der Geschosse auszudrücken. Das Ergebnis der Geschoszahlableitung auf Einzelhausniveau ist in **Abbildung 5.14** für beide Untersuchungsgebiete zur erkennen. Eine detaillierte Beschreibung der Methode ist bei WURM et al. (2009a) nachzulesen.

- Hier **Abbildung 5.14** einfügen

*Abbildung 5.14: Ergebnis der Ableitung und Klassifikation von Geschoszzahlen auf Einzelhausniveau.*

Anhand von amtlichen Referenzdaten, von beiden Städten zur Verfügung gestellten digitalen Gebäudedatenbanken, konnte eine Genauigkeitsabschätzung für die Ableitung der Geschoszzahlen auf Einzelhausniveau durchgeführt werden. So wurde zunächst für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes die Anzahl der extrahierten Einzelgebäude verglichen, wobei klar erkennbar ist, dass besonders niedrige Gebäude (= 1 Geschoss) schwieriger zu erkennen waren. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Ergebnisse ist in **Tabelle 5.5** dargestellt.

*Tabelle 5.5: Genauigkeitsabschätzung der Anzahl der extrahierten Einzelgebäude.*

<b>Genauigkeitsabschätzung der Gebäudeextraktion</b>				
	<b>Köln</b>		<b>Dresden</b>	
<b>Anzahl der Gebäude</b>	<b>Referenz (2007)</b>	<b>Klassifikation (2007)</b>	<b>Referenz (2008)</b>	<b>Klassifikation (2001)</b>
<b>≥ 1 Geschoss</b>	2730	2417	4490	3648
<b>≥ 2 Geschosse</b>	2362	2316	3436	3524

Für die Abschätzung der Genauigkeit der abgeleiteten Geschoszzahlen auf Einzelhausniveau wurde ebenfalls ein Vergleich mit dem amtlichen digitalen Gebäudemodell durchgeführt. In **Tabelle 5.6** ist eine detaillierte Aufschlüsselung der Ergebnisse aufgeführt. Sie zeigt, dass durch die Verwendung eines alleinigen Wertes für die mittlere Geschosshöhe, Gebäude mit einer größeren Anzahl an Geschossen, tendenziell überschätzt werden.

Dies ist auf den Umstand zurückzuführen, dass die mittlere Geschosshöhe unter Berücksichtigung sämtlicher Gebäudetypen und deren charakteristischer Höhe, sowie deren Häufigkeit, gewählt wurde. Nichtsdestotrotz erlaubt die präsentierte Methode eine äußerst genaue und stabile Möglichkeit, die

jeweilige Anzahl der Geschosse für Einzelgebäude abzuschätzen. Wird eine Abschätzung mit einer maximalen Abweichung von  $\pm 1$  Geschossen als ausreichend erwogen, wird für das Untersuchungsgebiet sogar eine Gesamtgenauigkeit von  $\sim 85\%$  angegeben. Dies ist in jedem Fall ausreichend, um die grundsätzliche Dimension der Größe des jeweiligen Gebäudes abzuschätzen. Die Anzahl der Geschosse ist insbesondere für die Abschätzung der Möglichkeit der vertikalen Evakuierung von Menschen und Wohninventar von Bedeutung. In dieser Hinsicht wird die Auffassung vertreten, dass die Wohn- oder Gewerbegebäude die in exponierter Lage liegen und nur über ein Erdgeschoss verfügen tendenziell weniger Bewältigungskapazitäten bieten als Gebäude in denen Personen und Wertgegenstände bzw. Inventar bei einem Hochwasserereignis in höher gelegene Stockwerke verlagert werden kann.

*Tabelle 5.6: Genauigkeitsabschätzung der Geschoszzahlenableitung auf Einzelhausniveau für die Untersuchungsgebiete Köln-Innenstadt und Dresden-Altstadt.*

	Abweichung der Geschoszzahlen				
<b>Köln</b>	$\leq -2$	-1	0	+1	$\geq +2$
2 Geschosse	-	46,15	49,45	2,20	2,20
3 Geschosse	4,11	45,21	44,52	6,16	-
4 Geschosse	7,86	48,21	37,86	5,71	0,36
5 Geschosse	21,21	55,68	20,45	2,65	-
$\geq 6$ Geschosse	41,41	23,44	35,16	-	-
Mittelwert	14,92	43,74	37,49	3,34	0,51
		<b>84,57</b>			
	Abweichung der Geschoszzahlen				
<b>Dresden</b>	$\leq -2$	-1	0	+1	$\geq +2$
2 Geschosse	-	-	85,11	10,64	4,26
3 Geschosse	-	66,40	28,80	4,80	-
4 Geschosse	27,14	52,14	17,14	2,86	0,71
5 Geschosse	24,19	38,31	35,89	1,61	-
$\geq 6$ Geschosse	20,58	52,67	26,75	-	-
Mittelwert	14,38	41,90	38,74	3,98	0,99
		<b>84,62</b>			

Anhand der Größe und Form, können die Gebäude in weiterer Folge auf Basis charakteristischer Merkmale klassifiziert werden. Diese Klassifizierung erfolgt nach unterschiedlichen Klassen, welche die Physiognomie des Einzelobjektes charakterisieren sollen. Somit können derzeit fünf Klassen unterschieden werden: „Blockbebauung“, „Hochhausbebauung“, „Zeilenbebauung“, „Ein- und Zweifamilienhausbebauung“ und „Industrielle-, Gewerblich genutzte Bebauung“ (vgl. Abbildung 5.15). Natürlich ist die tatsächliche Nutzung des jeweiligen Gebäudes mittels automatisierter Fernerkundungsmethoden nur sehr schwer bzw. teilweise gar nicht zu erkennen, es lassen sich aber charakteristische Gebäude aufgrund ihrer Form und Größe eindeutig als nicht zur wohnlichen Nutzung verwendete Gebäude erkennen. So sind zum Beispiel besonders großflächige Gebäude, mit wenigen Geschossen, meist Produktions- oder Lagerhallen und werden somit als „industrielle bzw. gewerblich genutzte Bebauung“ klassifiziert.

- Hier Abbildung 5.15 einfügen

*Abbildung 5.15: Dreidimensionale Darstellung von Köln und Klassifikation nach unterschiedlichen Gebäudetypen.*

Die vorgestellte Methode zeigt eine stabile, übertragbare Möglichkeit, anhand welcher Gebäude aus digitalen Oberflächenmodellen extrahiert und nach ihrer Form und Größe charakterisiert werden können. Die detaillierte Beschreibung der Einzelgebäude ist insbesondere von Bedeutung, wenn es darum geht, Bevölkerung in potenziellen von Hochwasser betroffenen Gebieten (z. B. Stadtteilen, Stadtviertel) zu quantifizieren und zu lokalisieren (vgl. Kapitel 5.3.3). Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der Höhe, bzw. Anzahl der Geschosse von Einzelgebäuden ist die Abschätzung der Eignung des jeweiligen Gebäudes für die vertikale Evakuierung von Personen oder Hausrat. Wie bereits skizziert sind Gebäude mit einer geringen Geschoszahl (1-2 Geschosse), wenn sie in einer exponierten Lage liegen, deutlich anfälliger als Gebäude mit mehreren Geschossen.

### 5.4.3 Bevölkerungsabschätzung

Aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Strukturen können in Verbindung mit zusätzlichen statistischen Daten eine weitere Basis zur Indikatorenbildung für Vulnerabilitätsabschätzungen bieten. Grundlage hierfür ist eine genaue Identifikation der Siedlungsstrukturen aus Laserscan-Daten. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel 5.2 detailliert beschrieben, können mit Hilfe von automatisierten Bildanalysemethoden einzelne Gebäude aus Fernerkundungsdaten abgeleitet und klassifiziert werden und die resultierende Gebäudegrundfläche  $A_H$  sowie die Anzahl der Geschosse  $G_{ZH}$  über die Gebäudehöhe abgeleitet werden.

Bevölkerungsdaten sind meist nur generalisiert, beispielsweise auf der Einheit von einzelnen Stadtvierteln, vorhanden (Abbildung 5.16). Da aber Hochwasserereignisse in ihrer räumlichen Ausprägung keine Rücksicht auf diese – meist von der Stadtmorphologie unabhängigen – administrativen Raumeinheiten nehmen, sind diese Bevölkerungszahlen im Zusammenhang mit der räumlichen Analyse bei potenziellen Hochwasserereignissen nicht immer hinreichend auf kleinräumiger Ebene aussagekräftig. Eine Methode, welche Informationen aus Fernerkundung und statistischer Daten vereint, um eine hochgenaue Bevölkerungsverteilung auf Einzelhausniveau durchzuführen, ist die räumliche Disaggregation von Bevölkerungsdaten (STEINNOCHER et al. 2005; TAUBENBÖCK et al. 2007). Ein bedeutender Vorteil dieser Methode gegenüber von traditionellen statistischen Basiseinheiten (Verwaltungseinheiten) ist, dass die Lage der Gebäude – und somit auch der Bevölkerung – unabhängig von der flächenhaften Ausprägung der Basiseinheit dargestellt werden kann. Eine höhere räumliche Auflösung und genauere Verortung ist somit möglich – dies ist ein essentieller Vorteil für Entscheidungsträger bei den oftmals kleinräumig differenzierten Auswirkungen einer Überflutung.

- Hier Abbildung 5.16 einfügen

*Abbildung 5.16: Darstellung der Gesamtbevölkerung auf Ebene der Stadtbezirke (Köln) bzw. Ortsämter (Dresden).*

Die räumliche Disaggregation beruht in der hier beschriebenen Methode auf drei Grundlagen (AUBRECHT et al. 2009; WURM et al. 2009b):

- 1) Die Gesamtbevölkerung wird gleichmäßig über das gesamte Untersuchungsgebiet – basierend auf den Einzelgebäuden - verteilt.
- 2) Für die Verteilung werden nur Gebäude herangezogen, welche als Wohngebäude klassifiziert wurden.
- 3) Die Disaggregation beruht auf der Beziehung zwischen Wohnraum und Bevölkerung.

Die Berechnung der Bevölkerung pro Haus  $P_H$  ist in Gleichung 4 beschrieben, wobei  $W_{PH}$  den potenziellen Wohnraum pro Haus und  $W_{Pg}$  den gesamten potenziellen Wohnraum für das Untersuchungsgebiet beschreibt. Die Gesamtbevölkerung  $P_g$  wird aus amtlichen Daten der jeweiligen Gemeinde entnommen. Wobei sich  $W_{PH}$  aus der Geschoszahl  $G_{ZH}$  und der Gebäudegrundfläche  $A_H$  zusammensetzt. Für bestimmte Untersuchungsgebiete ist es aufgrund der lokalen Situation notwendig, eine zusätzliche Variable für den Wohnungsleerstand  $L$  in die Berechnung mit einzubeziehen. Für manche Stadtbezirke in Dresden (Ortsämter) wird ein Wohnungsleerstand von ~10% angegeben (Landeshauptstadt Dresden 2009b).

$$(2) \quad P_H = \frac{Wp_H}{Wp_g} \cdot P_g$$

$$(3) \quad Wp_H = (A_H \cdot Gz_H) \cdot (1 - L)$$

$$(4) \quad Wp_g = \sum_{H=1}^1 Wp_H$$

Als Ergebnis der räumlichen Disaggregation wird die Bevölkerung auf Hausebene berechnet. Dies ist ein erheblicher Mehrwert bei der Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen, da ganz klar eine Quantifizierung der Bevölkerung auf einer sehr kleinräumigen Raumeinheit durchgeführt werden kann. Somit kann abgeschätzt werden, wie viele Personen bei einem Hochwasserereignis betroffen sein könnten und wo sich Brennpunkte aufgrund von besonders hoher Bevölkerungskonzentration herausbilden. Eine detaillierte Darstellung über die somit erhaltenen Informationen ist in Abbildung 5.17 zu erkennen.

**- Hier Abbildung 5.17 einfügen**

*Abbildung 5.17: Abgeschätzte Bevölkerung auf Einzelhausniveau für das Untersuchungsgebiet Köln – Innenstadt und räumliche Ausprägung des potenziellen Extremhochwasserereignisses.*

Zur Validierung der Methode wurden vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik in Köln genaue Referenzdaten auf Ebene der Stadtviertel zur Verfügung gestellt. Diese Daten beinhalten sowohl die Anzahl der Bevölkerung pro Stadtviertel, als auch eine exakte Berechnung der potenziell gefährdeten Bevölkerung bei einem Hochwasserereignis. Die genaue Auflistung der Ergebnisse für die einzelnen Stadtviertel ist in Tabelle 5.7 aufgelistet und in Abbildung 5.18 als Diagramm dargestellt. Es ist klar zu erkennen, dass tendenziell die richtige Größenordnung der Bevölkerung pro Stadtviertel richtig erkannt wurde. Besonders bei einer Überklassifizierung an Wohngebäuden, wurde die Bevölkerung überschätzt. Dies tritt besonders in der Altstadt von Köln auf, da eine genaue Abschätzung des Geschäftsanteils pro Gebäude mittels Fernerkundungsmethoden nicht möglich ist.

Tabelle 5.7: Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation und Abschätzung der potenziell Betroffenen Bevölkerung bei einem HQ500-Ereignis auf Basis von Stadtviertel in Köln.

Stadtviertel	Total P.	Gesch.P.	Beob. $\varepsilon$	Betr.P.	Gesch.P.	Beob. $\varepsilon$
Kapitol-Viertel	1632	2233	36,83	161	102	-36,65
Mauritius-Viertel	4386	4491	2,39	0	0	0
Cäcilien-Viertel	3196	4101	28,32	0	0	0
Pantaleons-Viertel	4872	4638	-4,80	3169	2885	-8,96
Georgs-Viertel	2478	4048	63,36	2292	3320	44,85
Severins-Viertel	10972	8112	-26,07	5239	4487	-14,35
Südstadt	14820	14541	-1,88	8114	8633	6,40
Volksgarten-Viertel	4949	5625	13,66	248	273	10,08
Studenten-Viertel	2666	1502	-43,66	0	0	0
Südbahnhof-Viertel	2527	1787	-29,28	0	0	0
Komponisten-Viertel	7298	8339	14,26	3	0	-
Rathenau-Viertel	3836	3594	-6,31	13	0	-
Gewerbegebiet	1813	2573	41,92	745	645	-13,42
Kuniberts-Viertel	3774	2803	-25,73	900	1491	65,67
Eigelstein-Viertel	2646	599	-77,36	0	0	0
Gereons-Viertel	2885	2349	-18,58	21	0	-
Neumarkt-Viertel	1697	3408	100,82	0	0	0
City	959	2810	193,01	0	0	0
Martins-Viertel	1426	1276	-10,52	1081	1015	-6,11
Ursula-Viertel	2051	815	-60,26	0	0	0
Andreas-Viertel	918	2846	210,02	0	0	0
Apostel-Viertel	2164	1615	-25,37	44	68	54,55
Belgisches Viertel	6620	5217	-21,19	137	0	-
Stadtgarten-Viertel	2311	3642	57,59	144	257	78,47
Agnes-Viertel	13555	8946	-34,00	0	0	0
Media-Park	2253	4250	88,64	48	1075	2139,58
Gerichts-Viertel	2435	3424	40,62	1271	2061	62,16
Villen-Viertel	1000	2042	104,20	271	283	4,43
Colonus	678	1326	95,58	0	0	0
Deutz	7287	5930	-18,62	7091	5930	-16,37
Germanen-Viertel	3411	2317	-32,07	3348	2317	-30,79
Hafen-Viertel	2440	3769	54,47	2060	3088	49,90
Fachhochschule Deutz	1714	1735	1,23	1023	1735	69,60
Köln-Arena	820	699	-14,76	760	699	-8,03
$\bar{x}$	3779	3747	20,48	1123	1187	10,74*

\*Ohne Stadtviertel „Media-Park“.

- Hier Abbildung 5.18 einfügen

*Abbildung 5.18: Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation für die einzelnen Stadtviertel in Köln.*

Der besondere Mehrwert bei der Bevölkerungsverteilung auf Einzelhausniveau ist die Möglichkeit, anhand zusätzlicher Geodaten unterschiedliche Szenarien mittels eines GIS (Geographischen Informationssystems) zu simulieren. So lässt sich mit Hilfe von räumlichen Ausprägungen von errechneten, hydrologisch modellierten Hochwasserszenarien die potenziell betroffene Bevölkerung abschätzen. Abbildung 5.18 zeigt exemplarisch für die Innenstadt von Köln, wie durch eine räumliche Verschneidung zwischen der abgeschätzten Bevölkerung auf Hausebene und des errechneten Extremhochwasserszenarios die potenziell betroffene Personenanzahl abgeschätzt werden kann. In Tabelle 5.7 sind ebenfalls die exakten Angaben über die Genauigkeit der Methode auf Stadtviertelebene angegeben. Abbildung 5.19 zeigt einen Vergleich in kartographischer Form, zwischen den amtlichen zur Verfügung gestellten Daten und der abgeschätzten potenziell betroffenen Bevölkerung.

Diese Methode verdeutlicht, dass zwar keine exakte Aussage über die tatsächlich Bevölkerungsanzahl pro Gebäude oder Stadtviertel gemacht werden kann, aber eine sehr genaue Abschätzung über die Größenordnung möglich ist. Für die Abschätzung der Vulnerabilität ist es sinnvoll eine übertragbare Methode zu finden, anhand welcher die richtige Dimension der potenziell betroffenen Bevölkerung abgeleitet werden kann.

- Hier Abbildung 5.19 einfügen

*Abbildung 5.19: Vergleich zwischen abgeschätzter Bevölkerung auf Stadtviertelebene und amtlichen Daten.*

Da Referenzdaten lediglich für das Untersuchungsgebiet von Köln zur Verfügung standen, wurden sämtliche Validierungen der Ergebnisse nur für Köln durchgeführt. Die Methode ist aber in ihrer Struktur so konzipiert worden, dass sie auch auf andere Untersuchungsgebiete übertragen werden kann. Abbildung 5.20 zeigt für beide Untersuchungsgebiete die aggregierten Bevölkerungszahlen auf Ebene der Stadtviertel.

- Hier Abbildung 5.20 einfügen

*Abbildung 5.20: Anzahl der abgeschätzten bei einem Extremhochwasser potenziell betroffenen Bevölkerung für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden.*

#### **5.4.4. Stadtstrukturtypenklassifizierung**

Die in den oben beschriebenen Kapiteln gewonnenen Klassifikationsergebnisse können zur besseren Veranschaulichung und zum Zwecke von zusätzlicher, GIS-mäßiger Verarbeitung zu aggregierten Raumeinheiten zusammengefasst werden und mit Zusatzinformation angereichert werden. Diese Raumeinheiten werden auf Basis der vorherrschenden Landbedeckung bzw. aufgrund von homogenen Baustrukturen – meist auf Blockebene – zusammengefasst. In der Stadtökologie (SUKOPP 1998) fanden diese als *Stadtbiotoptypen* oder *Stadtstrukturtypen* bereits seit längerer Zeit Einzug in Stadtplanung und Forschung.

Für die Ableitung und Kartierung von Stadtstrukturtypen werden seit jeher Fernerkundungsdaten oder topographische Karten - mit entsprechend hohem Maßstab – verwendet (PAULEIT 2002; SOCHER 1999). Der Prozess der Stadtstrukturtypenkartierung gestaltete sich aber bisher als besonders aufwändig, da die Auswertung stets auf einen Großteil an manueller Arbeit durch visuelle Interpretation am Bildschirm fußte, auch wenn bereits teilweise automatisierte Analysen in die Ableitung mit einbezogen wurden (SOCHER 1999; BANZHAF 2008).

Die hier vorgestellte Methode ist vollautomatisiert, objektorientiert und übertragbar gestaltet worden. Sie beruht auf den in den vorangegangenen Kapiteln dargelegten methodischen Schritten und

Datengrundlagen sowie den skizzierten Ergebnissen aus objektorientierter Landbedeckungsklassifikation und Ableitung der Bebauungsstrukturen aus digitalen Oberflächenmodellen. Die Ergebnisse, welche auf Einzelhausbene vorliegen, werden auf Basis der oben erwähnten Baublockgrenzen zusammengefasst. Hierbei wird der jeweilige Baublock nach dem vorherrschenden Landbedeckungs- oder Bebauungstyp klassifiziert.

Anhand dieser Stadtstrukturtypenklassifizierung lässt sich das Untersuchungsgebiet rasch nach unterschiedlichen Kriterien einteilen und Zusatzinformation anspielen. Somit können beispielsweise ökonomische Werte für unterschiedliche Strukturtypen erhoben werden oder mit Daten aus einer vorhandenen Datenbank - z. B. Nadine (GFZ) – verknüpft werden. Dies kann als Grundlage dienen, ökonomische Schäden bei einem potenziellen Hochwasserereignis abzuschätzen.

Abbildung 5.21 zeigt beispielhaft für einen Ausschnitt der beiden Untersuchungsgebiete eine Klassifikation nach Stadtstrukturtypen.

- Hier Abbildung 5.21 einfügen

*Abbildung 5.21: Stadtstrukturtypenklassifikation für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden.*

#### 5.4.5 Überflutungstiefenabschätzung

Mit dem Projekt DISFLOOD (Disaster Information System for large-scale flood events using Earth Observation), welches parallel zum Projekt „Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen“ unter Beteiligung des DLR und UNU-EHS durchgeführt wurde und einen regionalen bzw. nationalen Ansatz umfasste, wurden Methoden und Komponenten für ein Hochwasser-Informationssystem am Beispiel der Elbe erarbeitet (DAMM et al. 2006). Hierbei wurde eine Methode für die Ableitung von Überflutungstiefen anhand von Satellitenbilddaten und hoch aufgelösten LiDAR Geländemodellen entwickelt. Die flächenbezogenen Daten zur Überflutungstiefe werden sowohl für die schnelle Schadensanalyse anhand von Schadensmodellen (THIEKEN et al. 2005) als auch für die Vulnerabilitätsanalyse verwendet.

Fernerkundungstechniken spielen für das Hochwasserrisikomanagement eine wichtige Rolle, da mit ihnen homogene, flächenhafte und zeitnahe Informationen über das Ausmaß der überfluteten Fläche gewonnen werden können (SANYAL & LU 2004). Will man jedoch zusätzlich zur Überflutungsfläche Informationen über die Überflutungstiefe, so werden hierfür detaillierte Geländehöheninformationen (z. B. von LiDAR) benötigt. Die Genauigkeit der Ableitung der Überflutungstiefe ist gebunden an die verlässliche Bestimmung der Land-Wasser-Grenze und damit die punktgenaue Verschneidung der beiden Datensätze. Die Methode zur Ableitung von Überflutungstiefen basiert auf der dezentralen bzw. lokalen Anpassung einer aus Satellitendaten abgeleiteten Flutmaske an ein digitales Geländemodell. Diese Anpassung erfolgt anhand der Abfolge von dicht gestaffelten Hochwasserquerschnittsprofilen entlang des Flussverlaufs, welche jeweils individuell an das Geländemodell angepasst werden (vgl. Abbildung 5.22). Das bedeutet, dass die resultierende Flutmaske nicht nur einer linearen Verschiebung sondern auch einer Formveränderung unterliegen kann. Das Ziel dieses Prozesses ist die Reduzierung von kleinräumigen geometrischen und thematischen Fehlern in der Flutmaske und damit die Verbesserung der Genauigkeit und der hydraulischen Verlässlichkeit der abgeleiteten Hochwasserfläche (ZWENZNER & VOIGT 2009; MEINEL et al. 2003).

- Hier Abbildung 5.22 einfügen

*Abbildung 5.22: Darstellung der satellitenbasierten Überflutungsfläche an der Elbe oberhalb von Dresden und Verschneidung mit den Hochwasserprofilen im Geländemodell (links); abgeleitete Überflutungstiefe (rechts)*

Die einfache Ableitung der Überflutungstiefe anhand der Profilhöhen zeigt entgegen der Erwartung einer glatten Wasserfläche deutliche Höhenunterschiede und eine große Streuung der Profilhöhen, wie in Abbildung 5.23 dargestellt. Die wesentlichen Gründe für die Schwankungen der Hochwasserprofile sind in Fehlklassifikationen in der Überflutungsmaske begründet. Diese sind vor allem zurückzuführen auf überflutete Vegetationsbereiche oder überflutete urbane Strukturen, die aufgrund ihres

Reflexionsverhaltens nicht automatisch als Wasser klassifiziert werden können. Damit wird die Abgrenzung der Wasserfläche verfälscht, was sich aufgrund der Korrelation der Höhe zur Fläche wiederum auf die Wasserspiegelhöhe auswirkt.

- Hier Abbildung 5.23 einfügen

*Abbildung 5.23: Längsprofil des Flussabschnitts der Elbe oberhalb von Dresden mit der Höhe der einzelnen Querschnittsprofile (rot) und der geglätteten Wasseroberfläche (gelb) während des Überflutungsereignisses zum Zeitpunkt der Satellitenbilddaufnahme*

Diese Varianzen machen eine eindeutige Ableitung der Wasserspiegelhöhe nicht ohne Weiteres möglich. Um die möglichen geometrischen und thematischen Fehler bei der Wasserflächenbestimmung auszugleichen und eine Übereinstimmung mit den Höheninformationen zu erzeugen, werden die ermittelten Profilhöhen mit einem gleitenden Mittel geglättet. Die resultierende Wasseroberfläche dient dann als Referenzhöhe für das Hochwasser. Die Referenzhöhe wird anhand der Profilpunkte und einem Triangulationsverfahren in die Fläche übertragen. Durch die Subtraktion der Geländehöhe von der ermittelten Wasserspiegelhöhe wird die Überflutungstiefe berechnet. Diese ist in Abbildung 5.22 rechts dargestellt.

#### **5.4.6 Zusammenfassung**

Die hier dargestellten Methoden zeigen die Möglichkeit auf, welchen Beitrag die Fernerkundung bei der Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen gegenüber Hochwassergefahren in urbanen Räumen bieten kann. Auf Basis von höchstauflösenden, optischen Satellitenbilddaten kann mittels übertragbarer, objekt-orientierter Methoden die Landbedeckung, sowie Einzelobjekte, deren Exposition und deren Quantifizierung abgeleitet werden. Anhand von mittels flugzeuggetragener Laserscanner aufgezeichneten digitalen Oberflächenmodellen ist es möglich, die urbane Morphologie auf Basis physiognomischer Kriterien auf Einzelhausniveau exakt zu charakterisieren. Anhand dieser Methode können Gebäude klar erkannt werden und deren Größe sowie deren Lage bestimmt werden. Diese Information kann genutzt werden, um einen weiteren Indikator zur Vulnerabilitätsabschätzung zu erstellen, der insbesondere die gebäudebezogene vertikale Evakuierungsmöglichkeit erfasst und mit sozio-demographischen Daten zur Evakuierungsfähigkeit der Bevölkerung verschnitten werden kann.

Mittels räumlicher Disaggregation können Bevölkerungszahlen, welche für übergeordnete, statistisch-administrative Raumeinheiten verfügbar sind, auf die Einzelgebäude aufgrund deren Typs und Größe verteilt werden. Somit ist eine exakte Analyse über die Lage der Bevölkerung im Raum möglich und mittels räumlicher Verschneidung mit Hochwasserszenarien kann die potenziell betroffene Bevölkerung kleinräumig abgeschätzt werden. Die Zusammenfassung von Landbedeckungsinformation und Bebauungstypen zu Stadtstrukturtypen erlauben eine Anknüpfung zusätzlicher Information wie zum Beispiel ökonomischer Werte. Eine synergetische Analyse von optischen Satellitenbilddaten und digitalen Oberflächenmodellen erlaubt die exakte Bestimmung von Überflutungstiefen und ist somit ein weiterer, relevanter Indikator zur Bestimmung von Vulnerabilität.

Somit bietet die Fernerkundung mit ihren multisensoralen Datensätzen vielschichtige Potenziale um multiskalige Analysen zur Abschätzung von Vulnerabilität in unterschiedlichen Ausprägungen durchführen zu können. Die erzielten Genauigkeiten erlauben Aussagen in der richtigen Dimension zu treffen, womit die Fernerkundung wichtige Datengrundlagen und Methoden zur Vulnerabilitätsabschätzung insbesondere im Bereich der physischen Vulnerabilität und Exposition in hochwassergefährdeten Gebieten bietet.

#### **Verweis auf Anhang D:**

Für ausgewählte Teilbereiche der Untersuchungsgebiete wurden die einzelnen, aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Vulnerabilitätsindikatoren in kartographischer Form aufbereitet (vgl. Anhang D).

## 6. Quellenverzeichnis

1. ADGER, W. N.; HUGHES, T. P.; FOLKE, C.; CARPENTER, S. R. & J. ROCKSTRÖM (2005): Socio-Ecological Resilience to Coastal Disasters. In: *Science* 309, 1039-1039.
2. ADGER, W. N.; KELLY, P. M. & N. H. NINH (Hrsg.) (2001) *Living with Environmental Change. Social vulnerability, adaptation and resilience in Vietnam*. In: *Research Global Environmental Change*, Routledge, London.
3. ALBERTZ, J. (2007): *Einführung in die Fernerkundung. Grundlage der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
4. APEL, A.; ARONICA, G. T.; KREIBICH, H. & A. H. THIEKEN (2009): Flood risk analyses – how detailed do we need to be? In: *Natural Hazard* 49, 79-98.
5. Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V. (ATT); Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW); Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e. V. (DBVW); Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. Technisch-wissenschaftlicher Verein (DVGW); Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA); Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU) (Hrsg.) (2008): *Branchenbild der Deutschen Wasserwirtschaft 2008*. Bonn Abrufbar unter: [http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE\\_Branchenbild\\_der\\_deutschen\\_Wasserwirtschaft\\_2008/\\$file/08%2003%2010%20Branchenbild%20Wasser%202008%20end.g.pdf](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Branchenbild_der_deutschen_Wasserwirtschaft_2008/$file/08%2003%2010%20Branchenbild%20Wasser%202008%20end.g.pdf), zuletzt abgerufen am 29.05.2009.
6. AUBRECHT, C.; STEINNOCHER, K.; HOLLAUS, M. & W. WAGNER (2009): Integrating earth observation and GIScience for high resolution spatial and functional modelling of urban land use. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 33 (1), 15-25.
7. BACHFISCHER, R. (1978): *Die ökologische Risikoanalyse – eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in der Raumplanung*. Diss. München.
8. BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, . & R. WEIBER (2005): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer, Berlin & Heidelberg.
9. BANZHAF, E. & R. HÖFER (2008): Monitoring urban structure types as spatial indicators with CIR aerial photographs for a more effective urban environmental management, In: *Journal of selected topics in applied earth observation and remote sensing*, IEEE 1 (2), 129-138.
10. BARROCA, B.; BERNARDARA, P.; MOUCHEL, J. M. & G. HUBERT (2006): Indicators for identification of urban flooding vulnerability. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6, 553-561.
11. BASTIAN, O. & K.-F. SCHREIBER [Hrsg.] (1994): *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft*. Gustav Fischer, Jena & Stuttgart.
12. BECK, S.; KUHLCHE, C. & C. GÖRG (2009): *Climate Policy Integration, Coherence, and Governance in Germany*. PEER Climate Change Initiative – Projekt 2: “Climate Policy Integration, Coherence and Governance”. UFZ-Bericht 01/2009. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ, Leipzig.
13. BIRKMANN, J.; KRINGS, S.; MEISEL, K.; WOLFERTZ, J. & M. WURM (2009; unveröffentlicht): *INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen – am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen*. V. Zwischenbereich. Bonn.

14. BIRKMANN, J. (2009): Soziale Aspekte für den Bevölkerungsschutz fassbar machen. Indikatoren zur Abschätzung der Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gegenüber Hochwasser am Beispiel Köln und Dresden. In: Notfallvorsorge 2/2009, 16-18.
15. BIRKMANN, J. (2008): Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilience. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung. 66 (1), 5-22.
16. BIRKMANN, J. & S. KRINGS (2008): Die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen gegenüber (möglichen) Auswirkungen des Klimawandels. In: Notfallvorsorge 4/2008, 25-30.
17. BIRKMANN, J.; GEBERT, N.; KÜHLING, W.; LENZ, S.; LIESE, K. & S. VOIGT (2007; unveröffentlicht): INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen. I. Zwischenbericht. Bonn.
18. BIRKMANN, J. (2006a): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual framework and definitions. In: BIRKMANN, J. (Hrsg.): Measuring Vulnerability to Natural hazards – Towards Disaster Resilient societies. United Nations University Press; Tokyo, New York, Paris, 9-54.
19. BIRKMANN, J. (2006b): Indicators and Criteria for Measuring Vulnerability: Theoretical Bases and Requirements, In: BIRKMANN, J. (Hrsg.): Measuring Vulnerability to Natural Hazards - Towards Disaster Resilient Societies, United Nations University Press; Tokyo, New York, Paris, 55-77.
20. BRONSTERT, A. [Hrsg.] (2004): Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder. Schlussbericht zum BMBF-Projekt im Rahmen des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“. Brandenburgische Umweltberichte 15.
21. BOGARDI, J. & J. BIRKMANN (2004): Vulnerability Assessment: The First step towards sustainable Risk Reduction. In: MALZAHN, D. & T. PLAPP (Hrsg.): Disaster and Society – From Hazard Assessment to Risk Reduction. Logos Verlag, Berlin, 75-82.
22. BOHLE, H.-G. (2007) Geographische Entwicklungsforschung. In: GEBHARDT, H; GLASER, R.; RADTKE U. & P. REUBER (Hrsg.) Geographie – Physische Geographie und Humangeographie, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin & Heidelberg, 797-815.
23. BOHLE, H.-G. (2001): Vulnerability and Critically: Perspectives from Social Geography. IHPD Update 2/2001. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 1-7.
24. BOHLE, H.-G.; DOWNING, T. E. & M. J. WATTS (1994): Climate change and social vulnerability. Towards a sociology and geography of food insecurity. In: Global Environmental Change 4, 37-48.
25. BOLLIN, C. (2008): Staatliche Verantwortung und Bürgerbeteiligung – Voraussetzung für effektive Katastrophenvorsorge. In: FELGENTREFF, C. & T. GLADE (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Springer, Berlin & Heidelberg, 253-279.
26. BORTZ, J. (2005): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 6. Auf., Springer, Heidelberg.

27. BRKLACICH, M. & H.-G. BOHLE (2006): Assessing human vulnerability to global climatic change. In: EHLERS, E. & T. KRAFFT (Hrsg.): Earth system science in the anthropocene. Emerging issues and problems. Berlin & Heidelberg, 51–61.
28. BRÜCHER, W. (2009): Energiegeographie. Wechselwirkungen zwischen Ressource, Raum und Politik. Borntraeger, Berlin & Stuttgart.
29. BRILLY, M. & M. POLIC (2005): Public perception of flood risks, flood forecasting and mitigation. In: Natural Hazard and Earth System Sciences 5, 345-355.
30. BÜHL, A. (2008): SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse. Pearson Studium, München.
31. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2008): Newsletter. 2/2008. Abrufbar unter:  
[http://www.bbk.bund.de/cln\\_027/nn\\_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/Newsletter\\_2-08.templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Newsletter\\_2-08.pdf](http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/Newsletter_2-08.templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Newsletter_2-08.pdf), zuletzt abgerufen am 20.05.2008.
32. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2006): Newsletter 3/2006: Wissenswertes aus dem Zentrum Schutz Kritischer Infrastrukturen. Abrufbar unter:  
[http://www.bbk.bund.de/cln\\_027/nn\\_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/News1\\_3-06.templateID=raw,property=publicationFile.pdf/News1\\_3-06.pdf](http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/News1_3-06.templateID=raw,property=publicationFile.pdf/News1_3-06.pdf), zuletzt abgerufen am 25.03.2008.
33. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2005): Newsletter: Wissenswertes aus dem Zentrum Schutz Kritischer Infrastrukturen. 1/2005. Abrufbar unter:  
[www.bbk.bund.de/cln\\_027/nn\\_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/News1\\_1-05.templateID=raw,property=publicationFile.pdf/News1\\_1-05.pdf](http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/News1_1-05.templateID=raw,property=publicationFile.pdf/News1_1-05.pdf), zuletzt abgerufen am 25.03.2008.
34. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2009): GeoDatenZentrum. Abrufbar unter:  
<http://www.geodatenzentrum.de>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
35. Bundesministerium des Inneren (BMI) (Hrsg.) (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITS-Strategie). Berlin. Abrufbar unter:  
<http://www.bmi.bund.de/cae/servlet/contentblob/598730/publicationFile/34416/kritis.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
36. Bundesministerium des Inneren (BMI) (2008): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.
37. Bundesministerium des Inneren (BMI) ; Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2007): Schutz der Elektrizitätsversorgung in Deutschland. Studie und Handlungsempfehlungen. Mangement Summary. Berlin & Bonn.
38. Bundesministerium des Inneren (BMI) (2005): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. Berlin.
39. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2008a): Entwurf des Kabinettsberichts zur Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Abrufbar unter:  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf), zuletzt abgerufen am 07.07.2009.

40. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) [Hrsg.] (2008b): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin.
41. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2006): Energieversorgung für Deutschland. Statusbericht für den Energiegipfel am 3. April 2006. Berlin. Abrufbar unter: [http://www.bmu.de/files\(download/application/pdf/statusbericht\\_0603.pdf](http://www.bmu.de/files(download/application/pdf/statusbericht_0603.pdf), zuletzt abgerufen am 12.06.2008.
42. Bundesnetzagentur (2007): Bericht der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen über die Systemstörung im deutschen und europäischen Verbundsystem am 4. November 2006. Bonn. Abrufbar unter: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/9007.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
43. Bundesnetzagentur (2006): Untersuchungsbericht über die Versorgungsstörung im Netzgebiet des RWE im Münsterland vom 25.11.2005 durch die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Bonn. Abrufbar unter: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/6420.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
44. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) (Hrsg.) (2008): Energiemarkt Deutschland Zahlen und Fakten zur Gas- und Stromversorgung. Frankfurt a. M. Abrufbar unter: [http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE\\_Energiemarkt\\_Deutschland\\_-\\_Sommer2008/\\$file/Energiemarkt%20Deutschland%20Sommer%202008.pdf](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Energiemarkt_Deutschland_-_Sommer2008/$file/Energiemarkt%20Deutschland%20Sommer%202008.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
45. CAMPBELL, J. (2002): Introduction to Remote Sensing. 3. Aufl., The Guilford Press, New York.
46. CANNON, T.; TWIGG, J. & J. ROWELL (2003): Social Vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters. Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office. Abrufbar unter: [http://www.benfieldhrc.org/disaster\\_studies/projects/soc\\_vuln\\_sust\\_live.pdf](http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf), zuletzt abgerufen am 30.09.2009.
47. CARDONA, O.D.; HURTADO, J.E.; CHARDON, A.C.; MORENO, A.M.; PRIETO, S.D.; VELASQUEZ, L.S. & G. DUQUE (2005): Indicators of disaster risk and risk management. Program for Latin America and the Caribbean. Summary Report for World Conference on Disaster Reduction, IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management, National University of Colombia/ Inter-American Development Bank. Abrufbar unter: [www.iadb.org/int/DRP/Ing/Red6/Docs/IDEAR06-05eng.pdf](http://www.iadb.org/int/DRP/Ing/Red6/Docs/IDEAR06-05eng.pdf), zuletzt abgerufen am 30.09.2009.
48. CARDONA, O. D. (2001): Estimacion Holistica des Riesgo Sismico Utilizando Sistemas Dinamicos Complejos. Technical University of Catalonia, Barcelona.
49. CARDONA, O.D. & A.H. BARBAT (2000) El Riesgo Sísmico y su Prevención, Cuaderno Técnico 5, Calidad Siderúrgica, Madrid.
50. CARDONA, O. D. (1999): Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics: A Holistic Risk Assessment and Management Approach. In: INGLETON, K. (Hrsg.): Natural Disaster Management. Tudor Rose, London.
51. Comité Européen des Assurances (CEA) (2007): Reducing the social and economic impact of climate change and natural catastrophes – insurance solutions and public-private partnerships. Brüssel.

52. DAMM, M.; FEKETE, A.; UHLEMANN, S. & H. ZWENZNER (2006): Development of an Information System for Large-Scale Flood Events Supported by Remote Sensing (Project DISFLOOD), Beiträge zur Konferenz "Strategien und Instrumente zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes" 23. - 25. November 2005 in Tangermünde. Magdeburger Wasserwirtschaftliche Hefte 6, Shaker, Magdeburg, 133-141.
53. DE BRUIN, K.; KLIJN, F.; ÖLFERT, A.; PENNING-POWSELL, E.; SIMM, J. & M. WALLIS (2009): Flood risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated Project).
54. DE MOEL, H.; VAN ALPHEN, J. & J. C. J. H. AERTS (2009): Flood maps in Europe – methods, availability and use. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 9, 289-301.
55. Department for International Development (1999): Sustainable livelihoods guidance sheets. 4/1999. Abrufbar unter: [http://www.livelihoods.org/info/guidance\\_sheets\\_pdfs/section2.pdf](http://www.livelihoods.org/info/guidance_sheets_pdfs/section2.pdf), zuletzt abgerufen am 13.08.2008.
56. Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) (o.J.): NaDiNe. Abrufbar unter: <http://nadine-ws.gfz-potsdam.de:8080/howasPortal/client/start>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
57. Deutsches Rotes Kreuz (2008): Großkatastrophe Stromausfall. Abrufbar unter: [http://www.drk.de/alt/tops\\_2008/0924\\_katastrophenfall/bericht.html](http://www.drk.de/alt/tops_2008/0924_katastrophenfall/bericht.html), zuletzt abgerufen am 28.9.2009.
58. Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStGB) (2006): DStGB Dokumentation No. 60. Sichere Städte und Gemeinden. Unterstützungs- und Dienstleistungsangebote des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Abrufbar unter: [http://www.dstgb.de/homepage/artikel/dokumentationen/nr\\_60\\_sichere\\_staedte\\_und\\_gemeinden/doku60\\_bevoelkerungsschutz.pdf](http://www.dstgb.de/homepage/artikel/dokumentationen/nr_60_sichere_staedte_und_gemeinden/doku60_bevoelkerungsschutz.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
59. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge (DKKV) (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbgebiet. Schriftenreihe des DKKV 29.
60. Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (2003): Dokumentation von typischen Schäden und Beeinträchtigungen durch Hochwasserereignisse in der Wasserversorgung, Ableitung von vorbeugenden und akuten Handlungsempfehlungen. Dresden. Abrufbar unter: [http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/organisation/hochwasser\\_tzw.pdf](http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/organisation/hochwasser_tzw.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
61. DIEKMANN, A. (1996): Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendung, 2. Aufl., Rowohlt, Hamburg.
62. DILLEY, M.; CHEN, R.; DEICHMANN, U.; LERNER-LAM, A. & M. ARNOLD (2005) Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. Columbia University, World Bank; New York & Washington.
63. DITTRICH, F. (2005): Die Ermittlung von Hochwasserschäden in der Landwirtschaft. Vortrag beim RIMAX-MEDIS-Workshop „Erfassung von Hochwasserschäden“, 1./2. Dez. 2005 in Dresden. Abrufbar unter: [http://www.rimax-hochwasser.de/fileadmin/RIMAX/download/Veranstaltungen/MEDIS-Workshop/medis\\_05\\_dittrich.pdf](http://www.rimax-hochwasser.de/fileadmin/RIMAX/download/Veranstaltungen/MEDIS-Workshop/medis_05_dittrich.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
64. DREWAG Netz (2008): Netzdaten Trink- und Brauchwassernetz. Abrufbar unter: <http://www.drewag-netz.de/wasser/netzdaten/netzdaten.html>, zuletzt abgerufen am 30.09.2009.

65. Emschergenossenschaft/ Hydrotec (2004): Hochwasseraktionsplan Emscher. Anlage 5: Methodik der Schadensermittlung. Abrufbar unter: [http://www.eglv.de/hochwasser/pdfe\\_anlagen/an\\_5\\_00\\_Methodik\\_Schaden/methodik\\_schadensermittlung.pdf](http://www.eglv.de/hochwasser/pdfe_anlagen/an_5_00_Methodik_Schaden/methodik_schadensermittlung.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
66. ESCH, T. (2006): Automatisierte Analyse von Siedlungsflächen auf der Basis höchstauflösender Radardaten. Bayerische Julius-Maximilian Universität. Dissertation. Würzburg.
67. FAKETE, A. (2009): Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9, 393-403.
68. FEW, R. (2003): Flooding, vulnerability and coping strategies: local response to a global threat. In: *Progress in Development Studies* 3 (1), 43-58.
69. Kommission der Europäischen Gemeinschaft (EU-Kommission) (2007): Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, „Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU“, vom 29.06.2007, KOM (2007) 354 endgültig.
70. European Space Imaging GmbH (EUSI) (2009): ohne Titel. Abrufbar unter: <http://www.euspaceimaging.com>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
71. FOODY, G. (2002): Status of land cover classification accuracy assessment. In: *Remote Sensing of Environment* 80, 185-201.
72. FUCHS, S. (2009): Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria – paradigms of vulnerability revisited. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9, 337-352.
73. FÜSSEL, H.-M. (2007): Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. In: *Global Environmental Change* 17, 155-167.
74. FÜSSEL, H.-M. & R. KLEIN (2006): Climate change vulnerability assessment: an evolution of conceptual thinking. In: *Climate Change* 75 (3), 301-329.
75. GALDERISI, A. & S. MENONI (2006): Natural risk prevention and land-use planning in Italy: strengths and weaknesses of a system stretched between centralized and decentralized authorities. In: FLEISCHHAUER, M.; GREIVING, S. & S. WANCZURA (Hrsg.): *Natural hazards and spatial planning in Europe*. Dortmund, 97-125.
76. GEIER, W. (2008): Der Schutz Kritischer Infrastrukturen – Gemeinschaftsaufgabe von Staat und Wirtschaft im Rahmen einer gesamtstaatlichen Notfallvorsorge. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BBK) (Hrsg.): *Nationales Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz (=Praxis im Bevölkerungsschutz, Bd. 1)*, Bonn, 89-93.
77. Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1757, 2797), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986).
78. Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz, BNatSchG) vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 8 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833).
79. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz, WHG) vom 27. Juli 1957 (BGBl. I S. 1110, 1386), in der Neufassung vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).

80. Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 03. Mai 2005 (BGBl. 2005 I S.1224), insbesondere § 31b (2).
81. GeoEye (2009): ohne Titel. Abrufbar unter: <http://www.geoeye.com>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
82. GROTHMANN, T. & F. REUSSWIG (2006): People at risk of flooding: Why some residents take precautionary action while others do not. In: *Natural Hazards* 38, 101-120.
83. GRÜNTAL, G.; THIEKEN, A.H.; SCHWARZ, J.; RADTKE, K.S.; SMOLKA, A. & B. MERZ (2006): Comparative Risk Assessment for the City of Cologne – Storms, Floods, Earthquakes. In: *Natural Hazards* 38, 21-44.
84. Hamburg Wasser (2009): Spannungseinbruch im Hamburger Stromnetz führt zu zahlreichen Wasserrohrbrüchen. HAMBURG WASSER Pressemitteilung vom 7. Juli 2009. Abrufbar unter: <http://www.hamburgwasser.de/cms/website.php?id=/de/index/aktuell/pressemitteilungen/2009-07-07.htm>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
85. HARTL, P. (2008): Großflächiger Stromausfall – Gemeinsame Einsatzplanung der Stadt Köln und der Rheinenergie AG. Vortrag beim 9. Forum Katastrophenvorsorge, Offenbach, 20.-21. November 2008. Abrufbar unter: [http://213.23.39.218/download/Forum/9/Hartl\\_Presentation.pdf](http://213.23.39.218/download/Forum/9/Hartl_Presentation.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
86. HEROLD, M. (2002): Object-oriented mapping and analysis of urban land use / cover using IKONOS data. In: *Proceedings of 22nd EARSEL Symposium "Geoinformation for European-wide integration"*. Prag.
87. HILDEBRANDT, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung – für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Wichmann, Heidelberg.
88. HILHORST, D. & G. BANKOFF (2004) Mapping Vulnerability. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G. & D. HILHORST (Hrsg.) *Mapping Vulnerability: Disaster, Development and People*. Earthscan, London, 1-9.
89. Hochwasserschutzzentrale Köln (2009): Risikomanagement. Abrufbar unter: <http://www.steb-koeln.de/risikomanagement.html>, zuletzt abgerufen am 28.09.09.
90. HOFMANN, A. D. (2005): An approach to 3D building model reconstruction from airborne laser scanning data using parameter space analysis and fusion of primitives, Dissertation. Technische Universität Dresden.
91. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2002): Hochwasservorsorge. Maßnahmen und ihre Wirksamkeit. Koblenz.
92. JANSSEN, J. & W. LAATZ (2007): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. 6. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg.
93. KLUGE, T. & U. SCHEELE (2008): Von dezentralen zu zentralen Systemen und wieder zurück? Räumliche Dimensionen des Transformationsprozesses in der Wasserwirtschaft. In: MOSS, T.; NAUMANN, M. & M. WISSEN (Hrsg.): *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung*. München, 143-172.

94. KREIBICH, H. & A. H. THIEKEN (im Druck): Coping with floods in the city of Dresden, Germany.
95. KREIBICH, H.; THIEKEN, A.H.; PETROW, T.; MÜLLER, M. & B. MERZ (2005): Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures – lessons learned from the Elbe flood in August 2002. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5, 117-126.
96. KRIEGER, D. J. (1998): Einführung in die allgemeine Systemtheorie. 2. Aufl., Paderborn.
97. KROPP, J. (2007): Wo der Klimawandel NRW trifft. Interview mit dem Potsdamer Klimaforscher Jürgen Kropp. *Rheinische Post*, 27. Januar.
98. Landeshauptstadt Dresden (2009a): Dresdner Zahlen aktuell. Abrufbar unter: [http://www.dresden.de/de/02/06/01/c\\_01.php](http://www.dresden.de/de/02/06/01/c_01.php), zuletzt abgerufen am 25.05.2009.
99. Landeshauptstadt Dresden (2009b): Stadt, Verwaltung und Rat. Abrufbar unter: Abrufbar unter: <http://www.dresden.de/>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
100. Landeshauptstadt Dresden [Hrsg.] (2005): Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser. Dresden.
101. LASZLO, E. (1998): Systemtheorie als Weltanschauung. Eine ganzheitliche Vision für unsere Zeit. Diederichs, München.
102. LAUWE, P. & C. RIEGEL (2008): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Konzepte zur Versorgungssicherheit. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 1/2 2008, 113-125.
103. LENZ, S. (2009): Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. (=Schriftenreihe Forschung im Bevölkerungsschutz 4), Bonn.
104. LILLESAND, T.; KIEFER, R. & J. CHIPMAN (2004): *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5. Aufl., Wiley, New York.
105. LUDWIG, D. (1991): Methode zur ökologischen Bewertung der Biotopfunktion von Biotoptypen und Verfahren zur Überprüfung des Mindestumfanges von Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen bei Eingriffen in die Biotopfunktion. Bochum.
106. MALIK, F. (2006): Strategie des Managements komplexer Systeme. Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 9. Aufl., Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
107. MARRE, D.; WALTHER, W. & K. ULLRICH (2005): Einfluss des Hochwassers auf die Grundwasser-Beschaffenheit in Dresden. In: *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie* 3/2005, 146-156.
108. MATHER, P.M. (2004): *Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An introduction*. 3. Aufl., Edition John Wiley, Chichester.
109. MAYRING, P. (1999): Einführung in die qualitative Sozialforschung. 4. Aufl., Beltz, Weinheim.
110. MEINEL, G.; SCHUMACHER, U. & J. HENNERSDORF (2003): GIS-Technical Evaluation of the Flood Disaster in Summer 2002 with respect to the City of Dresden on the Basis of Remote Sensing, Laser Scanner and Measurement Data, *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIV, 104-111.

111. MERZ, B.; FRIEDRICH, J.; ZSCHAU, J.; BORMANN, P.; PAROLAI, S.; MILKEREIT, K.; RICHWALSKI, S.; ROTH, F. & R. WANG (2002): Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen: Von der Gefährdung zum Risiko – Beispiel Erdbebenrisiko. In: Geo Forschungszentrum Potsdam (Hrsg.): Zweijahresbericht Geo Forschungszentrum Potsdam 2000/2001, Potsdam.
112. Millennium Ecosystem Assessment (2003): Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment. Summary. Abrufbar unter: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.48.aspx.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
113. MONSTADT, J. (2008): Der räumliche Wandel der Stromversorgung und die Auswirkungen auf die Raum- und Infrastrukturpolitik. In: MOSS, T.; NAUMANN, M. & M. WISSEN (Hrsg.): Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung. München, 187-224.
114. MOSER, S. (2001): Komplexe Konstruktionen – Systemtheorie, Konstruktivismus und empirische Literaturwissenschaft. Dissertation. Wiesbaden.
115. NIEHOFF, D. (2008): Handlungsbedarf in Zeiten des Klimawandels. In: Notfallvorsorge 4/2008, 6-8.
116. PARKER, D.; TAPSELL, S. & S. MCCARTHY (2007): Enhancing the human benefits of flood warnings. In: Natural Hazards 43, 397-414.
117. PAULEIT, S. (1999): Das Umweltwirkgefüge städtischer Siedlungsstrukturen: Darstellung des städtischen Ökosystems durch eine Strukturtypenkartierung zur Bestimmung von Umweltqualitätszielen für die Stadtplanung, Dissertation. Technische Universität München.
118. PETROW, T.; THIEKEN, A. H.; KREIBICH, H.; BAHLBURG, C.H. & B. MERZ (2006): Improvements on Flood Alleviation in Germany: Lessons Learned from the Elbe Flood in August 2002. In: Environmental Management 38, 717-732.
119. PLATE, E. J.; MERZ, B. & C. EIKENBERG (2001): Naturkatastrophen: Herausforderung an Wissenschaft und Gesellschaft. In: PLATE, E. J. & B. MERZ (Hrsg.) Naturkatastrophen. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 1-45.
120. POHL, J. (1998): Qualitative Verfahren. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Methoden und Instrumente der räumlichen Planung. Handbuch. Hannover, 95-108.
121. Professur für Geodäsie und Geoinformatik, Universität Rostock (2008): Geoinformatik-Service, GI-Lexikon. Abrufbar unter: <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/lexikon.asp>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
122. REICHENBACH, G.; GÖBEL, R.; WOLFF, H. & S. STOKAR VON NEUFORN (2008): Risiken und Herausforderungen für die öffentliche Sicherheit in Deutschland. Szenarien und Leitfragen. Grünbuch des Zukunftsforums öffentliche Sicherheit. Berlin, Bonn. Abrufbar unter: <http://www.zukunftsforum-oeffentliche-sicherheit.de/gb-downloads>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
123. RENN, O. (2002): Zur Soziologie von Katastrophen: Bewußtsein, Organisation und soziale Verarbeitung. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> DKKV Forum on Catastrophe Prevention. September 2001. 383-389.

124. RheinEnergie AG (2009): Versorgungsgebiet. Abrufbar unter: <http://www.rheinenergie.com/lang/de/produkte/wasser/versorgungsgebiet.php>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
125. RICHARDS, J. & X. JIA (1999): Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. 3. Aufl., Springer, Berlin.
126. Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. (Amtsblatt der Europäischen Union L 288/27 vom 6.11.2007.)
127. Risikokommission [Hrsg.] (2003): Abschlussbericht der Risikokommission – ad hoc-Kommission Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland. Salzgitter.
128. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Landeshochwasserzentrum (Hrsg.) (2006a): Kommunale Gefahrenzonenkarte der Stadt Radebeul (1:5000, Geobasisdaten: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen).
129. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Landeshochwasserzentrum (Hrsg.) (2006b): Kommunale Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul (1:5000, Geobasisdaten: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen).
130. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL) [Hrsg.] (2005): Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 10 (12).
131. SANYAL, J. & X. X. LU: Application of Remote Sensing in Flood Management with Special Reference to Monsoon Asia (2004): A Review. In: Natural Hazards 33, 283-301.
132. SCHIEWE, J. (2002): Segmentation of high-resolution remotely sensed data – concepts, applications and problems. Symposium on geospatial theory, Processings and applications, Ottawa, 2002.
133. SCHNEIDERBAUER, S. & D. EHRlich (2004): Risk, Hazard and People's Vulnerability to natural Hazards: A Review of Definitions, Concepts and Data. Brüssel: European Commission – Joint Research Centre (EC-JRC).
134. SCHOLLES, F. (2008a): Analysemethoden: Messung, Indikation. In: FÜRST, D. & F. SCHOLLES [Hrsg.]: Handbuch, Theorien, Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund, 317-323.
135. SCHOLLES, F. (2008b): Bewertungsmethoden: Der Relevanzbaum. In: FÜRST, D. & F. SCHOLLES [Hrsg.]: Handbuch, Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund, 409-414.
136. SCHREY, P. (o. J): Karte der schutzwürdigen Böden in Nordrhein-Westfalen 1:50.000. Krefeld.
137. SOCHER, W. (1999): Umweltatlas 1999 – Stadtstrukturtypen. Landeshauptstadt Dresden, Amt für Umweltschutz, Dresden.

138. Stadt Andernach (2009): Statistische Daten der Stadt Andernach. Abrufbar unter: [http://www.andernach.de/start\\_1.html](http://www.andernach.de/start_1.html), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
139. Stadt Köln (2008): Kölner Statistische Nachrichten 1/2008, 15. Abrufbar unter: <http://www.stadt-koeln.de/mediaasset/content/pdf15/bevoelkerung-2007.pdf>, zuletzt abgerufen am 25.05.2009.
140. Stadt Radebeul (2009): Statistische Information, Bevölkerungsentwicklung. Abrufbar unter: [http://www.radebeul.de/Wirtschaft+\\_Bauen-p-5/Statistische+Informationen/Bev%C3%B6lkerungsentwicklung.html](http://www.radebeul.de/Wirtschaft+_Bauen-p-5/Statistische+Informationen/Bev%C3%B6lkerungsentwicklung.html), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
141. Stadtwerke Andernach (o.J.): Strom- und Gasversorgung. Abrufbar unter: <http://www.stadtwerke-andernach.de/index.htm>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
142. STEINFÜHRERE, A.; KUHLCHE, C.; DE MARCHI, B.; SCLOBING, A.; TAPSELL, S. & S. TUNSTALL (2009): Local Communities at Risk from Flooding. Social Vulnerability, Resilience and Recommendations for Flood Risk Management in Europe. Helmholtz Centre for Environmental Research. Leipzig.
143. STEINFÜHRER, A. & C. KUHLCHE (2007): Social vulnerability and the 2002 flood. Country Report Germany (Mulde River). FLOODsite. Integrate Flood Risk Analysis and management Methodologies.
144. STEINNOCHER, K.; PETRINI, F.; TÖTZER, T. & J. WEICHSELBAUM (2005): Räumliche Disaggregation von sozio-ökonomischen Daten, Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVII-Beiträge zum AGIT-Symposium. Salzburg.
145. STERR, H.; KLEIN, R. & S. REESE (o. J.): Climate change and coastal zones: an overview of the state-of-the-art on regional and local vulnerability assessment. FEEM Working Paper Series, 38.200.
146. Stiftung Warentest (2008): Versicherungsschutz bei Unwetter. Der Himmel spielt verrückt. Abrufbar unter: <http://www.test.de/themen/versicherung-vorsorge/test/-Versicherungsschutz-bei-Unwetter/1714242/1714242/1722906>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
147. SUKOPP, H. & R. WITTIG (1998): Stadtökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
148. TAUBENBÖCK, H.; GOSEBERG, N.; SETIADI, N.; LÄMMEL, G.; MODER, F.; OCZIPKA, M.; KLÜPFEL, H.; WAHL, R.; SCHLURMANN, T.; STRUNZ, G.; BIRKMANN, J.; NAGEL, K.; SIEGERT, F.; LEHMANN, F.; DECH, S.; GRESS, A. & R. KLEIN (2009): „Last-Mile“ preparation for a potential disaster – Interdisciplinary approach towards tsunami early warning and an evacuation information system for the coastal city of Padang, Indonesia. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 9, 1509-1528.
149. TAUBENBÖCK, H. (2008): Vulnerabilitätsabschätzung der erdbebengefährdeten Megacity Istanbul mit Methoden der Fernerkundung, Dissertation. Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
150. TAUBENBÖCK, H.; ROTH, A. & S. DECH (2007): Linking structural urban characteristics derived from high resolution satellite data to population distribution. In: COORS, V; RUMOR, M; FENDEL, E & S. ZLATANOVA (Hrsg.) Urban and Regional Data Management, Taylor & Francis Group, London, 35-45.

151. TAUBENBÖCK, H. & A. ROTH (2007): A transferable and stable object oriented classification approach in various urban areas and various high resolution sensors, 2007 Urban Remote Sensing Joint Event.
152. TAUBENBÖCK, H.; ESCH, T. & A. ROTH (2006): An urban classification approach based on an object-oriented analysis of high resolution satellite imagery for a spatial structuring within urban areas. 1st Earsel Workshop of the SIG Urban Remote Sensing, Berlin.
153. THIEKEN, A. H.; MÜLLER, M.; KREIBICH, H. & B. MERZ (2005): Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany. In: *Water Resources Research* 41 (12), 1-16.
154. TURNER, B.L.; KASPERSON, R.E.; MATSON, P.A.; MCCARTHY, J.J.; CORELL, R.W.; CHRISTENSEN, L.; ECKLEY, N.; KASPERSON, J.X.; LUERS, A.; MARTELL, M.L.; POLSKI, C.; PULSIPHER, A. & A. SCHILLER (2003): A framework for vulnerability analysis in sustainable science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (14), 8074-8079.
155. THYWISSEN, K. (2006): Core terminology of disaster reduction – a comparative glossary. In: BIRKMANN, J. (Hrsg.): *Measuring vulnerability to hazards of natural origin. Towards disaster resilient societies*, United Nations University Press; Tokyo, New York, Paris.
156. Umweltbundesamt (2006): *Für Mensch und Umwelt: Was sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten*. Dessau.
157. United Nations (UN) (2005): *Hyogo Framework for Action 2005– 2015. Building the resilience of nations and communities to disasters*. World Conference on Disaster Reduction, 18–22 January 2005, Kobe, Hyogo. Abrufbar unter: [www.unisdr.org/wcdr/intergover/officialdoc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf](http://www.unisdr.org/wcdr/intergover/officialdoc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf), zuletzt abgerufen am 30.09.2009.
158. United Nations (1993): *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development: The Final Text of Agreements Negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil*; United Nations Publications New York.
159. United Nations (1991): *Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options: a Manual for Policy Makers and Planners*. UNDRO (United Nations Disaster Relief Organization), New York.
160. United Nations Development Programme (UNDP) (2004) *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report*. Bureau for Crisis Prevention and Recovery, UNDP, New York.
161. United Nations Development Programme (UNDP/BCPR) (2004): *Reducing disaster risk. A challenge for development*, UNDP/Bureau for Crisis Prevention and Recovery, New York. Abrufbar unter: <http://www.undp.org/bcpr/disred/rdr.htm>, zuletzt abgerufen am 30.09.2009.
162. United Nations / International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) (2004): *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives, 2004 version*. Geneva.
163. *Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism (USA Patriot Act) Act of 2001*, Pub. L. No. 107-56, 115 Stat. 272 (Oct. 26, 2001).

164. Verband der Netzbetreiber (VDN, beim Verband der Elektrizitätswirtschaft, VDEW e. V.) (Hrsg.) (2007): Daten und Fakten. Stromnetze in Deutschland 2007. Berlin. Abrufbar unter:  
<http://www.vdnstrom.de/global/downloads/Publikationen/DatenFakten/Daten+Fakten2007.pdf>, zuletzt abgerufen am 16.01.2009.
165. Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (2008): Netzebenen. Abrufbar unter:  
[http://www.poweron.ch/de/stromnetz/netzebenen\\_content--1--1224.html](http://www.poweron.ch/de/stromnetz/netzebenen_content--1--1224.html), zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
166. Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) (2009): Städtestatistik im Internet. Abrufbar unter: <http://www.staedtestatistik.de>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
167. Verbraucherzentrale Sachsen (2007): Pressemitteilung der Verbraucherzentrale Sachsen 22.06.2007. Starkregen, Sturmböen, Blitz und Donner -- welche Schäden sind versichert? Abrufbar unter: <http://www.verbraucherzentrale-sachsen.de/UNI124757022823134/link329282A>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009.
168. Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS) des Landes Nordrhein-Westfalen vom 20.03.2004 (GV. NRW. 2004 S. 274 / SGV. NRW. 77).
169. VESTER, F. (2004): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Ein Bericht an den Club of Rome. 4. Auf., dtv, München.
170. VESTER, F. (2002): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen Umgang mit Komplexität. München.
171. VESTER, F. (1980): Neuland des Denkens. Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.
172. VILLA, F. & H. MCLEOD (2002): Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making. Guidelines and Applications. In: Environmental Management 29 (3), 335-348.
173. WARM, H.-J. & K.-E. KÖPPKE (2007): Schutz vor neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen). Berlin.
174. WESSEL, K. (1996): Empirisches Arbeiten in der Wirtschafts- und Sozialgeographie. Paderborn.
175. WHITE, I. D.; MOTTERSHEAD, D. N. & S. J. HARRISON (1984): Environmental Systems: An Introductory Text. Allen and Unwin, London.
176. WIENER, N. (1948): Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine, Wiley & Sons, New York.
177. WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T. & I. DAVIS (2004): At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters. 2. Aufl. London.
178. WISNER, B. (2002): Who? What? Where? When? In an Emergency: Notes on Possible Indicators of Vulnerability and Resilience: By Phase of the Disaster Management. Cycle and Social Actor. In: PLATE, E. (Hrsg.): Environment and Human Security. Contributions to a workshop in Born, 23.-25. October 2002, 12/7-12/14.

179. World Commission on Environment and Development (WCED) (1987): Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development, Brundtland Report, Oxford University Press, Oxford.
180. WURM, M.; TAUBENBÖCK, H.; ROTH, A., & S. DECH (2009a): Urban structuring using multisensoral remote sensing data. In: Proceedings of Joint Urban Remote Sensing Event 2009, Shanghai.
181. WURM, M.; TAUBENBÖCK, H.; KRINGS, S.; BIRKMANN, J.; ROTH, A. & S. DECH (2009b): Derivation of population distribution for vulnerability assessment in flood-prone German cities using multisensoral remote sensing data. In: Proceedings of SPIE Europe Remote Sensing 2009, Berlin.
182. ZADEH, L. A. (1978): Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy Sets and Systems 1 (1), 3-28.
183. ZWENZNER, H. & S. VOIGT (2009): Improved estimation of flood parameters by combining space based SAR data with very high resolution digital elevation data. In: Hydrology and Earth System Sciences 13, 567-576.
184. Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung, 12. BImSchV): in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juni 2005 (BGBl. I S. 1598).

## 7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### *Tabellenverzeichnis*

#### **Tabelle 1.1**

Übersicht über Arbeitsdefinitionen, die in dem Projekt genutzt wurden.

#### **Tabelle 2.1**

Vergleich von Daten zu Größe, Trinkwassererbrauch und Komponentenausstattung der Untersuchungsräume

#### **Tabelle 3.1**

Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100 Gebiete, Köln

#### **Tabelle 3.2**

Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung

#### **Tabelle 3.3**

Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100 Gebiete, Köln

#### **Tabelle 3.4**

Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ Gebiete (beinhalten HQ-100 Gebiete), Köln

#### **Tabelle 3.5**

Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100 Gebiete, Dresden

#### **Tabelle 3.6**

Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ Gebiete (beinhalten HQ-100 Gebiete), Dresden

#### **Tabelle 3.7**

Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle

#### **Tabelle 3.8**

Ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

#### **Tabelle 3.9**

Mediane der Evakuierungszeit in Minuten

#### **Tabelle 3.10**

Ausgewählte Maße der Varianzanalysen

#### **Tabelle 3.11**

Koeffizienten der linearen Regressionsmodelle

#### **Tabelle 3.12**

Ausgewählte Gütemaße der linearen Regressionsmodelle

#### **Tabelle 3.13**

Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, HQ-100 Gebiete, Dresden

#### **Tabelle 3.14**

Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, EHQ Gebiete, Dresden

#### **Tabelle 3.15**

Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle

**Tabelle 3.16**  
ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

**Tabelle 4.2.1**  
Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz nach den Flächennutzungsklassen

**Tabelle 5.1**  
Eigenschaften der höchst aufgelösten Satellitenbilddaten

**Tabelle 5.2**  
Eigenschaften der digitalen Laserscanning Oberflächenmodelle

**Tabelle 5.3**  
Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Köln

**Tabelle 5.4**  
Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Dresden

**Tabelle 5.5**  
Genauigkeitsabschätzung der Anzahl der extrahierten Einzelgebäude

**Tabelle 5.6**  
Genauigkeitsabschätzung der Geschosshöhenableitung auf Einzelhausniveau für die Untersuchungsgebiete Köln-Innenstadt und Dresden-Altstadt

**Tabelle 5.7**  
Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation und Abschätzung der potenziell Betroffenen Bevölkerung bei einem HQ500-Ereignis auf Basis von Stadtviertel in Köln

### *Abbildungsverzeichnis*

**Abbildung 1.1**  
BBC-Rahmenkonzept

**Abbildung 1.2**  
Regelkreis mit den gängigen Bezeichnungen aus der Kybernetik

**Abbildung 2.1**  
Hierarchieebenen von KRITIS

**Abbildung 2.2**  
Schematische Darstellung der Stromversorgung und ihrer Komponenten

**Abbildung 2.3**  
Schematische Darstellung der Trinkwasserversorgung und ihrer Komponenten

**Abbildung 2.4**  
Stellung der Teilprozessebene und der Prozessebene im hierarchischen Mehrebenenbau von KRITIS

**Abbildung 2.5**  
Schematische Darstellung des Verwundbarkeitsverständnisses

**Abbildung 2.6**

Ablaufschema der ersten Phase des Verwundbarkeitsassessments

**Abbildung 2.7**

Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse I

**Abbildung 2.8**

Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse II

**Abbildung 2.9**

Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse III

**Abbildung 2.10**

Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse IV

**Abbildung 2.11**

Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse V

**Abbildung 2.12**

Ranking der einzelnen Teilprozesse gemessen an ihrer Relevanz

**Abbildung 2.13**

Übersicht über die Komponenten zur Wasserversorgung durch die RheinEnergie AG in der Stadt Köln (sowie der ebenfalls von der RheinEnergie AG versorgten Städte Frechen und Pulheim)

**Abbildung 2.14**

Übersicht über die Komponenten zur Trinkwasserversorgung der Stadt Dresden

**Abbildung 2.15**

Übersichtskarte Köln Rodenkirchen

**Abbildung 2.16**

Exposition von Komponenten der Stromversorgung in Köln Rodenkirchen

**Abbildung 2.17**

Ausschnitt aus der Kommunalen Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul

**Abbildung 2.18**

Ausschnitt aus der Kommunalen Hochwasserinformationskarte der Stadt Radebeul

**Abbildung 2.19**

Beispiel für hochwasserangepasste Bauweise eines Kabelverteilers in Köln-Rodenkirchen

**Abbildung 2.20**

Übersichtskarte über die Lage der Wasserwerke in Dresden und deren Betroffenheit im Hochwasserfall

**Abbildung 2.21**

Das Wasserwerk Dresden Hosterwitz während des Elbehochwassers 2002. Die zwischen den Betriebsgebäuden und dem Bett der Elbe gelegenen Teile der Anlage stehen unter Wasser

**Abbildung 2.22**

Luftaufnahme von Niedervartha während des Hochwassers 2002. In der unteren Bildhälfte ist das bereits überflutete Umspannwerk sowie davon wegführende Freileitungen über die Elbe zu erkennen

**Abbildung 3.1**

Struktur arbeitsloser Bevölkerung in Köln und Dresden

**Abbildung 3.2**

Struktur ausländischer Bevölkerung in Köln und Dresden

**Abbildung 3.3**

Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen

**Abbildung 3.4**

Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde

**Abbildung 3.5**

Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden

**Abbildung 3.6**

Evakuierungszeiten im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln

**Abbildung 3.7**

Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Köln

**Abbildung 3.8**

Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ Gebiet der Stadt Köln

**Abbildung 3.9**

Hochwassersensibilität im EHQ Gebiet der Stadt Köln

**Abbildung 3.10**

Informationslage (keine Informationen erhalten / eingeholt) im EHQ Gebiet der Stadt Köln

**Abbildung 3.11**

Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde

**Abbildung 3.12**

Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde

**Abbildung 3.13**

Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde

**Abbildung 3.14**

Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde

**Abbildung 3.15**

Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.16**

Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.17**

Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

**Abbildung 3.18**

Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

**Abbildung 3.19**

Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.20**

Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EQ Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.21**

Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EQ Gebiet der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.22**

Evakuierungszeiten im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.23**

Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.24**

Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EQ Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.25**

Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009

**Abbildung 3.26**

Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EQ Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009

**Abbildung 3.27**

Potenzieller Versicherungsschutz im EQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.28**

Potenzieller Versicherungsschutz im EQ Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

**Abbildung 3.29**

Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.30**

Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EQ Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

**Abbildung 3.31**

Hochwassersensibilität im EQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.32**

Mittelwerte der Hochwassersensibilität für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.33**

Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten) im EHQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.34**

Informationslage (keine Informationen erhalten / eingeholt) im EHQ Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

**Abbildung 3.35**

Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten, Angaben in %) für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.36**

Informationslage (keine Informationen erhalten oder eingeholt, Angaben in %) für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung.

**Abbildung 3.37**

Anzahl der im kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009 der Stadt Köln genannten Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte nach verschiedenen Kategorien

**Abbildung 4.1.1**

Darstellung des Verwundbarkeitskonzepts

**Abbildung 4.1.2**

Darstellung des Verwundbarkeitsmodells

**Abbildung 4.1.3**

Darstellung des Systemmodells

**Abbildung 4.1.4**

Eine noch leere Präferenzmatrix

**Abbildung 4.1.5**

Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit

**Abbildung 4.1.6**

Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit

**Abbildung 4.1.7**

Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit

**Abbildung 4.1.8**

funktionaler Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Verwundbarkeit

**Abbildung 4.1.9**

funktionaler Zusammenhang zwischen der Schadwirkung von Anlagen/ Betriebsbereichen und der Verwundbarkeit

**Abbildung 4.1.10**

Präferenzmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Schadwirkung ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen nach § 19 g WHG und nach der 12. BImSchV

**Abbildung 4.1.11**

Expositionstest für die Stadt Köln

**Abbildung 4.1.12**

verwundbarkeitsrelevante Kriterien, dargestellt für die Stadt Köln

**Abbildung 4.1.13**

verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation, dargestellt für die Stadt Köln

**Abbildung 4.1.14**

Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Köln

**Abbildung 4.1.15**

Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Köln

**Abbildung 4.1.16**

Umweltverwundbarkeit gegenüber den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Köln

**Abbildung 4.2.1**

Darstellung des Verwundbarkeitskonzepts

**Abbildung 4.2.2**

Verwundbarkeitsmodell der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung

**Abbildung 4.2.3**

Verwundbarkeitsmodell der einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung

**Abbildung 4.2.4**

Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit von Gartenbaubetrieben

**Abbildung 4.2.5**

Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)

**Abbildung 4.2.6**

Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Schadenspotenzial und der Verwundbarkeit

**Abbildung 4.2.7**

Funktionaler Zusammenhang zwischen Überflutungstoleranz und Verwundbarkeit

**Abbildung 4.2.8**

Präferenzmatrix aus dem Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz

**Abbildung 4.2.9**

Verknüpfungsmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und der Schadwirkung der Anlagen nach § 19 g WHG und der Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV

**Abbildung 4.2.10**

Verknüpfungsmatrix aus der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkungen von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen und der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV

**Abbildung 4.2.11**

Expositionstest für die Stadt Dresden

**Abbildung 4.3.12**

Schadenspotenzial der landwirtschaftlichen Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden

**Abbildung 4.2.13**

Überflutungstoleranz landwirtschaftlichen Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden

**Abbildung 4.2.14**

Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation, dargestellt für die Stadt Dresden

**Abbildung 4.2.15**

Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schädwirkungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Dresden

**Abbildung 4.2.16**

Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schädwirkungen von Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Dresden

**Abbildung 4.2.17**

Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller Schädwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Dresden

**Abbildung 5.1**

Das elektromagnetische Spektrum

**Abbildung 5.2**

Abdeckung des Untersuchungsgebietes Köln mit höchstauflösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2)

**Abbildung 5.3**

Abdeckung des Untersuchungsgebietes Dresden mit höchstauflösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2)

**Abbildung 5.4**

Funktionsprinzip eines flugzeuggetragenen Laserscanners

**Abbildung 5.5**

Digitales Oberflächenmodell von Köln und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung

**Abbildung 5.6**

Digitales Oberflächenmodell von Dresden und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung

**Abbildung 5.7**

Veränderungen in der bebauten Landschaft in den Untersuchungsgebieten Dresden (a-d) und Köln (e-f)

**Abbildung 5.8**

Konzept von Risiko, Vulnerabilität und Gefährdung

**Abbildung 5.9**

Segmentierungsoptimierung. Einzelschritte der Segmentierung: (a) Kombinierte Darstellung des digitalen Oberflächenmodell und Ikonos, (b) Import von ATKIS-Baublöcken, (c) Gebäudescharfe Segmentierung, (d) Klassifizierung nach Typ, (e) Basissegmentierung Ikonos, (f-i) Teilschritte der Segmentierungsoptimierung, (j) Klassifikationsergebnis

**Abbildung 5.10**

Schematischer Ablauf der hierarchischen Segmentierungsoptimierung

**Abbildung 5.11**

Landbedeckungsklassifikation Dresden – Altstadt

**Abbildung 5.12**

Landbedeckungsklassifikation Köln – Innenstadt

**Abbildung 5.13**

Ergebnis der Segmentierung von Einzelgebäuden, auf Ikonos überlagert

**Abbildung 5.14**

Ergebnis der Ableitung und Klassifikation von Geschosshöhen auf Einzelhausniveau

**Abbildung 5.15**

Dreidimensionale Darstellung von Köln und Klassifikation nach unterschiedlichen Gebäudetypen

**Abbildung 5.16**

Darstellung der Gesamtbevölkerung auf Ebene der Stadtbezirke (Köln) bzw. Ortsämter (Dresden)

**Abbildung 5.17**

Abgeschätzte Bevölkerung auf Einzelhausniveau für das Untersuchungsgebiet Köln – Innenstadt und räumliche Ausprägung des potenziellen Extremhochwasserereignisses

**Abbildung 5.18**

Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation für die einzelnen Stadtviertel in Köln

**Abbildung 5.19**

Vergleich zwischen abgeschätzter Bevölkerung auf Stadtviertelebene und amtlichen Daten

**Abbildung 5.20**

Anzahl der abgeschätzten bei einem Extremhochwasser potenziell betroffenen Bevölkerung für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden

**Abbildung 5.21**

Stadtstrukturtypenklassifikation für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden

**Abbildung 5.22**

Darstellung der satellitenbasierten Überflutungsfläche an der Elbe oberhalb von Dresden und Verschneidung mit den Hochwasserprofilen im Geländemodell (links); abgeleitete Überflutungstiefe (rechts)

**Abbildung 5.23**

Längsprofil des Flussabschnitts der Elbe oberhalb von Dresden mit der Höhe der einzelnen Querschnittsprofile (rot) und der geglätteten Wasseroberfläche (gelb) während des Überflutungsereignisses zum Zeitpunkt der Satellitenbilddaufnahme

## 8. Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtlichen Topographischen Kartographischen Informationssystem
Basis-DLM	Basis-Landschaftsmodell
BBC-Framework	Bogardi / Birkmann / Cardona-Framework
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BBodSchV	Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BfLR	Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BKA	Bundeskriminalamt
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Imisionsschutzverordnung
BMI	Bundesministerium des Inneren
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BnatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.
DISFLOOD	Disaster Information System for large-scale flood events using Earth Observation
DKKV	Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V.
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik
DOM	digitales Oberflächenmodell
DRK	Deutsche Rote Kreuz
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EHQ	Extrem-Hochwasserszenario
ENSO	Energie Sachsen Ost AG
EU	Europäische Union
EUSI	European Space Imaging
HBV- bzw. VAWS-Anlagen	Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe
HH	Haushalt
HHGen	Haushaltegenerierungsverfahren
HQ	Hochwasserszenario mit einer bestimmten Wiederkehrwahrscheinlichkeit, Bemessungshochwasser (HQ-100/500: Hochwasserszenario mit einer 100/500-jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit)
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GEP	Gebietsentwicklungsplan
GEW	Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke Köln AG
GIS	Geographisches Informationssystem
GPS	Globales Positionierungssystem
INS	Inertial Navigationssystem
ISODATA	Interactive Self Organising Data Analysis Technique
IuK-Technologien	Informations- und Kommunikationstechnologien
KOSIS	Kommunales Statistisches Informationssystem
KRITIS	Kritische Infrastruktur
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz NRW
LiDAR	Light detection and ranging
LQ-Test	Likelihood Quotienten-Test
NDVI	Normalized Differenced Vegetation Index
NEA	Netzersatzanlagen
Steb	Stadtentwässerungsbetriebe

THW	Technische Hilfswerk
UN/ISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UNU-EHS	United Nations University - Environment and Human Security
USV	unterbrechungsfreie Stromversorgung
UVPG	Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZÜRS	Zonierungssystem für Überschwemmungen, Rückstau und Starkregen



# Anhang



# Anhang A





United Nations  
University  
**UNU-EHS**

Institute for Environment  
and Human Security



Stadt Köln



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG



Stadtentwässerungs-  
betriebe Köln, AöR



# INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen – am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen

Entwurf des Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber  
Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene (Arbeitstitel)  
(Projektbereiche: Kritische Infrastruktur, Bevölkerung, Umwelt, Fernerkundung)

Bonn  
12. August 2009

Gefördert durch:



Bundesministerium  
des Innern

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## **Inhaltsverzeichnis**

### **1 Zusammenfassung**

### **2 Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene**

#### **2.1 Methodisches Vorgehen und zentrale Konzepte**

- 2.1.1 Verwundbarkeitskonzept
- 2.1.2 Anwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS)
- 2.1.3 Szenarienbasiertes Vorgehen

#### **2.2 Nutzergruppen und Anwendungsbereiche des Leitfadens**

#### **2.3 Anmerkungen zur Anwendung des Leitfadens**

### **3 Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasserereignissen**

(Verfasser: ██████████)

#### **3.1 Verwundbarkeit von Strom und Trinkwasserversorgung**

- 3.1.1 Betrachtungsebenen
- 3.1.2 Verwundbarkeitskriterien
- 3.1.3 Abhängigkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung

#### **3.2 Erste Assessment-Phase:**

##### **Abschätzung der Verwundbarkeit von Teilprozessen / Komponenten**

- 3.2.1 Ablaufschema
- 3.2.2 Verwundbarkeitsklassen
- 3.2.3 Überprüfung der Datenlage
- 3.2.4 Gliederung der einzelnen Schritte
- 3.2.5 Form der Assessment-Ergebnisse
- 3.2.6 Durchführung der ersten Assessment-Phase Schritt für Schritt
- 3.2.7 Berücksichtigung der Stromabhängigkeit der Trinkwasserversorgung
- 3.2.8 Zwischenergebnis: Verwundbarkeit der Teilprozesse / Komponenten  
– Ableitung von Handlungsoptionen

#### **3.3 Zweite Assessment-Phase:**

##### **Abschätzung der Verwundbarkeit der Infrastruktur**

- 3.3.1 Ranking der Teilprozesse der Stromversorgung
- 3.3.2 Ranking der Teilprozesse der Trinkwasserversorgung

#### **3.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen**

- 3.4.1 Möglichkeiten zur Verfeinerung der Assessment-Aussage
- 3.4.2 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage
- 3.4.3 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen

### **4 Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen**

(Verfasser: ██████████)

#### **4.1 Verwundbarkeit der Bevölkerung**

- 4.1.1 Datengrundlage
- 4.1.2 Methodisches Vorgehen
- 4.1.3 Verwundbarkeitsindikatoren: Kernindikatoren und kommunalspezifische Indikatoren
- 4.1.4 Überblick über die Kernindikatoren
- 4.1.5 Überblick über die kommunal spezifischen Indikatoren
- 4.1.6 Betrachtungsebenen

#### **4.2 Erstellung des Kernsets von Indikatoren**

- 4.2.1 Festlegen eines Hochwasserszenarios
- 4.2.2 Bestimmung des Expositionsgrades
- 4.2.3 Berechnung von Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung
- 4.2.4 Berechnung von Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung

#### **4.3 Erstellung eines Sets von kommunalspezifischen Verwundbarkeitsindikatoren**

- 4.3.1 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung
- 4.3.2 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung

#### **4.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen**

## **5 Verwundbarkeitsassessment der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene**

(Verfasser: [REDACTED])

### **5.1 Verwundbarkeit der Umwelt**

- 5.1.1 Umweltdefinition
- 5.1.2 Umweltverwundbarkeit gegenüber Kontaminationen im Hochwasserfall
- 5.1.3 Verwundbarkeitskriterien

### **5.2 Abschätzung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen**

- 5.2.1 Ablaufschema
- 5.2.2 Verwundbarkeitsklassen
- 5.2.3 Gliederung der einzelnen Schritte
- 5.2.4 Durchführung des Assessments Schritt für Schritt

### **5.3 Betrachtung der Verwundbarkeit einzelner Umweltbereiche**

- 5.3.1 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und des Grundwassers gegenüber der Kontamination durch Altlasten
- 5.3.2 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und der Biotope gegenüber Kontaminationen aus Anlagen / Betriebsbereichen

### **5.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen**

- 5.4.1 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen
- 5.4.2 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage

## **6 Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen mittels Fernerkundung**

(Verfasser: [REDACTED])

### **6.1 Grundlegende Begriffe und Definitionen**

- 6.1.1 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Assessment von Exposition / physischer Vulnerabilität bei Hochwasserereignissen in urbanen Räumen
- 6.1.2 Fernerkundungsdatengrundlagen aus passiven Aufnahmesystemen / optische Sensoren
- 6.1.3 Fernerkundungsdatengrundlagen aus aktiven Aufnahmesystemen / SAR-Sensoren

### **6.2 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung im Risiko- und Einsatzmanagement**

- 6.2.1 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung vor einem Hochwasserereignis
- 6.2.2 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung während und nach einem Hochwasserereignis

### **6.3 Zusammenfassung**

## **7 Anhang**

### **7.1 Check-Listen 1 und 2: Notstromversorgung im Hochwasserfall**

### **7.2 Check-Liste 3: Organisatorische Bedingungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung**

### **7.3 Beispiele zum Verwundbarkeitsassessment von Strom- und Trinkwasserversorgung**

### **7.4 Ergebnisse aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung**

- 7.4 A Evakuierungsfähigkeit nach Haushaltstyp
- 7.4 B Schätzung der Evakuierungsfähigkeit mit einer logistischen Regression
- 7.4 C Mediane der Evakuierungszeit nach Haushaltstyp
- 7.4 D Schätzung des Versicherungsschutzes mit Einkommensdaten
- 7.4 E Schätzung des Versicherungsschutzes mit Daten zum Eigentümer-Mieter-Verhältnis
- 7.4 F Schätzung der Hochwassererfahrung

### **7.5 Exkurs: Das Verfahren der Logischen Verknüpfung**

## 1 Zusammenfassung

Der folgende Leitfaden richtet sich an Mitarbeiter kommunaler Verwaltungseinrichtungen, wie Umweltämter, Stadtplanungsämter oder Statistikstellen, eben so wie an Verantwortliche des Bevölkerungsschutzes, wie Feuerwehren und Rettungsdienste. Ziel ist es, eine systematische Anleitung zur Abschätzung der Verwundbarkeit der städtischen Gesellschaft gegenüber Hochwassergefahren zu geben. Dabei werden Verwundbarkeitsassessments für drei Kernbereiche, Bevölkerung/Soziales, Strom- und Trinkwasserversorgung und Umwelt, vorgestellt. Die vorgestellten Methoden sind auf den untersuchten Gegenstand und auf die kommunale Betrachtungsebene ausgelegt und versuchen Antworten auf wichtige Fragen zur Versorgungssicherheit von Infrastrukturleistungen, zur vorsorgenden Planung, zum Risiko- und Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz sowie zu Umweltgefahren im Hochwasserfall zu geben. Zusätzlich sollen die Möglichkeiten der Fernerkundung zur Verwundbarkeitsabschätzung im städtischen Raum vorgestellt werden.

Um einen Einblick in die Vorgehensweise zu geben, sollen im ersten, einleitenden Kapitel zunächst zentrale Begriffe und Konzepte eingeführt, sowie wichtige Informationen zur Anwendung des Leitfadens vor Ort gegeben werden. In den anschließenden Kapiteln werden in Einzelbetrachtungen die Verwundbarkeit der Kritischen Infrastrukturen Strom- und Trinkwasserversorgung, der Bevölkerung und der Umwelt thematisiert. Die Ausführungen richten sich hinsichtlich der verwendeten Daten, der benötigten technischen Infrastrukturen, des vom Anwender verlangten Hintergrundwissens und der erzeugten Informationen an unterschiedliche Adressaten. Der Bereich Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung ist sowohl für lokal tätige Versorgungsunternehmen, als auch für den Bevölkerungsschutz, für die Betreiber weiterer Infrastrukturen und die Wirtschaft von besonderem Interesse. Das Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung kann für die betroffenen Bürger, die Stadtplanungsämter und insbesondere für den Bevölkerungsschutz, eine solide Informationsgrundlage bereitstellen. Der Bereich Verwundbarkeitsassessment der Umwelt betrachtet die Auswirkungen möglicher Umweltschäden, die durch die Überflutung von Kontaminationsquellen entstehen können, und gibt damit wichtige Hinweise zur Risikoabschätzung bei Planungsprozessen. Im Rahmen des methodischen Kapitels zu Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungsmethoden soll keine Anleitung zur eigenständigen Anwendung vor Ort geleistet werden, vielmehr sollen Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt werden, die es erlauben Aussagen zur physischen Verwundbarkeit abzuleiten.

Der Leitfaden ist ein Ergebnis des Forschungsprojektes ‚Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen‘, welches von der UNITED NATIONS UNIVERSITY Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS), der Martin Luther Universität Halle-Wittenberg und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in enger Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern, den Städten Köln und Dresden, bearbeitet wurde. Neben dem vorliegenden Leitfaden ist aus diesem Projekt ein Abschlussbericht zu den wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen hervorgegangen, welcher die konzeptionellen und empirischen Ergebnisse der Arbeiten detailliert darlegt und in der Schriftenreihe ‚Forschung in Bevölkerungsschutz‘ erscheint (vollständige Angabe). Die Anwendung des Leitfadens ist ohne die Zuhilfenahme dieser Veröffentlichung möglich, bei Interesse kann diese jedoch selbstverständlich zur Ergänzung herangezogen werden.

## **2 Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene**

Der Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene ist ein Ergebnis des Forschungsprojektes ‚Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen‘, welches von 2006 bis 2009 von der UNITED NATIONS UNIVERSITY Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS), der Martin Luther Universität Halle-Wittenberg und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Auftrag des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) bearbeitet wurde. Die wissenschaftlichen Einrichtungen arbeiteten eng mit den Praxispartnern, den Städten Köln (insbesondere der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln) und Dresden (Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden) zusammen. Ziel des Forschungsvorhabens war es, das Konzept der Verwundbarkeit bestimmter gesellschaftlicher Schlüsselbereiche (Bevölkerung, Infrastrukturversorgung, Umwelt) gegenüber Hochwassergefahren zu operationalisieren, Kriterien und Indikatoren zu deren Abschätzung zu entwickeln und in Form des vorliegenden Leitfadens zur Verwundbarkeitsabschätzung anwendbar zu machen. Durch die Einbindung der bereits genannten Praxispartner und den intensiven Dialog mit weiteren kommunalen Vertretern konnte eine konsequent anwendungsorientierte Ausrichtung der Projektarbeit und der Projektergebnisse gewährleistet werden.

Zusätzlich zu dem vorliegenden, anwendungsbezogenen Leitfaden ist aus diesem Projekt eine weitere Publikation zu den wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen hervorgegangen, welche die konzeptionellen Grundlagen und empirischen Ergebnisse der Arbeiten enthält und in der Schriftenreihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ erscheint (vollständige Angabe). Der Leitfaden ist so konzipiert, dass eine Anwendung ohne die vorherige oder begleitende Lektüre der wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse möglich ist. Sollte Interesse an den Hintergründen der Arbeit bestehen, kann der Abschlussbericht natürlich selbstverständlich zur Ergänzung herangezogen werden. Weitere Hinweise zur Anwendung dieses Leitfadens erhalten Sie in den folgenden Kapiteln.

### **2.1 Methodisches Vorgehen und zentrale Konzepte**

Die Entwicklung von Methoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit von so unterschiedlichen Bereichen, wie der Bevölkerung, der Versorgung mit zentralen Infrastrukturleistungen (im konkreten Fall die Strom- und Trinkwasserversorgung) sowie der Umwelt, erfordert die Auswertung unterschiedlichster Datengrundlagen und die Nutzung einer Vielzahl von Informationsquellen, sowie die Anwendung spezifischer Methoden. Entsprechend unterschiedlich ist das Vorgehen der in diesem Leitfaden vorgeschlagenen Wege zum Verwundbarkeitsassessment auf kommunaler Ebene. Während die Untersuchung der Verwundbarkeit der Strom- und Trinkwasserversorgung in erster Linie auf der strukturierten Zusammenführung von qualitativen Informationen von Betreibern und kommunaler Verwaltung beruht, werden im Bereich der sozialen Verwundbarkeit (Bevölkerung) quantitative Auswertungen auf der Basis der kommunalen Statistik vorgenommen. Im Bereich Umwelt wird die Verknüpfung verwundbarkeitsrelevanter und räumlicher Informationen zur Grundlage des Assessment-Verfahrens gemacht. Im eher methodisch ausgerichteten Kapitel zu Möglichkeiten der Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden im Rahmen eines Verwundbarkeitsassessments soll es schließlich darum gehen, die Chancen und Grenzen dieser Techniken auszuloten und in das Ensemble der unterschiedlichen hier vorgestellten Vorgehensweisen zu integrieren.

Trotz aller den individuell unterschiedlichen Untersuchungsgegenständen geschuldeten Herangehensweisen, liegen dem hier vorgestellten Leitfaden dennoch methodische und konzeptionelle Gemeinsamkeiten zugrunde. Diesen soll im Folgenden besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### 2.1.1 Verwundbarkeitskonzept

Die Verwundbarkeit gegenüber einem Hochwasser beschreibt nach der hier getroffenen Definition die Summe aller Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß der prinzipiell möglichen Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen bei Eintritt eines Hochwasserereignisses bestimmen. Diese Faktoren und Prozesse können unterschiedliche Formen, von der Beschädigung von Objekten über schlechte Management und Governance-Strukturen, annehmen. Das Verwundbarkeitskonzept beruht auf der Annahme, dass Wechselwirkungen zwischen **Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität** das Maß der Verwundbarkeit bestimmen. Da in der Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen für die im weiteren Verlauf zentralen Begriffe Verwendung findet, wurden diese für die Anwendung im Rahmen des vorliegenden Leitfadens wie folgt definiert:

Die **Exposition** bezeichnet den Umstand, dass ein bestimmtes Gut (Bevölkerung, Bebauung, Infrastrukturkomponenten, Umweltbereiche) den Auswirkungen eines Hochwassers ausgesetzt ist. In den hier vorgestellten Verfahren zur Verwundbarkeitsabschätzung (vgl. Kapitel 3, 4 und 5) wird die Exposition im Bereich Bevölkerung über die Lage des Wohnstandortes und im Bereich der Strom- und Wasserversorgung über die Standorte der Komponenten ermittelt. Im Bereich Umwelt wurde der Parameter Lage im Überschwemmungsgebiet um die Nähe zu Kontaminationsquellen ergänzt. Die Fernerkundung stellt Verfahren zur Bestimmung der Exposition mittels Satellitendaten zur Verfügung. Wie in Kapitel 2.1.3 näher beschrieben, wird die Exposition über die Festlegung von Hochwasserszenarien bestimmt.

Mit dem Begriff der **Anfälligkeit** wird beschrieben inwiefern mögliche Schäden oder funktionale Beeinträchtigungen in Folge eines Hochwasserereignisses unter der Bedingung der Exposition auftreten können. Anfälligkeit kann gegenüber allen mit der Exposition einhergehenden potentiell schädlichen Auswirkungen bestehen. Zur Ermittlung der sozialen Verwundbarkeit (Bereich Bevölkerung) wurden die Kriterien Evakuierungsfähigkeit und Evakuierungsgeschwindigkeit sowie Sensibilität und Informationslage bezüglich Hochwassergefahren ausgewählt. Beim Assessment der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung wird die Funktionsanfälligkeit als ein Teilaspekt der Anfälligkeit ins Zentrum der Betrachtungen gerückt. Im Bereich der Umweltverwundbarkeit spielen die verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften (Schutzwürdigkeit der Böden, Grundwassergeschützteit und Biotopwert) eine zentrale Rolle.

Über die Einbeziehung der **Bewältigungskapazität** werden die aktuell zur Verfügung stehenden Maßnahmen, Ressourcen und Prozesse abgebildet, welche dazu beitragen, die negativen Folgen des Hochwasserereignisses zu begrenzen und zum Normalzustand zurückzukehren. Im Bereich Bevölkerung werden der Versicherungsschutz, die Verfügbarkeit von Erfahrungswissen und der Grad, zu dem in Eigenvorsorge Hochwasserschutzmaßnahmen durchgeführt wurden, als zentrale Aspekte der Bewältigungskapazität verstanden. Im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit der Infrastrukturleistungen kann vor allem die Ersetzbarkeit ausfallender Leistung durch technische Vorkehrungen und organisatorische Maßnahmen zur Bewältigungskapazität beitragen.

### **2.1.2 Anwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS)**

Allen hier vorgestellten Verfahren zum Verwundbarkeitsassessment ist die Anwendung räumlicher Auswertungs-, Verknüpfungs- und Visualisierungsmethoden in Form eines Geographischen Informationssystems (GIS) gemeinsam. Mit Ausnahme des Verfahrens zur Bestimmung der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung, können die hier vorgeschlagenen Assessment-Methoden nicht in vollem Umfang ohne die Anwendung eines solchen Systems durchgeführt werden (auch beim Verwundbarkeitsassessment der Versorgungsinfrastrukturen fällt die Verwaltung der Information und die Visualisierung der Ergebnisse mit Hilfe eines GIS wesentlich leichter).

Es gilt demnach am Besten schon vor Beginn des Assessments zu klären, ob alle benötigten Informationen in digitalen Datenformaten vorliegen und eine Software zur Verarbeitung der räumlichen Informationen und die personellen und technischen Voraussetzungen zur Nutzung eines GIS zur Verfügung stehen. Die im Leitfaden beschriebenen Funktionen und die Erstellung der Karten wurden mit Hilfe des Programms ArcGIS in den Versionen 9.1 und 9.2 durchgeführt. Die Daten lagen in den entsprechenden Datenformaten vor oder wurden in diese überführt. Weitere Informationen zur Anwendung sind den einzelnen Kapiteln zu entnehmen. Es ist anzumerken, dass das beschriebene Programm nur eine Möglichkeit darstellt – selbstverständlich können auch andere GIS-Programme mit einem vergleichbaren Funktionsumfang verwendet werden. Selbst einige Open Source basierte, d. h. online frei verfügbare, Software-Pakete könnten ggf. eine Alternative darstellen.

### **2.1.3 Szenarienbasiertes Vorgehen**

Unter einem Hochwasserszenario wird im Folgenden die Annahme eines Hochwasserereignisses mit einem bestimmten Überschwemmungsgebiet verstanden. Es bestimmt die Randbedingungen unter denen das Assessment durchgeführt wird. Am deutlichsten tritt dieser Umstand im Zusammenhang mit dem Verwundbarkeitsaspekt ‚Exposition‘ zu Tage, welche als die Lage eines Guts im Überschwemmungsgebiet definiert ist. Alle die Verwundbarkeit von Bevölkerung, Infrastrukturversorgung und Umwelt betreffenden Aussagen, die mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens getroffen werden, gelten stets mit der Einschränkung ‚unter Annahme des festgelegten Hochwasserszenarios‘. Oder in anderen Worten: Mit der Festlegung des Szenarios wird der Geltungsbereich der Verwundbarkeitsaussage definiert.

Die Festlegung eines Szenarios, auf dessen Grundlage das Verwundbarkeitsassessment stattfinden kann muss allen weiteren Schritten vorausgehen. Um den Assessment-Aufwand nicht weiter zu erhöhen, arbeiten die innerhalb des Projekts entwickelten Methoden zunächst nur mit der überfluteten Fläche als Parameter. Weitere Einflussfaktoren, wie etwa die Überflutungshöhe oder die Fließgeschwindigkeit, wurden zunächst bewusst ausgeklammert, da nicht davon auszugehen ist, dass diese Informationen flächendeckend vorliegen.

In der Regel werden Szenarien als HQ-Szenarien angegeben. Diese beschreiben ein Hochwasserereignis mit einem bestimmten statistischen Wiederkehrintervall. In Flusstälern bietet es sich an, das HQ-100 Szenario auszuwählen (also ein Szenario, welches ein Hochwasser repräsentiert, das statistisch alle 100 Jahre eintreten wird), da dieses nach der Implementierung des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzgesetzes vom 3. Mai 2005 bereits vorliegen müsste oder in Kürze zu

erstellen sein wird<sup>1</sup>. Sollte dies noch nicht der Fall sein, oder andere Gründe dagegen sprechen, so kann auch ein bestimmter Pegelstand, ein vergangenes Hochwasserereignis oder ein anderes HQ-Szenario ausgewählt werden. Entscheidend ist allerdings, dass das Szenario kartographisch, am besten in Form eines GIS, dargestellt werden kann und dass sich alle während des Verwundbarkeitsassessments ausgeführten Schritte konsequent auf dasselbe Szenario beziehen. Anderenfalls büßt das Assessment-Ergebnis an Aussagekraft ein. Es ist daher sehr wichtig, dieses Szenario in der Kommunikation mit den Beteiligten zur Grundlage zu machen.

Sollten für Ihre Kommune mehrere Szenarien vorliegen, so kann es durchaus sinnvoll sein, dass Assessment parallel für unterschiedliche Hochwasserstände durchzuführen. Selbst wenn die Umsetzung von präventiven Maßnahmen bei einem bestimmten Pegelstand an Grenzen stoßen sollte (maximales Schutzniveau), so kann es dennoch eine Hilfe für die vorbereitende Planung sein, zu wissen, ob beim Eintritt des Ereignisses noch mit einer flächendeckenden Infrastrukturversorgung zu rechnen ist, wie viele Menschen ggf. evakuiert werden müssten und mit welchen Umweltgefährdungen zu rechnen wäre.

## 2.2 Nutzergruppen und Anwendungsbereiche des Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden kann mit der Betrachtung unterschiedlicher Schlüsselbereiche (Bevölkerung, Infrastrukturversorgung, Umwelt) und der ganzheitlichen Betrachtung der Auswirkungen der Naturgefahr Hochwasser im städtischen Raum (Betrachtung des Zusammenwirkens von Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) wichtige Informationen für unterschiedliche Anwender zur Verfügung stellen. Auch können die Verwundbarkeitsabschätzungen sowohl zur Erhebung des aktuellen Status angewendet werden als auch im nächsten Schritt zur Identifikation von Handlungsbedarf, zur Erstellung von Einsatzplänen, zur Priorisierung von Maßnahmen, zum Vergleich mehrerer Planungsalternativen und zur fortlaufenden Kontrolle.

Zum Adressatenkreis gehören demnach alle Einrichtungen, die sich auf kommunaler Ebene mit Hochwasserereignissen auseinandersetzen – da das Wasser nicht vor bestimmten Objekten oder administrativen Grenzen halt macht, bietet es sich an, die Durchführung des Assessments arbeitsteilig im Rahmen einer interdisziplinär ausgerichteten Arbeitsgruppe vorzunehmen. Zur Bearbeitung des Bereichs Verwundbarkeit der Bevölkerung werden Expertise, Infrastruktur und Datengrundlage einer kommunalen Statistikstelle ebenso gebraucht, wie die Mitarbeit der vor Ort mit Vermessung oder Stadtplanung befassten Behörde, welche über die räumlichen Informationen und die personellen und technischen Möglichkeiten zum Aufbau eines GIS verfügt. Über die Integration weiterer Erkenntnisse aus dem Verwundbarkeitsassessment von Strom- und Trinkwasserversorgung (Einbindung von Infrastrukturbetreibern) und Umwelt (Zusammenarbeit mit dem Umweltamt bzw. der zuständigen Genehmigungsbehörde) entsteht systematisch eine umfassende Datenbasis.

Die so entstandene Informationsplattform kommt zunächst dem **Bevölkerungsschutz** zu Gute. Für die Planung von Einsätzen im Hochwasserfall ist es entscheidend nicht nur zu

---

<sup>1</sup> Im ‚Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes‘ (Mai 2005; als Zusatz zum Wasserhaushaltsgesetz) heißt es in § 31b, dass bundesweit im zuständigen Landesrecht Regelungen zur Ausweisung von Überschwemmungsgebieten der Bemessungshochwasser zu verankern sind. Diese Bemessungshochwasser entsprechen einem Hochwasser mit 100-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Für Siedlungsgebiete endet die Festsetzungsfrist am 10. Mai 2010, für unbesiedeltes Gebiet sind die Flächen bis zum 10. Mai 2012 auszuweisen. (Quelle: Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005, BGBl. 2005 I Nr. 26 S. 1224, insbesondere §31b(2))

wissen, wo Menschen dem Hochwasser ausgesetzt sind, auch die Einschätzung, wie viele Betroffene es geben würde, wie viele Menschen sich möglicherweise nicht selbst helfen könnten, ob ggf. nicht evakuierbare Einrichtungen im Überschwemmungsgebiet liegen und auf welche Bedürfnisse bei der Einrichtung von Notunterkünften zu achten wäre, sind wichtige Informationen. Angaben dazu, in welchen Bereichen Bevölkerung und Einsatzkräfte sich im Hochwasserfall nicht auf eine funktionierende Stromversorgung (inklusive aller damit in Verbindung stehenden Folgen) verlassen können, tragen zusätzlich zu einer differenzierteren Einschätzung der Situation bei. Über die Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden können bei Eintritt eines Hochwassers schnell Informationen zur Lage vor Ort bereitgestellt werden.

Die Information und Sensibilisierung der **Bevölkerung**, als wichtige Vorbedingung um Eigenvorsorge anstoßen und Selbsthilfepotenziale steigern zu können, ist ein wichtiger Schritt um die Folgen eines Hochwassers so gering wie möglich zu halten. Ein hoher Informations- und Vorsorgegrad der Bevölkerung in den betroffenen Gebieten kann sich in mehrfacher Hinsicht positiv auswirken: Nicht nur wird der materielle Schaden minimiert und die Arbeit der Einsatzkräfte unterstützt, auch ist das Auftreten gesundheitlicher und seelischer Folgen eines Hochwassers bei gut vorbereiteten Menschen in deutlich geringerem Maße zu erwarten. Im Rahmen einer umfassenden Information der Bevölkerung sollte auch die Gefahr von Versorgungsausfällen (z. B. im Bereich der Stromversorgung) thematisiert werden. Das im vorliegenden Leitfaden vorgeschlagene Verwundbarkeits-Assessment stellt jedoch nicht nur eine Vielzahl von Informationen für die Bevölkerung bereit, auch kann deren anschauliche Visualisierung in Form von Karten die Kommunikation der Ergebnisse für eine breitere Öffentlichkeit erleichtern.

Auch die lokal ansässige **Wirtschaft** inklusive der **Betreiber von Infrastruktureinrichtungen** kann von der Durchführung einer Verwundbarkeitsabschätzung nach dem Muster des vorliegenden Leitfadens profitieren. Fragen der eigenen Exposition, der Zugänglichkeit des Geländes, der Betroffenheit von Gebäuden und Anlagen, der Sicherheit der Mitarbeiter, der Versorgung mit Infrastrukturleistungen und Gütern sowie möglicher Umweltgefährdungen im Fall eines Hochwassers stellen sich in diesem Fall. Die Erstellung von Plänen, die Vorbereitung des Personals und die Durchführung gezielter Objektschutzmaßnahmen können nicht nur einen Beitrag zur Minimierung von Schäden, zur Verkürzung von Ausfallzeiten und zur Erhöhung der Arbeitssicherheit leisten, sondern auch im Sinne vertrauensbildender Maßnahmen ein wichtiges Signal nach außen geben.

Abschließend sei auf die Bedeutung der Verwundbarkeitsabschätzung im Kontext unterschiedlichster **Planungsprozesse** hingewiesen. So kann beispielsweise das Verwundbarkeitsassessment der Umwelt wichtige Hinweise zur Anlage von neuen Gewerbe- und Industrieflächen, zur Festlegung von Objekt- und Flächenschutzmaßnahmen im Interesse einer Vermeidung von Kontamination oder zur Priorisierung von Maßnahmen zur Altlastensanierung geben. Die Planung von neuen oder der gezielte Rückbau vorhandener Infrastruktureinrichtungen und die hochwasserangepasste Auslegung von Gebäuden, Anlagen und Infrastrukturkomponenten (z. B. Integration von Verkehrswegen in Hochwasserschutzanlagen) können dabei helfen, die Auswirkungen eines Hochwassers vor Ort bestmöglich zu bewältigen und auch in Zukunft die Folgen möglichst klein zu halten.

### **2.3 Anmerkungen zur Anwendung des Leitfadens**

Der Leitfaden ist eingeteilt in unterschiedliche Verfahren zur Verwundbarkeitsabschätzung der Versorgung mit Strom und Trinkwasser, der Bevölkerung und der Umwelt, sowie in ein methodisches Kapitel zu Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung. Es wird empfohlen,

zunächst alle vorgeschlagenen Themenbereiche zu untersuchen, um zu einer möglichst umfassenden Betrachtung zu kommen. Anschließend kann darüber nachgedacht werden, ob die Investition in Fernerkundungsdaten und deren Bearbeitung in Ihrer Kommune sinnvoll erscheint und machbar ist. Sollten Sie jedoch besonderes Interesse an einem Assessment der Verwundbarkeit einzelner Teilbereiche haben, so sind die Methoden auch unabhängig von einander anwendbar.

Die Kapitel zur Verwundbarkeitsabschätzung der genannten Infrastrukturen, der Bevölkerung und der Umwelt enthalten die zur Durchführung des Assessments notwendigen Informationen und erklären die Vorgehensweise. Die Form des Leitfadens erlaubt jedoch keine umfangreichen Erläuterungen und kann der Beschreibung der konzeptionellen Annahmen nur begrenzt Raum geben. Es werden daher an einigen Stellen im Text Verweise auf den Anhang des Leitfadens gemacht (vgl. Kapitel 7). Dieser Anhang enthält Check-Listen und Berechnungsformeln, die das Vorgehen weiter strukturieren, sowie Zusatzinformationen und Beispiele zur Veranschaulichung der Anwendung. Desweiteren sei an dieser Stelle noch einmal auf die Publikation der vollständigen Ergebnisse des Projektes ‚Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen‘ in der Schriftenreihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ verwiesen. Die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen sind zwar zur Durchführung des Assessments keine Voraussetzung, legen jedoch die hier aufgrund der Kürze des Formats nicht enthaltenen Hintergründe zur Projektarbeit und den konzeptionellen Überlegungen der Methodenentwicklung offen.

### **3 Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasserereignissen**

#### **Zielsetzung**

Der vorliegende Leitfaden verfolgt das Ziel, eine klare Anleitung zu einzelnen Schritten auf dem Weg zu einem Verwundbarkeitsassessment der Versorgungssicherheit von Strom- und Trinkwasserversorgung im Hochwasserfall zu geben. Das Verfahren konzentriert sich auf den Zeitraum des Hochwassers, möchte wichtige Anhaltspunkte zur Einschätzung der Situation während des Ereignisses geben und ein Baustein zur umfassenden Planungsgrundlage für das Risiko- und Krisenmanagement hinsichtlich der Infrastrukturversorgung sein. Darüber hinaus ist der vorliegende Leitfaden aufgrund der Ableitung von Handlungsoptionen, der Bereitstellung zusätzlicher Check-Listen, dem Hinweis auf Informationsangebote und der Möglichkeit zur direkten Überprüfung der Verwundbarkeitsrelevanz von Planungsalternativen auch als evaluierendes Instrument zu verstehen.

#### **Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Infrastrukturbetreibern –**

Die Versorgung mit Strom und Wasser ist für die Bevölkerung, für die Wirtschaft und auch für viele weitere Infrastrukturen von zentraler Bedeutung. Diese und weitere Infrastrukturen werden daher vom Bundesministerium des Inneren (BMI) unter dem Sammelbegriff der *Kritischen Infrastrukturen* zusammengefasst und als „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“<sup>2</sup> definiert. Da sich öffentliche und private Akteure den Besitz und Betrieb dieser Infrastrukturen teilen, ist auch die Reduzierung der Verwundbarkeit von Kritischen Infrastrukturen und der Verwundbarkeit gesellschaftlicher Schlüsselbereiche vor deren Ausfall als eine gemeinsame Aufgabe zu verstehen.

Diesem Umstand versucht der vorliegende Leitfaden in besonderem Maße Rechnung zu tragen, denn sowohl während der Durchführung des Assessments als auch im Umgang mit den Ergebnissen im Nachgang kommt den Versorgungsunternehmen und Netzbetreibern eine wichtige Rolle zu. Die Unternehmen halten nicht nur wichtige Datenbestände vor, sondern auch die Expertise zu Prozessen und Komponenten, die hinsichtlich der Beantwortung einzelner Fragen gebraucht wird. Schließlich sollten die Versorger in die Überlegungen zum Umgang mit den Assessment-Ergebnissen einbezogen werden.

Von kommunaler Seite besteht ein Interesse an der Bestimmung der Verwundbarkeit, um im Hochwasserfall angemessen reagieren zu können. Gleichzeitig liegen die zur Durchführung dieser Analyse erforderlichen Daten nicht gänzlich bei der Kommune, sondern bei den Infrastrukturbetreibern. Andererseits verfügen die Betreiber zwar über den vollen Datenumfang, doch besteht aus bestimmten Gründen ein Interesse daran, gewisse Daten vertraulich zu behandeln. Der Umfang, in welchem die Informationen innerhalb der Kommunen zur Verfügung stehen, ist daher von Fall zu Fall verschieden. Der im vorliegenden Assessment-Leitfaden gewählte Ansatz versucht diesen unterschiedlichen Interessen gerecht zu werden. Die Fragen, die in den einzelnen Assessment-Schritten zu beantworten sind, werden so formuliert, dass sie zuverlässig die erforderlichen Informationen einholen, jedoch ohne von den Unternehmen die Herausgabe detaillierter Daten zu verlangen. Dieses

---

<sup>2</sup> BUNDESMINISTERIUM DES INNEREN (BMI) (2008): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin. S.7

Vorgehen hat gleichzeitig den Vorteil, dass das Assessment von Kommunenseite nicht von einem ausgewiesenen Experten durchgeführt werden muss. Die Informationen werden in einer allgemein verständlichen Form erfragt und systematisch zusammengeführt. Sollten Sie bei der Durchführung des Assessments dennoch mit Datenlücken umgehen müssen, so finden Sie am Ende der Ausführungen zu jedem einzelnen Assessment-Schritt Vorschläge.

Auch nach der Durchführung des Assessments, wenn sich die Frage nach der Umsetzung von Maßnahmen zur Verwundbarkeitsreduktion stellen sollte, ist die Zusammenarbeit zwischen Kommune und Versorgungsunternehmen von besonderer Bedeutung. So können die Kommunen zwar unabhängig von den Versorgern und Netzbetreibern Pläne zum Umgang mit dem Infrastrukturausfall während eines Hochwasserereignisses erstellen oder Schutzmaßnahmen an eigenen Objekten durchführen, sollten jedoch Maßnahmen in Betracht gezogen werden, welche die Veränderung von einzelnen Komponenten oder der Netzstruktur der Versorgungsinfrastrukturen erforderlich machen, so müssen die Versorger auch in dieser Phase eingebunden werden. In diesem Fall gilt es zu bedenken, dass die Kommune ggf. ein Anliegen zur Durchführung von Maßnahmen hat, die direkten Kosten für diese Maßnahmen jedoch auf Betreiberseite entstehen würden. Schritte, die beispielsweise auf die Erhöhung von Redundanz abzielen, gehen zwangsläufig mit Investitions- und Instandhaltungskosten für die Betreiber einher – die Absenkung von Verwundbarkeit ist also ggf. an einen Abwägungsprozess zwischen dem technisch Machbaren und dem wirtschaftlich Umsetzbaren gekoppelt. Seitens der Kommune besteht die Möglichkeit, über bestimmte Anreize, wie beispielsweise die Bereitstellung von Flächen, den Unternehmen im Interesse der Verbesserung der Versorgungssicherheit entgegenzukommen.

### **3.1 Verwundbarkeit von Strom und Trinkwasserversorgung**

Zur erfolgreichen Verwundbarkeitsabschätzung muss das angewendete Assessment-Verfahren den charakteristischen Eigenschaften des zu untersuchenden Gegenstandes, hier den Kritischen Infrastrukturen Strom- und Trinkwasserversorgung, angepasst sein. Die folgenden Unterkapitel geben daher Einblick in die unterschiedlichen Betrachtungsebenen, die bei der Strom- und Wasserversorgung zum Tragen kommen, in die zur Verwundbarkeitsabschätzung verwendeten Kriterien und in die gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse unterschiedlicher Infrastruktursysteme.

#### **3.1.1 Betrachtungsebenen**

Eine wichtige Eigenschaft der meisten Kritischen Infrastrukturen ist deren prozesshafter Aufbau. Der Prozessablauf, welcher zur Versorgung von Kommunen mit Strom und Wasser von der Bereitstellung bis zum Nutzer durchlaufen werden muss, kann als das Zusammenwirken unterschiedlicher Teilprozesse verstanden werden. Diese Teilprozesse werden von Komponenten umgesetzt, welche sich möglicherweise auf dem Gebiet der betrachteten Kommune befinden. Auch diese Komponenten haben ggf. einen komplizierten Aufbau – so können in den zu bewältigenden Teilprozessen Personal, Logistik und Kommunikationstechnik ebenso involviert sein wie Gebäude, Daten, Anlagen oder Betriebsmittel. Alle diese einzelnen Teilprozesse und Elemente wirken zusammen und tragen mit ihrer eigenen Verwundbarkeit in einem bestimmten Maß zur Verwundbarkeit der gesamten Infrastruktur gegenüber einem Hochwasserereignis bei.

Um die Betrachtung der Strom- und Wasserversorgung mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens zu ermöglichen, ist es ausreichend, eine Unterteilung zwischen dem Gesamtprozess bzw. der Infrastrukturebene und den Teilprozessen bzw. der Komponentenebene vorzunehmen. Diese Unterscheidung wird im Aufbau des Leitfadens wiedergespiegelt: Während sich das

Verwundbarkeitsassessment in der ersten Assessment-Phase (Kapitel 3.2) auf die Teilprozesse und Komponenten bezieht, findet in der zweiten Assessment-Phase (Kapitel 3.3) deren Zusammenführung auf der Ebene des Gesamtprozesses bzw. der Infrastruktur statt. Die Reihenfolge beider Assessment-Phasen ist bei der Durchführung nicht beliebig. Der zweiten Phase muss in jedem Fall die erste Phase vorausgehen, da die Zwischenergebnisse weiterverwendet werden.

(Genauere Beschreibungen zur Terminologie und zu den Komponenten der Strom- und Wasserversorgung werden an entsprechender Stelle unter *Schritt 3* gegeben.)

### **3.1.2 Verwundbarkeitskriterien**

In Anbetracht des unter 3.1.1 erläuterten Prozessaufbaus von Strom- und Wasserversorgung sowie der Vielzahl und der unterschiedlichen Ausführungen der darin involvierten Komponenten ist eine Reihe von Kriterien für ein Verwundbarkeitsassessment gegenüber einem Hochwasserereignis denkbar. Eine Zusammenstellung von Einzelkriterien zur Betrachtung Kritischer Infrastrukturen kann beispielsweise dem vom BMI herausgegebenen Leitfaden *Kritische Infrastruktur – Risiko- und Krisenmanagement*<sup>3</sup> entnommen werden. Im Folgenden soll die Auswahl der im Verlauf des vorliegenden Assessments verwendeten Verwundbarkeitskriterien vorgestellt und erläutert werden.

#### ***Exposition***

Als Exposition wird im Kontext des vorliegenden Assessments der Umstand verstanden, dass eine Komponente dem Hochwasserereignis ausgesetzt ist. Entscheidend ist ausschließlich, ob sich eine Komponente im überfluteten Gebiet befindet oder nicht. Natürlich ist es auch denkbar weitere Aspekte, wie die Strömungsgeschwindigkeit oder den Verschmutzungsgrad des Wassers einzubeziehen, doch die dazu benötigten Daten sind ggf. nicht überall verfügbar. Im Interesse einer flächendeckenden Anwendbarkeit wurde darauf verzichtet, dieses Kriterium weiter zu differenzieren.

#### ***Funktionsanfälligkeit (Teilaspekt der Anfälligkeit)***

Die vorliegende Assessment-Methode stellt die Versorgungssicherheit im Hochwasserfall ins Zentrum der Betrachtung. Dies ist nicht die einzige denkbare Herangehensweise, doch aus Sicht der Kommune, welche ein Interesse an der Aufrechterhaltung der Versorgung und an einer Planungsgrundlage für das Risiko- und Krisenmanagement hat, sinnvoll. Das Kriterium vereint eine Anzahl weiterer Aspekte, wie beispielsweise die Wirksamkeit bestehender Schutzmaßnahmen oder die Abhängigkeit der Komponente von Personal. Diese Aspekte werden keineswegs vernachlässigt, sondern lediglich aufgrund der Auswirkungen auf den Gesamtprozess zusammengefasst. Hinter dieser Maßnahme steht die Annahme, dass es im Hochwasserfall zunächst nicht entscheidend ist, von welchem Faktor der Ausfall einer Komponente herbeigeführt wurde. Der Effekt, nämlich entweder die Aufrechterhaltung der Funktion oder der Funktionsausfall, geht in das Assessment ein.

Die Zusammenfassung der Einzelaspekte hat einen zusätzlichen Grund, der in dem Verhältnis von Datenverfügbarkeit und Bearbeitungskapazität von Betreibern und kommunaler Verwaltung zu suchen ist. Durch das Clustern wird die Menge an Einzelinformationen, die vom Betreiber zur Durchführung des Assessments zur Verfügung gestellt werden muss, erheblich reduziert. In gleichem Maß verringern sich der Zeitaufwand und der Anspruch an den Bearbeitenden auf der Seite der Kommune. Während die Betreiberseite dank der

---

<sup>3</sup> BMI 2008, S. 19ff.

Zusammenfassung keine vertraulichen Detailinformationen preisgeben muss, wird im gleichen Schritt der Arbeitsaufwand für den Bearbeitenden reduziert, ohne dass die wirklich relevante Information über die Versorgungssicherheit der Infrastruktur verloren geht.

### ***Ersetzbarkeit (Teilaspekt der Bewältigungskapazität)***

Auch hinter diesem Kriterium verbirgt sich eine Kombination mehrerer Einzelaspekte. Die technischen Voraussetzungen zu Redundanz und Substitution<sup>4</sup> sind ebenso wie die Bereitschaft des Personals zentrale Teilaspekte, welche zusammengefasst werden konnten, da sie sich auf das Ersetzen ausfallender Leistung beziehen. Analog zur Bewertung der Funktionsanfälligkeit würde es zur Bewertung dieser Einzelaspekte einer großen Menge von Detailinformationen bedürfen, die einerseits von Betreiberseite vertraulich behandelt werden und andererseits eine von Kommune-seite schwer zu bearbeitende Datenfülle in den Assessment-Prozess einbringen würde. Der Ausweg liegt darin, die Information im Hinblick auf ihren primären Beitrag zum Verwundbarkeits-Assessment – in diesem Fall den Grad der Ersetzbarkeit von Funktionsausfällen – zu verdichten und die Beantwortung an die Betreiber, als Halter der relevanten Daten und der personellen Kompetenz, zu delegieren.

### **3.1.3 Abhängigkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung**

Der hier vorgestellte Leitfaden enthält eine Assessment-Methode, welche sich zur Verwundbarkeitsabschätzung der Strom- und Wasserversorgung auf kommunaler Ebene anwenden lässt. Es gilt jedoch zu bedenken, dass diese beiden Infrastruktursysteme nicht in gleicher Weise auf Hochwasserereignisse reagieren. Während die Assessment-Methode gegenüber diesen systeminternen Unterschieden sensibel ist, kann sie nur bedingt die zwischen den Infrastrukturen bestehenden Abhängigkeiten und die sich daraus ergebenden Verwundbarkeiten erfassen. Vor allem gegenüber einem Ausfall der Stromversorgung reagieren viele weitere Infrastrukturen sehr empfindlich. Es sollte daher das Ergebnis aus dem Verwundbarkeitsassessment der Stromversorgung unbedingt in die Betrachtung der Wasserversorgung eingehen. Sollte die Durchführung des Verwundbarkeitsassessments für beide Infrastrukturen angedacht sein, so sollte darauf geachtet werden, zuerst die Verwundbarkeit der Stromversorgung abzuschätzen, bevor im nächsten Schritt die Aufmerksamkeit auf die Wasserversorgung gerichtet werden kann (vgl. auch Kapitel 3.2.4).

## **3.2 Erste Assessment-Phase:**

### **Abschätzung der Verwundbarkeit von Teilprozessen / Komponenten**

Im Folgenden soll, nach der Bereitstellung wichtiger Informationen zur Durchführung und zum Ergebnis, anhand mehrerer Einzelschritte die Verwundbarkeit der einzelnen Teilprozesse der Strom- und Wasserversorgung auf kommunaler Ebene abgeschätzt werden. Abschließend soll in einem Zwischenfazit das Ergebnis der ersten Assessment-Phase interpretiert und die zweite Assessment-Phase vorbereitet werden.

### **3.2.1 Ablaufschema**

Die hier vorgestellte Assessment-Methode beruht darauf, dass wichtige Informationen in einer bestimmten Reihenfolge eingeholt und zusammengeführt werden. Die Reihenfolge ist von besonderer Bedeutung: Zum einen vermeidet sie das mehrfache Einbringen der gleichen Information, zum anderen dient jeder Schritt der Minimierung des Aufwandes und erlaubt gleichzeitig, den örtlichen Gegebenheiten individuell Raum zu geben. Die Systematik des

---

<sup>4</sup> BMI 2008, S. 11

Vorgehens im Laufe des Verwundbarkeitsassessments ist im folgenden Schema illustriert (siehe Abbildung 3.1).

**- KRITIS\_Abb1 einfügen -**

Abbildung 3.1: Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode (Susanne Krings, UNU-EHS)

Das Schema in Abbildung 3.1 ist den Pfeilen folgend von links oben nach rechts unten zu lesen. Nach der Festlegung des betrachteten Hochwasserszenarios wird eine Bestandsaufnahme der in Ihrer Kommune zu findenden Teilprozesse / Komponenten (zur Terminologie siehe 2. Schritt), durchgeführt. Anschließend wird eine Expositionsanalyse vorgenommen und das Assessment unter Berücksichtigung der Funktionsanfälligkeit, der Ersetzbarkeit sowie dem sich akkumulierenden Restrisiko zu Ende geführt. Das Durchlaufen der Assessment-Schritte führt je nach erzieltm Ergebnis entweder zur Einordnung des Prozesses in eine Verwundbarkeitsklasse (vgl. Kapitel 3.2.2) oder zum nächsten Assessment-Schritt. Die einzelnen Schritte werden auf den folgenden Seiten erläutert und anhand von Beispielen in Anhang 7.3 A veranschaulicht.

### 3.2.2 Verwundbarkeitsklassen

Ergebnis der ersten Phase des Verwundbarkeitsassessments ist eine Einteilung der einzelnen Teilprozesse in fünf Verwundbarkeitsklassen, welche sich aus den einzelnen Schritten ergeben und Ihnen die Interpretation erleichtern. Die Bedeutung der einzelnen Klassen soll im Folgenden beschrieben werden. Die Anwendung des hier vorgestellten Assessment-Leitfadens wird zur Identifikation bestimmter Verwundbarkeiten in der Strom- und Wasserversorgungsinfrastruktur der betrachteten Kommunen führen. Die sich daraus ergebenden Handlungsoptionen sollen hier nur kurz angerissen werden – ausführlichere Informationen zum Umgang mit den Assessment-Ergebnissen erhalten Sie in Kapitel 3.4.

**Klasse I = keine Verwundbarkeit oder sehr geringes Verwundbarkeitsniveau**

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) nicht exponiert, d. h. dem Hochwasser nicht ausgesetzt. Damit ist die Verwundbarkeit des betrachteten Teilprozesses / der Komponente(n) als sehr gering bis nicht vorhanden zu betrachten.

**Klasse II = geringes Verwundbarkeitsniveau**

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, doch seine (ihre) Funktionsfähigkeit ist nicht beeinträchtigt. Es kann dennoch keine Einteilung in Klasse I erfolgen, da ein Hochwasser immer eine potentiell gefährliche Situation mit vielen Eventualitäten bedeutet (Restrisiko), für die es keinen effektiveren Schutz als die Vermeidung der Exposition geben kann.

**Klasse III = mittleres Verwundbarkeitsniveau**

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und vollständig ersetzbar. Das bedeutet, dass die Komponente(n) dem Hochwasser ausgesetzt ist (sind) und dabei einen Funktionsausfall erleidet (erleiden), der von einer oder mehreren anderen Komponente(n) vollständig ersetzt werden kann. Das Personal ist ausreichend vorbereitet, um dies zu realisieren. Auch wenn nicht unbedingt mit einem Versorgungsausfall zu rechnen ist, birgt die Situation doch ein vergleichsweise hohes Restrisiko.

**Klasse IV = hohes Verwundbarkeitsniveau**

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nur teilweise ersetzbar. Im Hochwasserfall ist zumindest mit einem teilweisen Funktionsausfall zu rechnen.

**Klasse V = sehr hohes Verwundbarkeitsniveau**

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nicht ersetzbar. Im Hochwasserfall ist mit einem Totalausfall der Leistung zu rechnen.

Die Verwundbarkeit der einzelnen Teilprozesse / Komponenten trägt nicht in gleichem Maße zur Gesamtverwundbarkeit der Versorgung mit Strom und Wasser im Hochwasserfall bei. Aus diesem Grund müssen die für die einzelnen Teilprozesse / Komponenten ermittelten

Ergebnisse in einer Weise zusammengeführt werden, die deren hohen Informationsgehalt nicht verwischt, sondern die Ergebnisse vielmehr in ein sinnvolles Verhältnis zueinander setzt (zweite Phase des Assessments).

### **3.2.3 Überprüfung der Datenlage**

Zur Durchführung des Assessments werden Informationen verwendet, die entweder bereits in der Kommune vorhanden sind oder von dem/n Versorgungsunternehmen erfragt werden müssen. Sollten viele Informationen bereits vorliegen, beispielsweise in einem Geographischen Informationssystem (GIS), so reduziert sich der Bedarf an Informationen, die eingeholt werden müssen. Es gilt zu bedenken, dass die Informationen ggf. in unterschiedlichen Abteilungen der Verwaltung vorhanden sein können. Sollte es Zweifel an Vollständigkeit oder Aktualität der vorhandenen Daten geben, so ist es in jedem Fall ratsam, das Verwundbarkeitsassessment zum Anlass zu nehmen, den/die Versorger um eine Überprüfung der Angaben zu bitten.

Die benötigten Daten ergeben sich aus den für die einzelnen Assessment-Schritte vorgesehenen Fragen. Diese sind im Folgenden farblich hervorgehoben (vgl. Kapitel 3.2.4), sodass sie leicht zur vorherigen Überprüfung der Datenlage genutzt werden können. Bitte überprüfen Sie, schon vorab, ob die benötigten Informationen vorliegen und führen Sie diese in einer einheitlichen Form zusammen; ggf. müssen dazu einzelne Datensätze digitalisiert oder umgekehrt aus dem GIS in eine analoge Karte übertragen werden.

### **3.2.4 Gliederung der einzelnen Schritte**

Es wird versucht, eine einheitliche Gliederung (Information, Arbeitsschritt(e), Hinweise zum Umgang mit Datenlücken) einzuhalten. Dies wird jedoch nicht immer möglich sein. Im Text finden Sie Verweise auf Check-Listen (siehe Anhang 7.1 und 7.2), die Sie nach Bedarf hinzuziehen können. Diese ermöglichen differenzierte Analysen einzelner Aspekte, welche zur Durchführung des Assessments nicht unbedingt notwendig sind, jedoch das Ergebnis verfeinern können, Ihnen bei der Schwachstellendiagnose behilflich sind und ggf. der weiteren Planung dienen. Beispiele zu jedem einzelnen Assessmentsschritt können Anhang 7.3 A entnommen werden.

### **3.2.5 Form der Assessment-Ergebnisse**

Die Ergebnisse gehen in zwei verschiedenen Formen aus den einzelnen Assessment-Schritten hervor. Zum einen werden im GIS bzw. in einer Karte die einzelnen Komponenten verortet und einzeln in eine Verwundbarkeitsklasse eingeteilt. Zum anderen werden die Komponenten in einer Liste den einzelnen Teilprozessen zugeordnet. Diese Darstellung hat zum einen den Vorteil der besseren Übersichtlichkeit und erlaubt zum anderen die Betrachtung von ganzen Teilprozessen, welche in der Kartendarstellung schwieriger ist. Die Klasseneinteilung der Teilprozesse ergibt sich aus der Klasseneinteilung der Komponenten, wobei die höchste Verwundbarkeit einer Komponente die Klasse des Teilprozesses vorgibt. Dieses Vorgehen mag drastisch erscheinen, weil auch Teilprozesse, die nur vom Ausfall einer einzigen Komponente bedroht sind, in eine hohe Verwundbarkeitsklasse eingeteilt werden, doch nur so ist gewährleistet, dass Probleme sicher erkannt und nicht vorschnell unterschätzt werden. Die Interpretation des Assessment-Ergebnisses ist daher von besonderer Bedeutung – während die Einteilung in Klasse V lediglich auf einen wahrscheinlichen Ausfall hinweist, muss die Abschätzung der möglichen Folgen einzelfallbezogen vor Ort geschehen. Hinweise dazu werden in Kapitel 3.4 gegeben.

### 3.2.6 Durchführung der ersten Assessmentphase Schritt für Schritt

#### 1. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach dem in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Vorgehen.

#### 2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse

Da die erste Phase des Verwundbarkeitsassessments auf der Ebene unterschiedlicher Teilprozesse der kommunalen Versorgung abläuft, gilt es im ersten Schritt zu identifizieren, welche dieser Teilprozesse im konkreten Fall eine Rolle spielen. Nicht in jeder Kommune wird beispielsweise Wasser aufbereitet oder Strom erzeugt. In vielen Kommunen beziehen die Versorger Strom und Wasser von einem weiteren Anbieter außerhalb der kommunalen Grenzen. Dieser Schritt kann demnach entscheidend dazu beitragen, den Assessment-Aufwand zu reduzieren. Bitte klären Sie daher zunächst mit Ihrem Versorgungsunternehmen ab, welche Komponenten sich innerhalb der Kommune befinden. Als solche gilt es zwischen folgenden Teilprozessen und Komponenten zu unterscheiden.

##### Trinkwasserversorgung:

<i>Komponente</i>	<i>Teilprozess</i>
Brunnen / Talsperre	Gewinnung von Rohwasser
Wasserwerk	Aufbereitung von Trinkwasser
Pumpwerk	Einspeisung von Trinkwasser
Übernahmestelle	Einspeisung von Trinkwasser (von externem Anbieter)
Druckerhöhungsanlage	Anpassung des Netzdrucks
Speicher / Hochbehälter	Zwischenspeicherung
Netzleitstelle	Überwachung des Netzes

##### Stromversorgung:

<i>Komponente</i>	<i>Teilprozess</i>
Kraftwerk	Stromerzeugung
Umspannwerk (1)	Umspannen auf Hochspannung (z.B. 380kV auf 110kV)
Umspannwerk (2)	Umspannen auf Mittelspannung (z.B. 110kV auf 20kV)
Netzleitstelle	Überwachung / Steuerung des Netzes
Netzstation	Umspannen auf Niederspannung (z.B. 20kV auf 400V)
Kabelverteilerkasten	Verteilung des Stroms an die einzelnen Abnehmer

##### Hinweise zur Identifikation der Komponenten:

- *Umspannwerke* können entweder auf Hochspannung (z. B. 220kV oder 110kV), auf Mittelspannung (50kV-10kV) oder auf Niederspannung (Netzstationen, 400V) umspannen. Es gilt diese genau zu unterscheiden.
- *Kraftwerke* können sich zwar auf dem Gebiet der Kommune befinden, jedoch nicht in das kommunale Netz einspeisen. Oft wird direkt in das Hochspannungsnetz eines regionalen oder überregionalen Versorgers eingespeist. In diesem Fall spielt das Kraftwerk keine direkte Rolle für die Versorgung der Kommune. Gleiches kann für Umspannwerke gelten, die auf der Hoch- bzw. der Höchstspannungsebene arbeiten. Auch hier muss geklärt werden, inwiefern diese direkt zur Versorgung der Kommune beitragen.
- Häufig sind die Komponenten, die hier als ‚Netzstationen‘ bezeichnet werden, abweichend benannt. So sind auch die Bezeichnungen ‚Transformatorhäuschen‘, ‚Transformer‘ oder ‚Station‘ üblich. Sollten Sie sich nicht sicher sein, so sollten Sie sich über die Abfrage der Funktion (Umspannen von Mittelspannung auf Niederspannung) Klarheit verschaffen.

- Es ist zu bedenken, dass für nicht mehr genutzte oder anders genutzte Komponenten in vielen Fällen die ursprüngliche Bezeichnung weiterverwendet wird. Häufig werden ausrangierte Wasserwerke oder Elektrizitätswerke umgenutzt, oder teilweise weiterbetrieben. Hierüber sollten Sie Auskunft beim Versorger einholen.

Nicht alle Komponenten, die zur Strom- und Wasserversorgung dienen, erscheinen in der Liste: Die Netze sind nicht aufgeführt. Da die Wasserleitungen und die Niederspannungsleitungen innerhalb der Kommunen in der Regel unterirdisch verlegt sind, sind die Netze allgemein nicht verwundbar gegenüber Hochwassergefahren. Eine besondere Situation kann dann entstehen, wenn Leitungen an Stellen angebracht sind, die einer starken Erosion durch besonders hohe Strömung ausgesetzt sind (Gefahr des Freilegens und potentiellen Unterspülens von Leitungen). Die Analyse dieser Gefahr entzieht sich jedoch einer generalisierten Betrachtung, wie sie in Form dieses Leitfadens geschehen soll. Generell kann aus der Erfahrung bei den vergangenen Hochwasserereignissen gefolgert werden, dass sich die Anbringung von Leitungen an Brücken (besonders an der strömungszugewandten Luv-Seite), ihre Integration in Uferböschungen (insbesondere in Prallhängen) sowie die Übergänge zu Komponenten an der Oberfläche als besondere Schwachstellen zeigten. Im Fall eines Leitungsschadens im Stromnetz folgt nach einer Abgabe von Spannung an das umgebende Wasser (Gefahr eines Stromschlags für Menschen in der direkten Umgebung) ein Kurzschluss, der den jeweiligen Netzstrahl und alle davon abhängigen Komponenten und Abnehmer von der Versorgung trennt. Im Fall eines Leitungsschadens in der Wasserversorgung ist ein Druckabfall im Netz zu verzeichnen. Druckgesteuerte Netze reagieren auf eine solche Havarie mit der automatischen Drosselung der eingespeisten Wassermengen. Dieser Mechanismus führt zu Versorgungslücken für die Abnehmer und ggf. zum Eindringen von Verschmutzungen in die Leitungen. In nicht automatisch gesteuerten Netzen kann viel Wasser durch die Öffnung entweichen, bevor die Leckage gefunden wird. Auch in diesem Fall ist mit Verschmutzung der Leitungen zu rechnen.

*Frage: Welche Infrastrukturkomponenten befinden sich innerhalb der Kommune und welchen Prozess setzen diese genau um?*

**Arbeitsschritt:** Bitte erstellen Sie eine Liste aller in Ihrer Kommune zu betrachtenden Komponenten angeordnet nach den Teilprozessen (Reihenfolge von links nach rechts). Alle nicht vorkommenden Komponenten und Teilprozesse müssen nicht weiter beachtet werden – sie spielen im weiteren Assessment keine Rolle mehr. Es kann durchaus sein, dass die Zahl von Netzstationen und Kabelverteilerschränken eine vollständige Auflistung unmöglich macht. Geben Sie in diesem Fall die Gesamtanzahl der Komponenten in der Liste an.

*Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden.*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Sollten die Versorger Bedenken gegenüber der Weitergabe dieser Informationen haben, so kann es hilfreich sein, eine Absprache hinsichtlich der vertraulichen Verwendung der Daten zu treffen. Anderenfalls kann die angeforderte Datenmenge reduziert werden. Dies geschieht, indem den Versorgern das angenommene Szenario vorgelegt wird, mit der Bitte, nur über die Komponenten im Überschwemmungsgebiet Auskunft zu geben. Sollte der Versorger diese Variante wählen, so entfällt im weiteren Assessment der 3. Schritt.

### 3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades

Entsprechend dem Ablaufplan wird nun nach der Festlegung des Szenarios und der Inventarisierung der Komponenten / Teilprozesse bestimmt, welche der Anlagen dem Hochwasser ausgesetzt wären. Dazu müssen die Anlagen zunächst genau verortet werden.

*Frage: Wo befinden sich die einzelnen Komponenten?*

**Arbeitsschritt:** Von der im 2. Schritt erstellten Liste aller Komponenten ausgehend, gilt es nun, die Komponenten, welche vom Hochwasser betroffen sind, ausfindig zu machen. Sie müssen daher die genaue Lage der Komponenten kennen. Sollten die Daten in einem GIS-fähigen Format vorliegen, so überlagern Sie die schon bestehende GIS-Grundlage mit den Informationen. Es kann sinnvoll sein, Themen / Layer mit den Komponenten der einzelnen Teilprozesse anzufertigen (d. h. alle Netzstationen in einem einzelnen Thema / Layer abzuspeichern). Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn die Datengrundlage ausreichend genau ist. Sollten Sie eine analoge Karte verwenden, so tragen Sie bitte alle Komponenten unter Verwendung geeigneter Symbole in die Karte ein.

*Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden.*

Aus den gerade geleisteten Arbeiten lässt sich leicht ablesen, welche der Komponenten / Teilprozesse unter der Annahme des festgelegten Hochwasserszenarios betroffen sein würden. Nicht exponierte Komponenten / Teilprozesse werden in Verwundbarkeitsklasse I eingeordnet. Sie spielen erst bei der Einbeziehung der Ersetzbarkeit wieder eine Rolle.

*Frage: Welche der Komponenten befinden sich im überfluteten Bereich?*

**Arbeitsschritt:** Es muss abgefragt werden, welche der Komponenten sich im Fall des von Ihnen festgelegten Hochwasserszenarios im überfluteten Gebiet befinden. Sollten Sie über ein GIS verfügen, so können (über den ‚Ausschneiden-‘, bzw. ‚Clip‘-Befehl) schnell alle betroffenen Komponenten aus dem Ursprungsthema ausgeschnitten werden. Speichern Sie diesen (oder diese) Themen / Layer separat mit dem Zusatz ‚KLASSE I‘ ab. Sie sollten diese Komponenten im GIS dunkelgrün einfärben (dunkelgrün steht für Verwundbarkeitsklasse I, vgl. Kapitel 3.2.2). Sollten Sie eine analoge Karte verwenden, so müssen die einzelnen Komponenten auf ihre Exposition hin überprüft werden. Auch in der analogen Karte können nicht exponierte Komponenten dunkelgrün markiert werden.

Es ist zu bedenken, dass die Angabe der Anzahl der exponierten Komponenten für sich betrachtet nur einen begrenzten Aussagewert hinsichtlich der Verwundbarkeit der Versorgungssicherheit hat. Die Komponenten können für sehr unterschiedliche Kapazitäten ausgelegt sein und unterschiedlich hohe Auslastungen aufweisen. Der Aussagewert der Komponentenanzahl liegt in erster Linie darin, zu bewerten, ob der Prozess als vollständig, teilweise oder nicht exponiert zu betrachten ist. Einen höheren Aussagewert hat die Betrachtung der exponierten Gesamtleistung (Anteil der einzelnen Komponenten am betrachteten Teilprozess). Sollten genaue Daten zu deren Bestimmung vorliegen, so kann ein detaillierteres Assessment durchgeführt werden (vgl. Kapitel 3.4.1). Implizit wird jedoch mit den nächsten Schritten auch im Verlauf dieses Assessments die Leistung zur Grundlage der Bewertung gemacht.

*Frage: Welche Teilprozesse werden von exponierten Komponenten umgesetzt?*

**Arbeitsschritt:** Streichen bitte Sie alle nicht exponierten Komponenten aus Ihrer Liste. Sollte sich nach diesem Assessment-Schritt zeigen, dass alle zu einem Teilprozess gehörenden Komponenten nicht exponiert sind, so ist dieser Teilprozess in Verwundbarkeitsklasse I (nicht oder sehr gering verwundbar) einzustufen. Das Assessment ist für diesen Teilprozess, welcher in Ihrer Übersicht dunkelgrün markiert werden kann, beendet. Sollte auch nur eine einzige Komponente exponiert sein, so muss das Assessment fortgesetzt werden und eine Einteilung in Klasse I ist ausgeschlossen. Die Klasseneinteilung des Teilprozesses richtet sich immer nach der verwundbarsten Komponente.

*Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden.*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Sollten keine Angaben über die genaue Lage der Komponenten vorliegen, so könnte auch an dieser Stelle eine gezielte Nachfrage beim Versorger Abhilfe schaffen. Richten Sie unter Angabe oder Vorlage des festgelegten Hochwasserszenarios, die Frage danach, welche der Komponenten im überfluteten Bereich liegen, an den / die Versorger. Machen Sie in jedem Fall deutlich, dass es an dieser Stelle nicht um einen zu erwartenden Ausfall gehen soll, sondern schlicht um die Lage. Sollten Informationen zur Lage der Infrastrukturkomponenten vorliegen, so sollten Sie sich vergewissern, dass die Terminologie einheitlich verwendet wird und die Komponenten eindeutig zur allgemeinen Versorgung dienen. In Abbildung 3.2 ist ein Beispiel dafür gegeben, wie sich trotz guter Datengrundlage Fehler einschleichen können. Die markierten Komponenten sind im GIS einheitlich als ‚Umformer‘ bezeichnet, erfüllen jedoch unterschiedliche Funktionen.

**- KRITIS\_Abb2 einfügen -**

*Abbildung 3.2: Ausschnitt aus einem mit Hilfe von Daten der Stadt Köln erstellten GIS. Die in den angenommenen Szenarien überfluteten Bereiche sind in der Karte blau hinterlegt. Neben den Gebäudegrundrissen enthält die Karte auch Informationen zu deren Nutzung, z.B. als Komponenten der Stromversorgung. An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Datengrundlage stets kritisch hinterfragt werden sollte. Viele Komponenten sind zwar einheitlich erfasst, können jedoch unterschiedliche Funktionen übernehmen. Für die Stromversorgung wichtige Objekte sind farblich hervorgehoben und markiert.*

#### **4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit der exponierten Komponenten**

Nachdem im 3. Schritt alle potentiell vom Hochwasser betroffenen Komponenten ermittelt wurden, muss nun geklärt werden, ob die Funktionsfähigkeit der Komponenten im Hochwasserfall gegeben wäre. Die Beantwortung dieser Frage ist nicht so trivial, wie es auf den ersten Blick scheint. Sie bedarf einer differenzierten Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, anderen Infrastrukturen, bestimmten Umweltbedingungen und Personal oder der bereits umgesetzten Schutzmaßnahmen. Wodurch der Funktionsausfall herbeigeführt wurde, ist zur Beantwortung der Frage jedoch zweitrangig. Auch ob zusätzlich Schäden auftreten, ist an dieser Stelle keine relevante Information – Schäden spielen zwar bei der Wiederherstellung der Versorgung nach einem Hochwasser eine entscheidende Rolle, bei der Frage nach der Versorgungssicherheit im Ereignisfall sind sie jedoch nicht primär bedeutsam.

*Frage: Welche der Komponenten sind im Hochwasserfall nicht mehr in Funktion?*

**Arbeitsschritt:** Es bietet sich an, diesen Analyseschritt in enger Zusammenarbeit mit den Versorgungsunternehmen durchzuführen. Bestimmen Sie für alle in der Karte als exponiert identifizierten Komponenten, ob diese unter Annahme der von ihnen gewählten Szenarios

von einem Funktionsausfall betroffen wären. Alle nicht funktionsanfälligen Komponenten können im GIS mit dem Zusatz ‚KLASSE II‘ in einem separaten Thema / Layer abgespeichert und hellgrün (= Verwundbarkeitsklasse II) eingefärbt werden. Auch bei Verwendung einer analogen Karte können diese hellgrün markiert werden.

*Frage: Welche Teilprozesse werden von funktionsanfälligen Komponenten umgesetzt?*

**Arbeitsschritt:** Streichen Sie alle Komponenten von Ihrer Liste, mit deren Ausfall im Hochwasserfall nicht zu rechnen ist. Sollte es sich ergeben, dass in diesem Arbeitsschritt die Komponenten von einem oder mehreren Teilprozessen vollständig aus der Liste gestrichen werden können, so wird dieser bzw. werden diese automatisch in Klasse II (= gering verwundbar) eingeteilt und entsprechend hellgrün markiert.

*Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden.*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Sollten Ihnen keine genaueren Informationen vorliegen, ist es legitim, anzunehmen, dass alle Komponenten, die der Stromversorgung dienen, im Hochwasserfall nicht in Funktion sind. Diese Annahme lässt sich damit begründen, dass einerseits, um die Gefahr von Kurzschlüssen zu minimieren, und andererseits, um die Sicherheit von Bevölkerung und Einsatzkräften nicht zu gefährden, alle unter Spannung stehenden Anlagen im Überschwemmungsgebiet abgeschaltet werden müssen. Es gibt zwar Möglichkeiten, dies zu umgehen, doch um die Durchführbarkeit des Assessments zu gewährleisten kann vereinfachend vom vollständigen Ausfall der Komponenten ausgegangen werden.

- KRITIS\_Abb3 einfügen -

*Abbildung 3.3: Auch wenn vereinfachend von einem Ausfall der Stromversorgung im Überschwemmungsgebiet ausgegangen werden kann, so gibt es Möglichkeiten den Funktionsausfall durch eine angepasste Bauweise zu verhindern. Dieses Foto stammt aus einem schon häufig hochwasserexponierten Gebiet der Stadt Köln (Foto: Luttermann (UNU-EHS), 2009)*

Ebenso kann vereinfachend angenommen werden, dass alle Komponenten, die abhängig von der Stromversorgung sind, ebenfalls ausfallen werden. Es ist zwar denkbar, dass Einrichtungen über eine Notstromversorgung verfügen, doch funktioniert diese im Hochwasserfall möglicherweise nicht. Es müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein, damit eine Notstromversorgung als hochwassersicher bewertet werden kann (vgl. *Checkliste 1 + 2 in Anhang 7.1*). Selbst wenn die Notstromversorgung funktioniert, ist nicht geklärt, über welchen Zeitraum hinweg die Versorgung bestehen bleibt – Dimensionierung und Treibstoffbevoratung der Anlagen können sehr unterschiedlich sein. Sollten keine Informationen des Betreibers vorliegen, so ist grundsätzlich mit einem Ausfall zu rechnen. Wenn die Komponente im tatsächlichen Hochwasserfall überraschenderweise funktionieren sollte, so ist diese Situation vermutlich leichter zu bewältigen, als ihr unerwarteter Ausfall.

## **5. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen**

Der Funktionsausfall einer Komponente kann möglicherweise von anderen Komponenten abgefangen werden. So können ggf. mehrere umliegende Netzstationen die Leistung einer ausfallenden abfangen oder der Ausfall eines Kraftwerks über die Erhöhung der Abnahme aus dem Hochspannungsnetz ausgeglichen werden. Die Frage nach der Ersetzbarkeit ist jedoch keineswegs einfach zu beantworten. Sie erfordert von Seite der Betreiber zum einen eine Analyse des Netzaufbaus, denn nur vernetzte Komponenten können einander funktional ersetzen, und zum anderen eine genaue Betrachtung von Kapazität und

Auslastung der verbleibenden Komponenten. Unter Einbeziehung aller genannten Faktoren können die Betreiber zu dem Ergebnis kommen, dass die Ersetzbarkeit vollständig, teilweise oder auch gar nicht gegeben ist.

***Frage:** Inwiefern können andere Komponenten die Leistung der ausfallenden Komponenten übernehmen?*

**Arbeitsschritt:** Sollte eine Komponente nicht ersetzbar sein, so muss automatisch eine Einteilung der Komponente in die höchste Verwundbarkeitsklasse erfolgen (Klasse V). Markieren sie im GIS bzw. in der von Ihnen verwendeten Karte alle nicht ersetzbaren und unmittelbar von einem Ausfall betroffenen Komponenten entsprechend mit rot. Es kann ggf. sinnvoll sein, diese Komponenten in einem separaten Thema/Layer mit dem entsprechenden Zusatz abzuspeichern. Sollte eine vollständige oder teilweise Ersetzbarkeit gegeben sein, so muss im nächsten Schritt geklärt werden, ob die Vorbereitung der Mitarbeiter und die organisatorischen Rahmenbedingungen ausreichen, um die technische Ersetzbarkeit in vollem Maße umzusetzen.

Es können nach diesem Arbeitsschritt nicht automatisch Teilprozesse ausgestrichen werden, da auch die organisatorische Komponente der Ersetzbarkeit im nächsten Schritt mit betrachtet werden muss. Sollte eine Komponente technisch nicht ersetzbar sein, so muss eine Einteilung des gesamten Teilprozesses in die höchste Verwundbarkeitsklasse erfolgen (Klasse V), auch muss dieser in der Übersicht rot hervorgehoben werden.

*Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Falls Ihnen keine Daten zu technischen Möglichkeiten der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung vorliegen, so müssen Sie vom schlimmsten Fall ausgehen und mit dem vollständigen Ausfall der Leistung rechnen. Sie sollten Ihren Versorger dringend auffordern, nach einer entsprechenden Analyse der Systeme, mit Ihnen an einem Plan für den Hochwasserfall zu arbeiten. Erst nach der Analyse der tatsächlichen Situation können Maßnahmen in sinnvoller Weise geplant und umgesetzt werden.

## **6. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen**

Mit der Abschätzung der technischen Voraussetzungen ist der erste Schritt zur Bestimmung der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall getan. In einem nächsten Schritt gilt es zu klären, ob die notwendigen personellen und organisatorischen Ressourcen zur Umsetzung des technisch Möglichen gegeben sind. Zu diesen Ressourcen gehört nicht nur das Vorhandensein einer genügenden Anzahl von Mitarbeitern, sondern auch deren Qualifikation hinsichtlich des Umgangs mit der Ausnahmesituation Hochwasser. Es gilt beim Ausfall von Komponenten bestimmte Maßnahmen zur Umleitung von Wasser und Strom umzusetzen – idealerweise sind die zur Vorbereitung dieser Maßnahmen benötigten Berechnungen bereits vor dem Eintritt des Hochwasserfalls durchgeführt, die Handlungsschritte in Übungen vorbereitet und in Plänen fixiert worden. Auch kann es sehr wichtig sein, die im Hochwasserfall von den Mitarbeitern umzusetzenden Maßnahmen an bestimmte Pegelstände zu knüpfen. Dies ist z. B. dann von besonderer Bedeutung, wenn Zufahrtstraßen zu einer Komponente ab einem bestimmten Wasserstand unpassierbar werden. Maßnahmen, die nicht rechtzeitig ergriffen wurden, können in diesem Fall ggf. nicht mehr umgesetzt werden und es entsteht eine im Sinne der Versorgungssicherheit ungünstige und potentiell gefährliche Situation. Neben der Schaffung der technischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung ist damit der Vorbereitungsgrad des

Personals eine zweite entscheidende Komponente des Krisenmanagements im Hochwasserfall.

*Frage: Ist das Personal in der Lage, die technischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall zu nutzen?*

**Arbeitsschritt:** Zur Durchführung dieses Assessment-Schrittes bietet sich entweder die Möglichkeit, die Versorger um die Auskunft zu bitten oder die detailliertere *Check-Liste 3 (in Anhang 7.2)* gemeinsam mit dem Unternehmen durchzugehen.

Unabhängig davon, auf welchem der vorgeschlagenen Wege Sie zu dem Ergebnis kommen, übertragen Sie bitte die neuen Informationen in die Karte mit den Komponenten und in die nach den Teilprozessen angeordnete Liste. Streichen Sie alle Komponenten, deren Leistung sowohl technisch, als auch personell ersetzt werden kann aus der Liste und färben Sie diese im GIS bzw. in der Karte gelb ein (= Verwundbarkeitsklasse III). Sollten in diesem Fall Komponenten eines oder mehrerer Teilprozesse vollständig ausgestrichen worden sein, so werden diese in Verwundbarkeitsklasse III eingeordnet. Sollte sich eine teilweise Ersetzbarkeit ergeben, so muss der Prozess in Verwundbarkeitsklasse IV eingeordnet werden. Falls die technische Ersetzbarkeit gar nicht vom Personal nutzbar sein sollte, so muss die Einordnung in Klasse V (sehr hohe Verwundbarkeit) erfolgen.

*Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden*

### **3.2.7 Berücksichtigung der Stromabhängigkeit der Trinkwasserversorgung**

Der Versorgung mit elektrischem Strom kommt hinsichtlich der Funktionsfähigkeit weiterer Infrastrukturen eine besondere Bedeutung zu. Viele Infrastrukturen stehen in einem engen Abhängigkeitsverhältnis zur Stromversorgung – dies kann unter Umständen und in graduellen Abstufungen auch auf die kommunale Wasserversorgung zutreffen. Während in einigen Fällen, in denen Wasser unter Druck von außerhalb an das Gebiet der Kommune abgegeben wird, eine völlige Autarkie von der Stromversorgung möglich ist, ist die Wasserversorgung anderenorts direkt von ihr abhängig, da Pumpen oder Wasserwerke auf die Versorgung angewiesen sind. Diese möglicherweise bestehende Abhängigkeit sollte unbedingt mit in die Betrachtung eingehen. Dies ist implizit über die Kriterien Funktionsanfälligkeit und Ersetzbarkeit erfolgt, kann jedoch wie im Folgenden auszuführen sein wird, auch noch einmal explizit geschehen.

Das nun beschriebene Vorgehen lässt sich nur dann realisieren, wenn entweder das Verwundbarkeitsassessment für die Stromversorgung bereits vollständig durchgeführt wurde oder aus anderen Quellen bekannt ist, welche Bereiche der Kommune unter Annahme des Hochwasserszenarios nicht mehr mit Strom versorgt werden können. Außerdem sollte die Erste Phase des Verwundbarkeitsassessments gegenüber dem festgelegten Hochwasserszenario bereits für alle Komponenten der Wasserversorgung durchgeführt worden sein.

Auf der Grundlage dieser Arbeiten ist es nun möglich, die Abhängigkeit der Wasserversorgung von der Stromversorgung noch einmal gesondert zu betrachten. Es gilt zu diesem Zweck die bereits beschriebenen Assessment-Schritte zu wiederholen, allerdings unter Annahme einer neuen Exposition, welche nicht mehr die Überflutungsbereiche, sondern die vom Stromausfall betroffenen Bereiche zur Grundlage macht. Sie sollten die bereits erstellte Liste aller Teilprozesse / Komponenten der Wasserversorgung noch einmal zur Hand nehmen und alle Komponenten, die sich in diesem Bereich befinden, einer erneuten Prüfung unterziehen.

Es ist nun zu klären, welche der Komponenten abhängig von der Stromversorgung sind. Dies kann potentiell alle Komponenten der Wasserversorgung betreffen, es ist jedoch zu erwarten, dass die Komponenten zumindest teilweise mit einer Notstromversorgung ausgerüstet sind, die einen Funktionsausfall verhindern würde. Für alle stromabhängigen und nicht notstromversorgten Komponenten ist der Funktionsausfall anzunehmen – das Verwundbarkeitsassessment geht mit dem nächsten Schritt weiter. Für alle notstromversorgten Komponenten sollte der Zusatzfragebogen zur Notstromversorgung im Hochwasserfall durchgeführt werden (*Check-Liste 1 + 2 in Anhang 7.1*). Dieser kann dabei helfen, die Dauer und die Zuverlässigkeit der Versorgung abzuschätzen und weist auf mögliche Probleme hin.

Anschließend muss geklärt werden, ob die als funktionsanfällig identifizierten Komponenten in technischer Hinsicht durch nicht betroffene Komponenten ersetzt werden können. Ist dies der Fall, so wird das Assessment fortgesetzt. Ist dies nicht der Fall, so müssen die Komponenten automatisch in Klasse V eingeordnet werden, da ein Ausfall zu erwarten ist.

Es ist nun entscheidend, neben den technischen auch die organisatorischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit zu betrachten. Je nachdem, ob eine vollständige, teilweise oder gar keine Ersetzbarkeit möglich ist, erfolgt nun die Einordnung der Teilprozesse und Komponenten in die Klassen III, IV oder V (*zu den organisatorischen Bedingungen der Ersetzbarkeit siehe Check-Liste 3 in Anhang 7.2*).

### **3.2.8 Zwischenergebnis:**

#### **Verwundbarkeit der Teilprozesse / Komponenten – Ableitung von Handlungsoptionen**

Das Ergebnis des Assessments bis zu diesem Punkt beruht auf dem Szenario, dem Inventar aller innerhalb der Kommune zu findenden Teilprozesse / Komponenten, deren genauem Standort, dem daraus ermittelten Expositionsgrad, der Funktionsanfälligkeit der Teilprozesse / Komponenten sowie deren technischer und personeller Ersetzbarkeit. Diese Informationen liegen zum einen bezogen auf die einzelnen Komponenten in Form einer Karte bzw. eines GIS vor, zum anderen in Form einer Auflistung, welche die Verwundbarkeitsklassen bezogen auf die Teilprozesse abbildet.

Im Folgenden soll es darum gehen, welche Handlungsoptionen aus den bereits erzielten Ergebnissen abgeleitet werden können. Welche Maßnahmen sich zur Absenkung der Verwundbarkeit heranziehen lassen, kann direkt aus den Verwundbarkeitsklassen der ersten Phase des Assessments (vgl. auch Kapitel 3.2.2) abgelesen werden. Die hier vorgeschlagenen Handlungsoptionen sind im Einzelfall gegeneinander abzuwägen – allgemeingültige Aussagen dazu, welche Maßnahme die sinnvollste ist, sind in Unkenntnis der konkreten Situation nicht möglich. Diese Entscheidung kann nur vor Ort getroffen werden.

**Klasse I** = keine Verwundbarkeit oder sehr geringes Verwundbarkeitsniveau

**Handlungsoptionen:** Die Verminderung der Exposition der effektivste Weg zur Herabsetzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser. Es besteht offenbar kein Handlungsbedarf.

**Klasse II** = geringes Verwundbarkeitsniveau

**Handlungsoptionen:** Es bieten sich die Möglichkeiten, das geringe Restrisiko zu akzeptieren (und ggf. für den eventuellen Funktionsausfall zu planen) oder die Verwundbarkeit über die Reduktion der Exposition weiter herabzusetzen.

**Klasse III** = mittleres Verwundbarkeitsniveau

**Handlungsoptionen:** Es bleiben die Möglichkeiten, das Restrisiko zu akzeptieren (und ggf. für den eventuellen Funktionsausfall zu planen) oder Maßnahmen zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und Exposition vorzunehmen.

**Klasse IV = hohes Verwundbarkeitsniveau**

**Handlungsoptionen:** Es bleibt einerseits die Möglichkeit, die vergleichsweise hohe Verwundbarkeit zu akzeptieren und für den Funktionsausfall bei einem Hochwasserereignis zu planen, oder andererseits Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit sowie zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und / oder Exposition zu ergreifen.

**Klasse V = sehr hohes Verwundbarkeitsniveau**

**Handlungsoptionen:** Es bestehen die Optionen, entweder die sehr hohe Verwundbarkeit zu akzeptieren und entsprechende Pläne zum Umgang mit dem Versorgungsausfall zu erstellen, oder Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit bzw. zur Verminderung von Exposition und Funktionsanfälligkeit zu ergreifen.

Alle der in der ersten Assessment-Phase ermittelten Verwundbarkeiten der Teilprozesse und Komponenten tragen in einem gewissen Umfang zur Gesamtverwundbarkeit der Infrastruktur auf kommunaler Ebene bei. Diese unterschiedlich hohen Beiträge sollen in Kapitel 3.3 genauer betrachtet werden. Die Ergebnisse, die an dieser Stelle ermittelt wurden, geben detailliert Aufschluss über die einzelnen Teilprozesse, ihre Verwundbarkeit sowie die exakten Gründe für diese Verwundbarkeit. Sie geben daher wichtige Hinweise auf Maßnahmen, die zur Verwundbarkeitsreduktion ergriffen werden können. Diese Aussagen sind als Basis für die zweite Phase des Assessments unerlässlich.

### **3.3 Zweite Assessment-Phase**

#### **Abschätzung der Verwundbarkeit der Infrastruktur**

Nachdem in der ersten Assessment-Phase detaillierte Einzelergebnisse für die einzelnen Teilprozesse erzielt wurden, soll es nun im Folgenden darum gehen, diese Teilergebnisse zusammenzuführen. Es gilt dabei einerseits, die Einzelergebnisse in ihrer detaillierten Aussagekraft zu nutzen, und gleichzeitig zu einer auf den Gesamtprozess bezogenen Aussage zu kommen. Die Einteilung in eine bestimmte Verwundbarkeitsklasse erlaubt unterschiedliche Schlüsse im Hinblick auf die Gesamtverwundbarkeit je nach dem für welchen Teilprozess sie erfolgt ist – daraus ergeben sich unterschiedliche Prioritäten im Interesse einer möglichst effektiven Verwundbarkeitsabsenkung. Einen ersten Anhaltspunkt kann das im Folgenden vorgestellte Ranking, das zur Interpretation der Teilergebnisse und zur Priorisierung von Maßnahmen herangezogen werden kann, liefern (vgl. *Abbildung 3.4*).

**- KRITIS\_Abb4 einfügen -**

*Abbildung 3.4: Das Schema veranschaulicht die Stellung der einzelnen Teilprozesse in einem an deren Relevanz zur Aufrechterhaltung der Versorgung orientierten Ranking. Je weiter oben ein Prozess angesiedelt ist, desto direkter und flächendeckender wären die Folgen eines Ausfalls zu spüren.*

#### **3.3.1 Ranking der Teilprozesse der Stromversorgung**

Die einzelnen Teilprozesse sind im Bereich der Stromversorgung hierarchisch angeordnet. *Abbildung 3.4* veranschaulicht diese internen Abhängigkeiten. Der Strom muss zunächst zur Verfügung gestellt werden. Dies geschieht bei größeren Kommunen durch eine Kombination von Kraftwerken und der Einspeisung aus dem Höchst- oder Hochspannungsnetz eines (über-)regionalen Anbieters. In anderen Fällen wird nur Strom aus dem Hochspannungsnetz oder, im Fall von kleineren Kommunen, direkt aus dem Mittelspannungsnetz eines Regionalversorgers bezogen. Wenn diese Komponenten ausfallen, so können auch alle folgenden Teilprozesse nicht mehr umgesetzt werden. Darunter ist die Steuerung des Netzes angesiedelt. Während in größeren Kommunen die Netzstationen mit großem Abstand folgen, können diese in kleinen Kommunen, die Strom direkt aus dem Mittelspannungsnetz übernehmen, eine deutlich höhere Stellung einnehmen. Dort setzen sie zwar den gleichen

Prozess um, doch befindet sich häufig keine Komponente mit einer höheren Relevanz vor Ort. Von geringerer Bedeutung sind die Kabelverteilerschränke, über welche der Strom zu den Hausanschlüssen geleitet wird. Die Hierarchieebenen haben erheblichen Einfluss auf die Priorisierung von Maßnahmen zur Verwundbarkeitsreduktion.

Im Fall der Stromversorgung muss den Komponenten, die dafür Sorge tragen, dass elektrischer Strom im Netz der Kommune bereitgestellt wird, die höchste Priorität gewährt werden. Sollten Probleme in diesem Teilprozess abzusehen sein, so ist es wichtig, nach den direkten Auswirkungen des Ausfalls zu fragen. Sollte etwa nur noch ein Teil der Gesamtleistung zur Verfügung stehen (Verwundbarkeitsklasse IV), so muss der Versorger mit dem Abschalten der Versorgung für einzelne Abnehmer oder ganze Gebiete reagieren. Die Kommune sollte darauf vorbereitet sein, welche Bereiche des Netzes abgetrennt werden; ggf. ergibt sich die Möglichkeit, Einfluss auf die Planung zu nehmen. Sollte dieser Teilprozess ganz ausfallen (Verwundbarkeitsklasse V), so muss unter den Bedingungen des angenommenen Szenarios ein vollständiger Stromausfall angenommen werden. Die absolut oberste Priorität dieses Teilprozesses muss bei der Planung von Maßnahmen zur Verwundbarkeitsabsenkung in jedem Fall Berücksichtigung finden, denn Anstrengungen, die hinsichtlich weiterer Teilprozesse unternommen werden, können im Hochwasserfall ihre Wirkung nicht entfalten, sollte dieser Teilprozess nicht mehr in Funktion sein. Welche Maßnahmen im konkreten Fall sinnvoll sind, hängt direkt vom Ergebnis des Teilprozesses in der ersten Assessment-Phase ab (vgl. Kapitel 3.2.6).

Im nächsten Schritt muss der Strom ggf. noch auf die mittlere Spannungsebene herunter gespannt werden. Diesem Schritt muss die zweithöchste Priorität zukommen. Auch hier stellt sich, sollte sich dieser Teilprozess als verwundbar herausstellen, die Frage, welche Folgen ein Ausfall hätte. Die Folgen können je nach dem, ob die Komponenten auf der Mittelspannungsebene vermascht oder in mehrere Teilnetze untergliedert sind, sehr unterschiedlich aussehen. Diese Frage kann nur im Dialog mit dem Versorger beantwortet werden. Es ist zu bedenken, dass in vielen Kommunen diese Ebene die oberste Priorität haben muss, da der Strom direkt aus dem Hochspannungsnetz übernommen wird. Es gilt auch in diesem Fall die Ergebnisse aus der ersten Phase des Assessments bei der Planung von Maßnahmen zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3.2.6).

An der nächsten Stelle des Rankings muss die Netzleitstelle angeführt werden. Ihr Ausfall hätte zwar nicht unbedingt sofort einsetzende Stromausfälle zur Folge, würde aber in jedem Fall zu Problemen führen, da das Netz von nun an ‚blind‘ laufen müsste. Dieser Zustand ist ausgesprochen heikel und kann ggf. mit zeitlicher Verzögerung dennoch Stromausfälle unbekanntem Ausmaßes und mit unabsehbaren Folgen nach sich ziehen. Mögliche Maßnahmen ergeben sich aus dem Ergebnis der ersten Phase des Assessments und werden in Kapitel 3.2.6 genannt. Aufgrund der hohen Planungsunsicherheit und der im Fall einer Beschädigung zu erwartenden enormen Kosten ist jedoch eine Verlegung der Netzleitstelle an einen Standort außerhalb des betroffenen Gebietes dringend geboten.

Im Anschluss wird die Umspannung von Mittelspannung auf Niederspannung in den Netzstationen zu betrachten sein. Bei diesem Schritt ist zu bedenken, dass die Netzstationen, die diesen Teilprozess umsetzen, eine relativ geringe räumliche Reichweite besitzen und daher ein deutlicher qualitativer Unterschied zwischen dem Ausfall eines Umspannwerks und dem Ausfall einer Netzstation besteht. Auch können der Umsetzung von Maßnahmen zur Verminderung der Exposition aufgrund der notwendigen Nähe zum Abnehmer Grenzen gesetzt sein. Unter Kapitel 3.2.6 finden sich Anmerkungen zur Umsetzung der Assessment-Ergebnisse der ersten Phase in konkrete Handlungen zur Herabsetzung der Verwundbarkeit.

Die Verteilung des Stroms über die Kabelverteilerschränke ist auf der darunter liegenden Ebene anzusiedeln. Auch hier ist wiederum eine deutliche Abstufung zu den Netzstationen zu sehen, da die Kabelverteiler in der Regel überbrückbar sind und ihr Ausfall nicht unbedingt Auswirkungen auf die Versorgung haben muss. An letzter Stelle sind die Hausanschlüsse zu betrachten.

Abschließend ist zu bedenken, dass sowohl die Netzstationen als auch die Kabelverteiler aufgrund ihres räumlich eingeschränkten Wirkungsbereichs von einem Hochwasser ebenso betroffen sein werden, wie die Abnehmer, die im Normalfall von ihnen versorgt werden. Da im Hochwasserfall in der Regel die Anschlüsse der Versorger unbrauchbar werden, ist zwar zumeist nicht von großflächigen Ausfällen durch die Überflutung dieser Komponenten auszugehen, kleinräumige Ausfälle für Abnehmer, die vielleicht selbst nicht von der Überflutung betroffen sind, können jedoch sehr wohl von diesen Komponenten verursacht werden.

Wie anhand dieser Ausführungen deutlich abzulesen ist, müssen Auswirkungen lokaler Gegebenheiten auf das Ranking der einzelnen Komponenten im Einzelfall bedacht werden und entziehen sich ein Stück weit der Erfassung mit einem standardisierten Vorgehen. Auch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass unabhängig davon, welche Komponente bzw. welcher Teilprozess auf dem Weg zum Abnehmer ausfällt, der Effekt für den Abnehmer, nämlich der Versorgungsausfall, immer der gleiche sein wird – das System kann nur dann zuverlässig zusammenarbeiten, wenn alle Teilprozesse auf dem Weg zum Abnehmer stabil sind. Das Ranking bietet dennoch erste Anhaltspunkte und kann als Diskussionsgrundlage dienen: Je weiter links in der zur Durchführung des Assessments angefertigten Liste bzw. je weiter oben im Ranking in Abbildung 3.4 ein Teilprozess anzusiedeln ist, desto flächendeckender und folgenreicher ist erwartungsgemäß sein Ausfall. Es ist entscheidend, dass hier ein gutes Assessment-Ergebnis erreicht, über Maßnahmen die Verwundbarkeit gesenkt oder ein Plan zum Umgang mit der Situation erstellt wird.

### **3.3.2 Ranking der Teilprozesse der Trinkwasserversorgung**

Ebenso wie im Bereich der Stromversorgung ist in der Wasserversorgung ein hierarchisch organisierter Systemaufbau zu erkennen, an dessen Struktur man sich im Sinne eines Rankings zur Interpretation der Teilergebnisse aus der ersten Assessment-Phase und zur Schwerpunktsetzung bei der Planung von Maßnahmen orientieren kann. Ein Vorschlag zum Ranking ist Abbildung 3.4 zu entnehmen. Wie im Folgenden ausgeführt, kann die tatsächliche Bewertung der Teilergebnisse je nach dem, welcher Infrastrukturaufbau in der Kommune vorliegt, variieren.

Analog zur Stromversorgung sollte der Bereitstellung von Trinkwasser in jedem Fall oberste Priorität gegeben werden. Das bedeutet, dass, je nach Systemaufbau vor Ort, die Kombination aus Wasserwerken und Brunnen bzw. Talsperren oder die Einspeisungspunkte bzw. Übergabestellen eines Vorversorgers an oberster Stelle des Rankings stehen müssen. Ein Ausfall der Trinkwasserbereitstellung hätte, je nach Verfügbarkeit und Füllstand der Zwischenspeicher früher oder später, eine Absenkung des Druckniveaus und anschließend einen flächenhaften Versorgungsausfall zur Folge.

An zweiter Stelle müssen im Fall der Wasserversorgung die Pumpen zur Druckregulation betrachtet werden. Diese Pumpen halten den Leitungsdruck stabil und befüllen ggf. die Zwischenspeicher. Ein Ausfall würde mit einer Absenkung des Wasserdrucks, beispielsweise in höher gelegenen Gebieten, und ggf. mit dem Aussetzen der Befüllung von Zwischenspeichern einhergehen. Sollten Pumpen mit dieser Aufgabe von einem

herannahenden Hochwasser betroffen sein, so sollte bei ausreichend langer Vorwarnzeit auf eine vollständige Befüllung der Zwischenspeicher Wert gelegt werden.

Da die Zwischenspeicherung in der Regel in Hochbehältern oder Wassertürmen erfolgt, kann eine Betrachtung dieser Komponenten im Zusammenhang mit einem Hochwasserereignis mit unterster Priorität erfolgen. Dies bedeutet keineswegs, dass diese Komponenten nicht wichtig für die Versorgung sind, ganz im Gegenteil ist davon auszugehen, dass auch im Fall der Wasserversorgung das Zusammenwirken aller Komponenten die Funktionsfähigkeit des Systems garantiert und gerade die Zwischenspeicher eine wichtige Pufferfunktion bei einem zeitweisen Ausfall von Komponenten bedeuten. Es ist allerdings aufgrund ihrer Lage (in der Regel Hochbehälter) und ihrer (druck-)wasserdichten Konstruktion von einer relativ geringen Verwundbarkeit der Zwischenspeicher gegenüber Hochwasserereignissen auszugehen.

Anders als im Fall der Stromversorgung wird die Bedeutung der Netzleitstelle zur Wasserversorgung als niedrig eingestuft. Wasserwerke, Pumpen und Speicher kommunizieren in der Regel automatisiert miteinander, d. h. Steuerungsmechanismen greifen, ohne dass die Netzleitstelle diese einleiten muss. Der Leitstelle kommt in erster Linie eine Überwachungsfunktion zu.

Analog zur Stromversorgung gilt, dass lokale Gegebenheiten einen Einfluss auf die exakte Bedeutung der Komponenten haben können, doch ein Ranking kann als Abschätzung der Verwundbarkeit wichtige Anhaltspunkte liefern: Je weiter links in der zur Durchführung des Assessments angefertigten Liste und je weiter oben im Ranking in Abbildung 3.4 ein Teilprozess steht, desto flächendeckender und folgenreicher ist sein Ausfall. Es ist entscheidend, dass hier ein gutes Assessment-Ergebnis erreicht, ggf. über Maßnahmen die Verwundbarkeit gesenkt oder ein Plan zum Umgang mit dem Ausfall erstellt wird.

### **3.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen**

Die in Kapitel 3.2.6 vorgestellte Methode zur Ableitung von Handlungsempfehlungen direkt aus den Ergebnissen der ersten Assessment-Phase ist letztlich für alle Teilprozesse / Komponenten anwendbar. Es gilt jedoch im konkreten Fall zu entscheiden, welche Maßnahme in Frage kommt. Während ein Kraftwerk aufgrund des Aufwands und der Angewiesenheit auf Kühlwasser nur schwerlich vom Flusslauf entfernt zu verlegen sein wird, könnte diese Maßnahme für ein Umspannwerk durchaus eine sinnvolle Überlegung sein. Es ist also im Einzelfall unter Einbeziehung des finanziellen, technischen und organisatorischen Aufwands, dem notwendigen Schutzniveau und sonstigen lokalen Gegebenheiten zu entscheiden, ob eine Akzeptanz der Verwundbarkeit (Planung für den Ausfall), eine Verminderung der Verwundbarkeit (Erhöhung der Ersetzbarkeit oder Herabsetzung der Funktionsanfälligkeit) oder der völlige Vermeidung der Exposition hinsichtlich der jeweiligen Teilprozesse in Betracht gezogen werden. Die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Verwundbarkeit können in jedem Fall anhand der hier vorgestellten Methode schon im Vorfeld überprüft und in den Abwägungsprozess miteinbezogen werden. Über die Auswirkungen auf die jeweilige Verwundbarkeit hinaus sollten weitere Aspekte in die Planung mit einbezogen werden. Diese sollen in den folgenden Unterkapiteln erläutert und anhand der Beispiele in Anhang 7.3 B und C veranschaulicht werden.

#### **3.4.1 Möglichkeiten zur Verfeinerung der Assessment-Aussage**

Je nach dem, wie hoch der von Betreiberseite zur Verfügung gestellte Datenumfang ist, kann das Assessment im Rahmen einer teilweisen Quantifizierung weiter verfeinert werden. Mit der in der ersten Assessment-Phase vorgestellten Methode richtet sich die Klasseneinteilung eines Teilprozesses immer nach der verwundbarsten Komponente. Dies ist sinnvoll, da die

einzelnen Komponenten zusammenwirken und im System die Funktionsfähigkeit eines Teilprozesses sicherstellen – der Ausfall einer Komponente kann sich negativ auf die anderen auswirken und die Gefahr, Probleme zu unterschätzen, wäre zu groß. Das Vorgehen ist dennoch vereinfachend, da eine Betroffenheit von 50 % der Gesamtleistung ebenso zur Einteilung in Klasse IV führen würde, wie eine Betroffenheit von 10 % der Gesamtleistung. Um als Planungsgrundlage dienen zu können, kann es daher sinnvoll sein, sich diese Zusammenhänge genauer anzusehen.

*Ein Beispiel zur Verfeinerung der Assessment-Aussage kann Anhang 7.3 B entnommen werden.*

### **3.4.2 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage**

Nachdem die Assessment-Ergebnisse vorliegen, muss innerhalb der Kommunen und in enger Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreibern darüber entschieden werden, wie mit diesen Ergebnissen umgegangen werden kann. Sie sind demnach als wichtige Bausteine zur vorsorgenden Planung sowie zur Erarbeitung oder Anpassung des Risiko- und Krisenmanagements zu verstehen. Im Folgenden sollen Hinweise darauf gegeben werden, welche Aspekte zusätzlich als Planungsgrundlage herangezogen werden sollten.

#### ***Betroffene Gebiete***

Sollte sich im Rahmen des Assessments herausstellen, dass in einem oder mehreren Teilprozessen mit völligen oder partiellen Ausfällen der Infrastrukturversorgung zu rechnen ist, so ist es in jedem Fall ratsam, sich über die betroffenen Bereiche zu informieren. Diese sind hinsichtlich der Stromversorgung in den auch vom Hochwasser betroffenen Gebieten zu erwarten, ggf. sogar darüber hinaus. Im Bereich der Wasserversorgung könnte es in höher gelegenen Gebieten, die nicht vom Hochwasser betroffen sind, zu Problemen kommen. Diese Fragen können nur in Absprache mit den Versorgungsunternehmen geklärt werden. Möglicherweise lassen sich diese Bereiche in dem für das Assessment angelegten GIS bzw. in der im Rahmen des Assessments erstellten Karte als eine zusätzliche Expositionsfläche darstellen und analysieren.

#### ***Betroffene Objekte***

Über die rein flächenmäßige Abschätzung der Versorgungssituation hinaus sollte geklärt werden, welche Objekte sich in diesen Gebieten befinden. Bestimmte Objekte sind in hohem Maß von der Wasser- und / oder Stromversorgung abhängig und erfüllen gleichzeitig auch oder gerade im Hochwasserfall eine zentrale Funktion. Als solche sind beispielsweise Krankenhäuser oder Einrichtungen zur Wasserentsorgung zu zählen. Das Management dieser Einrichtungen sollte umgehend vom drohenden Ausfall der Infrastrukturversorgung in Kenntnis gesetzt werden. Auch die Evakuierbarkeit der unversorgten Objekte spielt eine wichtige Rolle – im Fall von Krankenhäusern oder Altersheimen ist es beispielsweise besonders schwierig oder unter Umständen gar nicht möglich, vollständig zu evakuieren. In diesem Fall muss über alternative Versorgungsmöglichkeiten nachgedacht bzw. eine Priorisierung von Maßnahmen in Bezug auf diese Objekte vorgenommen werden. In diese Überlegungen muss mit einbezogen werden, dass Stromversorgungsunternehmen auf einen Engpass in der Bereitstellung von Strom mit der gezielten Abschaltung von Teilen des Netzes reagieren müssen. Sollte die Möglichkeit bestehen, auf diesen Prozess Einfluss zu nehmen, z. B. indem bestimmte Objekte definiert werden, die unbedingt versorgt bleiben müssen, so sollte diese wahrgenommen werden. Es sollte in diesem Zusammenhang auf jeden Fall die Wasserversorgung berücksichtigt und in die Planung miteinbezogen werden.

*Beispiele zum Umgang mit den Assessment-Ergebnissen finden Sie in Anhang 7.3 C.*

### **3.4.3 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen**

Im vorliegenden Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Wasserversorgung wurde eine praktische Entscheidung zur Abgrenzung des untersuchten Raums notwendig. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Kommunengrenze keineswegs der Grenze eines Versorgungsgebietes entsprechen muss. Häufig überschreiten Infrastrukturen administrative Grenzen, sodass Versorgungsprobleme im Hochwasserfall ihre Ursache außerhalb der Kommune haben können. Dies wäre etwa dann der Fall, wenn kein Wasser oder kein Strom mehr bis an die Grenzen der Kommune gelangen würde. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, dass die Verwundbarkeit der Versorgung in Ihrer Kommune potentiell negative Auswirkungen auf die Nachbarkommune haben kann. Sollte die Versorgung Ihrer Nachbarn vom Funktionieren einer Komponente auf dem Gebiet Ihrer Kommune abhängig sein und sollten Sie zum Ergebnis einer hohen Verwundbarkeit in diesem Bereich kommen, so liegt es in Ihrer Verantwortung, die Nachbarkommune von diesem Ergebnis in Kenntnis zu setzen.

Es ist also ratsam, Probleme der Versorgungssicherheit mit den Versorgern und ggf. auch mit den Nachbarkommunen zu diskutieren. Auf diesem Weg könnten nicht nur versorgungsrelevante Schwachpunkte außerhalb der Kommune erkannt werden, sondern es kann auch gemeinsam an Lösungsansätzen gearbeitet werden. Als solche könnten beispielsweise die Einrichtung neuer Anschlussstellen an die Hoch- oder Mittelspannungsnetze, die Verlagerung von Komponenten oder die Schaffung von Verbindungen zur Nachbarkommune gelten. Es sollte im Einzelfall, nach der sorgfältigen Prüfung des Bedarfs und unter Einbeziehung aller Akteure über die sinnvollsten Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit entschieden werden – ggf. könnte dieses Vorgehen kostengünstiger und effizienter zu realisieren sein, als ein Alleingang einer Kommune.

## 4 Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen

### **Zielsetzung**

Die Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren ist ein zentraler Baustein für die systematische Entwicklung von Handlungsstrategien und Schutzkonzepten im Bevölkerungsschutz sowie in der Stadt- und Regionalplanung. Dabei ist zu beachten, dass die Abschätzung und Ermittlung der Verwundbarkeit mehrere Kriterien umfassen sollte. Als solche zu nennen sind die Exposition der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren, die Anfälligkeit der exponierten Bevölkerungsgruppen, und die Bewältigungskapazitäten, die diese Gruppen dazu befähigen, mehr oder weniger erfolgreich mit den Auswirkungen der Hochwasserereignisse umzugehen.

Ziel dieses Kapitels ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Daten der kommunalen Statistik sowie die Ergebnisse kommunaler Bürgerumfragen (z. B. kommunaler Mikrozensus) genutzt werden können, um Aussagen über die Verwundbarkeit der Bevölkerung mit einer möglichst hohen räumlichen Auflösung zu treffen. Ein wesentliches Ziel ist es dabei, Indikatoren zur Erfassung der Verwundbarkeit abzuleiten. Der Leitfaden zeigt Schritt für Schritt die entsprechenden Erhebungs- und Berechnungsmöglichkeiten zentraler Indikatoren auf. Dabei wird zwischen einem Kernset an Indikatoren und einem kommunalspezifischen Set an Indikatoren differenziert. Das Kernset kann in der Regel mittels der Daten aus der herkömmlichen kommunalen Statistik bzw. aus kommunalen Mikrozensusserhebungen berechnet werden, wohingegen die kommunalspezifischen Indikatoren meist eigene Erhebungen der Städte und Gemeinden erfordern. Der Leitfaden zeigt anhand von Beispielen auf, wie die meisten der vorgeschlagenen Indikatoren in Form von Karten visualisiert werden können, um räumliche Schwerpunkte (Hotspots) der Verwundbarkeit in einer Stadt sichtbar zu machen. Die Ergebnisse können als ein Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren interpretiert werden und sind von hoher Relevanz sowohl für die vorsorgende Planung als auch für die Einsatzplanung.

### **Voraussetzungen**

Zur Berechnung der Indikatoren muss zum einen der Zugang zu den verwendeten Daten gewährleistet sein und zum anderen die benötigten Computerprogramme zur Verfügung stehen. Die Berechnungen wurden hier beispielhaft mittels der Software SPSS 17.0 durchgeführt. Für die Anwendung des Assessments kann jedoch selbstverständlich auch ein anderes Programm mit geeignetem Funktionsumfang verwendet werden. Die Visualisierung in Karten wurde mit dem Programm ArcGIS 9.1 vorgenommen. Auch hier gilt, dass auf alternative Software, welche über die entsprechenden Funktionen verfügt, zurückgegriffen werden kann.

### **4.1 Verwundbarkeit der Bevölkerung**

Der Entwicklung von Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit und Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren liegt ein systemisches und prozesshaftes Verständnis von Verwundbarkeit zugrunde. Neben der Frage, ob überhaupt Bewohner einer Stadt Hochwassergefahren ausgesetzt sind (**Exposition**), wird auch danach gefragt, welche Gruppen im Falle des Hochwasserereignisses besonders große Schwierigkeiten hätten (**Anfälligkeit**). Die Fokussierung auf Fragen der Evakuierungsfähigkeit und der Evakuierungsgeschwindigkeit im Ereignisfall dient als wichtige Orientierung, um unterschiedliche Anfälligkeitsniveaus innerhalb der Gruppe der exponierten Personen bzw. Haushalte zu ermitteln. Im Sinne eines umfassenden

Verwundbarkeitsverständnisses reicht es allerdings nicht, *Exposition* und *Anfälligkeit* zu betrachten, vielmehr haben zahlreiche Bewohner entlang großer Flüsse auch Erfahrungen und Ressourcen (**Bewältigungskapazitäten**), die sie im Ereignisfall nutzen, um das Hochwasserereignis möglichst schadlos zu überstehen. Folglich wird nach der Abschätzung der Exposition und der Anfälligkeit auch die *Bewältigungskapazität* in das Assessment einbezogen.

#### 4.1.1 Datengrundlage

In Bezug auf die genutzten Datengrundlagen sind insbesondere zwei Möglichkeiten zu unterscheiden. Erstens die Nutzung von in der Regel vorhandenen Daten der kommunalen Statistik oder anderen kommunalen Quellen zur Erstellung des Kernsets von Indikatoren, und zweitens die Erhebung von Daten durch eigene Befragungen, z. B. kommunale Umfragen, die für die Erhebung weiterer Parameter zur Ermittlung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser im Sinne einer kommunalspezifischen Analyse genutzt werden können (→ erweiteres „kommunalspezifisches“ Indikatorenset). Die von UNU-EHS durchgeführte Haushaltsbefragung (im Folgenden als UNU-EHS Haushaltsbefragung bezeichnet), deren Ergebnisse im Rahmen des vorliegenden Leitfadens vielfach zur Gewichtung bei der Schätzung bestimmter Indikatoren verwendet wird, ist als solche zu nennen.

Sollten Sie die Durchführung einer repräsentativen Befragung in Erwägung ziehen, so sollten Sie darauf achten, dass die folgenden Fragen darin enthalten sind:

##### - *Tatsächliche Exposition des befragten Haushaltes*

Sollten Sie mehrere Szenarien gleichzeitig betrachten (z. B. HQ-100 und EHQ), so sollte schon bei der Stichprobenziehung darauf geachtet werden, dass Überschneidungen vermieden werden (HQ-100 exponierte Haushalte sind immer gleichzeitig auch EHQ exponiert – diese Fehlerquelle sollte von vorne herein erkannt und eine eindeutige Zuordnung der Haushalte sichergestellt werden.)

##### - *Alter jedes Haushaltsmitgliedes*

Das Alter ist für einige der Indikatoren bzgl. der Klassifizierung der Haushalte eine wichtige Berechnungsgrundlage (Evakuierungsfähigkeit und Evakuierungszeit).

##### - *Höhe des Haushaltseinkommens*

Die Höhe des Haushaltseinkommens sollte in Klassen erhoben werden. Die Klassifizierung ist nicht nur für die Berechnungen sinnvoll, auch kann sie dabei helfen ggf. bestehende Bedenken zu überwinden, die Höhe des Einkommens preiszugeben.

##### - *Wohneigentum oder Wohnen zur Miete*

Die Beantwortung dieser Frage lässt ggf. Rückschlüsse auf den Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden zu.

##### - *Wohndauer am Wohnstandort*

Die Angabe lässt Rückschlüsse auf die potenzielle Hochwassererfahrung der Befragten an ihrem Wohnstandort zu.

##### - *Frage zur Evakuierungsfähigkeit*

Beispiel: „Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?“

##### - *Frage zu eingeschränkter Lauffähigkeit*

Beispiel: „Leben Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, Ältere)?“ Sollten bereits Daten zur Anzahl gehbehinderten Personen auf kommunaler Ebene vorliegen, so ist es sinnvoll, die Frage an die verfügbaren Daten anzupassen (d. h. die Fragestellung analog zum bestehenden Datensatz zu wählen).

**- Frage zur Evakuierungszeit**

Beispiel: „Wenn Sie Ihre Wohnung so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z. B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?“

**- Frage zum Versicherungsschutz gegenüber Hochwasser (Elementarschaden-Versicherung)**

Beispiel: „Welche der nachfolgend genannten Versicherungen haben Sie?“. In der anschließenden Aufzählung sollte neben der Elementarschaden-Versicherung eine gewisse Anzahl gängiger Versicherungen (Hausratversicherung, Wohngebäudeversicherung, etc.) genannt werden.

**- Frage zur Hochwassersensibilität**

Beispiel: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“ Verwenden Sie zur Erfassung z. B. eine Skala von 1 bis 8, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht.

**- Frage zu Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte**

Beispiel: „Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt? Wenn ja, welche?“ Formulieren Sie die Frage offen und ermöglichen Sie die Nennung mehrerer Maßnahmen.

**- Frage zur Informationslage beim Einzug**

Beispiel: „Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“ Es sollten die Antwortkategorien ‚Ja, unaufgefordert erhalten‘, ‚Ja, aktiv eingeholt‘ und ‚Nein, weder erhalten noch eingeholt‘ vorgegeben werden.

#### **4.1.2 Methodisches Vorgehen**

Nach der Entscheidung darüber, welche Datengrundlage genutzt und welches Indikatorenset erarbeitet werden soll, lassen sich bestimmte statistische Berechnungsmethoden anwenden, die bei der Schätzung von Indikatoren zur Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren auf lokaler Ebene angewendet und im Zusammenhang mit jedem einzelnen Indikator näher beschrieben werden sollen.

#### **4.1.3 Verwundbarkeitsindikatoren: Kernindikatoren und kommunalspezifische Indikatoren**

Wie bereits dargestellt, können mit Hilfe dieses Leitfadens zwei unterschiedliche Indikatorensets erstellt werden. Während das Kernset mit Hilfe von Daten berechnet werden kann, die in den meisten Kommunen bereits in Form der kommunalen Statistik vorliegen, kann bei der Durchführung einer gezielten Befragung zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung zusätzlich ein kommunalspezifisches Indikatorenset entwickelt werden. Dieses Vorgehen ist als Zusatz konzipiert, d. h. die kommunalspezifischen Indikatoren ersetzen mit einer Ausnahme (Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* vs. kommunalspezifischer Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz*) die Kernindikatoren nicht, sondern ergänzen diese. Ein Überblick über die verschiedenen Indikatoren und Indikatorensets ist in Abbildung 4.1 gegeben.

**- Abbildung Bev\_Abb1\_vorgehen einfügen -**

Abbildung 4.1: Überblick über die Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen

Zur Schätzung der Kernindikatoren ohne Durchführung einer Befragung der anwendenden Kommune können die mittels der UNU-EHS Haushaltsbefragung ermittelten Gewichtungsfaktoren und Regressionsparameter unter der Annahme ihrer Verallgemeinerbarkeit übernommen werden. Es wurden zu ihrer Berechnung die Stichproben aus Köln und Dresden für das Expositionsgebiet HQ-100 zusammengeführt. Mit diesem Schritt wurde nicht nur der Stichprobenumfang vergrößert, auch können so die lokalen Besonderheiten vernachlässigt werden.

Sollten Sie planen, eine eigene Befragung durchzuführen, so können Sie diese Faktoren und Gewichtungsfaktoren selbst erheben bzw. berechnen. Auf diese Weise wird auch die Berechnung der Kernindikatoren von Ihren eigenen Befragungsergebnissen beeinflusst. Hinweise zur Errechnung der Kernindikatoren bei gleichzeitiger Durchführung von Befragungen zur Errechnung des kommunalspezifischen Indikatorensets werden unter der Überschrift **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse** im Zusammenhang mit den Ausführungen zu den Einzelindikatoren in Kapitel 4.2 gegeben.

#### 4.1.4 Überblick über die Kernindikatoren

Im Folgenden soll es darum gehen, die Indikatoren des Kernsets vorzustellen und ihre Bedeutung für das Verwundbarkeitsassessment sowie ihre Datenbasis und Validität zu beschreiben.

##### Exposition

Exposition bezeichnet spezifiziert für den Bereich soziale Verwundbarkeit den Umstand, dass Bevölkerung einem möglichen Hochwasser an ihrem Wohnort ausgesetzt ist. Die Expositionsabschätzung im Rahmen einer Verwundbarkeitsanalyse erfolgt nach der Festlegung eines Hochwasserszenarios zunächst hinsichtlich der betroffenen Räume, aus denen sich dann die potenziell betroffenen Haushalte und Personen – absolute und relative Zahlen – einer Gemeinde bzw. Stadt ableiten lassen.

Die Exposition gegenüber Hochwassergefahren ist eine grundlegende Information für die Abschätzung der möglichen Verwundbarkeit. Wenn keine Exposition gegenüber Hochwassergefahren vorliegt, ist auch die Entwicklung von Strategien zum Umgang mit Hochwassergefahren zu vernachlässigen. Für die Erstellung von Notfallplänen und Evakuierungsstrategien sowie für die vorsorgende Stadtplanung ist es deshalb wichtig, Informationen über exponierte Gebiete und die darin lebende Bevölkerung bereitzustellen, so dass Einsatzkräfte und Mittel für den Bevölkerungsschutz sinnvoll koordiniert und konzentriert werden können<sup>5</sup>.

<b>Indikator: Exposition</b>
<b>Aussage:</b> Gibt die absolute Zahl und den relativen Anteil aller innerhalb einer räumlichen Bezugseinheit (z. B. Stadtteil oder Stadtviertel) exponierten Personen oder Haushalte unter Annahme eines Hochwasserszenarios (z. B. HQ-100 oder bestimmter Pegelstand) an. Es wird empfohlen, mehrere Hochwasserszenarios zu betrachten.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen

<sup>5</sup> vgl. u. a. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKV 29, S. 56.

b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).

c) Daten zum Wohnstandort von Personen oder Haushalten aus der kommunalen Statistik (Einwohnermelderegister)

**Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:** Die Exposition, angegeben als Anzahl und Anteil exponierter Haushalte und Personen innerhalb einer Raumeinheit, ist ein wichtiger Teilaspekt der Verwundbarkeit. Die Ausweisung der Exposition gegenüber Hochwasserereignissen ist grundlegend für jegliche Schutzmaßnahmen, da sie Auskunft darüber gibt, in welchen Gebieten Maßnahmen erforderlich sind. Durch die Verwendung von Szenarien werden häufiger bzw. seltener betroffene Gebiete erkennbar. Während die Anzahl der exponierten Personen wichtige Informationen für den Bevölkerungsschutz (Evakuierungsplanung, Abschätzung des Bedarfs an Helfern und ggf. Hilfsgütern) und die räumliche Planung (Priorisierung von Maßnahmen) bereithält, kann auch der relative Anteil der betroffenen Personen oder Haushalte an der Gesamtbevölkerung pro Raumeinheit ein wichtiger Anhaltspunkt für die Verwundbarkeitsermittlung sein: Nur wer im Hochwasserfall nicht selbst betroffen ist, kann Anderen Hilfe anbieten. Wenn also innerhalb einer Raumeinheit nur wenige Menschen nicht selbst betroffen sind, kann dort von einem erhöhten Bedarf an externer Hilfe ausgegangen werden.

**Validität:** Es ergeben sich Unsicherheiten aus der Berechnung der Szenarien auf der Basis von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten. In Folge des Klimawandels wird sich z. B. die Fläche der HQ-100 Gebiete verändern. Die HQ-100 Berechnungen sind nicht als absolute Grenzlinien anzusehen – ein Hochwasser birgt immer ein gewisses Maß an Unsicherheit, was seinen Verlauf angeht.

Die Bestimmung der Exposition wird hier auf die Wohnbevölkerung bezogen, da keine verlässlichen und aktuellen Daten zu den Arbeitsplätzen je Raumeinheit vorliegen. Dennoch wäre es sinnvoll, neben der *Nachtbevölkerung* (Wohnbevölkerung) auch die *Tagbevölkerung* (Menschen mit exponiertem Arbeitsplatz) zu erheben und in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen.

### **Anfälligkeit**

Vergangene Hochwasserereignisse zeigen, dass innerhalb der tatsächlich betroffenen Haushalte erhebliche Unterschiede bezogen auf die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität bestehen. Während die flächenhafte Exposition gegenüber Hochwassergefahren und die Anzahl der potenziell betroffenen Personen eine erste Orientierung bietet, müssen Verwundbarkeitsanalysen im nächsten Schritt die Anfälligkeit der potenziell Betroffenen beleuchten. Neben der Exposition sind daher weitere Informationen und Indikatoren notwendig, um eine Orientierungshilfe für Vorsorgestrategien und Notfallplanungen zu bieten.

Zur Abschätzung der Anfälligkeit werden im Rahmen dieses Leitfadens in erster Linie Fragen der Evakuierungsfähigkeit sowie der Evakuierungsgeschwindigkeit der betroffenen Bevölkerung betrachtet. Diese Fokussierung trägt insbesondere dem Endnutzer Bevölkerungsschutz Rechnung. Gerade vor dem Hintergrund einer in Deutschland zunehmend älter werdenden Gesellschaft ist es besonders wichtig, zu prüfen, wie sich die Anfälligkeit bezogen auf den Selbstschutz und die Fähigkeit zur eigenständigen Evakuierung vor Ort darstellt.

Unterschiedliche soziale Gruppen werden bei der Betrachtung der Anfälligkeit anhand charakteristischer Merkmale zusammengefasst. Diese Merkmale sind so ausgewählt, dass sie eine Abschätzung darüber erlauben, wie viele Personen bei Eintritt eines

Hochwasserereignisses besonderer Hilfe bedürfen, sich also nicht selbstständig in Sicherheit bringen könnten (*Evakuierungsfähigkeit*) oder im Falle eines selbstständigen Verlassens der Wohnung trotzdem Unterstützung benötigen würden (*Evakuierungszeit*). Obwohl für die großen Flüsse Vorwarnzeiten von mehreren Tagen für Hochwassergefahren bestehen, ist die Frage der Evakuierungsgeschwindigkeit potenziell betroffener Gruppen relevant, da auch das Risiko des Versagens oder der Überspülung von Hochwasserschutzanlagen<sup>6</sup> als unerwartete und sehr schnell auftretenden Ereignisse berücksichtigt werden sollten.

<b>Indikator: <i>Evakuierungsfähigkeit</i></b>
<b>Aussage:</b> Gibt den Anteil der Haushalte an, die im Hochwasserfall nicht in der Lage wären, sich und andere Haushaltsangehörigen eigenständig in Sicherheit zu bringen.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. in Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile). c) Haushaltstypen: Erstellt mit Hilfe des Programms HHGen (siehe Kapitel 4.2.3) auf der Basis von Einwohnermeldedaten (Variante 2 zusätzlich: d) Gehbehinderung: Kommunale Statistik oder kommunaler Mikrozensus)
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Je mehr Haushalte innerhalb einer Raumeinheit auf fremde Hilfe angewiesen sind, desto anfälliger ist die Bevölkerung dort einzuschätzen. Es besteht eine Verantwortlichkeit der Behörden, die Evakuierung im Ereignisfall auch für hilfsbedürftige Personen zu organisieren <sup>7</sup> , so dass die räumliche Darstellung des Indikators Auskunft darüber geben kann, wo im Fall einer Evakuierung mit erhöhtem Bedarf an Helfern zu rechnen sein wird. In der UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigte sich darüber hinaus, dass ältere Personen, die im Rahmen der Ermittlung der Evakuierungsfähigkeit als besonders vulnerable Gruppe identifiziert wurden, auch hinsichtlich der Zufluchtsorte bei einer Evakuierung weniger auf soziale Netzwerke zurückgreifen können. Dies bedeutet, dass viele der nicht eigenständig Evakuierungsfähigen auch auf die Unterbringung in Notunterkünfte angewiesen sein werden, die sich auf den Umgang mit den Bedürfnissen einer überdurchschnittlich alten Klientel vorbereiten sollte.
<b>Validität:</b> Die Altersstruktur eines Haushalts hat bedeutenden Einfluss auf die <i>Evakuierungsfähigkeit</i> . Für den Zusammenhang der Haushaltstypen mit der <i>Evakuierungsfähigkeit</i> ergab sich in der UNU-EHS Haushaltsbefragung ein Cramers-V von 0,35 bei einem p-Wert von unter 0,001. Bei der logistischen Regression, die auch Informationen zur Gehbehinderung einschließt, fällt der Likelihood-Quotienten-Test signifikant aus. Das Pseudo-R <sup>2</sup> liegt bei 0,31, der Wald-Test ist für jede unabhängige Variable signifikant und es werden 90,3 % der Fälle in der Befragung richtig vorhergesagt (vgl. Anhang 7.4 B). Diese Werte sprechen für die Anwendbarkeit des logistischen Regressionsmodells zur Schätzung des Indikators. Zur Ableitung der Haushaltstypen aus dem

<sup>6</sup> vgl. Hochwasserschutzzentrale Köln (2009): Risikomanagement. Abrufbar unter: <http://www.steb-koeln.de/risikomanagement.html> (Abgerufen am 29.06.09).

<sup>7</sup> De Bruin, Karin; Klijn, Frans; Ölfert, Alfred; Penning-Powells, Edmund; Simm, Jonathan & Michael Wallis (2009): Flood risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated Project), S. 117.

Einwohnermelderegister siehe Kapitel 4.2.3.

**Indikator: Evakuierungszeit**

**Aussage:** Gibt an nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte eines Stadtviertels sich selbst sowie wichtige Dokumente in Sicherheit gebracht hat. Ist demnach ein Maß für die Geschwindigkeit, in der sich die Bewohner in Sicherheit bringen können (relatives Maß – Vergleich unterschiedlicher Raumeinheiten).

**Datenbasis / Quelle:**

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Haushaltstypen: Erstellt mit Hilfe des Programms HHGen auf der Basis von Einwohnermeldedaten

**Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:** Bei einer sehr kurzen Vorwarnzeit ist für die Planung von Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen eine Einschätzung darüber erforderlich, wie viele Haushalte und Personen sich in welcher Zeit in Sicherheit bringen können. Insbesondere wenn Schutzvorrichtungen (z. B. Deich, mobile Schutzwände) versagen oder überspült werden oder Stadtgebiete durch aus der Kanalisation eindringendes Wasser überflutet werden, ist die Frage, welche Stadtteile besondere Schwierigkeiten bei der schnellen Evakuierung aufweisen, zentral. Die *Evakuierungszeit* kann dabei als ein Maß angesehen werden, um unterschiedliche Stadtteile zu vergleichen und relative Anfälligkeiten zu veranschaulichen.

**Validität:** Der Indikator unterliegt der Einschränkung, dass eine eigene Einschätzung der benötigten Zeit, um sich selbst in Sicherheit zu bringen, mit gewissen Unsicherheiten verbunden ist. Durch die Verwendung des Medians als stabilen Mittelwert konnte der Einfluss von Ausreißern minimiert werden und zudem die Schätzwerte der Evakuierung in eine Zeitspanne einsortiert werden, die realistisch erscheint. Die Varianzanalyse bestätigt die Bedeutung der unterschiedlichen Haushaltstypen für die Feststellung der Evakuierungsgeschwindigkeiten, so dass der Indikator *Evakuierungszeit* als valide gelten kann.

**Bewältigungskapazität**

Exponierte und anfällige Bevölkerungsgruppen besitzen vielfach Ressourcen und Fähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, Extremereignisse zu bewältigen. Beispielsweise haben ältere Personen zwar möglicherweise größere Schwierigkeiten bei einer Evakuierung, gleichzeitig können jedoch gerade ältere Menschen auch über wichtiges Erfahrungswissen verfügen, welches ihnen erlaubt, sich im Fall eines Hochwassers richtig zu verhalten. Diese positiven Aspekte – wie z. B. das beschriebene Erfahrungswissen – sollten bei einem Verwundbarkeitsassessment als Bewältigungskapazitäten Berücksichtigung finden. Für die Abschätzung der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen wurden insbesondere zwei Indikatoren ausgewählt, der *potenzielle Versicherungsschutz* gegenüber Hochwasserschäden und die *Hochwassererfahrung*. Beide Indikatoren korrelierten in den der zu Grunde liegenden UNU-EHS Haushaltsbefragungen nachweislich mit dem Grad der Bewältigungskapazität.

<b>Indikator: Versicherungsschutz</b>
<b>Aussage:</b> Gibt den Anteil der Haushalte an, die über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen; geschätzt auf Basis der Einkommensverteilung (oder im Notfall über die Eigentumsverhältnisse der Wohnungen und Häuser).
<b>Datenbasis / Quelle</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile). c) Haushaltseinkommen: z. B. Mikrozensus (Variante 2 alternativ: d) Eigentümer-Mieter-Verhältnis: z. B. Kommunale Statistik)
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Für die finanzielle Bewältigung eines Hochwasserereignisses ist es von wesentlicher Bedeutung, ob Hochwasserschäden von einer Versicherung übernommen werden. In einer einfachen Wohngebäude- oder Hausratversicherung sind Hochwasserschäden nicht abgedeckt, notwendig ist eine zusätzliche Elementarschaden-Versicherung <sup>8</sup> . Durch Anreize, die aus gewissen Versicherungsbedingungen entstehen, können die Versicherungsnehmer zur Eigenvorsorge animiert werden, um das Schadenspotenzial insgesamt zu verringern <sup>9</sup> . Die Visualisierung von Gebieten, in denen die Bevölkerung über einen hohen bzw. niedrigen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserereignissen verfügt, kann auch zur Sensibilisierung der exponierten Bevölkerung im Sinne einer Erhöhung der finanziellen Bewältigungskapazität beitragen.
<b>Validität:</b> Beide Methoden beinhalten insofern Unsicherheiten, dass unterschiedliche Versicherungsbedingungen und -preise je nach Expositionslage, auch innerhalb der HQ-100 Gebiete, betrachtet werden. Es muss beachtet werden, dass der Versicherungsschutz der jeweiligen Bewohner geschätzt wird. Ob der Eigentümer einer Mietswohnung gegen Elementarschäden innerhalb der Wohngebäudeversicherung versichert ist, bleibt unbeachtet. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression mit den Einkommensdaten beträgt im Fall der UNU-EHS Haushaltsbefragung 0,68. Für den Zusammenhang zwischen Eigentumsverhältnis (Mieter / Eigentümer) und dem Versicherungsschutz ergab sich in der UNU-EHS Haushaltsbefragung ein signifikanter Cramers-V-Wert von 0,44. Diese Werte sprechen für die Anwendbarkeit der Verfahren zur Schätzung des Indikators.

#### Zusatzinformationen zur Elementarschaden-Versicherung

Während Eigentümer, die im eigenen Haus wohnen, sowohl ihr Gebäude als auch ihren Hausrat gegen Elementarschäden versichern können, ist für Mieter nur eine Versicherung des Hausrats relevant. Bei Haushalten, die Eigentümer ihrer Wohnung sind, verfügt erwartungsgemäß tendenziell ein höherer Anteil über eine Elementarschaden-Versicherung als bei Haushalten, die zur Miete wohnen. Dies wurde durch die UNU-EHS Haushaltsbefragungen bestätigt: In Köln sind 49 % der befragten Eigentümer gegen Elementarschäden versichert, aber nur 8 % der Mieter. In Dresden stehen 66 % der versicherten Eigentümer einem Anteil von 30 % der versicherten Mieter gegenüber.

Aufgrund des erhöhten Risikos liegt die Vermutung nah, dass in den häufiger betroffenen Gebieten tendenziell ein höherer Anteil an Haushalten einen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden aufweist. Dabei ist

<sup>8</sup> Verbraucherzentrale Sachsen (2007): Pressemitteilung der Verbraucherzentrale Sachsen 22.06.2007. Starkregen, Sturmböen, Blitz und Donner – welche Schäden sind versichert?  
URL: <http://www.verbraucherzentrale-sachsen.de/UNI124757022823134/link329282A> (abgerufen am 14.07.09).

<sup>9</sup> Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (2002): Hochwasservorsorge. Maßnahmen und ihre Wirksamkeit, S.40f.

jedoch zu bedenken, dass in den besonders exponierten Räumen der Zugang zu einer entsprechenden Versicherung erschwert und die Prämien erhöht sind. Die Gebiete werden von Versicherern in vier Gefährdungsklassen mit entsprechend unterschiedlich teuren Policen eingeteilt. In der höchsten Gefährdungsklasse haben Hausbesitzer nur geringe Chancen, eine Elementarschaden-Versicherung zu bekommen<sup>10</sup>. Seit dem Elbehochwasser 2002 setzen sich unter anderem die Verbraucherzentralen für die Einführung einer Elementarschaden-Versicherung als Pflichtversicherung für Wohngebäude ein.

**Indikator: Hochwassererfahrung**

**Aussagegehalt:** Gibt an wie viele Personen / Haushalte innerhalb einer Raumeinheit bereits potenziell Erfahrung mit Hochwasserereignissen am eigenen Wohnort haben. Berechnet auf der Basis der Wohndauer des jeweiligen Haushalts am Wohnort und dem Grad der Exposition.

**Datenbasis / Quelle**

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Anzahl der Haushalte nach Wohndauerklassen: Kommunale Statistik (Einwohnermelderegister)

**Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:** Der Grad der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gegenüber Hochwasserereignissen hängt nachweislich von der *Hochwassererfahrung* ab. So zeigten sich deutliche Unterschiede im Grad der in Eigeninitiative getroffenen Hochwasservorsorge, hinsichtlich des Wissens über das richtige Verhalten im Hochwasserfall sowie im Zusammenhang mit körperlichen und seelischen Folgeproblemen nach einem Hochwasser zwischen der Gruppe der Personen, die bereits ein Hochwasserereignis am Wohnort erlebt haben, und denjenigen, die diese Erfahrung nicht hatten. Der Indikator erlaubt eine Abschätzung darüber, in welchen Wohngebieten die Bevölkerung potenziell über wenig Hochwassererfahrung verfügt und demzufolge verstärkt Aufklärungsarbeit zur Information und Sensibilisierung geleistet werden muss.

**Validität:** Die Berechnung des Indikators basiert auf der Wohndauer des Haushaltes am aktuellen Wohnstandort sowie der Exposition des Wohnstandortes (HQ-100, EHQ, etc.) Demzufolge wird ein potenzielles Maß der Hochwassererfahrung berechnet, welches umso höher liegt je länger der Haushalt an dem Wohnstandort bereits lebt und je größer der Expositionsgrad ist. Diese Berechnung basiert demnach nicht auf realen Ereignissen, die im Fall Köln oder Dresden zwar herangezogen werden könnten, die jedoch auch durch Unsicherheiten behaftet sind und weniger auf andere Kommunen übertragbar sind. Die Interpretation der Ergebnisse vor dem Hintergrund der tatsächlich in der Vergangenheit stattgefundenen Hochwasserereignisse ist demnach im Fall dieses Indikators von besonderer Bedeutung.

Die Validität der angewendeten logistischen Regression wird durch folgende Maße bestätigt: Der Likelihood-Quotienten-Test fällt signifikant aus. Das Pseudo-R<sup>2</sup> liegt bei 0,14, der Wald-Test für die unabhängige Variable ist signifikant und es werden 77 % der Fälle in der Befragung richtig vorhergesagt (vgl. Anhang 7.4 F).

<sup>10</sup> Stiftung Warentest (2008): Versicherungsschutz bei Unwetter. Der Himmel spielt verrückt. Abrufbar unter: <http://www.test.de/themen/versicherung-vorsorge/test/-Versicherungsschutz-bei-Unwetter/1714242/1714242/1722906/> (abgerufen am 14.7.09)

**Zusatzinformationen zur Hochwassererfahrung:** Da es keine direkten Daten zum Anteil der Haushalte bzw. Personen gibt, die bereits Hochwasserereignisse am Wohnort erlebt bzw. bewältigt haben, wird als Ersatzindikator ein synthetisches Maß der *Hochwassererfahrung* berechnet, welches die Wohndauer des jeweiligen Haushalts am Wohnort und den Grad der Exposition als erste Orientierung zur Beurteilung der Hochwassererfahrung am Wohnort nutzt. Eine grundlegende These lautet, dass die Haushalte, die erst kürzlich, d. h. innerhalb der letzten Jahre in die hochwasserexponierten Wohnstandorte gezogen sind, über weniger Wissen zur Bewältigung von Hochwasserereignissen verfügen, als solche die schon seit längerem an dem entsprechenden Wohnstandort wohnen.

Die UNU-EHS Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden belegen, dass Haushalte mit Hochwassererfahrung am Wohnort in Bezug auf das Wissen über Hochwasserschutzmaßnahmen sowie bezüglich der verfügbaren Gegenstände, die eine Bewältigung des Hochwasserereignisses erleichtern (z. B. Gummistiefel, Strom unabhängige Energiequellen für Licht und Heizung im Haushalt) deutlich besser abschneiden, als Haushalte ohne entsprechende Hochwassererfahrung. Zudem kann das Erfahrungswissen auch dazu beitragen, dass psychische Probleme (Ängste, Depressionen, etc.), welche nach einem Hochwasserereignis die Folge sein können, tendenziell geringer ausfallen. Das gehäufte Auftreten gesundheitlicher und seelischer Folgen nach dem Elbehochwasser 2002 ist ein deutlicher Hinweis auf diesen Zusammenhang.

#### 4.1.5 Überblick über die kommunalspezifischen Indikatoren

Neben dem Set standardisierter Kernindikatoren (siehe Kapitel 4.1.4) zur Abschätzung der Verwundbarkeit werden zusätzlich kommunalspezifische Indikatoren vorgeschlagen, die auf eigenen Erhebungen, z. B. als Bestandteil eines kommunalen Mikrozensus, aufbauen. Die vorgeschlagenen kommunalspezifischen Indikatoren werden im Folgenden erläutert.

Dem Indikator *Hochwassersensibilität* liegt die Annahme zugrunde, dass sich Personen, welche sich der eigenen Hochwassergefährdung bewusst sind, eher über richtiges Verhalten im Hochwasserfall informieren werden, eine erhöhte Bereitschaft zur Umsetzung von baulichen Hochwasserschutzmaßnahmen zeigen und geneigter sind, sich gegenüber potenziell eintretenden Schäden zu versichern. Die Berechnung des Indikators basiert auf der Auswertung der Frage: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“ Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 konnten in der UNU-EHS Haushaltsbefragung Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht.

<b>Indikator:</b> <i>Hochwassersensibilität</i>
<b>Aussage:</b> Gibt die subjektive Selbsteinschätzung der Hochwassereexposition von Haushalten bezogen auf den Wohnort an.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile). c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Die Visualisierung der Hochwassersensibilität kann Gebiete aufzeigen, die zwar potenziell hochwassere exponiert sind, deren Bevölkerung jedoch nur eine geringe Sensibilisierung bezüglich dieser Problematik aufweist. Tendenzial zeigte die UNU-EHS Haushaltsbefragung, dass Haushalte, die hochwassersensibilisiert sind, auch über einen höheren Grad an Vorsorge verfügen. Umgekehrt ist in Gebieten, in denen nur eine geringe Sensibilisierung der Bevölkerung zu verzeichnen ist, mit einer schlechteren Vorbereitung zu rechnen. Die Auswertung des Indikators kann dazu dienen, Gebiete zu

identifizieren, in denen verstärkt Aufklärungsarbeit zu leisten ist.

**Validität:** Für die Berechnung des Indikators sind pro Raumeinheit mindestens 20 bis 40 gültige Antworten notwendig. Unter der Annahme der Normalverteilung lässt sich dann ein Vertrauensintervall für das Ergebnis bestimmen. Bei Fallzahlen unter 60 stehen in SPSS dafür die Monte Carlo Simulation bzw. Exakt-Tests zur Verfügung.

Die Analyse der *Informationslage* über Hochwassergefahren knüpft an die Betrachtung der *Hochwassersensibilität* an, jedoch liegt der Schwerpunkt auf der Feststellung, wie viele und welche Haushalte bei der Auswahl ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen unaufgefordert erhalten oder aktiv eingeholt haben. Der Indikator baut auf der Annahme auf, dass Personen, die bei Bezug ihres Hauses oder ihrer Wohnung über die Gefahr informiert waren, eher Vorsorgemaßnahmen treffen werden.

**Indikator: Informationslage zur Hochwassergefährdung**

**Aussage:** Gibt an, welche und wie viele Haushalte beim Bezug ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über die Hochwassergefährdung unaufgefordert erhalten oder aktiv eingeholt haben.

**Datenbasis / Quelle:**

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“

**Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:** Ein wichtiges Etappenziel zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Herabsetzung der Verwundbarkeit besteht darin, den Informationsstand der Haushalte, die in gegenüber Hochwassergefahren exponierten Gebieten leben, auf ein hohes Niveau zu bringen bzw. ein hohes Informationsniveau zu halten. Dies ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg, die Selbstvorsorge der exponierten Haushalte zu erhöhen. Insbesondere bei der baulichen Vorsorge ist die Informationslage bei der Wohnstandortwahl entscheidend, da spätere Umbauten an Haus oder Wohnung oftmals kostenintensiver oder schlicht nicht mehr möglich sind.

Es ist demnach davon auszugehen, dass in den Gebieten, in denen ein hohes Informationsniveau schon bei der Entscheidung für einen Wohnstandort vorherrschte, bessere Vorbereitungen getroffen wurden und Vorsorgemaßnahmen greifen können. Die Verwundbarkeit der Bevölkerung in diesen Gebieten reduziert sich. Im Gegenzug spricht ein geringes Informationsniveau für eine erhöhte Verwundbarkeit.

**Validität:** Für die Berechnung des Indikators sind pro Raumeinheit mindestens 20 bis 40 gültige Antworten notwendig. Unter der Annahme der Normalverteilung lässt sich dann ein Vertrauensintervall für das Ergebnis bestimmen. Bei Fallzahlen unter 60 stehen in SPSS dafür die Monte Carlo Simulation bzw. Exakt-Tests zur Verfügung.

Im Vergleich zu der Schätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* im Kernindikatorenset, lassen sich im Rahmen eigener Befragungen die aktuellen Werte des *tatsächlichen Versicherungsschutzes* der Haushalte gegenüber Hochwasserrisiken

(Elementarschaden-Versicherung) ermitteln, wenn die Umfrage eine entsprechende Repräsentativität und Größe der Stichprobe aufweist.

<b>Indikator:</b> <i>Tatsächlicher Versicherungsschutz</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator ermöglicht eine Aussage über die tatsächliche Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung der Bevölkerung innerhalb einer Raumeinheit.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile). c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Haben Sie für Ihre Wohnung oder ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?“
<b>Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:</b> Die Aussage dieses Indikators trägt ebenfalls zur Abschätzung der finanziellen Bewältigungskapazität von Haushalten bei (siehe auch Kernindikator „ <i>Versicherungsschutz</i> “, vgl. Kapitel 4.1.4). Der Mehrwert zu dem mittels von Einkommensdaten hochgerechneten Kernindikator <i>Versicherungsschutz</i> besteht darin, dass dieser durch eine direkte Erhebung der Information vor Ort ergänzt wird. Dadurch kann ein weiter verbessertes Abbild der tatsächlichen Situation entstehen.
<b>Validität:</b> Für die Berechnung des Indikators sind pro Raumeinheit mindestens 20 bis 40 gültige Antworten notwendig. Unter der Annahme der Normalverteilung lässt sich dann ein Vertrauensintervall für das Ergebnis bestimmen. Bei Fallzahlen unter 60 stehen in SPSS dafür die Monte Carlo Simulation bzw. Exakt-Tests zur Verfügung.

Der abschließende kommunalspezifische Indikator erfasst die Anzahl und Art der getroffenen *Hochwasserschutzmaßnahmen im privaten Bereich*. Obschon auch die öffentliche Hand und insbesondere die Kommunen für entsprechende Schutzmaßnahmen im baulichen und nicht-baulichen Bereich eine wichtige Verantwortung tragen (Deiche, mobile Schutzwände etc.), sind auch Vorsorgemaßnahmen privater Haushalte eine wichtige Aufgabe und Voraussetzung für effektiven Bevölkerungsschutz. Insgesamt zeigt der Indikator die Unterschiede auf, die hinsichtlich des eigenverantwortlich durchgeführten Hochwasserschutzes zwischen unterschiedlichen Stadtteilen bestehen. Darüber hinaus lässt sich die Art der getroffenen Maßnahmen auswerten.

<b>Indikator:</b> <i>Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte</i>
<b>Aussage:</b> Der Indikator lässt eine Aussage darüber zu, wie viele Haushalte innerhalb einer Raumeinheit in Eigeninitiative Hochwasserschutzmaßnahmen ergriffen haben. Zudem lassen sich auch Aussagen zur Art der getroffenen Hochwasservorsorgemaßnahmen treffen.
<b>Datenbasis / Quelle:</b> a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile). c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt?“

**Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:** Die Verbesserung des baulichen und nicht-baulichen Hochwasserschutzes im privaten Bereich kann generell die Bewältigungskapazität von exponierten Haushalten erhöhen und dazu beitragen, im Ereignisfall die Ressourcen auf besondere Problembereiche einzugrenzen. Auch für die Bewältigung der Folgen eines Hochwassers sind entsprechende Maßnahmen von erheblicher Bedeutung, da sie das Schadenspotenzial der Haushalte deutlich mindern.

**Validität:** Für die Berechnung des Indikators sind pro Raumeinheit mindestens 20 bis 40 gültige Antworten notwendig. Unter der Annahme der Normalverteilung lässt sich dann ein Vertrauensintervall für das Ergebnis bestimmen. Bei Fallzahlen unter 60 stehen in SPSS dafür die Monte Carlo Simulation bzw. Exakt-Tests zur Verfügung.

#### 4.1.6 Betrachtungsebenen

In den folgenden Ausführungen gilt es zwischen zwei verschiedenen räumlichen Betrachtungsebenen sowie zwischen zwei unterschiedlichen Untersuchungsebenen bei der Datenerhebung und statistischen Auswertung zu unterscheiden.

Die räumlichen Betrachtungsebenen können je nach Beschaffenheit der verwendeten Daten variieren, z. B. zwischen der Stadtteil- und der Stadtviertelebene. Die Stadtviertelebene repräsentiert beispielsweise eine höhere räumliche Auflösung (d. h. kleinere Einheiten), die Stadtteilebene fasst in der Regel mehrere Stadtviertel zusammen. Grundsätzlich ist es ratsam, stets mit der höchst möglichen räumlichen Auflösung zu arbeiten, da der Aussagegehalt pro Flächeneinheit so am größten ist. Da häufig Daten nur auf einer höheren Ebene vorliegen, kann jedoch ggf. darauf ausgewichen werden. Gleiches gilt, wenn durch die Verwendung der kleinsten Betrachtungsebene Probleme der Repräsentativität (zu kleiner Stichprobenumfang) oder Datenschutzprobleme (Anonymität der Befragten nicht gewährleistet) auftreten würden. Es ist wichtig zu beachten, dass die Daten der kommunalen Statistik und die räumliche Information im GIS immer nur auf der gleichen Ebene zusammengeführt werden dürfen (d. h. es ist beispielsweise darauf zu achten, dass die Darstellung in GIS sich auf die Stadtteilebene bezieht, wenn die statistischen Berechnungen zuvor auf der Stadtteilebene durchgeführt wurden).

Bei den statistischen Erhebungen und Berechnungen wird zwischen Personen und Haushalten unterschieden. Bei der Erhebung von Daten wird in einer Haushaltsbefragung, z. B. in der UNU-EHS Haushaltsbefragung, in der Regel eine Person befragt, jedoch darüber auch Merkmale des gesamten Haushalts erfasst. Auf diesem Weg kann bei einigen Fragestellungen von der Haushalts- auf die Personenebene übergegangen werden. Gleichzeitig spielt die Haushaltsebene bei einigen Indikatoren, z. B. bei der Evakuierungsfähigkeit, auch in der Auswertung eine entscheidende Rolle.

#### 4.2 Erstellung eines Kernsets von Indikatoren

Wie bereits beschrieben, werden bei der Erstellung der Kernindikatoren die Daten aus der kommunalen Statistik verwendet. Im Folgenden soll beschrieben werden, welche Daten mit Hilfe welcher statistischen und GIS-gestützten Methoden ausgewertet werden können, um Aussagen zur Verwundbarkeit der Bevölkerung im Hochwasserfall treffen zu können.

##### 4.2.1 Festlegen eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach dem in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Vorgehen. Entscheidend ist, dass Sie bei der Auswahl des Szenarios bzw. der Szenarien beachten, dass die Exposition in Form eines GIS-Shapefiles vorliegen sollte, um die Verschneidung mit statistischen Daten zu ermöglichen.

#### 4.2.2 Bestimmung des Expositionsgrades

Als Exposition wird die Anzahl bzw. der Anteil der potenziell betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (z. B. Stadtviertel) unter der Annahme eines Hochwasserszenarios bezeichnet. Mit dem Anteil pro Raumeinheit lassen sich räumliche Unterschiede im Expositionsgrad ausmachen, während die Angabe der absoluten Anzahl insbesondere für die Notfall- und Evakuierungsplanung von Bedeutung ist.

*Frage: Wie viele Personen bzw. Haushalte sind unter der Annahme des Hochwasserszenarios exponiert?*

##### **Benötigte Daten:**

- Räumliche Informationen zu exponierten Flächen unter Annahme des Hochwasserszenarios (z. B. HQ-100) in einem GIS-kompatiblen Format
- Anzahl der exponierten Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (z. B. Stadtviertel)
- und / oder räumliche Informationen zu Siedlungsflächen, z. B. Geschosshöhen

##### **Arbeitsschritte:**

Bestimmen Sie die absolute Anzahl und den prozentualen Anteil der exponierten Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (Stadtteil, Stadtviertel). Im Idealfall können dazu die Adressdaten mit den Überflutungsflächen verschnitten werden. Wenn diese Möglichkeit nicht gegeben ist, kann die Anzahl der exponierten Personen bzw. Haushalte geschätzt werden. Unter Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Bevölkerung innerhalb der betrachteten Raumeinheit kann dies z. B. über die im GIS anteilmäßig bestimmten exponierten Flächen pro Raumeinheit geschehen. Eine Möglichkeit zur Verfeinerung dieses Verfahrens besteht dann, wenn Ihnen zusätzliche Informationen zur Lage und zur Geschosshöhe des Gebäudebestands pro Raumeinheit vorliegen. Alternativ kann auf ein in Kapitel 6.2.1 beschriebenes Verfahren mittels Fernerkundungsmethoden zurückgegriffen werden.

Verschneiden Sie die absoluten und relativen Informationen zur exponierten Bevölkerung über die Attribut-Tabelle des GIS-Themas mit den entsprechenden Raumeinheiten. Stellen Sie die potenziell von einem Hochwasser betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit in einer Karte dar.

Sie erhalten Expositionskarten, welche die absolute Anzahl und den relativen Anteil der – unter Annahme des von Ihnen gewählten Szenarios – potenziell vom Hochwasser betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit erkennen lassen. Mit Hilfe der Klassifizierung werden räumliche Unterschiede im Expositionsgrad sichtbar, z. B. Hotspots, an denen besonders viele Personen potenziell gegenüber einem Hochwasser exponiert sind (vgl. Abbildung 4.2).

Es ist anzumerken, dass die Exposition hier zunächst nur über die Lage im Überschwemmungsbereich definiert ist. Sollten weitere Informationen, z. B. zur Höhe der Überflutung, vorliegen, so kann die Expositionskarte selbstverständlich mit Hilfe dieser Daten verfeinert werden. Im Interesse einer möglichst generellen Anwendbarkeit wurde in diesem Leitfaden zunächst auf die Darstellung von Verfahren, die nicht in jeder Kommune eingesetzt werden können, verzichtet.

Sollte die Exposition der Bevölkerung pro Raumeinheit geschätzt worden sein, so muss im Folgenden davon ausgegangen werden, dass die Merkmale der Bevölkerung, z. B. Haushaltstypen oder Altersstruktur, innerhalb der Bevölkerung einer Raumeinheit gleichmäßig verteilt sind.

#### - Abbildung Bev\_Abb2\_exposition einfügen -

Abbildung 4.2: Die Karte zeigt am Beispiel der Stadt Köln die absolute Anzahl exponierter Personen bei Eintritt eines Hochwassers, welches einem HQ-500 Szenario entsprechen würde. Die Daten liegen auf Stadtteilebene vor.

#### 4.2.3 Berechnung von Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung

Die Indikatoren *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* repräsentieren, wie in Kapitel 4.1.4 beschrieben, die Anfälligkeit der Bevölkerung. Sie werden mit Hilfe von statistischen Daten zu Haushaltstypen berechnet. Vom Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) wurde in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR heute Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, BBR) ein Haushaltsgenerierungsverfahren (HHGen) entwickelt, das seit 1993 allen Gemeinden zur Verfügung steht. Mit diesem Verfahren können Haushalte anhand von Daten aus den Einwohnermelderegistern gruppiert werden<sup>11</sup>. Unter anderem können damit Haushaltstypen nach Lebensphasen abgefragt werden, die dann – unter bestimmten Annahmen – den vier unten aufgeführten Haushaltstypklassen zugeordnet werden können (siehe unten „Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens“).

Hauptkriterium zur Bildung von Haushaltstypen ist das Alter der Haushaltsmitglieder. Dieses wird gleichzeitig auch als deutlichster Einflussfaktor auf die Bewegungsfähigkeit und -geschwindigkeit angesehen, weswegen die Haushaltstypen nach HHGen eine gute Ausgangsbasis zur Indikatorenberechnung darstellen. Zusätzlich wird für Haushalte mit älteren Mitgliedern zwischen Ein- und Mehrpersonen-Haushalten unterschieden, da für Einpersonen-Haushalte keine Möglichkeit der gegenseitigen Hilfe besteht. Die UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigte, dass Haushalte mit Kindern und älteren Personen gemessen an den Indikatoren *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* anfälliger sind als andere Haushalte. Hinsichtlich der *Evakuierungsfähigkeit* konnte die Gruppe der älteren alleinlebenden Personen als besonders anfällig identifiziert werden.

Um eine möglichst flächendeckende Anwendbarkeit zu gewährleisten, wurden folgende Haushaltstypen klassifiziert:

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (bei einer Haushaltsgröße von mind. 2 Personen)
- 4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren.

#### Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens

Das HHGen-Verfahren ermittelt zunächst elf Haushaltstypklassen (siehe Tabelle 4.1), aus denen die zur Errechnung der Indikatoren benötigten vier Haushaltstypen abgeleitet wurden. Für die Klassen „Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre“ sowie „Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre - < 60 Jahre“ wird angenommen, dass auch der ältere Partner jünger als 60 Jahre alt ist. Ähnliches gilt für die Klasse „Schrumpfungphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner“, hier wurde für alle Haushaltsmitglieder ein Alter von unter 60 Jahren angenommen.

In der Klasse „Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind“ wird nicht nach Kindern über oder unter 6 Jahre unterschieden, aber der ersten Klasse zugeordnet. Somit ist hier eine leichte Verzerrung durch Haushalte mit älteren Kindern zu erwarten. Sie kann hingenommen werden, weil diese Klasse nur einen geringen Anteil einnimmt, für Köln etwa 5 %. Die Klasse „Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder“ wird der zweiten Klasse zugeordnet, so dass Haushalte dieser Gruppe mit Personen über 60 Jahre falsch zugeordnet werden. Da

<sup>11</sup> Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) (2009): Städtestatistik im Internet. Abrufbar unter: <https://www.staedtestatistik.de> (Abgerufen am 14.07.09)

diese Klasse aber ebenfalls nur einen geringen Anteil ausmacht (für Köln 7 %), wird auch hier der Fehler relativ klein sein. Damit sind die Haushaltsklassen nach HHGen vollständig den vier neuen Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung zugeordnet.

*Tabelle 4.1: Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung*

HHGen-Klassen	Annahmen für neue Klassen	Neue Klasse / Haushaltstyp zur Indikatorenentwicklung
Einpersonen-Haushalt < 30 Jahre	-	2)
Einpersonen-Haushalt 30 - < 60 Jahre	-	2)
Einpersonen-Haushalt ab 60 Jahre	-	4)
Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre	Beide < 60 Jahre	2)
Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre - < 60 Jahre	Beide < 60 Jahre	2)
Seniorenhaushalt: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner ab 60 Jahre	-	3)
Expansionsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person < 6 Jahre	-	1)
Konsolidierungsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person 6 - < 18 Jahre	-	2)
Schrumpfungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner	alle Mitglieder zwischen 6 und 59 Jahre alt	2)
Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind	Kind ist jünger als 6J.	1)
Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder	alle Mitglieder zwischen 6 und 59 Jahre alt	2)

Für die Schätzung der *Evakuierungsfähigkeit* und der *Evakuierungszeit* wird ein Verfahren vorgestellt, das auf den herkömmlichen kommunalstatistischen Daten zu den Haushaltstypen beruht (*Variante 1*). Des Weiteren wird für die *Evakuierungsfähigkeit* zusätzlich ein Verfahren vorgestellt (*Variante 2*), das dann angewendet werden kann, wenn zusätzlich Informationen zu Gehbehinderungen in der Bevölkerung vorliegen (z. B. aus Mikrozensus-erhebungen).

#### **Berechnung des Indikators *Evakuierungsfähigkeit***

Unter *Evakuierungsfähigkeit* wird die Fähigkeit verstanden, im Falle einer Evakuierung sich selbst sowie alle anderen Haushaltsmitglieder ohne fremde Hilfe in Sicherheit zu bringen. Zur Abschätzung der *Evakuierungsfähigkeit* wird zunächst *Variante 1* vorgestellt, die ausschließlich auf der Auswertung der kommunalstatistischen Daten zu altersbezogenen Haushaltstypen beruht. *Variante 2* kann dann angewendet werden, wenn zusätzliche Daten zum Anteil/zur Anzahl von Personen mit eingeschränkter Lauffähigkeit (z. B. Gehbehinderung) vorliegen.

**Frage:** *Wie viele Haushalte sind in der Lage, sich ohne fremde Hilfe in Sicherheit zu bringen?*

**Benötigte Daten:**

*für Variante 1:*

Altersbezogene Haushaltsstrukturmerkmale pro Raumeinheit, klassifizierbar in

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)
- 4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren.

für Variante 2:

Zusätzlich wird der Anteil der Haushalte mit Personen, die keine weitere Strecke laufen können (z. B. kommunalstatistische Daten zur Gehbehinderung oder Ergebnisse aus Befragungen im Rahmen eines kommunalen Mikrozensus), verwendet.

#### **Arbeitsschritte:**

*Variante 1:* Schätzen Sie die Anzahl der evakuierungsfähigen Haushalte pro Raumeinheit mit Hilfe Ihrer Daten zu den Haushaltstypen aus der kommunalen Statistik und den prozentualen Angaben zur Evakuierungsfähigkeit pro Haushaltstyp aus Ihrer Umfrage bzw. der UNU-EHS Umfrage (vgl. Tabelle 7.1 in Anhang 7.4 A und Formel 1).

*Variante 2:* Geben Sie die Anteile der Haushaltstypen 1 bis 3 (der vierte Haushaltstyp ist damit redundant) sowie die Anteile der Haushalte mit Personen, die keine weitere Strecke laufen können, in das Regressionsmodell (Formel 2) ein. Die zugehörigen Regressionsparameter aus der UNU-EHS Befragung finden Sie in Anhang 7.4 B.

Verknüpfen Sie die berechneten Werte über die Attribut-Tabelle des GIS-Shapefiles mit den räumlichen Informationen und stellen Sie diese in einer Karte dar.

#### **Berechnung des Indikators nach Variante 1:**

Für die Schätzung wird der Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte pro Haushaltstyp (HHtyp) aus der Umfrage auf die Zahlen der HHtypen aus der Kommunalstatistik übertragen. Die Zahl der evakuierungsfähigen Haushalte (HH) in einer Raumeinheit wäre dann:

##### Formel 1:

Anzahl evakuierungsfähige HH =

(Anzahl HHtyp 1 in einer Raumeinheit \* Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 1) +  
(Anzahl HHtyp 2 in einer Raumeinheit \* Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 2) +  
(Anzahl HHtyp 3 in einer Raumeinheit \* Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 3) +  
(Anzahl HHtyp 4 in einer Raumeinheit \* Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 4).

#### **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse**

1. Ordnen Sie die Haushalte aus Ihrer Befragung den vier HHtypen zu.
2. Erstellen Sie Kreuztabellen mit den HHtypen und der Frage nach der Evakuierungsfähigkeit. Bestimmen Sie die prozentualen Anteile der Evakuierungsfähigkeit pro HHtyp. Darüber hinaus können Sie die Zusammenhänge validieren indem sie ggf. Cramers-V bestimmen (siehe Tabelle 7.1 in Anhang 7.4 A).

Anschließend bestimmen Sie für die Kartendarstellung am besten die Anteilswerte, und zwar der Haushalte, die sich NICHT selbständig in Sicherheit bringen können (ziehen Sie dazu jeweils die evakuierungsfähigen Haushalte von der Gesamtzahl der Haushalte ab.)

#### **Berechnung des Indikators nach Variante 2:**

Diese Variante kommt zur Anwendung, sofern Daten zur Lauffähigkeit vorliegen; dies war z. B. in der aktuellen Studie von UNU-EHS in der Stadt Dresden der Fall. Ein Vorteil dieser Daten ist, dass die Schätzung der Evakuierungsfähigkeit damit deutlich genauer erfolgen kann. Die Informationen sollten möglichst gut übereinstimmen mit der Frage „Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, Ältere)?“, da die Berechnungen auf eben dieser Frage beruhen. Wenn eine eigene Umfrage durchgeführt

wird, könnte natürlich eine Frage an die entsprechende Datenlage angepasst werden. Bei der Substitution der Variable „Fähigkeit selbstständig das Haus verlassen zu können und dabei eine Strecke von mehr als 2 km zu überwinden“ durch die Variable „Gehbehinderung“ muss beachtet werden, dass die Grundgesamtheit hier nicht identisch ist. Haushalte mit Kleinkindern oder älteren Personen, die sich beispielsweise nicht in der Lage sehen, eine Strecke von über 2 km selbstständig zu bewältigen, werden in der Statistik der „Gehbehinderten“ nicht aufgeführt. Folglich weisen die Indikatoren kein vollkommen gleiches Indikandum auf. Falls Sie also statistische Daten zur Gehbehinderung in Kombination mit den Werten der UNU-EHS Befragung verwenden, müssen Sie diese möglichen Unterschiede beachten.

Insbesondere für mehr als eine unabhängige Variable bietet sich die Anwendung einer logistischen Regression an, um auf Basis der zwei Variablen (Haushaltstyp und Lauffähigkeit) die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit abschätzen zu können. Mit einer Regression kann die Beziehung einer abhängigen Variablen zu einer oder mehreren unabhängigen Variablen bestimmt werden. Die logistische Regression kommt dann zum Einsatz, wenn die abhängige Variable, wie in diesem Fall, nominal ist (evakuierungsfähig ja/nein).

Von Vorteil ist auch, dass mit einer Regression Daten, die aus verschiedenen Quellen stammen (und damit nicht verschneidbar sind), für die Schätzung verwendet werden können.

Das logistische Regressionsmodell für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier evakuierungsfähig ja / nein) und vier unabhängige Variablen (hier: drei HHtypen – der vierte ist damit redundant –, sowie eine Variable zur Lauffähigkeit), lautet<sup>12</sup>:

Formel 2:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit  $z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$ .

$P(Y=1)$  ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Zustand 1 (hier der Evakuierungsfähigkeit), sie nimmt Werte zwischen 0 und 1 an.

$x_i$ ,  $i=1,2,3,4$  sind die unabhängigen Variablen, in diesem Fall sind

$x_1$ ,  $x_2$  und  $x_3$  die Variablen HHtyp 1, HHtyp 2 und HHtyp 3 und

$x_4$  ist die Variable „Personen im Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten“.

$b_i$ ,  $i=0,1,2,3,4$  sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden (s. Tabelle 7.2 in Anhang 7.4 B). Sie bestimmen die Richtung und die Stärke des Einflusses der jeweiligen unabhängigen Variablen<sup>13</sup>.

Bei der Anwendung des Regressionsmodells auf eine Raumeinheit (anstelle eines einzelnen Haushalts) werden für die unabhängigen Variablen Durchschnitts- bzw. Anteilswerte der Raumeinheit (z. B. 20 % der Haushalte in der Raumeinheit sind HHtyp 1 zuzuordnen)

<sup>12</sup> Vgl. z. B. Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff & Rolf Weiber (2005): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin, Heidelberg, S. 431.

<sup>13</sup> Vgl. dazu auch die Interpretation von  $EXP(b)$  bei Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff & Rolf Weiber (2005): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin, Heidelberg, S. 444.

eingesetzt.  $P(Y=1)$ , also die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Zustandes Evakuierungsfähigkeit=ja, kann dann als Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte in der Raumeinheit interpretiert werden.

Wenn Sie nun die Anteilswerte pro Raumeinheit berechnen möchten, setzen Sie also die Anteilswerte (zwischen 0 und 1) der HHtypen und der z. B. gehbehinderten Personen in Formel 2 ein. Dabei verwenden Sie die geschätzten Regressionskoeffizienten, die Werte der UNU-EHS Haushaltsbefragung finden Sie in Anhang 7.4 B.

Mit  $1 - P(Y=1)$  erhalten Sie die Anteilswerte der Haushalte, die sich NICHT selbständig in Sicherheit bringen können.

### **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse**

1. Ordnen Sie die Haushalte den altersbezogenen HHtypen zu.
2. Erstellen Sie ein logistisches Regressionsmodell mit der Evakuierungsfähigkeit als abhängige Variable. Die unabhängigen Variablen sind die HHtypen und das Vorhandensein von Personen mit eingeschränkter Lauffähigkeit (etwa der Anteil Gehbehinderter Personen im Stadtteil, z. B. Kommunale Statistikstelle Dresden). Verwenden Sie die Regressionskoeffizienten aus diesem Modell in der Formel 2.

Eine entsprechende Kartendarstellung zeigt die *Evakuierungsfähigkeit* je Raumeinheit, also den Anteil der Haushalte, die sich NICHT selbständig in Sicherheit bringen können. Über die Visualisierung in der Karte werden räumliche Schwerpunkte (Hotspots) sichtbar, an denen bei Eintritt eines Hochwassers besonders viele Personen Hilfe bei einer Evakuierung benötigen. Es kann zur weiteren Interpretation der Ergebnisse sinnvoll sein, die Lage von Seniorenheimen (unter Einbeziehung der Belegzahlen) mit den Ergebnissen zur *Evakuierungsfähigkeit* zu vergleichen (kann ebenfalls im GIS geschehen). Besonders hohe Werte könnten sich über diesen Zusammenhang erklären. Auch ist dies eine wichtige Zusatzinformation für Einsatzkräfte – je präziser die Hilfsbedürftigen lokalisiert werden können, desto wertvoller ist die Information für die Planung.

### **- Abbildung Bev\_Abb3\_evak\_fähigkeit einfügen -**

Abbildung 4.3: Die Karte stellt die Evakuierungsfähigkeit auf Haushaltsebene am Beispiel der Stadt Köln dar. Die Daten, auf deren Grundlage der Indikator bestimmt wurde, lagen auf Stadtviertelebene vor.

### **Berechnung des Indikators Evakuierungszeit**

Für den Indikator *Evakuierungszeit* wird berechnet, nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte eines Stadtviertels sich selbst sowie wichtige Dokumente in Sicherheit gebracht hat. Der Indikator ist ein relatives Maß zum Vergleich der Anfälligkeit der Bevölkerung einzelner Stadtteile.

Zur Abschätzung der *Evakuierungszeit* wird wieder auf die unterschiedlichen HHtypen als Strukturmerkmale zurückgegriffen, allerdings werden die HHtypen mit Personen ab 60 Jahren gemeinsam betrachtet, d. h. die HHtypen 3 und 4 werden zusammengelegt. Während es bei der *Evakuierungsfähigkeit* eine Rolle spielt, ob sich mehrere Haushaltsmitglieder möglicherweise gegenseitig helfen können, ist dies für die *Evakuierungsgeschwindigkeit* keine entscheidende Information. Die Zeit, in der die Hälfte der in einem Stadtviertel oder Stadtteil lebenden Haushalte evakuiert sind, ist der Median der einzelnen Evakuierungszeiten in Minuten. Ausreißer, die insbesondere durch Fehleinschätzungen des eigenen Zeitbedarfs zustande kommen, beeinflussen den Median kaum.

**Frage:** Nach wie vielen Minuten hat es die Hälfte der Haushalte im Falle einer Evakuierung geschafft, sich selbst sowie wichtige Dokumente in Sicherheit zu bringen?

**Benötigte Daten:**

Altersbezogene Haushaltsstrukturmerkmale pro Raumeinheit, klassifizierbar nach

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren

**Arbeitsschritte:**

Schätzen Sie die Minutenzahl, innerhalb derer sich die Hälfte der Bevölkerung einer Raumeinheit in Sicherheit gebracht hat mit Hilfe Ihrer Daten zu den HHtypen und den Medianen pro HHtyp aus Ihrer Umfrage bzw. der UNU-EHS Umfrage (siehe Anhang 7.4 C) mit Formel 3. Verknüpfen Sie die so errechneten Informationen über die Attributtabelle des GIS-Shapefiles mit der jeweiligen Raumeinheit. Stellen Sie das Ergebnis in einer Karte dar.

Ähnlich wie bei der ersten Schätzvariante der Evakuierungsfähigkeit wird die Zeitspanne, nach der die Hälfte der Haushalte evakuiert ist, folgendermaßen abgeschätzt:

**Formel 3:**

Median Zeit =

$$\begin{aligned} & (\text{Anzahl HHtyp 1 in einer Raumeinheit} * \text{Median HHtyp 1}) + \\ & (\text{Anzahl HHtyp 2 in einer Raumeinheit} * \text{Median HHtyp 2}) + \\ & (\text{Anzahl HHtyp 3 in einer Raumeinheit} * \text{Median HHtyp 3}). \end{aligned}$$

**Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse**

1. Ordnen Sie die Haushalte diesen altersbezogenen HHtypen zu:

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren

2. Bestimmen Sie den Median der Evakuierungszeit für jeden HHtyp. Überprüfen Sie ggf. die Trennbarkeit durch HHtypen mit einer Varianzanalyse. Verwenden Sie diese Mediane in der Formel 3.

Eine entsprechende Kartendarstellung zeigt die Evakuierungszeit je Raumeinheit. Die Visualisierung in der Karte lässt räumliche Schwerpunkte (Hotspots) erkennen, an denen die Bevölkerung besonders viel Zeit benötigen würde, um sich in Sicherheit zu bringen.

**- Abbildung Bev\_Abb4\_evak\_zeit einfügen -**

Abbildung 4.4: Die Karte stellt die Evakuierungszeit auf Haushaltsebene am Beispiel der Stadt Köln dar. Die Daten, auf deren Grundlage der Indikator bestimmt wurde, lagen auf Stadtviertelebene vor.

**4.2.4 Berechnung von Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung**

Nach der Betrachtung der Anfälligkeit soll es im Folgenden darum gehen, abzuschätzen, wie hoch die Bewältigungskapazität der Bevölkerung in den exponierten Gebieten ist, um ein Hochwasserereignis möglichst schadlos zu überstehen. Dieses Kriterium wird stellvertretend über die Indikatoren *potenzieller Versicherungsschutz* und *Hochwassererfahrung* erfasst.

**Berechnung des Indikators *potenzieller Versicherungsschutz***

Als ein Indikator zur Abschätzung der Bewältigungskapazität wird der Anteil der Haushalte berechnet, der über eine Elementarschaden-Versicherung verfügt und damit im Fall eines

Hochwasserschadens finanziell gegenüber Schäden abgesichert ist. Da der *Versicherungsschutz* nicht direkt in der kommunalen Statistik enthalten ist, wird der Indikator im Kernindikatorenset über die Einkommensverteilung abgeleitet. Dabei gilt die Annahme, dass Personen in höheren Gehaltsklassen tendenziell über einen besseren Versicherungsschutz verfügen. Ersatzweise kann dieser Indikator auch über den Anteil von Mietern / Eigentümern bestimmt werden, wobei die Beobachtung, dass Eigentümer eher eine Elementarschaden-Versicherung abgeschlossen haben, zugrunde gelegt wird. (Hinweise zur Erhebung des *tatsächlichen Versicherungsschutzes* im kommunalspezifischen Indikatorenset finden Sie in Kapitel 4.3).

**Frage:** *Wie viele Haushalte sind gegen finanzielle Schäden eines Hochwassers versichert?*

**Benötigte Daten:**

*Variante 1:* Daten zur Einkommensverteilung, möglichst kleinräumig und differenziert (z. B. aus einer kommunalen Mikrozensus-Erhebung)

*Variante 2:* Anteile der Wohnungen, die zur Miete bzw. als Eigentum bewohnt werden (z. B. aus der kommunalen Statistik)

**Arbeitsschritte:**

Wenn Sie *Variante 1* anwenden, schätzen Sie den Anteil der versicherten Haushalte pro Einkommensklasse, indem Sie jeweils den Mittelwert einer Einkommensklasse in das lineare Regressionsmodell (vgl. Formel 4a) eingeben. Das mit den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung erzeugte Regressionsmodell finden Sie in Anhang 7.4 D. Der Gesamtanteil pro Raumeinheit kann anschließend mit Formel 4b bestimmt werden.

Falls keine Einkommensdaten vorliegen, können in erster Näherung auch die Anteilswerte des Eigentümer-Mieter-Verhältnisses je Raumeinheit zur Bestimmung des *Versicherungsschutzes* gegenüber Hochwasser verwendet werden (*Variante 2*). Schätzen Sie dann die Anzahl der versicherten Haushalte mit Hilfe des Versichertenanteils der Mieter und der Eigentümer aus Ihrer Umfrage bzw. der UNU-EHS Umfrage (vgl. Tabelle 7.3 in Anhang 7.4 E und Formel 5).

Verknüpfen Sie die so gewonnenen Informationen über die Attribut-Tabelle mit den räumlichen Informationen im GIS. Stellen Sie diese in einer Karte dar.

Anmerkung: In der UNU-EHS Haushaltsbefragung konnte nur der Versicherungsschutz gegenüber Elementarschäden der Haushalte selbst abgefragt werden. Deshalb wird auch nur der Versicherungsschutz der Bewohner abgeschätzt, d. h. ob Eigentümer einer Mietwohnung gegen Elementarschäden am Wohngebäude versichert sind, bleibt unbeachtet. Unbeschadet dessen ist es für die Bewältigungskapazität des jeweiligen Haushaltes – hier des Haushaltes zur Miete – jedoch entscheidend, ob dieser Haushalt gegenüber Hochwasserschäden versichert ist, in diesem Fall wäre das Inventar gegenüber Hochwassergefahren zu schützen.

**Berechnung des Indikators nach Variante 1:**

Stehen Daten zum Haushaltseinkommen zur Verfügung, kann der prozentuale Anteil des Versicherungsschutzes mit Hilfe einer linearen Regression abgeschätzt werden.

Die zugehörige Formel der linearen Regression mit einer unabhängigen Variablen lautet:

Formel 4a:

$$y = b_0 + b_1 x_1$$

y ist hier der Anteil der Haushalte, die gegenüber Elementarschäden versichert sind,

$x_1$  ist das Haushaltseinkommen (netto) und  
 $b_i, i = 0,1$  sind die zu schätzenden Regressionskoeffizienten.

#### **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse**

1. Bestimmen Sie die Anteile der Versicherten pro Einkommensklasse
2. Erstellen Sie eine lineare Regression mit den Mittelwerten der Einkommensklassen als unabhängige und den Anteilswerten der Versicherten in der jeweiligen Einkommensklasse. Dafür bestimmen Sie zunächst die jeweiligen Mittelwerte der Einkommensklasse als unabhängige Variable (z. B. 1500 Euro für die Klasse 1000 bis 2000 Euro, für eine offene obere Klasse muss ein Schätzwert festgelegt werden). Dann bestimmen Sie die Anteile des Versicherungsschutzes für jede Einkommensklasse, die in der Regel mit der Höhe des Einkommens zunehmen. Anschließend führen Sie eine lineare Regression zwischen den Mittelwerten der jeweiligen Einkommensklasse und den Anteilswerten der Haushalte mit einer Elementarschaden-Versicherung durch.

Mit dem linearen Regressionsmodell kann jeder Einkommenshöhe ein Anteilswert des Versicherungsschutzes zugeordnet werden.

Den gesamten Anteilswert (pro Raumeinheit) erhalten Sie dann durch folgende Berechnung:

#### Formel 4b:

Anteil Versicherte =

(Anteil HH Einkommensklasse 1 in einer Raumeinheit \* Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 1) +

(Anteil HH Einkommensklasse 2 in einer Raumeinheit \* Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 2) +

(Anteil HH Einkommensklasse 3 in einer Raumeinheit \* Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 3) +

... . (plus weitere Einkommensklassen und ihr Anteil an versicherten Haushalten)

#### **Berechnung des Indikators nach Variante 2:**

Ersatzweise, im Falle der Nicht-Verfügbarkeit von Einkommensdaten, können auch Daten zur Anzahl der Eigentümer und Mieter in einer Raumeinheit als erste Orientierung zur Abschätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* herangezogen werden. Dieses Vorgehen ist damit zu begründen, dass in der UNU-EHS Haushaltsbefragung die Gruppe der Eigentümer nachweislich zu einem höheren Anteil gegenüber Hochwasserrisiken versichert ist als dies innerhalb der Gruppe der Mieter der Fall ist. Bei den Eigentümer-Haushalten entsteht vielfach auch der größere finanzielle Schaden, da neben dem Inventar häufig auch das Haus deutlichen Schaden nimmt. Eigentümer, die in ihrem eigenen Haus wohnen, verfügen also möglicherweise nicht nur im Rahmen der Hausratversicherung über eine Zusatzversicherung gegen Elementarschäden, sondern auch im Rahmen der Wohngebäudeversicherung. Für die Mieter ist meist nur eine Versicherung des Hausrats gegenüber Elementarschäden relevant.

Analog zur Anwendung der Kreuztabelle bei der Berechnung der Evakuierungsfähigkeit lautet die Formel zur Berechnung des Indikators *potenzieller Versicherungsschutz*:

#### Formel 5:

Anteil versicherte Haushalte =

(Anteil Mietwohnungen in einer Raumeinheit \* Anteil versicherte Mieter) +

(Anteil Wohnungen bewohnt vom Eigentümer in einer Raumeinheit \* Anteil versicherte Eigentümer).

### **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse**

Erstellen Sie Kreuztabellen mit Eigentümer / Mieter und der Elementarschaden-Versicherung. Bestimmen Sie die prozentualen Anteile der Elementarschaden-Versicherten und ggf. Cramers-V zur Validierung des Zusammenhangs. Verwenden Sie diese Werte in Formel 5.

Die Visualisierung der berechneten Werte in einer Karte macht räumliche Unterschiede im *potenziellen Versicherungsschutz* der Haushalte in den einzelnen Raumeinheiten sichtbar. Die Karte lässt z. B. solche Bereiche erkennen, in denen die finanzielle Bewältigungskapazität der Haushalte aufgrund eines nicht vorhandenen *Versicherungsschutzes* gegenüber Hochwasserschäden besonders gering sein dürfte.

### **Berechnung des Indikators Hochwassererfahrung**

**Frage:** *Wie viele Haushalte haben bereits ein Hochwasser am Wohnort erlebt?*

#### **Benötigte Daten:**

- Wohndauer am Wohnort (Einwohnermelderegister)

#### **Arbeitsschritte:**

Die Angaben der Wohndauer der Haushalte liegen wahrscheinlich klassiert vor (z. B. 0 bis 2, 3 bis 5 Jahre usw.), verwenden Sie in diesem Fall jeweils den Mittelwert. Schätzen Sie die theoretische Wahrscheinlichkeit bislang kein Hochwasser erlebt zu haben für jede Wohndauerklasse und Expositionslage, indem Sie diese in Formel 6a eingeben. Schätzen Sie die tatsächliche Hochwassererfahrung, indem Sie die theoretische Hochwassererfahrung in Formel 6b eingeben. Die zugehörigen Regressionsparameter der UNU-EHS Haushaltsbefragung finden Sie in Anhang 7.4 F.

Verknüpfen Sie die so gewonnenen Informationen über die Attribut-Tabelle mit den räumlichen Informationen im GIS. Stellen sie diese in einer Karte dar.

Um abzuschätzen, wie viele Personen über Hochwassererfahrung an ihrem Wohnort verfügen, wird zunächst die theoretische Wahrscheinlichkeit dafür berechnet. Dabei wird neben der Wohndauer auch der Expositionsgrad sowie die statistische Wiederkehrwahrscheinlichkeit des Hochwassers für den ausgewählten Wohnstandort einbezogen; die statistische Wiederkehrwahrscheinlichkeit des Hochwassers wird dabei aus der Gebietszugehörigkeit (z. B. HQ-100 Gebiet oder HQ-500 Gebiet) bestimmt.

#### **Formel 6a:**

$$P(\text{keine Hochwassererfahrung}) = (1 - 1/HQ)^{\text{wohndauer}}$$

Für „HQ“ ist hier z. B. 100 (HQ-100 Gebiet) oder 500 (HQ-500 Gebiet) einzusetzen. Für „wohndauer“ wird die Zahl der Jahre, die ein Haushalt in dem Haus oder in der Wohnung am aktuellen Wohnstandort (aktuelle Adresse) lebt, eingesetzt.

Ein hundertjährliches Hochwasserereignis tritt in jedem Jahr mit der Wahrscheinlichkeit  $1/100=0.01$  ein. Die Wahrscheinlichkeit, dass es nicht eintritt, ist dann die Gegenwahrscheinlichkeit von 0.99. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt in einem HQ-

100 Gebiet bei einer Wohndauer von 20 Jahren kein Hochwasser erlebt, ist damit theoretisch  $0.99$  hoch  $20$ .

Das logistische Regressionsmodell für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier Hochwassererfahrung ja / nein) und einer unabhängigen Variablen (hier: theoretische Hochwassererfahrung), lautet<sup>14</sup>:

Formel 6b:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit  $z = b_0 + b_1 x_1$ .

$P(Y=1)$  ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Zustand 1 (hier der Hochwassererfahrung), sie nimmt Werte zwischen 0 und 1 an.

$x_1$  ist die unabhängige Variable, hier die theoretische Hochwassererfahrung.

$b_i$ ,  $i=0,1$  sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden (vgl. auch Schätzung der Evakuierungsfähigkeit mit *Variante 2*).

$P(Y=1)$ , also die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Zustandes Hochwassererfahrung=nein, kann hier als Anteil der Haushalte in der Raumeinheit interpretiert werden, die noch kein Hochwasser am Wohnort erlebt haben.

Für die Darstellung der Ergebnisse in Raumeinheiten müssen die Ergebnisse mit den Haushaltsanteilen der einzelnen Wohndauerklassen und den Anteilen der Haushalte im HQ-100 und im HQ-500 Gebiet entsprechend gewichtet werden.

#### **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse**

1. Bestimmen Sie die Mittelwerte der Wohndauerklassen.
2. Berechnen Sie die theoretischen Hochwassererfahrungen je Wohndauerkategorie und Expositionslage.
3. Erstellen Sie ein logistisches Regressionsmodell mit der theoretischen Hochwassererfahrung als unabhängige Variable und der tatsächlichen Hochwassererfahrung als abhängige Variable. Verwenden Sie die Regressionskoeffizienten aus diesem Modell in der Formel 6b.

#### **- Abbildung Bev\_Abb5\_ erfahrung einfügen -**

Abbildung 4.5: Die Karte stellt die potenzielle Hochwassererfahrung auf Haushaltsebene am Beispiel der Stadt Köln dar. Die Daten, auf deren Grundlage der Indikator bestimmt wurde, lagen auf Stadtviertelebene vor.

### **4.3 Erstellung eines Sets von kommunalspezifischen Verwundbarkeitsindikatoren**

Neben dem Set von standardisierten Kernindikatoren (siehe Kapitel 4.2) zur Abschätzung der Verwundbarkeit werden weitere kommunalspezifische Indikatoren vorgeschlagen, die sich primär aus Daten eigener kommunaler Erhebungen speisen, d. h. nur mit Hilfe zusätzlicher Befragungen oder als Bestandteil von kommunalen Umfragen erfassbar sind.

#### **4.3.1 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung**

<sup>14</sup> Vgl. z. B. Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff & Rolf Weiber (2005): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin, Heidelberg, S. 431.

Neben den in Kapitel 4.2.3 vorgeschlagenen Kernindikatoren zur Erfassung der Anfälligkeit können bei Durchführung eigener Befragungen auch weitere kommunalspezifische Indikatoren angewendet werden. Im Folgenden sollen die beiden Indikatoren *Hochwassersensibilität* und *Informationslage zur Hochwassergefährdung* als solche beschrieben werden.

#### **Berechnung des Indikators *Hochwassersensibilität***

Die *Hochwassersensibilität* basiert auf der Auswertung dieser Frage: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“ Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 können entsprechende Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht. Die Einschätzungen der eigenen Hochwasserexposition werden anschließend mit der tatsächlichen Exposition unter Annahme des von Ihnen gewählten Szenarios überschritten.

Insgesamt ist der Indikator *Hochwassersensibilität* als die gemittelte Bewertung (die Durchschnittswerte der Klassenwerte von Klasse 1 ‚sehr unwahrscheinlich‘ bis Klasse 8 ‚sehr wahrscheinlich‘ – zu verstehen und stellt damit ein direktes Maß der von den befragten Haushalten subjektiv eingeschätzten Hochwassergefahr dar. Die Visualisierung in der Karte gibt die subjektive Einschätzung der Hochwassergefahr der befragten Haushalte im Vergleich zu deren tatsächlicher *Exposition* wieder. Anhand dieser Darstellung lassen sich dann Stadtviertel und Stadtteile erkennen, in denen die *Hochwassersensibilität* sehr gering (oder sehr hoch) ist, obschon eine *Hochwasserexposition* gegeben ist.

#### **Berechnung des Indikators *Informationslage zur Hochwassergefährdung***

Die Erfassung der *Informationslage* der Haushalte gegenüber Hochwassergefahren am Wohnort wurde durch diese Frage erhoben: „Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“ Als Antwortkategorien werden die folgenden aufgeführt:

- A) JA, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten.
- B) JA, ich habe selbst Informationen eingeholt.
- C) NEIN, ich habe keine Informationen erhalten oder eingeholt.

Die Auswertung dieser Frage zeigt auf, wie hoch der Informationsgrad der Bevölkerung hinsichtlich der Hochwassergefahr zum Zeitpunkt des Bezugs der Wohnung bzw. des Hauses war. Die Beantwortung erfolgt unabhängig vom Zeitpunkt des Einzugs, so dass sowohl Befragte, die schon länger am Wohnort leben, erfasst werden, als auch Befragte, die gerade erst in die Wohngegend gezogen sind. Des Weiteren lässt die Auswertung der Antwortmöglichkeiten eine Differenzierung zwischen den Haushalten, die Informationen zur Hochwassergefährdung selbstständig eingeholt haben und den Haushalten, die diese Informationen durch die Stadt oder Dritte erhalten haben, zu. Demzufolge können auch Stadtteile ermittelt werden, in denen die Kommune bzw. Bezirksvertretungen recht aktiv (oder eben nur in geringem Maße) entsprechende Informationen bereitgestellt haben.

Unabhängig davon, ob sich die Befragten mittlerweile informiert haben oder durch den Eintritt eines Hochwasserereignisses auf die Gefährdung aufmerksam wurden, kann man davon ausgehen, dass die Haushalte, die in einer exponierten Lage leben und die bei der Auswahl ihres Wohnstandortes keine Informationen über Hochwassergefahren bei der Entscheidung oder der Auswahl ihres Wohnstandortes in exponierter Lage hatten, verwundbarer gegenüber Hochwasserereignissen sind als Informierte.

#### **4.3.2 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung**

An dieser Stelle werden die Indikatoren *tatsächlicher Versicherungsschutz* und *Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte* als zusätzliche, kommunalspezifische Indikatoren im Bereich Bewältigungskapazität beschrieben.

##### **Berechnung des Indikators *tatsächlicher Versicherungsschutz***

Neben der bereits durch den Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* abgedeckten Frage, welche Haushalte potenziell über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen (im Kernindikatorenset ausgehend von den Befragungen und dem Einkommensniveau bzw. dem Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeschätzt) wird mit dem kommunalspezifischen Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* diese Information durch eine direkte Erhebung ermittelt. Die Frage, mit deren Hilfe bei der Durchführung einer Befragung die notwendigen Informationen eingeholt werden, lautet: „Haben Sie für Ihre Wohnung oder ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?“ Außer der Elementarschaden-Versicherung, welche als einzige der genannten Hochwasserschäden abdeckt, können die Antwortkategorien für weitere Untersuchungen mehrere Versicherungen umfassen, z. B. Wohngebäudeversicherung, Haftpflichtversicherung, Hausratversicherung, sowie die Kategorien ‚Sonstiges‘ und ‚Weiß nicht‘.

Der Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* erlaubt wichtige Rückschlüsse über die finanzielle Bewältigungskapazität von Haushalten gegenüber Hochwasserschäden. Anders als der ersatzweise über das Haushaltseinkommen bzw. das Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeleitete Versicherungsschutz im Kernindikatorenset, vermag der tatsächliche Versicherungsschutz lokalen Besonderheiten Raum zu geben.

##### **- Abbildung Bev\_Abb6\_tats\_Versicherung einfügen -**

Abbildung 4.6: Die Karte stellt den Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* auf Haushaltsebene am Beispiel der Stadt Köln dar. Die Daten, auf deren Grundlage der Indikator bestimmt wurde, lagen auf Stadtteilebene vor.

##### **Berechnung des Indikators *Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte***

Um einen gewissen Einblick in die tatsächlichen Hochwasservorsorgemaßnahmen privater Akteure zu erhalten sollten Sie die Frage „Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt? Wenn ja, welche?“ in die Befragung mit aufnehmen. Während der erste Teil der Frage eine generelle Einschätzung erlaubt, ermöglicht der zweite Teil eine weitere Klassifizierung nach der Art der getroffenen Maßnahmen. Diese können anschließend z. B. in folgende Kategorien untergliedert werden: A Fundamentale Maßnahmen (z. B. Umzug), B finanzielle Vorsorge (z. B. Versicherung), C technisch-bauliche Maßnahmen mit geringem Aufwand (z. B. Rückstauventil), D technisch-bauliche Maßnahmen mit hohem Aufwand (z. B. Mauerbau), E organisatorische Maßnahmen (z. B. Plan zum Hochstellen von Besitztümern).

#### **4.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen**

Nach der Durchführung des Assessments, der Anwendung der Kernindikatoren und ggf. auch der Berechnung des kommunalspezifischen Indikatorensets, liegt Ihnen eine breite Datenbasis zur Ausprägung und räumlichen Verteilung bestimmter Verwundbarkeitskriterien auf kommunaler Ebene vor. Es gilt nun die Ergebnisse des Verwundbarkeitsassessments zu nutzen, um nach Möglichkeit eine Verbesserung der Situation herbei zu führen. Auch wenn die Ergebnisse innerhalb ihrer Kommune erfreulich ausfallen sollten, so ist die Vorbereitung auf ein zukünftiges Hochwasser, die Information und Sensibilisierung der Bevölkerung, die

fortlaufende Optimierung von Einsatzplänen und die Weiterentwicklung von Schutzmaßnahmen ein nicht endender Prozess. Die Aussagekraft der Einzelindikatoren und die daraus ableitbaren Handlungsoptionen für Ihre Kommune ergeben sich dabei direkt aus den in Kapitel 4.1.4 und 4.1.5 genannten Beiträgen zur Verwundbarkeitsabschätzung.

## 5 Verwundbarkeitsassessment der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen

### **Zielsetzung**

Mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens soll es ermöglicht werden, eine kleinräumige Betrachtung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen durchzuführen und die Ergebnisse in sinnvoller Weise zu bewerten. Die auf diesem Weg geschaffene Informationsgrundlage kann nicht nur der Einschätzung der aktuellen Verwundbarkeit dienen, sondern stellt gleichzeitig die Grundlage zur Ableitung von Handlungsoptionen dar und bietet die Möglichkeit zur Abwägung von Planungsalternativen.

### **Voraussetzungen**

Eine Voraussetzung zur Durchführung des hier vorgestellten Verfahrens zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Umwelt ist die Verfügbarkeit von relevanten Umweltdaten in digitaler Form sowie die Anwendung eines Geographischen Informationssystems (GIS). Die konkreten Arbeitsschritte werden hier anhand der Software ArcGIS 9.2 beschrieben, es kann jedoch selbstverständlich auf eine alternative Software mit entsprechendem Funktionsumfang zurückgegriffen werden.

Sollten Ihnen keine digitalen Informationen zur Verfügung stehen, so ist das im Folgenden beschriebene Vorgehen nicht in vollem Umfang durchführbar. Es bietet sich ggf. an, das Verwundbarkeitsassessment zum Anlass zu nehmen, Datenbestände in ein GIS-kompatibles, digitales Datenformat zu bringen.

### **5.1 Verwundbarkeit der Umwelt**

Um die im folgenden Assessment-Verfahren vorgestellten Schritte nachvollziehen und umsetzen zu können, bedarf es der Klärung bestimmter Begriffe und eines Einblicks in grundsätzliche Festlegungen, die hinsichtlich der Verwundbarkeitsabschätzung im Bereich Umwelt getroffen werden mussten. Diese sollen im Folgenden in knapper Form dargelegt werden.

#### **5.1.1 Umweltdefinition**

Der Begriff Umwelt wird in diesem Leitfaden über die Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen definiert<sup>15</sup>. Als solche gelten die Bodenbildung, der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und damit Bereitstellung von Nahrungsmitteln und von sauberem Grundwasser für die Trinkwasserversorgung, die Sicherung des Genpools, die Sauerstoffproduktion, Beiträge zum klimatischen Ausgleich u. a. Funktionen, die der Sicherung der menschlichen Lebensgrundlage dienen. Die Umwelt gilt gegenüber einem Ereignis dann als verwundbar, wenn die aufgeführten Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen infolge dessen eingeschränkt werden könnten. Mit der Beeinträchtigung der Funktionen und Dienstleistungen wäre direkt oder indirekt eine Einschränkung der Bereitstellung der Grundlagen menschlichen Lebens verbunden.

#### **5.1.2 Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen im Hochwasserfall**

Hochwasser ist grundsätzlich als ein natürliches Phänomen in Auenlandschaften zu bezeichnen. Folgerichtig besteht für die Umwelt keine Verwundbarkeit gegenüber den natürlichen Prozessen des Hochwassers – Überschwemmungen sind vielmehr notwendige

---

<sup>15</sup> Für detailliertere Informationen zu diesem Bereich sei auf die in Kapitel 1 beschriebene Publikation in der Reihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ verwiesen, in welcher die wissenschaftlichen Grundlagen zur Erstellung des vorliegenden Leitfadens im Detail dargelegt werden.

Voraussetzung für die Entstehung und ein wichtiger Beitrag zum Erhalt des Lebensraums der Aue. Zwar ändert sich nach einem Hochwasserereignis die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften, der Boden kann abgetragen und mitgeführtes Material sedimentiert werden, doch diese Prozesse gehören zur natürlichen Auendynamik. Die Umweltfunktionen werden dadurch nicht nachhaltig beeinträchtigt.

Eine Einschränkung der Umweltfunktionen und damit die Verwundbarkeit der Umwelt besteht dann, wenn die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte potenzielle Kontaminationsquellen trifft und dort zu einer Freisetzung von Schadstoffen führen kann. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen die Anlagen nach § 19 g WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV (Störfallbetriebe), im Folgenden nur als Anlagen / Betriebsbereiche bezeichnet<sup>16</sup>, sowie Altlasten<sup>17</sup>. Es verbleiben darüber hinaus weitere Kontaminationsquellen, die nicht unter die drei genannten Kategorien fallen. So könnten beispielsweise auch landwirtschaftliche Nutzflächen oder Bahntrassen, von denen Chemikalien gespült werden können, als potenziell gefährlich betrachtet werden. Diese sollen aber zunächst unberücksichtigt bleiben – zum einen, um das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt zu vereinfachen, zum anderen, weil die Erfahrungen aus den vergangenen Hochwasserereignissen eine besonders hohe Gefährdung durch die bereits genannten Anlagen und Flächen gezeigt hat. Diese Operationalisierung hat zudem den Vorteil, dass die zu ihrer Anwendung benötigten Informationen in den Kommunen vorliegen sollten.

Es sind somit nur die Ausschnitte der Umwelt verwundbar, die innerhalb des Einflussbereiches der potenziellen Kontaminationsquellen liegen. Die Höhe der Verwundbarkeit dieser Umweltausschnitte ergibt sich zum einen aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt (vgl. Kapitel 5.1.3) und zum anderen aus dem Grad der schädlichen Auswirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen. Damit wird das Verwundbarkeitsassessment nicht auf die direkten Einwirkungen des Naturereignisses Hochwasser, sondern auf die dadurch in Gang gesetzten Ereignisketten (Kontaminationsproblematik) bezogen.

### 5.1.3 Verwundbarkeitskriterien

Wie in Kapitel 5.1.2 ausgeführt spielt die Exposition der Umwelt gegenüber Kontaminationen eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt. Neben der räumlichen Nähe zu den hier angeführten Kontaminationsquellen gibt es jedoch auch verwundbarkeitsrelevante Umwelteigenschaften, die diese gegenüber den Einwirkungen von Schadstoffen besonders anfällig machen bzw. die die Fähigkeit der Umwelt zur Bewältigung der Hochwassersituation negativ beeinflussen. Diese sollen zusammen mit den möglichen Kontaminationsquellen als Verwundbarkeitskriterien betrachtet und im Folgenden genauer beschrieben werden.

#### ***Exposition (gegenüber Kontaminationsquellen)***

Dieses Verwundbarkeitskriterium bezieht sich, wie bereits angedeutet, nicht auf das gesamte Überschwemmungsgebiet, da die Umwelt gegenüber den im Zusammenhang mit einem Hochwasser natürlich auftretenden Prozessen als nicht verwundbar eingeschätzt

---

<sup>16</sup> WARM, H.-J. & K.-E. KÖPKE (2007): Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen). Berlin.

<sup>17</sup> Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: „Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser“, z. B. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & K. ULLRICH 2005; WALTHER, W. & D. MARRE 2005

wird. Vielmehr werden Ausschnitte aus dem Überschwemmungsgebiet, in denen aufgrund ihrer Nähe zu möglichen Kontaminationsquellen mit Belastungen zu rechnen ist, betrachtet. Hinsichtlich der Schadstoffe aus Altlasten kann festgehalten werden, dass diese über den ansteigenden Grundwasserspiegel im Hochwasserfall remobilisiert werden können und den Boden und anschließend, bei sinkenden Grundwasserspiegel, möglicherweise auch das Grundwasser kontaminieren. Es ist darüber hinaus denkbar, dass infolge erhöhter Niederschläge, die ggf. zu dem Hochwasser führten, verstärkt Versickerungsprozesse einsetzen, die eine Auswaschung der Schadstoffe in den Boden und das Grundwasser zur Folge haben. Über den Bodenpfad und die Nährstoff- bzw. Nahrungsaufnahme können weiterhin pflanzliche und tierische Lebensgemeinschaften durch die freigesetzten Schadstoffe bedroht werden. Über den Zwischenabfluss im Boden und den Grundwasserpfad können zudem Fließgewässer oder weitere Oberflächengewässer kontaminiert werden, wobei die Gefahr besteht, dass aquatische Lebensgemeinschaften beeinträchtigt werden. Da im Fließgewässer rasch Verdünnungseffekte einsetzen und für Fließgewässer gegenüber Kontaminationen innerhalb eines vergleichsweise kleinen Betrachtungsraumes, wie einer Kommune, keine spezifischen Verwundbarkeitsunterschiede festzumachen sind<sup>18</sup>, bleiben Aussagen zur Betroffenheit der Fließgewässer bei der Verwundbarkeitsermittlung der Umwelt in dem vorliegenden Leitfaden unberücksichtigt. Die Ausbreitung von Schadstoffen aus Altlasten im Boden verläuft im Hochwasserfall nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal. Im Fall der Verlagerung der Schadstoffe aus dem Boden in das Grundwasser erfolgt über Jahrzehnte eine horizontale Ausbreitung in Fließrichtung des Grundwassers. Diese soll aber zur Vereinfachung des Verwundbarkeitsassessments nicht berücksichtigt werden. Zusätzlich zu den Altlasten stehen häufig auch Daten zu sog. Altlastenverdachtsflächen zur Verfügung. Es ist ratsam auch diese in das Verwundbarkeitsassessment aufzunehmen. Eine Anleitung dazu, wie mit diesen Flächen umgegangen werden kann, wird in Kapitel 5.2 bei Erläuterung des 1. Assessment-Schritts gegeben.

Trifft die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen / Betriebsbereiche, kann es zum Stoffaustrag kommen. Je nach Transportkraft des abfließenden Hochwassers und den Eigenschaften der freigesetzten Schadstoffe, kommt es in Fließrichtung des Hochwassers zu Ablagerungen. Daraus können sich direkte Belastungen für den Boden oder Vegetation ergeben. Über den Bodenpfad besteht die Möglichkeit, dass die Belastungen über Versickerung an das Grundwasser, über den Zwischenabfluss an Fließgewässer oder über Nährstoffaufnahme an die Pflanzen und Tiere weitergegeben werden. Mit zunehmender Entfernung von der Kontaminationsquelle setzen Verdünnungseffekte im Oberflächenwasser ein, so dass sich die potenziell schädliche Auswirkung abschwächt.

### ***Verwundbarkeitsrelevante Umwelteigenschaften***

Zur Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften, wurden die nachfolgend beschriebenen Kriterien ausgewählt. Sie ergeben sich aus den in Kapitel 5.1.1 und 5.1.2 erläuterten Überlegungen, dass sich die Verwundbarkeit der Umwelt in der Beeinträchtigung der Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen ausdrückt:

---

<sup>18</sup> Betrachtet man einen größeren Untersuchungsraum, z. B. eine Region oder ganz Deutschland, könnte als Kriterium der Verwundbarkeit von Fließgewässern eventuell die Gewässergüte gewählt werden. Vor allem die Betrachtung von Fließgewässern mit besonders hoher Gewässergüte scheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, denn diese erfüllen die Umweltfunktionen / Ökosystemdienstleistungen wie Bereitstellung eines intakten aquatischen Lebensraumes oder auch Bereitstellung von sauberem Wasser als Grundlage für die Trinkwasserversorgung noch gut bis sehr gut und tragen daher eine besondere Bedeutung. Innerhalb von Kommunen können allerdings eindeutige Unterschiede in der Gewässerqualität kaum ausgemacht werden.

- **Schutzwürdigkeit der Böden**
- **Grundwassergeschüttheit**
- **Biotopwert**

Die in den Kommunen vorhandenen Daten zur Schutzwürdigkeit der Böden in einem engen Verhältnis zur Gefahr des Verlusts der Funktionsfähigkeit von Böden bei Eintritt einer Kontamination. Ein sehr schutzwürdiger Boden steht für eine hohe Verwundbarkeit, da im Fall einer Kontamination die Gefahr besteht, dass aktuell noch relativ intakte Bodenfunktionen im Anschluss nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr erfüllt werden können. Die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust von Grundwasserfunktionen wird über die Größe der natürlichen Grundwassergeschüttheit dargestellt. Eine geringe Grundwassergeschüttheit ist mit einer hohen Verwundbarkeit gleichzusetzen, da im Fall einer Kontamination die Schadstoffe relativ ungehindert zum Grundwasser vordringen können. Der Biotopwert macht Aussagen darüber, wie wertvoll die Lebensräume von Lebensgemeinschaften sind, und damit wie gut die Arten- und Biotopschutzfunktion erfüllt wird. Es ist davon auszugehen, dass wertvolle Biotope auch Lebensgemeinschaften beherbergen, die die Funktionen der Sicherung des Genpools, der Sauerstoffproduktion, der CO<sub>2</sub>-Aufnahme, der Bestäubung, der Bodenbildung etc. sehr gut erfüllen. Wertvolle Biotope stehen demnach für eine hohe Verwundbarkeit, da in diesen Fällen ein sehr hoher Funktionsverlust zu erwarten wäre.

Diese Kriterien können zwar auch getrennt von einander betrachtet werden (vgl. Kapitel 5.3), bilden jedoch vor allem in Kombination die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelteigenschaften. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nach der hier getroffenen Annahmen besonders schutzwürdige Böden und besonders wertvolle Biotope (sowie die dort angesiedelten Lebensgemeinschaften) als sehr verwundbar einzustufen, da sie von besonderer Bedeutung sind. Sie erfüllen ihre Umweltfunktionen und Ökosystemdienstleistungen noch sehr gut und sind damit für die menschliche Lebensgrundlage unverzichtbar. Bei einer Kontamination, gerade mit Schwermetallen oder schwer abbaubaren organischen Stoffen, ist eine vollständige Regeneration nicht gegeben. Die menschliche Lebensgrundlage wäre somit langfristig eingeschränkt. Grundwasser mit einer sehr geringen Grundwassergeschüttheit wird als sehr verwundbar angesehen, da hier die Bereitstellung von Rohwasser für die Trinkwasserversorgung bei einem Schadstoffeintrag mit hoher Wahrscheinlichkeit beeinträchtigt wäre. Die hohe Durchlässigkeit und/oder geringe Mächtigkeit der Bodenschichten würde ein Einsickern der Schadstoffe bis in die grundwasserführenden Schichten begünstigen.

## **5.2 Abschätzung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen**

Nach der Bereitstellung wichtiger Vorinformationen zur Durchführung, soll in diesem Kapitel aufgeteilt in Einzelschritte das Assessment-Verfahren vorgestellt und eine Anleitung zur Interpretation der Ergebnisse gegeben werden.

### **5.2.1 Ablaufschema**

Die hier vorgestellte Methode hat das Ziel, die zuvor beschriebenen Daten zu systematisieren und zu Verwundbarkeitsaussagen zusammenzuführen. Das Ablaufschema in Abbildung 5.1 illustriert das Vorgehen.

#### **- Abbildung 5.1: Umwelt\_Abb1\_Verfahrensübersicht einfügen -**

*Abbildung 5.1: Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode (Eigene Darstellung; Kathleen Meisel, MLU)*

Nach einer Überprüfung des Vorhandenseins möglicher Kontaminationsquellen in der Kommune, ist zunächst die Festlegung eines Hochwasserszenarios vorzunehmen. Dieser Schritt bildet die Grundlage für das weitere Vorgehen – alle folgenden Schritte und die am Ende ermittelten Assessment-Ergebnisse beziehen sich stets auf das ausgewählte Szenario. Im nächsten Schritt ist eine Expositionsanalyse der potentiellen Kontaminationsquellen gegenüber dem Überschwemmungsgebiet des Szenarios durchzuführen. Nur wenn eine Exposition der unter dieser Kategorie zusammengefassten Anlagen und Flächen abzusehen ist, muss das Assessment weitergeführt werden. Sollte dies der Fall sein, so müssen im Anschluss die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt betrachtet werden. Aus den an diesem Punkt im Assessment-Prozess gewonnenen Informationen, der Exposition der Kontaminationsquellen und den Eigenschaften der Umwelt, kann im Anschluss in einem zweistufigen Verknüpfungsverfahren die Verwundbarkeit der Umwelt bestimmt werden. Neben der Ermittlung der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit kann es sinnvoll sein, Einzelbetrachtungen vorzunehmen. So könnte betrachtet werden, inwieweit schutzwürdige Böden oder wertvolle Biotopie infolge eines Hochwassers von den potenziell schädlichen Auswirkungen der Anlagen / Betriebsbereichen betroffen wären. Weiterhin empfiehlt es sich zu untersuchen, an welchen Stellen speziell das Grundwasser oder schutzwürdige Böden von einem möglichen Schadstoffaustrag aus Altlasten bedroht sein könnten. Es könnte weiterhin untersucht werden, ob von Altlasten bedrohtes Grundwasser im Einflussbereich von Trinkwasserschutzgebieten liegt. Zu diesen Einzelbetrachtungen werden im vorliegenden Leitfaden in Kapitel 5.3 einzelne Beispiele aufgeführt.

### **5.2.2 Verwundbarkeitsklassen**

Es erfolgt im Laufe des Assessments eine Einteilung von Flächen bzw. Umweltausschnitten zunächst in eine 5-stufige, später in eine 7-stufige Verwundbarkeitskala. Die Klasseneinteilung ergibt sich dabei aus den einzelnen Assessment-Schritten und gibt eine graduelle Verwundbarkeitsabstufung wieder.

### **5.2.3 Gliederung der einzelnen Schritte**

Im Folgenden soll Schritt für Schritt eine Anleitung zur Durchführung des Verwundbarkeitsassessments der Umwelt auf kommunaler Ebene gegeben werden. Bei der Beschreibung der einzelnen Assessment-Schritte wird versucht eine einheitliche Gliederung (Information, Arbeitsschritt(e), Beispiel(e), Hinweise zum Umgang mit Datenlücken) einzuhalten.

### **5.2.4 Durchführung des Assessments Schritt für Schritt**

#### **1. Schritt: Bestimmung und Verortung der Kontaminationsquellen**

Zu Beginn des Verwundbarkeitsassessments sollte zunächst überprüft werden, ob sich mögliche Kontaminationsquellen (vgl. Kapitel 5.1.2) innerhalb der betrachteten Kommune befinden.

*Frage: Gibt es in Ihrer Kommune Anlagen nach §19g WHG, Betriebsbereiche nach 12. BImSchV und / oder Altlastenflächen? Wenn ja, sind die Standorte dieser möglichen Kontaminationsquellen bekannt?*

**Arbeitsschritt:** Überprüfen Sie, ob sich in Ihrer Kommune eine oder mehrere der genannten Kontaminationsquellen befinden. Sollte es keine solchen auf dem Gebiet ihrer Kommune geben, so erübrigen sich alle weiteren Assessment-Schritte und das Assessment endet mit

dem besten möglichen Ergebnis. Sollten jedoch Kontaminationsquellen in Ihrer Kommune existieren, so beginnen Sie mit dem Aufbau eines GIS, indem Sie einen neuen View öffnen. Als Kartengrundlage sollten neben den administrativen Grenzen einige Informationen, welche die Orientierung erleichtern (beispielsweise Gebäudegrundrisse und Verkehrswege) verwendet werden. Fügen Sie die Standorte bzw. Flächen aller potentiellen Kontaminationsquellen als ein neues Thema in das GIS ein.

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Liegen Ihnen keine Informationen über Anlagen / Betriebsbereiche in der Kommune vor, so sollten Sie sich an die genehmigende Behörde (z. B. Bezirksregierungen) wenden. Besitzt die Kommune kein Altlastenkataster, so kann sie in der Regel auf das der Regierungsbezirke oder des Landes zurückgreifen. Sollten die Daten zu den Anlagen / Betriebsbereichen nicht in getrennten Datensätzen vorliegen, so können diese auch zusammengenommen als Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ abgespeichert und weiterverwendet werden. Sollten zusätzlich Informationen zu Altlastenverdachtsflächen vorliegen, so bietet sich entweder die Möglichkeit, diese als eine zusätzliche Kontaminationsquelle zu behandeln und analog zu den Altlastenflächen zu verfahren, oder die beiden Themen zu einem gemeinsamen Thema ‚Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen‘ zusammenzuführen. Im Zweifelsfall sollten diese Flächen wie Altlasten behandelt werden, damit möglicherweise vorhandene Gefahren nicht unberücksichtigt bleiben. Dieser Schritt wird im GIS über den ‚Union‘-Befehl ausgeführt.

## **2. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios**

Der Schritt erfolgt nach der in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Vorgehensweise.

## **3. Schritt: Bestimmung der Exposition von Kontaminationsquellen gegenüber Hochwasser**

Mit diesem Schritt entscheidet sich, ob die weitere Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Umwelt für Ihre Kommune erforderlich ist. Wenn sich ergibt, dass tatsächlich potenzielle Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebiets des im 2. Schritt definierten Hochwasserszenarios bzw. der -szenarien liegen, so sollte das Assessment unbedingt weitergeführt werden. Sollte dies nicht der Fall sein, besteht keine Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber dem angenommenen Hochwasserereignis. Dies bedeutet, dass das Verwundbarkeitsassessment für die Kommune an dieser Stelle mit dem besten möglichen Ergebnis beendet ist.

*Frage: Liegen potenzielle Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebiets des von Ihnen definierten Hochwasserszenarios?*

**Arbeitsschritt:** Öffnen Sie ein View, in dem die Überschwemmungsgebiete des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios dargestellt werden. Fügen Sie die potenziellen Kontaminationsquellen als Themen hinzu. Überprüfen Sie, ob eine oder mehrere potenzielle Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet des Hochwasserszenarios liegen.

Überlagern Sie dazu das Thema ‚Administrative Grenzen‘ mit den Themen ‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1 (2,3,...)‘, ‚Altlasten‘ sowie ‚Anlagen / Betriebsbereiche‘. Um ein Überblick zu bekommen, können Sie zunächst einfach im View schauen, ob potenzielle Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet liegen. Reicht Ihnen diese Abschätzung nicht aus, können Sie unter Nutzung der GIS-Funktion ‚Clip‘ wie folgt vorgehen:

Verwenden Sie ‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1 (2,3,...)‘ als Schablone für die Clip-Funktion und schneiden sie auf diesem Weg alle exponierten Kontaminationsquellen aus

den anderen Themen aus. Die so entstandenen Themen können als ‚exponierte Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘, ‚exponierte Anlagen Szenario 1 (2,3,...)‘ und ‚exponierte Betriebsbereiche Szenario 1 (2,3,...)‘ bezeichnet werden. Die Attributtabelle der neuen Themen enthalten die Informationen zu den exponierten Kontaminationsquellen. Ist die Attributtabelle leer, so liegen keine Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet. Sollten Sie keine getrennten Themen erhalten, sondern mit dem Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ gearbeitet haben, so verfahren Sie mit diesem genauso und erzeugen Sie so das Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche Szenario 1 (2,3,...)‘. Sollte sich im Überschwemmungsgebiet vom einem oder mehreren Szenarien keine Kontaminationsquelle befinden, so kann für dieses Szenario die Verwundbarkeitsabschätzung der Umwelt mit dem Ergebnis einer nicht vorhandenen Verwundbarkeit beendet werden. Für dieses Szenario liegt keine Verwundbarkeit vor. Für alle weiteren muss das Assessment fortgesetzt werden.

**Beispiel:** Dargestellt wird der Schritt anhand der Stadt Köln für ein festgelegtes Extremhochwasserszenario von HQ-500. Da potenzielle Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet liegen, besteht eine hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Umwelt und das Assessment wird fortgesetzt.

- **Abbildung 5.2: Umwelt\_Abb2\_Expositionstest einfügen** -

*Abbildung 5.2: Expositionstest*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Es wurden keine neuen Informationen einbezogen, sondern bereits vorhandene miteinander in Verbindung gebracht. Sollten bis zu diesem Schritt keine Datenlücken aufgetreten sein, so ist auch dieser Schritt problemlos durchführbar.

#### **4. Schritt: Bestimmung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation**

Sollte sich bei der Durchführung des 3. Assessment-Schrittes gezeigt haben, dass sich potentielle Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebiets des (oder der) von Ihnen betrachteten Szenarios (Szenarien) befinden, so gilt es in einem nächsten Schritt, die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation zu bestimmen. Diese ergibt sich aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt (vgl. Kapitel 5.1.3). Die drei Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden, ‚Grundwassergeschützttheit‘ und ‚Biotopwert‘ sollten in den entsprechenden Themen bereits klassifiziert (= rangskaliert) vorliegen (z. B. sehr geringe, geringe, mittlere, hohe und sehr hohe Grundwassergeschützttheit). Diese Kriterien können, sofern es die Datenlage zulässt, für die gesamte Gemeindefläche in einem GIS räumlich dargestellt werden. Sollte zu einem späteren Zeitpunkt ein anderes Überschwemmungsgebiet gewählt werden, können die Flächen, für die Daten zu verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften vorliegen, jederzeit damit verschnitten werden.

Über eine logische Verknüpfung der Daten, bei der jedes Kriterium gleich stark gewichtet wird, werden in diesem Assessment-Schritt Aussagen zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation erzeugt. Diese Informationen werden im Folgenden im Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ gespeichert und auch als solche bezeichnet. Das Verfahren der logischen Verknüpfung unter Nutzung von funktionalen Zusammenhängen und Präferenzmatrizen (=Verknüpfungsmatrizen) lässt sich, wie im folgenden Arbeitsschritt beschrieben, in der Regel in jedem GIS umsetzen.

Um die nachfolgenden Verknüpfungsschritte besser nachvollziehen zu können, sollten sie die detaillierte Erläuterung bei der Vorgehensweise der logischen Verknüpfung im Anhang des Leitfadens nachlesen (vgl. Anhang 7.5).

#### **Arbeitsschritt:**

Laden Sie die umweltrelevanten Eigenschaften ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ als Themen in einen neuen View des GIS ein. Die Kriterien können somit in ihren Ausprägungen ‚sehr gering‘, ‚gering‘ u. s. w. räumlich dargestellt werden. Für die nächsten Arbeitsschritte benötigen Sie die von Ihnen erarbeiteten Präferenzmatrizen (zum Vorgehen siehe Anhang 7.5). Im ersten Schritt der logischen Verknüpfung in Ihrem GIS bedienen Sie sich dem ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl des Werkzeugkastens und wählen dort die beiden zu verknüpfenden Kriterien, also die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und die ‚Grundwassergeschüttheit‘ aus. Mit Ausführen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, welches Sie beispielsweise ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ nennen. In der dazugehörigen Attributtabelle dieses Themas erscheinen die Datensätze beider Kriterien. Erzeugen Sie in dieser Tabelle eine neue Spalte. Nun nutzen Sie in der Attributtabelle das Abfragefenster. Dort müssen Sie nacheinander jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen beider Kriterien abfragen, z. B. Schutzwürdigkeit = I AND Grundwassergeschüttheit = II. Werden die abgefragten Datensätze markiert, muss in das markierte Feld der neuen Spalte das entsprechende Ergebnis aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind. Nun können Sie sich das neue Thema ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ klassifiziert nach der neuen Spalte im View anzeigen lassen. Für die Verknüpfung dieses Zwischenergebnisses mit dem dritten verwundbarkeitsrelevanten Kriterium ‚Biotopwert‘ gehen sie analog vor, d. h. Sie nutzen den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl, wählen die beiden Themen ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ und ‚Biotopwert‘ aus, legen in der Attributtabelle des neuen Themas, welches als ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ bezeichnet wird, eine neue Spalte an. Fragen Sie nacheinander jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen der beiden Themen ab und tragen Sie die entsprechenden Ergebnisse aus der Präferenzmatrix in die Felder der neuen Spalte ein. Sind alle Ergebnisse eingetragen, können Sie sich im View das neue Thema ‚Umweltinformation‘ klassifiziert nach der neuen Spalte anzeigen lassen. Sie sehen die räumliche Verbreitung der Wertstufen ‚sehr gering‘, ‚gering‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘ der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation.

**Beispiel:** Zunächst werden die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften ‚Grundwassergeschüttheit‘, ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und der ‚Biotopwert‘ als Themen im GIS am Beispiel Köln dargestellt. In Köln weist die Grundwassergeschüttheit fünf Ausprägungen (I-V), die Schutzwürdigkeit der Böden vier Ausprägungen (I-IV) und der Biotopwert drei Ausprägungen (I-III) auf.

#### **- Abbildung 5.3: Umwelt\_Abb3\_Verwundkriterien einfügen -**

*Abbildung 5.3: Verwundbarkeitsrelevante Kriterien: Grundwassergeschüttheit, Schutzwürdigkeit der Böden, Biotopwert*

Nachfolgend werden für das Beispiel Köln die Funktionen, die die Bedeutung der verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften für die Verwundbarkeit verdeutlichen, sowie die Verknüpfungsmatrizen dargestellt. Da die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Grundwassergeschüttheit‘ in Köln in der gleichen Anzahl an Ausprägungen wie in den dargestellten Beispielfunktionen vorliegen, müssen die Funktionsverläufe weder gestreckt noch gestaucht werden. Sie können so wie sie sind zum Ablesen der Verwundbarkeitswerte übernommen werden (siehe Abbildungen 5.4, 5.5) (detaillierte Erläuterung dazu im Anhang 7.5). Für das Beispiel Köln wurde bereits die logische Verknüpfung beider Größen zum

Zwischenergebnis ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ vorgenommen, so dass sich die in Abbildung 5.6 dargestellte Präferenzmatrix als Vorlage für die Arbeitsschritte im GIS ergibt.

<p>- <b>Abbildung 5.4: Umwelt_Abb4_FKT_Schutzw</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.4: funktionaler Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit</i></p>	<p>- <b>Abbildung 5.5: Umwelt_Abb5_FKT_GWG</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.5: funktionaler Zusammenhang zwischen der Grundwassergeschützteit und der Verwundbarkeit</i></p>	<p>- <b>Abbildung 5.6: Umwelt_Abb6_Umwelt_Matrix_GWG_Schutzw</b> einfügen  <i>Abbildung 5.6: Präferenzmatrix aus der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschützteit</i></p>
---	--	---

Da in Köln der Biotopwert nur 3 Ausprägungen aufweist, muss der Verlauf, wie in Abbildung 5.7 dargestellt, gestaucht werden. Die Verknüpfung aus den beiden Größen ‚Umweltinformation\_Zwischenergebnis‘ und dem ‚Biotopwert‘ wurde ebenfalls für das Beispiel Köln bereits vorgenommen (siehe Abbildung 5.9).

<p>- <b>Abbildung 5.7: Umwelt_Abb7_FKT_Biotopwert</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.7: funktionaler Zusammenhang zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit</i></p>	<p>- <b>Abbildung 5.8: Umwelt_Abb8_FKT_UmweltinfZE</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.8: funktionaler Zusammenhang zwischen dem Umweltinformation_Zwischenergebnis und der Verwundbarkeit</i></p>	<p>- <b>Abbildung 5.9: Umwelt_Abb9_Matrix_Umweltinf_Biotopwert</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.9: Präferenzmatrix aus dem Biotopwert dem Umweltinformation_Zwischenergebnis</i></p>
--	---	--

Als Ergebnis der Verknüpfungen kann eine Karte der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation, hier für das Beispiel Köln, dargestellt werden.

- **Abbildung 5.10: Umwelt\_Abb10\_Umweltinformation** einfügen -  
*Abbildung 5.10: Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Die Schutzwürdigkeit der Böden kann, sofern sie nicht vorliegt, aus verschiedenen Parametern erzeugt werden. In manchen Kommunen ist die ‚Naturnähe‘ von Böden über Kriterien wie Lebensraum-, Regel- und Archivfunktion erfasst. Liegt diese vor, so können besondere Bodenfunktionen auch daraus abgeleitet werden. Die so entstandenen Einstufungen bilden dann die Wertstufen der Schutzwürdigkeit der Böden. Es besteht auch die Möglichkeit, über die Einschätzung der Erfüllung der Kriterien ‚Archivfunktion‘, ‚Biotopentwicklung‘ und ‚Fruchtbarkeit / Regelungsfunktion‘ die ‚Schutzwürdigkeit‘ zu generieren.

Fehlen Aussagen zur Grundwassergeschützteit so können diese ebenfalls über verschiedene in der Literatur beschriebene Verfahren generiert werden. Eine Möglichkeit bietet das Hölting-Verfahren<sup>19</sup>, was auf Sickerwasserberechnungen beruht. Ein einfacheres Verfahren stellt die Verknüpfung der Daten von Mächtigkeit und Durchlässigkeit der dem Grundwasser überlagernden Bodenschichten dar. Liegt für die Kommune keine Biotopbewertung vor, so sollte sie diese auf Grundlage der Biotoptypenkartierung vornehmen. Alle drei Informationen sind für die Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt essentiell und sollten, wenn nicht vorhanden, selbst über die bereits angesprochenen Verfahren erzeugt werden.

Möglich ist es auch, dass die verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformationen wie am Beispiel von Köln ersichtlich, nicht flächenhaft dargestellt werden können, da die einzelnen Datensätze zur ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, zur ‚Grundwassergeschützteit‘ und zum ‚Biotopwert‘ nicht für die gesamte Fläche der Kommune vorliegen. Es ist häufig der Fall, dass im innerstädtischen Bereich die Stadtböden nicht kartiert sind. Somit können keine Aussagen zur ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ gemacht werden. ‚Weiße Flecken‘ auf der Karte bedeuten, dass hier keine Informationen zu den Umwelteigenschaften vorliegen. Es gilt zu

<sup>19</sup>Hölting et al (1995): Konzept zur Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, LAWA Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie

beachten, dass diese Flächen dennoch potentiell eine hohe und aufgrund der Informationslage unentdeckte Verwundbarkeit aufweisen können.

### **5. Schritt: Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten**

#### ***(Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den potenziellen Schadwirkungen von Altlastenflächen)***

Nach der Identifizierung der relevanten Umwelteigenschaften im vorangegangenen Assessment-Schritt, sollen diese nun mit der ersten Kontaminationsquelle, den Altlastenflächen, kombiniert werden. Die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen von Altlastenflächen ergibt sich aus der Verschneidung der Umweltflächen, für die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformationen vorliegen, mit den potenziellen Kontaminationswirkungen von Altlasten.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe aus Altlasten wie bereits beschrieben im und nach dem Hochwasserereignis im Boden und angestiegenem Grundwasser vorwiegend vertikal verläuft (vgl. Kapitel 5.1.2), werden bei der Exposition der entsprechenden Umweltflächen ausschließlich die auf und unter der Altlastenfläche befindlichen Biotope, Böden bzw. Bodenschichten und das Grundwasser betrachtet. Die Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasserleiter in Fließrichtung im Fall des Schadstoffeintrages in das Grundwasser wird mit dem Ziel das Verfahren möglichst einfach zu halten nicht mit berücksichtigt<sup>20</sup>. Allein für die Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenflächen besteht potentiell eine Exposition gegenüber einer möglichen Kontamination. Ein Umweltausschnitt ist dabei sehr verwundbar, wenn dort eine Altlastenfläche auf eine sehr hohe Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation (aus Verfahrensschritt 4) trifft.

In dem vorgestellten Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten nicht weiter differenziert, da aus Datenschutzgründen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlastenverdachts- bzw. Altlastenflächen vorlagen. Sollten Sie die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Schadwirkungen aus Altlasten genauer ermitteln wollen, kann beispielsweise die nach der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu genutzt werden, das schädliche Potenzial einer Altlastenfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten und mit der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus dem Verfahrensschritt 4 zu verknüpfen.

*Frage: Welche Flächen sind gegenüber der Kontamination mit Altlasten exponiert bzw. welche Ausschnitte der Umwelt sind gegenüber Altlasten verwundbar?*

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie die ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ sowie die ‚Altlasten‘ in einem neuen View dar. Ergänzen Sie diese um das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios (Thema ‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1 (2,3...‘). Verwenden Sie die Altlastenflächen als Schablone und schneiden Sie über die ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Funktion die betroffenen Umweltbereiche aus dem Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ aus. Speichern Sie diese Flächen in einem neuen Thema ab und benennen Sie diesen mit ‚Umweltverwundbarkeit gegenüber Altlasten‘. Nun schneiden Sie auf demselben Weg die unter Annahme Ihres Hochwasserszenarios von Überschwemmung betroffenen Flächen aus dem Thema

---

<sup>20</sup> Sind Schadstoffe aus Altlasten ins Grundwasser gelangt, verbreiten sich die Schadstoffe über Jahrzehnte mit der Strömungsrichtung des Grundwassers. Da aber zur Vereinfachung des Verfahrens keine Grundwasserströmungsmodellierung eingesetzt werden soll und ein einsetzender Verdünnungseffekt im Grundwasser zusätzlich berechnet werden müsste, wird nur die unmittelbare Gefahr am Eintragsort betrachtet.

„Umweltverwundbarkeit gegenüber Altlasten“ aus, indem Sie das von Ihnen gewählte Überschwemmungsgebiet als Schablone verwenden. Als Ergebnis erhalten Sie die Umweltausschnitte, die unter Annahme des von Ihnen festgelegten Szenarios gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Altlasten verwundbar sind.

**Beispiel:** In der Karte wurde am Beispiel Kölns die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation gegenüber den Altlastenflächen dargestellt. Durch zusätzliches Verschneiden der Altlastenflächen mit dem Überschwemmungsgebiet bei einem Extremhochwasserereignis (HQ-500 Szenario) werden nur die verwundbaren Umweltflächen gegenüber Altlasteneinträgen bei einem Extremhochwasserereignis dargestellt.

- **Abbildung 5.11: Umwelt\_Abb11\_Verw\_Altlasten einfügen** -

*Abbildung 5.11: Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung von Altlasten*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Es gilt zu bedenken, dass die Informationen zu potentiell verwundbaren Flächen gegenüber Altlasten nicht unbedingt vollständig sind. Hinter „weißen Flecken“ auf der Karte können sich Umweltflächen mit hoher Umweltverwundbarkeit verbergen. Aufgrund fehlender Daten zu den einzelnen Kriterien können aber an diesen Stellen keine Aussagen zur Verwundbarkeit gemacht werden. Das ist beispielsweise in Köln der Fall, wo der Untergrund im innerstädtischen Bereich nicht flächendeckend hinsichtlich der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschützte kartiert ist. Folglich können an diesen Stellen auch keine Aussagen zur Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten getroffen werden. Die Zuverlässigkeit der Aussage ist also in hohem Maße abhängig von der Qualität und Vollständigkeit der zur Verfügung stehenden Daten.

## **6. Schritt: Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Stoffen aus den Anlagen/ Betriebsbereichen**

***Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach §19g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV***

Nach Berücksichtigung der Altlasten sollen nun die übrigen Kontaminationsquellen, die in Kapitel 5.1.3. definierten Anlagen / Betriebsbereiche betrachtet werden. Hierfür gilt, dass diejenigen Umweltausschnitte gegenüber einer möglichen Kontamination verwundbar sind, die im Einflussbereich eines möglichen Schadstoffaustrags aus den angesprochenen Anlagen und Betriebsbereichen liegen. Dabei ist die abnehmende Schadwirkung der in der Hochwasserwelle gelösten Schadstoffe mit zunehmender Entfernung von den Anlagen und Betriebsbereichen zu beachten.

Es sind diejenigen umgebenden Umweltausschnitte gegenüber potenziellen Kontaminationen sehr verwundbar, die zum einen eine sehr hohe Wertstufe hinsichtlich der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aufweisen und zum anderen im unmittelbaren Einflussbereich einer Anlage / eines Betriebsbereiches liegen.

***Frage:*** Welche Flächen sind gegenüber der Kontamination mit Stoffen aus Anlagen / Betriebsbereiche exponiert bzw. welche Ausschnitte der Umwelt sind gegenüber diesen verwundbar?

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie die „Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation“ sowie die „Anlagen“ und die „Betriebsbereiche“ in Ihrem GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um das gewählte Hochwasserszenario (Überschwemmungsgebiet Szenario 1,2,3...). Sollten die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vorliegen, so vereinigen Sie beide

über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl. Mit dem Ausführen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, welches sowohl die Anlagen als auch die Betriebsbereiche enthält. Benennen Sie dieses Thema als ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘. Sollten die Themen nie getrennt vorgelegen haben, so verwenden Sie das bereits bestehende Thema weiter.

Erzeugen Sie nun aus dem so entstandenen Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ ein neues Thema, welches mit ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘ bezeichnet wird. Es sollten 3 Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m<sup>21</sup> vom Standort der Kontaminationsquelle aus entstehen. Mit Hilfe des ‚Dissolve ALL‘ Befehls lassen sich alle Pufferzonen mit gleichem Abstand zur Kontaminationsquelle zusammenfassen. Den auf diesem Weg entstandenen Bereichen ordnen Sie in der Attributtabelle des Themas Wertigkeiten der schädlichen Auswirkung zu. Allen Bereiche innerhalb einer Distanz von 170 m kommt eine hohe (Wertstufe III), den Bereichen in einer Distanz zwischen 170 m und 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und den Bereichen in einer Distanz zwischen 245 m und 300m eine geringe Schadwirkung der Kontaminationen (Wertstufe I) zu.

Nun gilt es die auf diesem Weg ermittelten Expositionsflächen mit den ‚Verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformationen‘ zu verknüpfen. Um die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Schadwirkungen aus Anlagen / Betriebsbereiche zu ermitteln, müssen Sie die Themen ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘ und das Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ logisch verknüpfen (vgl. Anhang 7.5). In diesem Fall müssen Sie die Funktionsverläufe nicht mit Rücksicht auf Ihre spezifische Datenlage anpassen, also stauchen oder strecken, denn die Zusammenhänge zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Verwundbarkeit sowie zwischen der Kontaminationsintensität, dargestellt über die Pufferzonierung, und der Verwundbarkeit stehen fest. Damit liegt Ihnen die in Abbildung 5.12 aufgezeigte Präferenzmatrix bereits vor. Für die logische Verknüpfung im GIS müssen Sie lediglich die Werte aus dieser Matrix übernehmen.

#### **- Abbildung 5.12: Umwelt\_Abb12\_Matrix\_Puffer\_Anlagen einfügen -**

*Abbildung 5.12: Präferenzmatrix aus verwundbarkeitsrelevanter Umweltinformation und der Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche (Pufferzonierung)*

Verknüpfen Sie in Ihrem GIS über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl das Thema ‚Kontaminationswirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit dem Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘. Damit entsteht automatisch ein neues Thema, das die Datensätze beider Themen enthält (benannt als ‚Umweltverwundbarkeit gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘). Verfahren Sie nun wie in Arbeitsschritt 4 beschrieben weiter: Legen Sie in der Attributtabelle des neuen Themas eine neue Spalte an. Fragen Sie dann im Abfragefenster alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Themen ab und tragen Sie in die neuen Felder der markierten Datensätze jeweils die entsprechenden Werte aus der Präferenzmatrix ein. Ist die neue Spalte vollständig gefüllt, können Sie sich im View das neue Thema klassifiziert nach der neuen Spalte anzeigen lassen.

---

<sup>21</sup> Die Distanzen wurden nach einer in der in Kapitel 1.1 angekündigten Projektpublikation in der Reihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ beschriebenen Methode ermittelt. Obwohl die schädliche Wirkung von Kontaminationen nur in Fließrichtung auftreten kann, wird zur Vereinfachung des Verfahrens und um der Unberechenbarkeit des exakten Abflusses Rechnung zu tragen ein ringförmiger Bereich mit einheitlichem Abstand um die Kontaminationsquelle angenommen. Die tatsächliche Ausbreitungsfähne der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle kann nicht ohne Zuhilfenahme komplexerer Verfahren ermittelt werden.

Im Ergebnis erscheinen die Umweltausschnitte, die gegenüber der Schadwirkung aus den Anlagen und den Betriebsbereichen verwundbar sind. Dabei werden nur die Umweltausschnitte innerhalb der Pufferzonen dargestellt. Das so entstandene Thema wird ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘ benannt.

Nun verschneiden Sie über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen definierten Szenarios mit den innerhalb der Pufferzonen liegenden verwundbaren Umweltflächen. Als Ergebnis erhalten Sie das Thema ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen Szenario 1 (2,3,...)‘

**Beispiel:** In der abgebildeten Karte ist das Ergebnis aus der Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den potenziellen Kontaminationswirkungen ausgehend von den Anlagen / Betriebsbereichen und der Verschneidung mit dem Überschwemmungsgebiet eines Extremhochwassers (HQ-500) dargestellt.

- **Abbildung 5.13: Umwelt\_Abb13\_Verw\_Anlagen einfügen** -

*Abbildung 5.13: Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung von Anlagen / Betriebsbereichen*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Es gilt zu bedenken, dass Informationen zu potenziell verwundbaren Umweltflächen gegenüber der Kontamination mit Stoffen aus relevanten Anlagen / Betriebsbereichen nicht vollständig sein müssen. Im hier angeführten Beispiel der Stadt Köln erscheinen deshalb in der Karte nur vereinzelt verwundbare Flächen.

## **7. Schritt: Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen im Hochwasserfall**

Es ist davon auszugehen, dass sich die schädlichen Auswirkungen und damit die gesamte hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Umwelt bei einer Überlagerung der Schadwirkungen ausgehend von den unterschiedlichen Kontaminationsquellen erhöht. Liegt beispielsweise der Einflussbereich einer Anlage nach §19g WHG, über einer Altlastenfläche, so wird die Verwundbarkeit des sich dort befindlichen Umweltausschnittes gesteigert.

***Frage:** Überlagern sich die Umweltausschnitte, die gegenüber potenziellen Schadwirkungen aus Altlasten und aus den Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar sind?*

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie die Themen ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten‘ (Ergebnis aus Verfahrensschritt 5) und ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘ (Ergebnis aus Verfahrensschritt 6) in einem neuen View dar, und prüfen Sie ob eine Überlagerung vorliegt (vgl. Verfahrensschritt 3).

Falls zu erkennen ist, dass es zu Überlagerungen kommt, so verknüpfen Sie beide Themen (‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten‘ und ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘) über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht ein neues Thema, das Sie als ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen‘ bezeichnen. Erstellen Sie in der Attributtabelle des auf diesem Weg entstandenen Themas eine neue Spalte, in welche die Verknüpfungsergebnisse aller Kombinationsmöglichkeiten eingetragen werden.

In der Attributtabelle des so entstandenen Themas sind grundsätzlich zwei Fälle möglich. Entweder liegen die Umweltausschnitte, die gegenüber der Kontamination von Altlasten bzw. von Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar sind, nicht übereinander, sondern nebeneinander (in diesen Fällen werden die Verwundbarkeitsabstufungen der beiden Themen 1 : 1 in das neue Feld übertragen), oder sie überlagern sich. In diesen Fällen wird der Mittelwert aus beiden Verwundbarkeitsabstufungen um zwei Klassen erhöht und in das neue Feld eingetragen. Damit geht die bisher 5-stufige Bewertung in eine 7-stufige

Bewertung über. Liegt für beide Themen der Wert I vor, so werden diesen Datensätzen nun in der vereinten Attributtabelle der Wert III zugeordnet. Das neue Thema 'Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen' wird nun über die neue Spalte klassifiziert. Die neu erzeugten sieben Wertstufen der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Schadwirkungen könnte folgendermaßen verbal beschrieben werden: ‚besonders gering verwundbar‘ – ‚sehr gering verwundbar‘ – ‚gering verwundbar‘ – ‚mittel verwundbar‘ – ‚hoch verwundbar‘ – ‚sehr hoch verwundbar‘ – ‚besonders hoch verwundbar‘. Somit sind im GIS die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenverdachtsflächen und Pufferzonen um die Anlagen / Betriebsbereiche ersichtlich. Es handelt sich dabei um jene Umweltausschnitte, die bei dem von Ihnen definierten Hochwasserszenario gegenüber einer möglichen Kontamination ausgehend von potenziellen Kontaminationsquellen verwundbar sind.

**Beispiel:** Als Ergebnis der Durchführung der Arbeitsschritte kann nun in einem GIS die hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Umwelt unter Berücksichtigung aller potenzieller Kontaminationsquellen dargestellt werden. Beispielhaft ist das hier für die Stadt Köln bei einem Extremhochwasserereignis (HQ-500) erfolgt.

- **Abbildung 5.14: Umwelt\_Abb14\_Verw\_ALLpotSQ einfügen -**

*Abbildung 5.14: Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potentiellen Kontaminationsquellen*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Auch hier besteht die Möglichkeit, dass Flächen, die in der Realität verwundbar gegenüber potenziellen Kontaminationen sind, auf Grund fehlender Informationen in den einzelnen Themen, nicht dargestellt werden. Es ist also bei der Interpretation der Karten Vorsicht geboten.

### **5.3 Betrachtung der Verwundbarkeit einzelner Umweltbereiche**

Je nach Interessenslage können über die Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Umwelt hinaus Einzelbetrachtungen bestimmter Umweltbereiche und Kontaminationsquellen durchgeführt werden. Im Folgenden werden daher beispielhaft zusätzliche Möglichkeiten, die vorhandenen Themen zu nutzen und ggf. sinnvoll durch weitere Informationen zu ergänzen, aufgeführt. Dabei kann untersucht werden, an welchen Stellen und zu welchem Grad der Boden, das Grundwasser oder Biotope durch potenzielle Kontaminationen aus den genannten Quellen beeinträchtigt werden können bzw. wie verwundbar diese sind.

Wie bereits beim Verfahren der Ermittlung der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit erwähnt, wird die Verwundbarkeit der Umwelt durch die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt beeinflusst. Soll nun die Verwundbarkeit des Bodens, des Grundwassers und der Biotope einzeln ermittelt werden, müssen die verwundbarkeitsrelevanten Boden-, Grundwasser- und Biotopinformationen, die sich aus den einzelnen verwundbarkeitsrelevanten Boden-, Grundwasser- und Biotopeigenschaften ergeben, berücksichtigt werden. Die verwundbarkeitsrelevante Bodeneigenschaft wird durch das Kriterium der Schutzwürdigkeit der Böden, die verwundbarkeitsrelevante Grundwassereigenschaft durch das Kriterium der Grundwassergeschütztheit und die verwundbarkeitsrelevante Biotopeigenschaft durch das Kriterium des Biotopwertes repräsentiert. Dabei können, wie in Kapitel 5.1.3 dargelegt, sehr schutzwürdige Böden, sehr wertvolle Biotope und sehr gering geschützte Grundwasserbereiche als sehr verwundbar interpretiert werden.

Bei der Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Bodeninformation und der verwundbarkeitsrelevanten Grundwasserinformation mit den potenziellen

Kontaminationswirkungen von Altlastenflächen wird nur die Wertabstufung der Boden- und der Grundwasserinformationen (= Wertabstufung der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschützteit) innerhalb der Altlasten betrachtet, da nur hier eine unmittelbare Gefahr einer möglichen Kontamination besteht. Die Höhe der Verwundbarkeit richtet sich in dem Fall nur nach der Höhe der Schutzwürdigkeit der Böden bzw. der Grundwassergeschützteit. Wie im Zusammenhang mit Verfahrensschritt 4 beschrieben, kann die Gemeinde Detailuntersuchungen nach BBodSchV nutzen, um die potenzielle Schädigung ausgehend von Altlasten differenzierter zu bewerten und somit die Höhe der Verwundbarkeit genauer zu ermitteln.

Bei der Verknüpfung der Kontaminationswirkung aus Anlagen und Betriebsbereichen beispielsweise mit der verwundbarkeitsrelevanten Boden- bzw. Biotopinformation, werden nicht nur die Wertabstufungen des Kriteriums ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und des Kriteriums ‚Biotopwert‘ innerhalb des durch die Pufferzonen dargestellten Einflussbereiches betrachtet. Vielmehr erfolgt hier zusätzlich eine logische Verknüpfung der abgestuften Schädigungen um die Anlagen/Betriebsbereiche mit den unterschiedlichen Wertabstufungen der verwundbarkeitsrelevanten Boden- und Biotopinformation. Somit ist die Höhe der Verwundbarkeit nicht nur von der Höhe der Schutzwürdigkeit des Bodens und der Biotopwerte abhängig, sondern auch von der Intensität der Schädigungen der Anlagen / Betriebsbereiche.

Auch eine Überlagerung mit den menschlichen Nutzungen der Umweltfunktionen könnte für die Kommune interessant sein. So könnten Sie beispielsweise untersuchen, ob sich im Bereich der Trinkwasserschutzgebiete Altlastenflächen befinden und ob an diesen Stellen das Grundwasser nur gering geschützt ist und somit eine große Gefahr für die Trinkwasserversorgung ausgehend von Altlasten besteht.

### **5.3.1 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und des Grundwassers gegenüber der Kontamination durch Altlasten**

Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, stellen Altlastenflächen im Fall ihrer Überflutung eine potenzielle Gefahr für den Boden und das Grundwasser dar. Eine Kontamination könnte die Bereitstellung von Grundwasser als Basis für die Trinkwasseraufbereitung beeinträchtigen. Eine sehr hohe Verwundbarkeit besteht dort, wo sehr schutzwürdige Böden und sehr gering geschütztes Grundwasser räumlich mit Altlastenflächen zusammentreffen. Befindet sich das potentiell gefährdete Grundwasser im Bereich von Trinkwasserschutzgebieten so entsteht eine Gefahr für die Versorgung der Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser. Die Verwundbarkeit des Grundwassers hinsichtlich der Trinkwassergewinnung ist dort am größten, wo sehr gering geschütztes Grundwasser innerhalb der Altlastenflächen auf eine Kernschutzzone der Trinkwasserschutzgebiete trifft.

#### **Verwundbarkeit des Bodens gegenüber Kontaminationen aus Altlasten**

*Frage: Wo und zu welchem Grad ist der Boden im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen aus Altlastenflächen verwundbar?*

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios (‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1,2,3,...‘) in Ihrem GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung, um die Themen ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Altlasten‘. Schneiden Sie mit Hilfe des ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehls die Altlastenflächen aus dem Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ aus, so dass nur noch die Bodenausschnitte innerhalb der Altlastenflächen mit den jeweiligen Wertabstufungen angezeigt werden. Nun verwenden

Sie das Überschwemmungsgebiet des von ihnen festgelegten Hochwasserszenarios als Schablone und schneiden Sie damit alle unter Annahme des Szenarios betroffenen Flächen aus dem neu entstandenen Thema aus. Als Ergebnis erhalten Sie die Bodenausschnitte, die bei Eintritt des von Ihnen definierten Szenarios gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Altlasten verwundbar sind. Das auf diesem Weg entstandene Thema kann als ‚Bodenverwundbarkeit durch Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘ bezeichnet werden.

**Beispiel:** Die folgende Karte veranschaulicht den gerade beschriebenen Arbeitsschritt. Hier sind die innerhalb der Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen liegenden Abstufungen der ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ bei Annahme eines HQ-100 Szenarios dargestellt.

- **Abbildung 5.15: Umwelt\_Abb15\_Verw\_Boden\_Altlasten einfügen** -

*Abbildung 5.15: Verwundbarkeit des Bodens unter Berücksichtigung von Altlasten*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Auch hier ist zu beachten, dass einige in der Realität verwundbare Bodenabschnitte durch die lückenhaft vorliegenden Informationen des Themas ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ nicht auf den Karten angezeigt werden könnten. Für die Stadt Köln ist dies beispielsweise gerade im innerstädtischen Bereich der Fall. Bei der Interpretation der Darstellungen ist aus diesem Grund Vorsicht geboten.

### **Verwundbarkeit des Grundwassers gegenüber Kontaminationen aus Altlasten**

**Frage:** *Wo und zu welchem Grad ist das Grundwasser im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen aus Altlastenflächen verwundbar?*

**Arbeitsschritt:** Verfahren Sie analog zur Verschneidung des Themas ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ im vorangegangenen Schritt mit dem Thema ‚Grundwassergeschütztheit‘. Das so entstandene Thema sollte ‚Grundwasserverwundbarkeit durch Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘ benannt werden.

**Beispiel:** Die Karte zeigt am Beispiel der Stadt Köln wie die Grundwassergeschütztheit innerhalb der potenziellen Schadwirkung ausgehend von Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen bei einem Hochwasser mit einer 100-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit (HQ-100) ausgeprägt ist.

- **Abbildung 5.16: Umwelt\_Abb16\_Verw\_GW\_Altlasten einfügen** -

*Abbildung 5.16: Verwundbarkeit des Grundwassers unter Berücksichtigung Altlasten*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Auch hier gilt es zu beachten, dass lückenhaft vorliegende Informationen im Thema ‚Grundwassergeschütztheit‘ zu einer unvollständigen Darstellung führen können. Dies ist im Fall der Stadt Köln zu beobachten (Abbildung 5.16).

### **Verwundbarkeit des Trinkwassers gegenüber Kontaminationen aus Altlasten**

In diesem Arbeitsschritt soll ermittelt werden, inwiefern sich Trinkwasserschutzgebiete mit Altlastenflächen überlagern. Dieser Schritt dient dazu herauszufinden, ob und wenn ja, an welchen Stellen, das Trinkwasser durch eine Kontamination aus Altlasten gefährdet sein könnte. Die Verwundbarkeit des Trinkwassers wird über die Verknüpfung der bereits im vorangehenden Schritt ermittelten Verwundbarkeit des Grundwassers innerhalb der Altlastenflächen mit den Schutzzonen der Trinkwasserschutzgebiete ermittelt. Sie benötigen also ein neues GIS-Thema, welches die Trinkwasserschutzgebiete darstellt, im Folgenden als Thema ‚Trinkwasserschutzgebiete‘ bezeichnet. Eine Verwundbarkeit des Trinkwassers besteht dann, wenn sich Trinkwasserschutzgebiete tatsächlich innerhalb von Altlastenflächen befinden. Die Verwundbarkeit des Trinkwassers ist dort sehr hoch, wo eine

sehr geringe Grundwassergeschüttheit innerhalb von Altlastenflächen auf die Trinkwasserschutzzone mit den höchsten Schutzauflagen trifft.

**Frage:** *Wo und zu welchem Grad ist das Trinkwasser im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen aus Altlastenflächen verwundbar?*

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie das Thema ‚Grundwasserverwundbarkeit durch Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘ sowie das Thema ‚Trinkwasserschutzgebiete‘ in einem neuen View dar. Überprüfen Sie, ob sich Trinkwasserschutzgebiete mit den Altlastenflächen bzw. mit den bereits klassifizierten Gebieten zur Grundwasserverwundbarkeit überlagern (vgl. Schritt 3). Ist dies der Fall, so liegt eine potentielle Gefährdung des Grundwassers vor.

Zur näheren Betrachtung sollten Sie zunächst das Thema ‚Trinkwasserschutzgebiete‘ klassifiziert nach den Schutzzonen I, II, III im View darstellen, bzw. eine entsprechende Klassifizierung vornehmen. Zur Ermittlung der Verwundbarkeit des Trinkwassers müssen nun die klassifizierten Trinkwasserschutzgebiete mit der Grundwasserverwundbarkeit gegenüber potenziellen Schadwirkungen von Altlasten nach dem in Anhang 7.5 beschriebenen Prinzip logisch verknüpft werden. Dazu müssen Sie den in Abbildung 5.17 dargestellten feststehenden Funktionsverlauf zwischen der Schutzzonierung und der Verwundbarkeit verwenden. Passen Sie den in Abbildung 5.18 dargestellten Funktionsverlauf zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit auf Ihre Anzahl der Ausprägungen der Grundwassergeschüttheit an. Tun Sie dies, indem Sie den Verlauf stauchen oder strecken und aus den beiden Verläufen für alle Ausprägungen der beiden Größen die Verwundbarkeitswerte ablesen, um diese nach Ihrem Ermessen zusammenzuführen und in die Präferenzmatrix aus den beiden Größen einzutragen. Im GIS setzen Sie die logische Verknüpfung nach dem gleichen Prinzip, wie in Schritt 4 beschrieben, um (vgl. Anhang 7.5).

Nachdem Sie beide Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl zu einem neuen Thema, das als ‚Trinkwasserverwundbarkeit‘ benannt wird, verknüpft haben, fügen Sie zunächst in der dazugehörigen Attributtabelle eine neue Spalte ein. Grundsätzlich werden in der Attributtabelle zwei Fälle deutlich. Zum einen liegen die Grundwasserbereiche innerhalb der Altlastenflächen und die Trinkwasserschutzgebiete nebeneinander, überlagern sich also nicht. In diesen Fällen besteht eine zu vernachlässigende Verwundbarkeit des Trinkwassers, da die Trinkwasserversorgung nicht unmittelbar von potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten gefährdet ist. In diese Datensätze tragen Sie in die neue Spalte keinen Wert ein – die Spalte bleibt an diesen Stellen leer. In anderen Fällen überlagern sich die Abstufungen der Verwundbarkeit des Grundwassers innerhalb der Altlastenflächen mit den Trinkwasserschutzgebieten, was auf eine Verwundbarkeit des Trinkwassers hinweist. In den entsprechenden Datensätzen werden die Ergebnisse der von Ihnen erstellten Präferenzmatrix in die neue Spalte eingegeben.

Das neue Thema ‚Trinkwasserverwundbarkeit‘ wird nun über das neue Feld klassifiziert. Da bei fehlender Überlagerung keine Wertzuweisung erfolgt, sehen Sie nur die für die Trinkwasserversorgung wesentlichen Grundwasserbereiche innerhalb des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios, die gegenüber möglichen Kontaminationen ausgehend von Altlasten verwundbar sind.

**Beispiel:** Nachfolgend werden die Funktionsverläufe, die den Zusammenhang der einzelnen zu verknüpfenden Themen mit der Verwundbarkeit verdeutlichen, dargestellt. Es werden zur Veranschaulichung die Daten der Stadt Köln genutzt. Die Präferenzmatrix zur Verknüpfung der Themen der klassifizierten Trinkwasserschutzzonierung und der Grundwassergeschüttheit ist in Abbildung 5.19 zu sehen. Die Verknüpfungsergebnisse beider Themen werden in die Attributtabelle des neuen Themas eingetragen. Im View

wurde das bei der Verknüpfung neu entstandene Thema nach der neuen Spalte klassifiziert. Das Ergebnis der Verknüpfung ist in Abbildung 20 dargestellt.

<p>- Abbildung 5.17: Umwelt_Abb17_FKT_TWSG einfügen -</p> <p>Abbildung 5.17: funktionaler Zusammenhang zwischen der Trinkwasserschutzzonierung und der Verwundbarkeit</p>	<p>- Abbildung 5.18: Umwelt_Abb18_FKT_GWG einfügen -</p> <p>Abbildung 5.18: funktionaler Zusammenhang zwischen der Grundwassergeschützteit und der Verwundbarkeit</p>	<p>- Abbildung 5.19: Umwelt_Abb19_Matrix_TWSG_GWG einfügen -</p> <p>Abbildung 5.19: Präferenzmatrix aus der Trinkwasserschutzzonierung und der Grundwassergeschützteit</p>
---	---	--

- Abbildung 5.20: Umwelt\_Karte9\_Verw\_Trinkwverw einfügen -  
 Abbildung 5.13: Verwundbarkeit des Trinkwassers unter Berücksichtigung von Altlasten

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Es gilt zu beachten, dass lückenhaft vorliegende Informationen zur ‚Grundwassergeschützteit‘ zu einer unvollständigen Darstellung der Verwundbarkeit des Trinkwassers führen.

### 5.3.2 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und der Biotope gegenüber Kontaminationen aus Anlagen / Betriebsbereichen

Erfolgt eine Schadstofffreisetzung aus in Kapitel 5.1.2. definierten Anlagen / Betriebsbereichen, so findet je nach Transportkraft des Hochwassers und Stoffeigenschaften der freigesetzten Schadstoffe eine Kontamination der Umgebung statt. Diese Schadstoffe können direkt die Böden und Pflanzen gefährden. Über den Pfad der Nährstoff- bzw. Nahrungsaufnahme kann ein weiterer Schadstofftransfer an die pflanzlichen und tierischen Lebensgemeinschaften erfolgen. Eine sehr hohe Verwundbarkeit besteht dort, wo sehr schutzwürdige Böden und wertvolle Biotope innerhalb des Einflussbereichs der genannten Kontaminationsquellen (innerhalb der in Schritt 6 erzeugten Pufferzonen) liegen.

#### Verwundbarkeit des Bodens gegenüber einer möglichen Kontamination aus Anlagen / Betriebsbereichen

Die Verwundbarkeit des Bodens gegenüber potenziellen Schädwirkungen ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen wird über die Verschneidung bzw. Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Bodeninformation, welche dem Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ entspricht, mit den Anlagen und Betriebsbereichen (Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘) ermittelt. Die Höhe der Verwundbarkeit ergibt sich aus der Höhe der Schutzwürdigkeit des Bodens und der Intensität der potenziellen Kontaminationswirkung (Pufferzonen).

**Frage:** Wo ist der Boden im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen von Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar?

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios in einem neuen View des GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um die Themen ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ sowie ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘. Die drei Pufferzonen unterschiedlicher Kontaminationsintensität haben Sie bereits angelegt (vgl. Schritt 6). Um eine Übersicht darüber zu erhalten, an welchen Stellen der Boden durch die potenziellen Schädwirkungen der Kontaminationsquellen gefährdet ist, können Sie sich nur die Bodenausschnitte, differenziert nach ihrer Schutzwürdigkeit, innerhalb des Einflussbereiches der Anlagen und Betriebsbereiche anzeigen lassen. Dazu schneiden Sie mit Hilfe des ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehls die Einflussbereiche der Kontaminationsquellen, repräsentiert durch die Pufferzonen im Thema ‚Kontaminationswirkung der Anlagen +

Betriebsbereiche', aus dem Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ aus. Dabei wird deutlich, ob und wenn ja, wo bei Eintritt des angenommenen Szenarios (1, 2, 3,...) sehr schutzwürdige Böden von den potenziell schädlichen Auswirkungen der Kontaminationsquellen bedroht sind.

Wollen Sie zudem den Grad der Verwundbarkeit dieser Bodenausschnitte genauer ermitteln, führen Sie eine logische Verknüpfung der beiden Themen ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘ mit der ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ durch. Dazu müssen Sie den in Abbildung 5.21 dargestellten feststehenden Funktionsverlauf zwischen der Kontaminationswirkung (Pufferzonierung) und der Verwundbarkeit verwenden. Passen Sie den in Abbildung 5.22 dargestellten Funktionsverlauf zwischen der Schutzwürdigkeit des Bodens und der Verwundbarkeit auf Ihre Anzahl der Ausprägungen der Schutzwürdigkeit des Bodens an. Dies können Sie umsetzen, indem Sie den Verlauf stauchen oder strecken und aus den beiden Verläufen für alle Ausprägungen der beiden Größen die Verwundbarkeitswerte ablesen, um diese nach Ihrem Ermessen zusammenzuführen und in die Präferenzmatrix aus den beiden Größen einzutragen. Nun erfolgt die Umsetzung der logischen Verknüpfung im GIS. Nachdem Sie beide Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl zu einem neuen Thema, verknüpft haben, fügen Sie zunächst in der dazugehörigen Attributtabelle eine neue Spalte ein. Im Abfragefenster der Attributtabelle fragen Sie nun wieder alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Größen ab und tragen die entsprechenden Werte aus Ihrer Präferenzmatrix in die neue Spalte der jeweils abgefragten und markierten Datensätze. Nun können Sie sich im View über die Klassifikation der neuen Spalte des verknüpften Themas die unterschiedlichen Verwundbarkeitsstufen des Bodens gegenüber der Schadwirkung ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen anzeigen lassen.

Dann verschneiden Sie über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das Überschwemmungsgebiet mit den innerhalb der Pufferzonen liegenden verwundbaren Bodenflächen. Als Ergebnis erhalten Sie die Bodenausschnitte, die bei Eintritt des von Ihnen definierten Hochwasserszenarios gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Anlagen und Betriebsbereichen verwundbar sind.

**Beispiel:** Zunächst sind die Funktionsverläufe, die die Abhängigkeit der Verwundbarkeit zum einen von der Intensität der Kontaminationswirkung (Pufferzonierung) und zum anderen von der Schutzwürdigkeit des Bodens zeigen, für das Beispiel Köln dargestellt (siehe Abbildung 5.21, 5.22). Die Präferenzmatrix beider Größen ist bereits erarbeitet (siehe Abbildung 5.23).

<p>- <b>Abbildung 5.21: Umwelt_Abb21_FKT_Pufferzon</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.21: funktionaler Zusammenhang zwischen der Pufferzonierung und der Verwundbarkeit</i></p>	<p>- <b>Abbildung 5.22: Umwelt_Abb22_FKT_Schutzw</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.22: funktionaler Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit</i></p>	<p>- <b>Abbildung 5.23: Umwelt_Abb23_Matrix_Pufferzon_Schutzw</b> einfügen -  <i>Abbildung 5.23: Präferenzmatrix aus der Schadwirkung der Anlagen / Betriebsbereiche (Pufferzonierung) und der Schutzwürdigkeit der Böden</i></p>
---	--	---

*Abbildung 5.24 stellt die Bodenbereiche, differenziert nach ihrer Schutzwürdigkeit, die innerhalb des Einflussbereiches der Anlagen / Betriebsbereiche bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ-100) liegen, dar. Abbildung 5.25 zeigt zudem den Grad der Verwundbarkeit dieser Bodenbereiche über die Verknüpfung der Schutzwürdigkeit der Böden mit den unterschiedlichen Schadwirkungen.*

- **Abbildung 5.24: Umwelt\_Abb24\_Verw\_Boden\_Anlagen** einfügen -
- **Abbildung 5.25: Umwelt\_Abb25\_Verw\_Boden\_Anlagen\_genau** einfügen -

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Es gilt zu bedenken, dass lückenhaft vorliegende Informationen im Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ zu einer unvollständigen Darstellung der Verwundbarkeit des Bodens im Einflussbereich der potenziellen Kontaminationsquellen führt.

### **Verwundbarkeit der Biotope gegenüber einer möglichen Kontamination von Anlagen / Betriebsbereichen**

Die Verwundbarkeit der Biotope gegenüber potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen wird über die Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Biotopinformation, welche dem Thema ‚Biotopwert‘ entspricht, mit den Anlagen und Betriebsbereichen ermittelt.

*Frage: Wo sind Biotope im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen von Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar?*

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios (Szenario 1,2,3,...) in einem neuen View Ihres GIS dar. Laden Sie dazu das Thema ‚Biotopwert‘ sowie die bereits zu einem gemeinsamen Thema vereinten Anlagen und Betriebsbereiche mit den in drei Pufferzonen dargestellten Einflussbereichen (Thema ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘) ein.

Eine Übersicht darüber, ob und wenn ja, an welchen Stellen die Biotope einschließlich der in ihnen zu findenden Lebensgemeinschaften durch die Kontaminationen aus Anlagen / Betriebsbereichen potentiell gefährdet sind, können Sie sich die Biotope, differenziert nach ihrem Biotopwert, innerhalb der Einflussbereiche von Anlagen und Betriebsbereichen anzeigen lassen. Dazu schneiden Sie über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl die Einflussbereiche, repräsentiert durch die Pufferzonen, aus dem Thema ‚Biotopwert‘ aus.

Wenn Sie anschließend über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das Ergebnis zusätzlich mit dem von Ihnen definierten Überschwemmungsgebiet verschneiden, sehen Sie die Biotope incl. der Lebensgemeinschaften, die innerhalb der Überschwemmungsflächen durch potenzielle Kontaminationen ausgehend von Anlagen und Betriebsbereichen verwundbar sind. Dabei wird ersichtlich, wo sehr wertvolle Biotope von einer potenziellen Schadwirkung bedroht sind.

Analog zum Verfahren, das im vorangegangenen Kapitel für die Verwundbarkeit des Bodens beschrieben ist, können Sie anschließend zur Verfeinerung der Verwundbarkeitsaussage auch graduelle Abstufungen genau ermitteln, indem Sie die unterschiedliche Intensität der Kontaminationen, repräsentiert durch die Pufferzonen, um die Anlagen / Betriebsbereiche mit der Höhe des Biotopwertes verknüpfen.

**Beispiel:** Die folgende Karte zeigt die Biotope einschließlich ihrer Lebensgemeinschaften, differenziert nach ihrem Biotopwert, die innerhalb des Einflussbereiches der Anlagen und Betriebsbereiche bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ-100) liegen. Dies entspricht der Biotopverwundbarkeit gegenüber Kontaminationen ausgehend von Anlagen nach §19g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

**- Abbildung 5.26: Umwelt\_Abb26\_Verw\_Biotope\_Anlagen einfügen -**  
*Abbildung 5.26: Verwundbarkeit der Biotope unter Berücksichtigung von Anlagen / Betriebsbereichen*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Bei der Interpretation ist Vorsicht geboten, wenn die Biotopbewertung aufgrund einer unvollständigen Biotopkartierung nicht flächendeckend gegeben ist.

## **5.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen**

### **5.4.1 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen**

Zunächst wird den Kommunen dringend empfohlen, mit den benachbarten Kommunen bei der Durchführung der Verwundbarkeitsanalyse zusammenzuarbeiten bzw. sich abzustimmen, da sich Kontaminationsquellen, die die Voraussetzung für die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen darstellen, auch jenseits der administrativen Grenzen befinden können. Damit können sich sowohl Kontaminationsquellen der Oberlieger auf Ihre Kommune auswirken, als auch Kontaminationsquellen in ihrer Kommune negative Auswirkungen auf die Unterlieger haben. Die Zusammenarbeit sollte sich daher über die Ermittlung der Verwundbarkeit hinaus auch auf die in den folgenden Kapiteln vorgeschlagenen Möglichkeiten zum Umgang mit den Assessment-Ergebnissen und ggf. zur Minderung der Verwundbarkeit in Bereich Umweltbeziehen.

### **5.4.2 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage**

Auf jeden Fall sollte die Informationsbasis zur Verwundbarkeit der Umwelt als Grundlage für zukünftige Entscheidungen in der räumlichen Planung verwendet werden. Auch unabhängig von den Auswirkungen im Hochwasserfall lässt sich auf dieser Grundlage ableiten, an welchen Stellen (z. B. in der Nähe von besonders verwundbaren Umweltbereichen) bestimmte Nutzungen nicht länger angesiedelt werden sollten. So könnten die Verwundbarkeitsanalysen und die daraus erzeugten Karten beispielsweise Grundlagen für Stellungnahmen bei Vorhabensplanungen liefern. Die Ergebnisse könnten zudem bei der Aktualisierung des Landschaftsplanes oder Umweltberichte verwendet werden.

Es ist außerdem denkbar und empfehlenswert, bei der Untersuchung, Bewertung und der Sanierung von Altlastenverdachtsflächen bzw. Altlasten mitzuberücksichtigen, wo Altlasten auf sehr verwundbare Umweltflächen treffen, d. h. an welchen Stellen die Altlastenflächen im Fall einer Überflutung im Hochwasserfall einen besonders großen Schaden in der Umwelt anrichten können. Werden von den Kommunen die beschriebenen Einzelbetrachtungen durchgeführt, so wird auch ersichtlich, an welchen Stellen der Boden oder das Grund- bzw. das Trinkwasser von Schadwirkungen aus Altlasten gefährdet werden könnten.

Das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt bzw. zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Böden, des Grundwassers oder der Biotope (incl. der Lebensgemeinschaften) könnte analog dazu dienen, beispielsweise eine Verlagerung aus oder den Rückbau von bestehenden Anlagen nach §19g WHG oder Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV in Überschwemmungs-, überschwemmungsgefährdeten oder grundwassergefährdeten Gebieten zu priorisieren. Sollte eine Verlagerung oder der Rückbau nicht durchsetzbar sein, so könnte sich jedoch die Behörde bei Genehmigungs- oder Nachrüstungsbescheiden mit der Höhe der Sicherheitsanforderungen mit an der Verwundbarkeit der Umwelt orientieren.

## **6 Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen mittels Fernerkundung**

Im Unterschied zu den bisherigen Teilbereichen des Leitfadens, welche anstreben, ein selbstständiges Assessment der Verwundbarkeit durch die jeweiligen Kommunen durchführen zu können, stellt der folgende Teil Fernerkundungsmethoden für die Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwassergefahren vor, welche nur unter Verwendung spezialisierter Softwareprodukte und Know-How angewendet werden können. Ein Schwerpunkt liegt dabei im Bereich des Assessments physischer Verwundbarkeit (z.B. im Bezug auf Gebäude und Bebauungsstruktur) von Städten.

### **6.1 Grundlegende Begriffe und Definitionen**

Fernerkundung im umfassenden Sinne ist die Aufnahme oder Messung von Objekten, ohne mit diesen in Berührung zu treten. Des Weiteren kommt der Auswertung dabei gewonnener Daten oder Bilder zur Gewinnung quantitativer und qualitativer Informationen über deren Vorkommen, Zustand oder Zustandsänderung und gegebenenfalls deren natürliche oder soziale Beziehungen zueinander große Bedeutung zu. Die gängigsten Systeme sind flugzeug- oder satellitengestützte Sensoren, welche Daten für raumbezogene Aussagen über die Landoberfläche bereitstellen. Gerade Hochwasserereignisse sind durch ihre große räumliche Komponente geprägt, weshalb speziell hier die Fernerkundung vielfältige Informationsgrundlagen für Akteure, Entscheidungsträger und Politiker zur Verfügung stellen kann.

Die große Stärke der Fernerkundung besteht darin, raumbezogene Fragestellungen aktuell, schnell und flächendeckend bedienen zu können. Hierfür stehen Daten unterschiedlicher Systeme und Sensoren zur Verfügung, welche aufgrund ihrer jeweils besonderen Eigenschaften spezifische Charakteristika und Informationen aufweisen.

Die Interpretation der jeweiligen Datensätze – bzw. die Methode zur Extraktion der gewünschten Information – muss in Anlehnung an die Eigenschaften des jeweiligen Datensatzes erfolgen. Die Auswertung kann einerseits in traditioneller, manueller Interpretation erfolgen, welche aber einen sehr hohen Zeitaufwand mit sich bringt. Mittels digitaler Bildverarbeitung können automatisierte Verfahren die Auswertung erheblich beschleunigen und objektive und somit vergleichbare Ergebnisse liefern.

Das folgende Kapitel soll einen Überblick über die vielfältigen fernerkundlichen Datensätze, deren technischen Details, deren Verfügbarkeit sowie deren Kosten verschaffen. Des Weiteren werden die Möglichkeiten dieser Fernerkundungsdaten für das Assessment von Exposition und Risiko- und Einsatzmanagement anhand hochwasserspezifischer Produkte – basierend auf den unterschiedlichen Datensätzen – aufgezeigt. Die Potentiale der Fernerkundung bei der Unterstützung von Entscheidungsträgern vor, während und nach einem Ereignis sollen somit erörtert werden.

#### **6.1.1 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Assessment von Exposition / physischer Verwundbarkeit bei Hochwasserereignissen in urbanen Räumen**

Kommerzielle Satellitenfernerkundungsdaten sind – spätestens seit dem Start des ersten Satelliten der Landsat-Missionen im Jahr 1972 – eine entscheidende Informationsgrundlage für flächendeckende Erdbeobachtung und somit auch für Verwundbarkeits- und Expositionsanalysen. Die technische Weiterentwicklung der Systeme führte zu Verbesserungen in sämtlichen Eigenschaften der Datenstrukturen und somit stehen aktuell unterschiedlichste Daten in immer besserer Qualität zur Verfügung.

Auf der einen Seite können anhand von Zeitreihen langfristige Prozesse der letzten 35 Jahre – zum Beispiel raum-zeitliche Veränderungen von urbanen Räumen – großflächig dargestellt

und analysiert werden. Auf der anderen Seite erlaubt die stetig steigende geometrische Auflösung der Bilddaten die detaillierte Analyse auf Straßenabschnitts- bzw. Hauslevel (für eine Übersicht siehe Tabelle 6.1).

Spontane und schnelle Veränderungen auf der Erdoberfläche die beispielsweise durch Naturereignisse wie ein Hochwasser entstehen, werden von Systemen mit einer sehr hohen temporalen Auflösung erfasst. Diese aktiven Systeme sind von den Witterungsbedingungen unabhängig und können somit sehr schnell nach einem Hochwasserereignis Überschwemmungsgebiete für Kartierungen aufzeichnen.

Tabelle 6.1: Eigenschaften von FE-Daten

<b>Geometrische Auflösung (m)</b> Kantenlänge der Bildelemente	0,4 – 1000m
<b>Temporale Auflösung (d)</b> Zeitliche Abdeckung zwischen zwei Aufnahmen	1 – 16 Tage
<b>Räumliche Auflösung (km)</b> Abdeckung / Aufnahme	11 – 185km
<b>Spektrale Auflösung (bands)</b> Anzahl der Kanäle	3 – ≥ 220
<b>Radiometrische Auflösung (bit)</b> Informationstiefe der Daten (Anzahl der Graustufen)	8 – 11 bit (256 – 2048 Graustufen)

### 6.1.2 Fernerkundungsdatengrundlagen aus passiven Aufnahmesystemen / optische Sensoren

Passive Erdbeobachtungssysteme zeichnen die von der Sonne ausgesendete und von der Erde reflektierte elektromagnetische Strahlung auf und übertragen die gewonnenen Daten zu einer Empfangsstation am Boden, wo sie für Nutzer aufbereitet und in gängige Datenformate umgewandelt werden. Fernerkundungsdaten aus diesen optischen Sensoren sind allerdings auf die ausreichende Beleuchtung des betrachteten Untersuchungsgebietes angewiesen: Witterungseinflüsse (Bewölkung) und Schlagschatten – bei sehr hoher geometrischer Auflösung – können die Datenqualität beträchtlich beeinflussen. Die in Tabelle 6.2 näher beschriebene Landsat-Reihe – mit seinen bisher 6 Satelliten – liefert die am längsten andauernde Zeitreihe von Aufnahmen der Erdoberfläche. Aufgrund ihrer mittleren geometrischen Auflösung können die Daten mit relativ geringem Aufwand prozessiert und klassifiziert werden und lassen Aussagen über die zeitliche Entwicklung des untersuchten Gebietes zu.

Tabelle 6.2: Eigenschaften von Landsat-Sensoren

Sensor	Landsat MSS	Landsat TM	Landsat ETM+
<b>Missionszeitraum</b>	1972 - 1983	Seit 1982	Seit 1999
<b>Flughöhe</b>	705km	705km	705km
<b>Wiederholungsrate</b>	16 Tage	16 Tage	16 Tage
<b>Streifenbreite</b>	185km	185km	185km
<b>Geometrische Auflösung</b>	80*80m	30*30m	30*30m bzw. 15*15m (pan.)
<b>Spektrale Auflösung</b>	4 Kanäle	6 + 1 (Thermal)	6 + 1(Thermal)+1(pan.)
<b>Prozessierungsaufwand</b>	gering	gering	gering

Datenkosten	kostenlos	kostenlos	kostenlos
-------------	-----------	-----------	-----------

Diese Veränderungen können beispielhaft am Stadtteil Rondorf im Bezirk Rodenkirchen (Köln) betrachtet werden. Abbildung 6.1 zeigt eine Serie von Landsat-Aufnahmen in einer Falschfarbeninfrarotdarstellung im Zeitraum von 1975 bis 2001. Es ist sowohl die deutlichere Identifikation von Details (z. B. Straßen) aufgrund der verbesserten geometrischen Auflösung über den Zeitraum, als auch eine Veränderung in der Siedlungsstruktur zwischen 1989 und 2001 zu erkennen. Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) bietet neben 6 Kanälen für multispektrale (mehrere Kanäle für Teilbereiche des Elektromagnetischen Spektrums) Auswertungen auch einen panchromatischen Kanal (ein Kanal für den gesamten Bereich des sichtbaren Lichtes des elektromagnetischen Spektrums) mit doppelter geometrischer Auflösung.

- Fern_Abb1_1 einfügen -	- Fern_Abb1_2 einfügen -
Landsat MSS 1975, Köln (80m)	Landsat TM 1989, Köln (30m)
- Fern_Abb1_3 einfügen -	- Fern_Abb1_4 einfügen -
Landsat ETM+ 2001, Köln (30m)	Landsat ETM+ 2001, Köln (pan. 15m)

Abbildung 6.1: Landsat-Zeitreihe am Beispiel von Rondorf, Köln

Seit Ende 2008 das Satellitensystem RapidEye in Betrieb genommen wurde (siehe Abbildung 6.2), besteht eine weitere Datenquelle, um auf täglicher Basis Aufnahmen in hoher geometrischer Auflösung und großer Abdeckung zu akquirieren. Insgesamt 5 Satelliten für eine hohe zeitliche Auflösung (tägliche Aufnahmen) und bieten somit eine sehr gute Datengrundlage, um kurzfristige Veränderungen auf der Erde flächenhaft kartieren und beobachten zu können (z. B. Hochwasser, Feuer, Schadenskartierungen nach Erdbeben usw.).

Sensor	RapidEye	- Fern_Abb2 einfügen - RapidEye 2009, Berlin (5m) www.rapideye.de
Missionszeitraum	Seit 2008	
Flughöhe	630km	
Wiederholungsrate	täglich	
Streifenbreite	77km	
Geometrische Auflösung	5m	
Spektrale Auflösung	5 Kanäle	
Prozessierungsaufwand	-	
Datenkosten	gering (~1,5€/km <sup>2</sup> )	

Abbildung 6.2: RapidEye-Ausschnitt Berlin

Mit dem Start von Ikonos im Jahr 1999 (siehe Abbildung 6.3) trat die kommerzielle Satellitenfernerkundung in eine neue Phase ein. Die bis dahin nicht erreichte geometrische Auflösung von bis zu einem Meter im panchromatischen Band ermöglicht im Besonderen Anwendungen im hoch strukturierten urbanen Raum mit seiner komplexen Anordnung von Gebäuden, Straßen und Freiflächen. Mit Quickbird, GeoEye-1 und WorldView-1 stehen mittlerweile weitere höchstauflösende Sensoren zur Verfügung. Die hohe geometrische Auflösung der Daten stellt durch die dadurch gestiegene Komplexität bzw. Strukturierung erhöhte Herausforderungen an die automatisierte Bildanalyse, was sich in einem erhöhten Prozessierungsaufwand widerspiegelt. Wie in Abbildung 6.3 zu erkennen ist, kann man

unterschiedliche Typen an Objekten auf der Erdoberfläche differenzieren: Straßen, Einzelgebäude, Ackerflächen, Gewässerflächen, Wiesen, Waldgebiete uvm.

Sensor	Ikonos	- Fern_Abb3 einfügen - Ikonos 2007, Köln (1m)
Missionszeitraum	Seit 1999	
Flughöhe	681km	
Wiederholungsrate	3-5 Tage	
Streifenbreite	11km	
Geometrische Auflösung	4m bzw. 1m	
Spektrale Auflösung	4 Kanäle + 1 (pan.)	
Prozessierungsaufwand	hoch	
Datenkosten	mittel (~20\$/km <sup>2</sup> )	

Abbildung 6.3: Ikonos-Falschfarbinfrarotdarstellung von Rondorf, Köln

Luftbildaufnahmen (siehe Abbildung 6.4) sind meist für die längste Zeitspanne eines Untersuchungsgebietes verfügbar. Oftmals liegen Daten bis in die 1950er Jahre vor und sind daher eine sehr wertvolle Quelle zur Dokumentation der Stadtentwicklung. Der Aufwand für die Prozessierung und Auswertung der Daten variiert je nach Datengrundlage (analog, digital). Da für jede Datenakquisition eine eigene Befliegung des Untersuchungsgebietes organisiert werden muss, ist meist mit erhöhten Kosten und geringerer Aktualität der Daten zu rechnen.

Sensor	Luftbild	- Fern_Abb4 einfügen - Orthofoto 2002, Köln (0,5m)
Missionszeitraum	Seit ca. 60 Jahren	
Flughöhe	variabel (ca.500m)	
Wiederholungsrate	variabel	
Streifenbreite	variabel (Untersuchungsgebiet)	
Geometrische Auflösung	variabel (0,05~1m)	
Spektrale Auflösung	4 Kanäle +1 (pan.)	
Prozessierungsaufwand	hoch	
Datenkosten	hoch	

Abbildung 6.4: Luftbildaufnahme Rondorf, Köln (© Stadt Köln)

### 6.1.3 Fernerkundungsdatengrundlagen aus aktiven Aufnahmesystemen / SAR-Sensoren

Im Gegensatz zu optischen Systemen spielen Witterungseinflüsse bei aktiven Fernerkundungssensoren eine untergeordnete Rolle und spiegeln sich kaum in der Datenqualität wieder. Aktive Systeme sind nicht auf das Vorhandensein von natürlicher elektromagnetischer Strahlung angewiesen, sondern beleuchten das untersuchte Gebiet mit Mikrowellen selbst.

Somit ist dieses Aufnahmesystem unabhängig von der Wettersituation bzw. von der Tages- oder Nachtzeit und erscheint speziell für Anwendungen bei Naturgefahren (Hochwasser) besonders geeignet. Gegenüber optischen Daten ist die Information in Radar-Daten (Radio Detection and Ranging) zunächst ungewohnt abgebildet und bedarf auch eigener Auswertemethoden, bietet aber eine sinnvolle Ergänzung für die Erstellung von Zeitreihen oder zur schnellen Schadensdetektion nach einem Ereignis.

Der deutsche SAR-Satellit (Synthetic Aperture Radar) TerraSAR-X kann – je nach Aufnahmemodus (Spotlight, Stripmap und Scansar) – in unterschiedlicher geometrischer Auflösung Daten der Erdoberfläche aufzeichnen und alle 2-4 Tage Daten vom selben Untersuchungsgebiet zur Erde senden (siehe Abbildung 6.5).

<b>Sensor</b>	TerraSAR-X	<b>- Fern_Abb5 einfügen -</b> TerraSAR-X 2009, Köln (0,5m)
<b>Missionszeitraum</b>	Seit 2007	
<b>Flughöhe</b>	514km	
<b>Wiederholungsrate</b>	2-4 Tage (Deutschland)	
<b>Streifenbreite</b>	5-10km (HR-/SpotLight), 30km (StripMap) und 100km (ScanSar)	
<b>Geometrische Auflösung</b>	1/2, 3 und 16m	
<b>Spektrale Auflösung</b>	1 Kanal	
<b>Prozessierungsaufwand</b>	hoch	
<b>Datenkosten</b>	135€ HR-SpotLight 67,5€ SpotLight 25€ StripMap 0,18€ ScanSar	

Abbildung 6.5: TerraSAR-X Stripmap-Aufnahme von Rondorf, Köln (© DLR)

Airborne Laserscanning oder LiDAR (Light Detection and Ranging, siehe Abbildung 6.6) wird – ähnlich der herkömmlichen Luftbildfotografie – auf flugzeugbasierten Plattformen über dem Untersuchungsgebiet zum Einsatz gebracht. Entscheidender Vorteil dieser Datenquelle ist die Einbeziehung der dritten Dimension in die Analyse. Anhand von GPS (Globales Positionierungssystem) und INS (Inertiales Navigationssystem) kann die genaue Lage des Sensors – und somit der ausgesendeten Laserimpulse – bestimmt und verortet werden. Mittels Laufzeitmessung der Impulse kann die exakte Position der Objekte auf der Erdoberfläche und auch deren absolute Höhe bestimmt werden. Je nach Dichte der Impulse pro Flächeneinheit ( $1/m^2$ ) lässt sich die abgetastete Oberfläche in diversen Genauigkeitsstufen beschreiben und somit für unterschiedliche Anwendungsbereiche anpassen. Besonders in städtisch geprägten Gebieten (siehe Beispiel in Abbildung 6.6) lassen sich die unterschiedlichen Strukturen auf diese Weise identifizieren und weitere Produkte ableiten. Sie erweisen sich dadurch als eine besonders wichtige Quelle zur flächenhaften Auswertung der Bebauungsstrukturen und der Topographie. Anhand von gebäudescharfen Daten kann die Art und die Höhe des Einzelgebäudes erfasst werden. Dieses digitale Oberflächenmodell bietet eine wichtige Datengrundlage für physische Verwundbarkeitsanalysen auf Haus- oder Blockebene (z. B. Exposition von Einzelgebäuden).

<b>Sensor</b>	LiDAR	<b>- Fern_Abb6 einfügen -</b> LiDAR 2007, Köln (1m)
<b>Missionszeitraum</b>	variabel	
<b>Flughöhe</b>	variabel	
<b>Wiederholungsrate</b>	variabel	
<b>Streifenbreite</b>	variabel	
<b>Geometrische Auflösung</b>	variabel (ca.1m)	
<b>Spektrale Auflösung</b>	1 Kanal (Höhe)	
<b>Prozessierungsaufwand</b>	hoch	
<b>Datenkosten</b>	hoch	

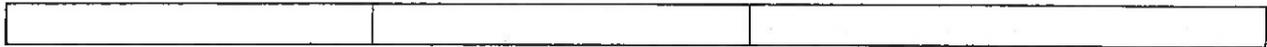


Abbildung 6.6: LiDAR-Darstellung von Rondorf, Köln (© Stadt Köln)

Für großräumige Anwendungen wurden im Rahmen einer Kampagne der SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) im Jahr 2000 Höhendaten von beinahe der gesamten Landoberfläche der Erde – zwischen 60°N und 60°S – aufgezeichnet und in Form eines digitalen Geländemodells (DGM) aufbereitet. Mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 30m können großräumige Landschaftselemente erfasst und die Topographie analysiert werden. (vgl. Abbildung 6.7)

Sensor	SRTM	- Fern_Abb7 einfügen - SRTM 2000, Köln (30m)
Missionszeitraum	2000	
Flughöhe	233km	
Wiederholungsrate	keine	
Streifenbreite	variabel	
Geometrische Auflösung	30m bzw. 90m	
Spektrale Auflösung	1 Kanal (Höhe)	
Prozessierungsaufwand	gering	
Datenkosten	kostenlos	

Abbildung 6.7: Perspektivische Darstellung des Großraumes der Stadt Köln (© DLR)

## 6.2. Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung zur Verwundbarkeitsabschätzung

Die aufgetretenen Hochwasserereignisse der letzten Jahre in Deutschland rufen dem Menschen diese natürliche Art der Gefährdung ins Gedächtnis und zeigen die Verwundbarkeit von betroffenen Gebieten. Daraus ergibt sich das hohe strukturelle, finanzielle und nicht zuletzt für den Menschen bestehende Risiko, das in Deutschland oftmals unterschätzt wird. Strategisches Management mit dem Ziel, das Risiko durch präventive Maßnahmen zu mindern bzw. während und nach einem Ereignis schnell und strategisch richtige Entscheidungen zur Koordination von Hilfeinsätzen zu treffen, scheitert oftmals an der ungenügenden Datenlage. Im Folgenden wird das Potential der vielfältigen fernerkundlichen Datensätze und Auswertemethoden aufgezeigt, um diese Lücke im Bereich aktueller und flächendeckender Informationsgrundlagen zu schließen.

### 6.2.1. Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung vor einem Hochwasserereignis

Strategisches Management zur Reduzierung des Hochwasserrisikos auf ein akzeptables Maß durch eine optimale Auswahl von Schutzmaßnahmen bedingt die Beantwortung folgender zentraler Fragestellungen:

- 1) **Wo** sind gefährdete Gebiete?
- 2) **Welche Baustrukturen / Objekte** wären potentiell betroffen?
- 3) **Wie viele Menschen** wären potenziell betroffen?
- 4) **Wie hoch** wäre der Schaden?
- 5) **Welche konkreten Maßnahmen** können zur Reduzierung der Verwundbarkeit getroffen werden?

Die Vielzahl und Verschiedenartigkeit fernerkundlicher Datensätze (vgl. Kapitel 6.1.2 und 6.1.3) ermöglicht die Bereitstellung sehr unterschiedlicher Produkte zur Beantwortung dieser Fragestellungen und damit zur Abschätzung des Hochwasserrisikos als Basis substantieller Entscheidungen für präventive Schutzmaßnahmen.

### 1) Wo sind gefährdete Gebiete?

Mit Hilfe der Erdbeobachtung kann sehr genau die flächenhafte Ausdehnung eines Hochwasserereignisses abgebildet und damit das betroffene Gebiet kartiert werden. Für viele Anwendungen (z. B. die Gefährdungs- und Schadensabschätzung) sind allerdings nicht nur die Hochwasserausdehnung, sondern auch höherwertige Parameter wie die Überflutungstiefe von Bedeutung. Diese kann durch eine Verschneidung der aus den Satellitendaten abgeleiteten Hochwassermaske mit einem digitalen Geländemodell ermittelt werden. Anhand von Querschnittsprofilen wird dabei die Hochwassermaske an die Geländetopographie angepasst und für jedes Profil der Wasserstand abgeleitet. Aus diesem kann, wie in der folgenden Darstellung (Abbildung 6.8) illustriert, die Überflutungstiefe für den betroffenen Flussabschnitt berechnet werden. Im Umkehrschluss erlaubt die Analyse des Hochwasserszenarios auch die Identifikation von sicheren Arealen, und bietet damit die Möglichkeit, Rettungsmaßnahmen mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Freiflächen, Infrastrukturen etc. effektiv und gezielt zu koordinieren bzw. zu organisieren.

#### - Fern\_Abb8 einfügen -

*Abbildung 6.8: Räumliche Ausdehnung der Überflutungsflächen für Dresden sowie die Analyse von Überflutungstiefen.*

Die erzeugten Bildinformationen zeigen die absolute Höhe der Objekte und geben somit ein naturgetreues Abbild der Form der Erdoberfläche. Mittels digitaler Bildverarbeitung können objektbezogene Parameter wie absolute und relative Höhe, Hangneigung, Exposition oder Oberflächenrauigkeit abgeleitet werden.

### 2) Welche Baustrukturen / Objekte wären potenziell betroffen?

Die in den Kapiteln 6.1.2 und 6.1.3 aufgeführten Datensätze ermöglichen vielfältige Perspektiven zur Beantwortung der Frage nach den potentiell betroffenen Objekten. Grundsätzlich lassen sich mit großräumigen Fernerkundungsdaten „urbane Fußabdrücke“ – also die versiegelten Flächen der Landschaft – zur Gewinnung räumlicher Information ableiten. Auf diesem geometrischen Niveau stehen Datensätze seit Anfang der 1970er Jahre zu Verfügung, so lässt sich also die Veränderung von städtisch geprägten Gebieten über die Zeit nachvollziehen und quantifizieren. Multisensorale Ansätze, wie in unserem Beispiel, zeigen, dass Fernerkundung eine konsistente, flächendeckende und stets aktuelle Informationsbasis zu den Stadtflächen generieren, und dabei gleichzeitig die raum-zeitliche Stadtentwicklung über Jahrzehnte beobachten und analysieren kann.

Abbildung 6.9 zeigt den urbanen Fußabdruck der Stadt Dresden aus multisensoralen Daten der Landsat und TerraSAR-X Satelliten. Eine Veränderungsanalyse bzw. die räumliche Ausbreitung des heutigen Stadtgebietes und damit Lage und Größe potentiell betroffener Stadtgebiete kann somit schnell erhoben werden.

#### - Fern\_Abb9 einfügen -

*Abbildung 6.9: Änderungsanalyse des urbanen Raumes von 1976 bis 2009 für das Stadtgebiet Dresden*

Das komplexe Zusammenspiel aus Hochwasserüberflutung und betroffenen Gebieten erfordert allerdings meist ein höheres geometrisches und thematisches Detail. Aus den weiter oben aufgelisteten höchst aufgelösten Datensätzen, wie z. B. Ikonos, lassen sich raumbezogene Informationen im urbanen Raum detaillierter und wesentlich genauer erfassen. Moderne Bildanalyseverfahren ermöglichen die automatische Extrahierung der Bildinformationen mit sehr hohen Genauigkeiten. So zeigen nachfolgende Produkte eine

geometrische Auflösung auf Einzelhausniveau. Auch die thematische Unterscheidung des Gebietes zeigt mit den Klassen ‚Gebäude‘, ‚Straßen‘, ‚Wiesen‘, ‚Wald/Bäume‘ und ‚Wasser‘ eine deutliche tiefere Detaillierung.

Darauf aufbauend ermöglichen physische Parameter wie erfasste Baustrukturen, räumliche Anordnungsmuster, Versiegelungsgrad, Vegetationsanteil oder Lage die Einteilung des Stadtgebietes in homogene Raumeinheiten, sogenannte Stadtstrukturtypen. Über diese Differenzierung kann eine schnelle und übersichtliche visuelle Erfassung der urbanen Landschaft, aber auch eine quantitative und qualitative Einschätzung betroffener Strukturen erreicht werden.

Des Weiteren ermöglicht diese strukturelle Differenzierung eine indirekte Ableitung der Gebäudenutzungen, von Wohngebieten bis zu Industriestandorten. Abbildung 6.10 zeigt die Landbedeckungsklassifikation sowie die Einteilung in Stadtstrukturtypen.

- Fern\_Abb10 einfügen -

*Abbildung 6.10: Landbedeckungsklassifikation und Stadtstrukturtypenklassifikation (SST) – Stadtviertel Nippes in Köln*

Anhand von höchst aufgelösten digitalen Oberflächenmodellen (DOM) wird die dritte Dimension in die urbane Informationsbasis integriert. Aus dem DOM kann die exakte Topographie des städtischen Raumes detailliert abgebildet werden. Zudem können die Einzelgebäude extrahiert und als Gebäudemasken ausgegeben werden. Basierend auf der Gebäudemasken und den Höheninformationen wird ein hochgenaues, dreidimensionales Stadtmodell erzeugt. Abbildung 6.11 zeigt eine Darstellung des Stadtmodells vom Zentrum Kölns. Dieses raumbezogene Wissen ermöglicht zum einen die Identifikation von geeigneten Gebäuden zur vertikalen Evakuierung, zum anderen deutet das Wissen über die Gebäudegrößen sowie deren Geschosszahl auf die Bevölkerungsverteilung hin. Die auf diesem Weg gewonnenen Informationen geben Aufschluss über die physische Verwundbarkeit der Bebauungsstruktur und lassen Aussagen zur Anfälligkeit und zur Bewältigungskapazität der in den betrachteten Gebieten lebenden Bevölkerung zu. Für die Evakuierungsplanung sind diese Informationen von hoher Relevanz.

- Fern\_Abb11 einfügen -

*Abbildung 6.11: dreidimensionales Stadtmodell der Altstadt von Köln mit Abschätzung der Geschosszahlen*

### **3) Wie viele Menschen wären potenziell betroffen?**

Das hoch genaue dreidimensionale Stadtmodell zeigt eine direkte Korrelation mit Parametern, die nicht direkt aus den Fernerkundungsdaten ableitbar sind. So ist das Wissen über die Geschossanzahl, die Grundfläche sowie die vornehmliche Nutzung der Gebäude die Basis, um die räumliche Verteilung der Bevölkerung – auch in Abhängigkeit von der Tageszeit – zu errechnen. Städten und Kommunen liegen üblicherweise Bevölkerungsdaten auf Stadtviertelebene vor. Dieses generalisierte Wissen kann nun über eine räumliche Verknüpfung, wie in Abbildung 6.12 veranschaulicht, linear auf das dreidimensionale Stadtmodell projiziert werden. Das Resultat ist eine gebäudescharfe Abschätzung der Bevölkerungsverteilung. Natürlich ist die dabei mögliche Genauigkeit nicht mit Katasterdaten zu vergleichen, aber die Ergebnisse zeigen, dass diese Methode zwischen 80 und 90 % Genauigkeit erzielt. Damit ist eine ausreichende Grundlage für substantielle Entscheidungen verfügbar, denn zur Koordination und zum Management von Hilfeinsätzen oder zur Erfassung des Risikos sind keine exakten Zahlen erforderlich – entscheidend ist es, die richtigen Dimensionen zu kennen. Die Verknüpfung der Informationen aus der detaillierten Beschreibung der Einzelgebäude nach ihrer Größe und des Populationsassessment für jedes

Gebäude zeigt für den Krisenfall besonders relevante räumliche Schwerpunkte. Diese Information ist von großer Bedeutung bei der Planung und Koordination von Evakuierungen aus den betroffenen Gebieten und für die quantitative Abschätzung von Evakuierungen der Bevölkerung in höhergelegene Stockwerke.

- Fern\_Abb12 einfügen -

*Abbildung 6.12: Projektion der Bevölkerungsverteilung auf das dreidimensionale Stadtmodell*

#### **4) Wie hoch wäre der Schaden?**

Die bisher beschriebenen Produkte zeigen das Potential der Fernerkundung, die urbane Landschaft abzubilden sowie raumbezogen und hochgenau beispielsweise physische Stadtstrukturen oder Bevölkerung zu quantifizieren. Das Wissen über die Anzahl betroffener Gebäude oder Infrastrukturen sowie über die betroffene Bevölkerung, die Überflutungstiefen, etc. hängen eng mit dem ökonomischen Schaden zusammen. Über die Kenntnis des Bebauungstyps bzw. Stadtstrukturtyps lassen sich Zusatzinformationen anknüpfen bzw. errechnen, über welche das ökonomische Schadenspotential abgeschätzt werden kann. Über die Lage im Raum bzw. der Exposition kann man betroffene Infrastrukturen, Industrie- und Gewerbegebiete, Verkehrsanlagen und Privathaushalte identifizieren und quantifizieren. Weiterführende Informationen können bei Interesse dem Informationssystem der Hochwasserschadendatenbank – HOWAS 21 – entnommen werden: (<http://nadine-ws.gfz-potsdam.de:8080/howasPortal/client/start>).

#### **5) Welche konkreten Maßnahmen können zur Reduzierung der Verwundbarkeit getroffen werden?**

Die Möglichkeit, mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS) die gewonnenen Resultate beliebig miteinander zu überlagern und für quantitative Analysen zu verschneiden, birgt einen essentiellen Mehrwert zur Risikoabschätzung und daraus hervorgehend zur gezielten strategischen Planung und Entwicklung von Katastropheneinsatzplänen. Das Potential, die vielfältigen Informationsebenen nach individuellen Bedürfnissen zu kombinieren, ermöglicht es, standortspezifische Fragestellungen zu beleuchten und konkret benötigte Maßnahmen einzuschätzen. Insbesondere zur Beurteilung von Maßnahmen, die mit der Herabsetzung der physischen Verwundbarkeit (beispielsweise bezüglich der Gebäude- und Stadtstrukturen, flächenhafter Schutzmaßnahmen und Objektschutz) verbunden sind.

Im folgenden Beispiel ist das Überschwemmungsgebiet eines Extremhochwasserszenarios (EHQ) der Elbe für die Stadt Dresden mit dem dreidimensionalen Stadtmodell sowie der Bevölkerungsverteilung überlagert. Daraus lässt sich für Entscheidungsträger im Vorfeld eines erwarteten Hochwassers abschätzen, wie viele Menschen bei diesem Szenario betroffen wären, wo sie angesiedelt sind, wie die Erreichbarkeit dieses Gebietes sein wird, wie viele Gebäudestrukturen überschwemmt werden und welche davon tatsächlich eine direkte Evakuierung brauchen. Abbildung 6.13 visualisiert, wie ein mögliches Informationssystem den Entscheidungsträger mit den essentiellen Informationen versorgen könnte. Ziel ist es, im Vorfeld eines erwarteten Hochwassers Informationen für eine langfristige nachhaltige Planung zur Minderung der Auswirkungen der Naturgefahr, aber auch zur schnellen Entscheidungsfindung bei Eintritt eines Hochwasserereignisses bereit zu stellen, etwa zur Anzahl benötigter Schutzräume oder zur Abschätzung des Bedarfs an Hilfsgütern.

Fern\_Abb13 einfügen-

<p><b>Stadtteilinformation</b></p> <p><i>Name:</i> Blasewitz</p> <p><i>Lage:</i> Distanz zum Zentrum ca. 4,5 km Distanz zum Flughafen ca. 13,4 km Distanz zum HBF ca. 5,5 km 1 Brücke über die Elbe</p> <p><i>Anbindung:</i> 2 Hauptverkehrsachsen</p> <p><i>Landbedeckung:</i> Gebäudeanzahl: 2.989 Anzahl Gebäude &lt;3 Stockwerke: 380 überwiegende Nutzung: Wohnviertel Freiflächen: Ja <i>Bevölkerung:</i> 80.215</p>	<p><b>Szenario EHQ</b></p> <p><i>Überflutete Gebäude:</i> Gebäudeanzahl: 2.564 Anzahl Gebäude &lt; 3 Stockwerke: 285</p> <p><i>Betroffene Bevölkerung:</i> Insgesamt: 69.628 Bevölkerung in Gebäude &lt; 3 Stockwerken: 2795</p> <p><i>Lage:</i> Befahrbare Straßen, Distanz zu Hilfeinrichtungen wie Feuerwehr, Krankenhaus, Polizei, öffentliche Gebäude für potentielle Evakuierung, Freiflächen, etc.</p>
--	---

Abbildung 6.13: Kriseninformationssystem für das Beispiel Blasewitz/Dresden.

### 6.2.2. Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung während und nach einem Hochwasserereignis

Sobald ein Hochwasserereignis eingetreten ist, gilt es zunächst, das Ausmaß der Katastrophe so rasch wie möglich zu erfassen, um aktuelle, präzise und flächendeckende Lageinformationen zu erhalten. Diese Informationen können durch Auswertung von satellitengestützten Fernerkundungsdaten bereitgestellt werden.

Kommerzielle und Forschungserdbeobachtungssatelliten haben in den vergangenen zehn Jahren eine Qualität in Bezug auf Verfügbarkeit und Genauigkeit erreicht, die es ermöglicht, sie routinemäßig für die Gewinnung von aktueller Kriseninformation einzusetzen. So ist es möglich, auf täglicher Basis Satellitenbilddaten mit einer geometrischen Auflösung aufzunehmen, die es erlaubt, Strukturen bis zur Objektgröße von Einzelgebäuden zu erkennen.

Um die Aufnahme und Aufbereitung der Satellitendaten im Krisenfall umzusetzen, sind Strukturen und Kapazitäten notwendig, welche die schnelle Beschaffung, Aufbereitung und Analyse der Satellitenbilddaten gewährleisten. Vor diesem Hintergrund hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) als Service des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums eingerichtet, operiert dabei im nationalen, europäischen und internationalen Kontext und ist eng vernetzt mit verschiedenen behördlichen Partnern auf EU-, Bundes- und Landesebene (Krisenreaktionszentren, Zivil- und Umweltschutz), Nicht-Regierungsorganisationen (humanitäre Hilfsorganisationen) sowie Satellitenbetreibern und Weltraumorganisationen. Im Falle einer Notfallkartierung direkt nach einer Katastrophe werden in einem 24 Stunden / 7 Tage die Woche bestehenden Service vor allem Überblicks- und Schadenskarten erstellt. Die Auswertungen werden nach den spezifischen Bedürfnissen für nationale und internationale politische Bedarfsträger sowie Hilfsorganisationen durchgeführt.

Abbildung 6.14 zeigt die Prozesskette für eine im Krisenfall durchgeführte Notfallkartierung. Bei der Datenakquisition wird sowohl die Neuaufnahme von Satellitenbilddaten koordiniert, als auch Archivdaten zum Einsatz gebracht, um die Situation vor dem Krisenfall zu dokumentieren. Anhand der Archivdaten und der Neuaufnahmen wird das Schadenspotenzial und die aktuelle Situation analysiert. Nach diversen Vorprozessierungsschritten und der Analyse der Daten werden Produkte zur Koordinierung und zum Management von Hilfs- und Rettungseinsätzen zur Verfügung gestellt.

- Fern\_Abb14 einfügen -

*Abbildung 6.14: Von Fernerkundungsdaten zur Kriseninformation-Prozesskette einer Notfallkartierung (Rapid Mapping).*

Anhand von Abbildung 6.15 wird beispielhaft ein Kriseninformationsprodukt für das Elbehochwasser im Großraum Dresden aus Fernerkundungsdaten aufgezeigt. Verschiedene Satellitenbilddaten wurden vor und nach der Katastrophe prozessiert und mit zusätzlichen Geodaten – wie zum Beispiel Topographischen Karten – kombiniert. Die dargestellte Karte zeigt die Ableitung der Hochwasserflächen aus Fernerkundungsdaten und die Darstellung des Normalpegels und der Überflutungsflächen.

**- Fern\_Abb15 einfügen -**

*Abbildung 6.15: Elbehochwasser 2006 – Detektion von Überflutungsflächen im Großraum Dresden – abgeleitet von IRS-P6/LISS III und visualisiert auf Landsat-7 ETM.*

### **6.3 Zusammenfassung**

Die Abschätzung von Risiko und Verwundbarkeit vor sowie das Management während und nach einem Hochwasserereignis bedingt vielfältige Informationen und Entscheidungsstrukturen. So können die Auswirkungen einer Naturgefahr nach physischen, ökonomischen, demographischen, sozialen, ökologischen und nicht zuletzt politischen Gesichtspunkten analysiert werden. Die Fernerkundung ermöglicht es, in diesem komplexen Zusammenspiel unterschiedlichster Faktoren spezifische raumbezogene Informationen für Akteure, Entscheidungsträger und Politik zur Verfügung zu stellen. Dabei liegen die Möglichkeiten der Fernerkundung insbesondere darin, ereignisbezogene Expositionsabschätzungen vorzunehmen, Beiträge zur Ermittlung der sozialen Verwundbarkeit zu leisten sowie detaillierte, flächenhafte Aussagen zur physischen Verwundbarkeit des städtischen Raums zu treffen.

Die vielfältigen fernerkundlichen Datensätze weisen unterschiedliche Potentiale in Bezug auf die geometrische und thematische Tiefe der Produkte auf. Diese variiert von der Ableitung urbanisierter Flächen über die Schätzung der Überflutungsflächen bis hin zum detailscharfen Wissen über Bebauungsstrukturen oder Bevölkerungssverteilung auf Einzelhausniveau. Dementsprechend variieren auch die Kosten der Daten bzw. der Datenverarbeitung.

Die umfangreichen raumbezogenen Informationsprodukte dienen als Basis für eine nachhaltige Entwicklung und damit verbundene planerische Entscheidungen vor einem zu erwartenden Hochwasserereignis, aber auch zur strategischen Koordination und substantiellem Management basierend auf quantifizierbaren Aussagen während und nach einem Ereignis.

# Anhang A1



## #) Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene

### **Zielsetzung**

Mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens soll es ermöglicht werden, eine kleinräumige Betrachtung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen durchzuführen und die Ergebnisse in sinnvoller Weise zu bewerten. Eine Kommune kann mit dem Anspruch ein relativ einfaches und schnelles Verfahren durchzuführen, die hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Landwirtschaft nur grob abschätzen, da hierzu zum einen für eine gewünschte Visualisierung nur wenig flächenhaft darstellbare Daten zur Verfügung stehen, zum anderen da die in der Landwirtschaftsstatistik vorliegenden Daten nicht für eine Verwundbarkeitsermittlung geeignet sind. Um einen Überblick über die hochwasserbedingte Verwundbarkeitssituation in der Landwirtschaft zu bekommen, sollte das vorgestellte Verfahren dennoch ausreichen.

### **Voraussetzungen**

Voraussetzung zur Durchführung dieses Verfahrens ist das Vorliegen von digitalen Daten zur Flächenbewirtschaftung und die Anwendung eines Geoinformationssystems (GIS). Die konkreten Arbeitsschritte werden hier anhand der Software ArcGIS 9.2 beschrieben. Die dabei verwendeten GIS-Werkzeuge bzw. GIS-Funktionen sind aber auch in anderen Geoinformationssystemen enthalten. Sollte keine kommerzielle GIS-Software wie ArcGIS zur Verfügung stehen, so gibt es die Möglichkeit, auf eine frei verfügbare Alternative zurückzugreifen. Diese Produkte haben einen vergleichbaren Funktionsumfang und können kostenneutral heruntergeladen werden. In diesem Fall ist es wichtig zu bedenken, dass das Datenformat, in dem die digitalen Landwirtschaftsdaten bereitgestellt werden, mit dem von Ihnen gewählten Programm kompatibel ist. Sollten Ihnen keine digitalen Informationen zur Verfügung stehen, so ist das im Folgenden beschriebene Vorgehen nicht in vollem Umfang durchführbar.

### **#.1 Verwundbarkeit der Landwirtschaft**

Unter dem Begriff Landwirtschaft werden die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (inklusive Viehhaltung) sowie der Gartenbau verstanden. Die Landwirtschaft gilt dann gegenüber einem Hochwasser als verwundbar, wenn die Bewirtschaftung nicht an die dort potenziell auftretenden Überschwemmungen angepasst ist. Sind die landwirtschaftlichen Nutzflächen darüber hinaus durch hochwasserbedingte Kontaminationen gefährdet, erhöht sich die Verwundbarkeit. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen in Anlehnung an WARM & KÖPPKE (2007) Anlagen nach § 19 g WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV (Störfallbetriebe)<sup>1</sup>. Dieser Ansatz wurde um Altlasten erweitert.<sup>2</sup> Es verbleiben darüber hinaus weitere Kontaminationsquellen, die nicht unter die drei genannten Kategorien fallen. So könnten beispielsweise auch Bahntrassen, von denen Chemikalien gespült werden betrachtet werden. Diese sollen aber hier unberücksichtigt bleiben – zum einen, um das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu vereinfachen, zum anderen, weil die Erfahrungen aus den vergangenen Hochwasserereignissen eine besonders hohe Gefährdung durch die bereits genannten und berücksichtigten Anlagen und Flächen gezeigt hat. Diese Operationalisierung hat

<sup>1</sup> WARM, H.-J. & K.-E. KÖPPKE (2007): Schutz vor neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen). Berlin.

<sup>2</sup> Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: 'Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser', z. B. Landeshauptstadt Dresden 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & K. ULLRICH 2005; WALTHER, W. & D. MARRE 2005

zudem den Vorzug, dass die zu ihrer Anwendung benötigten Informationen in den Kommunen vorliegen sollten.

### **Verwundbarkeitskriterien**

Wie bereits ausgeführt, spielt eine nicht hochwasserangepasste Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Exposition der landwirtschaftlichen Böden gegenüber Kontaminationen eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft. Die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen kommt im Assessment über die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft zum Tragen. Bei der Exposition geht es um die räumliche Nähe zu den bereits definierten Kontaminationsquellen. Die beiden Kriterien ‚verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften‘ sowie die ‚Exposition‘ werden im Folgenden genauer beschrieben.

### **Exposition (gegenüber Kontaminationsquellen)**

Dieses Verwundbarkeitskriterium bezieht sich auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet, auf denen aufgrund ihrer Nähe zu möglichen Kontaminationsquellen mit Belastungen zu rechnen ist.

Hinsichtlich der Schadstoffe aus Altlasten kann festgehalten werden, dass diese über den ansteigenden Grundwasserspiegel im Hochwasserfall remobilisiert werden können und die landwirtschaftlichen Böden kontaminieren. Zusätzlich zu den Altlasten stehen häufig auch Daten zu sogenannten Altlastenverdachtsflächen zur Verfügung. Es ist ratsam auch diese in das Verwundbarkeitsassessment aufzunehmen. Eine Anleitung dazu, wie mit diesen Flächen umgegangen werden kann, wird in Kapitel #.2.3 bei Erläuterung des 5. Assessment-Schritts gegeben.

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen können ebenfalls kontaminiert werden, wenn die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen und Betriebsbereiche trifft und zum Schadstoffaustrag führt.

### **Verwundbarkeitsrelevante Eigenschaften der Landwirtschaft**

Die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft werden durch die Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ repräsentiert<sup>3</sup>. Beide Kriterien leiten sich aus den Flächenbewirtschaftungsdaten (entsprechen den angebauten Kulturarten) ab. Die Informationen zum Schadenspotenzial und zur Überflutungstoleranz der Kulturarten sind in der Literatur zu finden, so dass eine Einstufung in Schadenspotenzial- und Überflutungstoleranzwertstufen für jede Kommune bereits feststeht<sup>4</sup>.

Für das Schadenspotenzial liegt eine vierstufige- und für die Überflutungstoleranz eine dreistufige Bewertung vor vgl. Tabelle #.1. Diese Kriterien besitzen folgende Bedeutung für die zu ermittelnde Verwundbarkeit der Landwirtschaft: Kulturarten mit einem hohen Schadenspotenzial, d. h. einem hohen potenziellen Ertragsverlust<sup>5</sup> bei Überschwemmung, sind als sehr verwundbar einzustufen. Kulturarten, die eine hohe Überflutungstoleranz aufweisen, sind dagegen als sehr gering verwundbar zu betrachten.

<sup>3</sup> In der Literatur (vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; Emschergenossenschaft Hydrotec 2004: 11) werden im Zusammenhang mit der Einschätzung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung in der Landwirtschaft die Größen ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ genannt.

<sup>4</sup> In der Literatur (siehe Fußnote 3) erscheinen Angaben zur maximale Überflutungstoleranz in Tagen und zu hochwasserbedingten Schäden in € oder €/ ha. Die Zuordnung dieser Werte zu Wertstufen erfolgte nach eigener Einschätzung innerhalb des Forschungsprojektes.

<sup>5</sup> Zu den Ertragsverlusten zählen die direkten Verluste der Kulturen, aber auch indirekte Verluste wie die Beseitigung des Schwemmgutes und Verluste durch Wiederherstellungsmaßnahmen wie Neusaat oder Zukäufe.

## #.2 Abschätzung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen

Nach der Bereitstellung wichtiger Vorinformationen zur Durchführung, soll in diesem Kapitel aufgeteilt in Einzelschritte das Assessment-Verfahren vorgestellt und eine Anleitung zur Interpretation der Ergebnisse gegeben werden.

### #.2.1 Ablaufschema

Die hier vorgestellte Methode hat das Ziel, die zuvor beschriebenen Daten zu systematisieren sowie in einer auf die Erzeugung verwundbarkeitsrelevanter Informationen ausgelegten Art und Weise zusammenzuführen. Das Ablaufschema in Abbildung #.1 illustriert das Vorgehen.

#### - Abbildung #.1: Abb1\_LW\_Verfahrensübersicht -

Abbildung #.1: Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode (Eigene Darstellung; Kathleen Meisel, MLU###)

### #.2.2 Verwundbarkeitsklassen

Es erfolgt im Laufe des Assessments eine Einteilung in eine siebenstufige Verwundbarkeitsskala. Die Klasseneinteilung ergibt sich dabei aus den einzelnen Assessment-Schritten und gibt eine graduelle Verwundbarkeitsabstufung wieder.

Es gilt zu beachten, dass die innerhalb der Assessment-Schritte erarbeiteten Wertabstufungen nicht mit der letztendlich zu ermittelnden Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu verwechseln sind, es sei denn, das Assessment wird ausdrücklich innerhalb des jeweiligen Schrittes für beendet erklärt und die ermittelte Wertabstufung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gleichgesetzt.

### #.2.3 Gliederung der einzelnen Schritte

Im Folgenden soll Schritt für Schritt eine Anleitung zur Durchführung des Verwundbarkeitsassessments der Landwirtschaft auf kommunaler Ebene gegeben werden. Es wird versucht, bei der Beschreibung der einzelnen Assessment-Schritte eine einheitliche Gliederung (Information, Arbeitsschritt(e), Beispiel(e), Hinweise zum Umgang mit Datenlücken) einzuhalten.

#### 1. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach dem in Kapitel 2.1.3 detailliert beschriebenen Vorgehen.

#### 2. Schritt: Expositionstest „Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet?“

Die Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit in der Landwirtschaft ist nur dann sinnvoll, wenn landwirtschaftliche Nutzflächen in dem definierten Überschwemmungsgebiet exponiert sind. Ist dies der Fall, gilt es zu entscheiden, ob der Anteil der Flächen bedeutend ist oder nicht. Wird der Anteil von Ihnen als unbedeutend bewertet, so ist das Verwundbarkeitsassessment für Sie an dieser Stelle mit dem besten möglichen Ergebnis beendet.

**Fragen:** Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen innerhalb des von Ihnen definierten Überschwemmungsgebiets? Ist dieser Anteil bedeutend?

**Arbeitsschritt:** Öffnen Sie in dem von Ihnen verwendeten Geoinformationssystem ein View, in das Sie das definierte Überschwemmungsgebiet als Thema einladen. Fügen Sie die landwirtschaftlichen Nutzflächen als Thema hinzu. Schauen Sie, ob Nutzflächen im

Überschwemmungsgebiet liegen und entscheiden Sie, ob dieser Anteil bedeutend genug ist, um eine Verwundbarkeitsermittlung durchzuführen.

Beispiel: Wie der Expositionstest durchgeführt wird, soll das folgende Beispiel von Dresden zeigen. In Abbildung #.2 wird deutlich, dass landwirtschaftliche Nutzflächen in dem definierten Überschwemmungsgebiet (Extremhochwasserereignis – Pegel 10,00 m) liegen. Um das Verfahren weiter zu begleiten, wird für dieses Beispiel der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet als bedeutend eingestuft.

- Hier Abbildung #.2: Karte1\_LW\_Expositionstest -  
Abbildung #.2: Exposition landwirtschaftlicher Nutzflächen gegenüber Hochwasser am Beispiel Dresden

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Die zuständige Landwirtschaftsbehörde besitzt über die Antragstellung der Landwirte auf Auszahlung der EU-Beihilfen eine feldblockgenaue Übersicht der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Das Problem besteht darin, dass dort nur die Flächen aufgenommen werden, für die eine Förderung beantragt wurde. Kleinere Nutzflächen, für die sich die Antragstellung auf die EU-Gelder nicht lohnt – darunter fallen auch die meisten Gartenbaubetriebe – werden nicht mit berücksichtigt. Sollten Sie einen Zugriff auf ATKIS, Fernerkundungs- oder andere Daten haben, die genaue Auskunft über die Flächennutzung geben, empfiehlt es sich für eine vollständige Verwundbarkeitsermittlung diese hinzuzunehmen.

### 3. Schritt: Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation

Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet und wird dieser Anteil als bedeutend empfunden, so gilt es zunächst die verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation unabhängig von der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebietes zu erfassen. Sollte sich bei der Durchführung der nächsten Verfahrensschritte herausstellen, dass die landwirtschaftlichen Nutzflächen von keinen potenziellen Kontaminationsquellen gefährdet werden, so entspricht die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation der Verwundbarkeit der Landwirtschaft.

Die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation ergibt sich aus der logischen Verknüpfung der beiden Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘, die die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft (vgl. Kapitel #.1), repräsentieren. Für eine vereinfachte Verknüpfung beider Kriterien, die bereits in der Tabelle #.1 erfolgt ist, wurden die Wertstufen der Überflutungstoleranz transformiert. So steht die Wertstufe I für eine hohe Überflutungstoleranz, während die Wertstufe III für eine geringe Überflutungstoleranz steht. Damit lassen sich die Wertstufen I beider Kriterien als sehr gering verwundbar interpretieren. Über die Verknüpfung beider Kriterien bzw. über die Verknüpfung der Verwundbarkeitsbedeutungen beider Kriterien liegt die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vor (siehe Tabelle #.1). Diese soll in einer fünfstufigen Bewertung dargestellt werden.

Tabelle #.1: Nach Kulturarten differenzierte Größen ‚Schadenspotenzial‘, ‚Überflutungstoleranz‘ und ‚verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation‘

Flächennutzungsklasse (Kulturarten)	Schadenspotenzial	Überflutungstoleranz	verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation
Getreide	II (eher gering)	II (mittel)	III (mittel)

Hackfrüchte	III (eher hoch)	III (gering)	IV (hoch)
Hülsenfrüchte	I (gering)	III (gering)	III (mittel)
Ölsaaten	II (eher gering)	III (gering)	III (mittel)
Ackerfutter	II (eher gering)	III (gering)	III (mittel)
Dauergrünland	I (gering)	I (hoch)	I (sehr gering)
Gemüse/ Handelsgewächse	IV (hoch)	III (gering)	V (sehr hoch)
Dauerkulturen	IV (hoch)	III (gering)	V (sehr hoch)
Stillgelegte Flächen	I (gering)	I (hoch)	I (sehr gering)
Aus Erzeugung genommene Flächen	I (gering)	I (hoch)	I (sehr gering)

Diese Kriterien können, sofern es die Datenlage zulässt, für die gesamte Gemeindefläche in einem GIS räumlich dargestellt werden. Sollte zu einem späteren Zeitpunkt ein anderes Überschwemmungsgebiet gewählt werden, können die Flächen, für die die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft vorliegen, jederzeit damit verschnitten werden.

**Arbeitsschritt:** Laden Sie die Flächenbewirtschaftungsdaten als Thema in Ihr GIS ein und klassifizieren Sie diese, soweit noch nicht geschehen, in Getreide, Hackfrüchte, Hülsenfrüchte, Ölsaaten, Ackerfutter, Dauergrünland, Gemüse- und sonstige Handelsgewächse, Dauerkulturen, stillgelegte Flächen und aus der Erzeugung genommene Flächen. Erzeugen Sie in der Attributtabelle des Themas eine neue Spalte. Fragen Sie über das Abfragefenster in der Attributtabelle nacheinander die Kulturarten ab und tragen Sie in die neue Spalte der markierten Datensätze die entsprechenden Wertstufen der in der Tabelle #.1 aufgeführten verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation. Klassifizieren Sie nun im View das Thema nach der neuen Spalte. Damit haben Sie die räumliche Ausprägung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation dargestellt. Wollen Sie sich zusätzlich die räumliche Verbreitung der Wertstufen des Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz anzeigen lassen, müssen Sie in der Attributtabelle des Themas je eine neue Spalte anlegen, dort entsprechend der Kulturarten die Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz aus der Tabelle #.1 eintragen und im View das Thema je über die neue Spalte klassifizieren.

**Beispiel:** Um den beschriebenen Arbeitsschritt zu verdeutlichen, sind nachfolgend Karten (Abbildung #.3, #.4, #.5) der Einstufung der Kulturarten nach ihrem Schadenspotenzial und ihrer Überflutungstoleranz für das Beispiel Dresden dargestellt. Die Verknüpfung beider Themen ergibt die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation, hier ebenfalls für das Beispiel Dresden aufgezeigt.

- Hier Abbildung #.3: Karte2\_LW\_Schadenspotenzial -

Abbildung #.3: Schadenspotenzial der Kulturen auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen am Beispiel Dresden

- Hier Abbildung #.4: Karte3\_LW\_Überflutungstoleranz -

Abbildung #.4: Überflutungstoleranz der Kulturen auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen am Beispiel Dresden

- Hier Abbildung #.5: Karte4\_LW\_Lwinformation -  
Abbildung #.5: Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation - Beispiel Dresden

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Liegen Ihnen die Flächenbewirtschaftungsdaten vor, so können Sie jederzeit über die Tabelle #.1 die Einstufungen des Schadenspotenzials, der Überflutungstoleranz und der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation vornehmen. Probleme treten nur dann auf, wenn Ihnen für die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine vollständigen Bewirtschaftungsdaten vorliegen (siehe 'Zum Umgang mit Datenlücken' in Assessment-Schritt 2). Bei der Interpretation der Verwundbarkeit muss dann darauf geachtet werden, dass sich hinter 'weißen Flecken' auf der Karte durchaus auch verwundbare landwirtschaftliche Nutzflächen verbergen können.

#### **4. Schritt: Bestimmung und Verortung möglicher Kontaminationsquellen**

Innerhalb der im Anschluss folgenden Assessment-Schritte 5 und 6 wird geprüft, ob sich Kontaminationsquellen (Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV sowie Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen) innerhalb des zuvor definierten Überschwemmungsgebietes befinden. Sollte es keine möglichen Kontaminationsquellen in Ihrer Kommune geben, dann ist das Verwundbarkeitsassessment an dieser Stelle für Sie beendet und es erübrigen sich die Assessment-Schritte 5 und 6. Die Verwundbarkeit der Landwirtschaft setzt sich dann nur aus den verwundbarkeitslevanten Eigenschaften der Landwirtschaft zusammen.

*Frage: Gibt es in Ihrer Kommune Anlagen nach § 19g WHG, Betriebsbereiche nach 12. BImSchV und/oder Altlastenflächen? Wenn ja, sind die Standorte dieser möglichen Kontaminationsquellen bekannt?*

**Arbeitsschritt:** Überprüfen Sie, ob sich in Ihrer Kommune eine oder mehrere der genannten Kontaminationsquellen befinden. Sollte es keine solchen auf dem Gebiet ihrer Kommune geben, so erübrigen sich alle weiteren Assessment-Schritte. Die Verwundbarkeit der Landwirtschaft setzt sich in diesem Fall aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft und der Exposition gegenüber dem Hochwasserereignis zusammen. Sollten jedoch mögliche Kontaminationsquellen in Ihrer Kommune existieren, so führen Sie das Assessment mit den Schritten 5 und 6 fort.

#### **5. Schritt: Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Schädwirkungen aus den Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen**

Hierzu muss nun zunächst geprüft werden, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen in einem Hochwasserfall von Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen gefährdet werden könnten. Über den ansteigenden Grundwasserspiegel bei einem Hochwasserereignis können Altlasten remobilisiert werden und den landwirtschaftlich genutzten Boden kontaminieren. Über die Nährstoffaufnahme können so Schadstoffe in die angebauten Kulturen und somit in die Nahrungskette gelangen. Karten, beispielsweise die hier verwendeten Karten für Dresden, zeigen, dass landwirtschaftliche Nutzflächen durchaus über Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen liegen. Dieser Fall muss deshalb bei der Verwundbarkeitsermittlung mit berücksichtigt werden.

Bei der Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen sind zwei Fälle zu unterscheiden. Für die landwirtschaftlichen Flächen, die sich nicht mit Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen

überschneiden, besteht keine Kontaminationsgefährdung. Auf diesen Flächen entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle #.1) der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten und Altlastenverdachtsflächen.

Liegt jedoch eine landwirtschaftliche Nutzfläche über einer Altlast oder einer Altlastenverdachtsfläche, so werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Stufe erhöht. Diese nun von fünf auf sechs gehobene Wertabstufung entspricht der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten und Altlastenverdachtsflächen.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe während und nach dem Hochwasserereignis im Boden nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal verläuft, wird im Fall der Überlagerung die Wertabstufung ausschließlich auf der innerhalb der Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen liegenden Nutzfläche erhöht. In dem vorgestellten Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten oder Altlastenverdachtsflächen nicht weiter differenziert, da aus Datenschutzgründen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen vorlagen. Möchten Sie die Verwundbarkeit der Landwirtschaft genauer ermitteln, können Sie beispielsweise die nach der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu nutzen, das Schadstoffpotenzial einer Altlasten- bzw. einer Altlastenverdachtsfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten. Anstatt der einfachen Hochstufung um eine Klasse, können die so gewonnenen Daten mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation logisch verknüpft werden.

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie das von Ihnen definierte Überschwemmungsgebiet im View Ihres GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung, indem Sie das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und das Thema der Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen einladen.

Nutzen Sie dann den „Vereinigung- bzw. Union“-Befehl des Werkzeugkastens und wählen Sie dort die beiden Themen aus. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das die Datensätze beider Themen enthält. Legen Sie in der Attributtabelle des neuen Themas eine neue Spalte an.

Aus der vereinten Attributtabelle wird ersichtlich, ob über einer Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsfläche eine landwirtschaftliche Nutzfläche liegt oder nicht. Besteht keine Überlagerung, so wird für die landwirtschaftlichen Nutzflächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation in die neue Spalte übernommen. Liegt eine Überlagerung vor, so wird für diese Flächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Wertstufe hochgestuft und entsprechend in die neue Spalte eingetragen. Klassifizieren Sie das neue Thema durch die neue Spalte. Sie sehen nun die Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten und Altlastenverdachtsflächen.

Nun verschneiden Sie mit dem „Ausschneiden- bzw. Clip“-Befehl Ihr definiertes Überschwemmungsgebiet mit der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten und Altlastenverdachtsflächen, so dass nur noch die verwundbaren Flächen innerhalb der Überschwemmungsflächen erscheinen.

**Beispiel:** Zur Veranschaulichung des beschriebenen Arbeitsschrittes dient die Karte von Dresden (Abbildung #.6). Nach der Durchführung der Arbeitsschritte wird die Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten und Altlastenverdachtsflächen dargestellt.

- Hier Abbildung #.6: Karte5\_LW\_Verw\_Altlast -

Abbildung #.6: Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potentiellen Schädigung von Altlasten / Altlastenverdachtsflächen bei einem Extremhochwasser der Elbe am Beispiel Dresden

**Zum Umgang mit Datenlücken:** Probleme bei der Interpretation der Ergebnisse treten nur auf, wenn, wie bereits beschrieben, die landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht vollständig vorliegen. Hier ist von der Kommune über andere Datenquellen Abhilfe zu schaffen. Liegen Ihnen keine Informationen über Anlagen / Betriebsbereiche in der Kommune vor, so sollten Sie sich an die genehmigende Behörde (z. B. Bezirksregierungen) wenden. Besitzt die Kommune kein Altlastenkataster, so kann sie in der Regel auf das der Regierungsbezirke oder des Landes zurückgreifen. Sollten die Daten zu den Anlagen / Betriebsbereichen nicht in getrennten Datensätzen vorliegen, so können diese auch zusammengenommen als Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ abgespeichert und weiterverwendet werden. Sollten zusätzlich Informationen zu Altlastenverdachtsflächen vorliegen, so bietet sich entweder die Möglichkeit, diese als eine zusätzliche Kontaminationsquelle zu behandeln und analog zu den Altlastenflächen zu verfahren, oder die beiden Themen zu einem gemeinsamen Thema ‚Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen‘ zusammenzuführen. Im Zweifelsfall sollten diese Flächen wie Altlasten behandelt werden, damit möglicherweise vorhandene Gefahren nicht unberücksichtigt bleiben. Dieser Schritt wird im GIS über den ‚Union‘-Befehl ausgeführt.

#### **6. Schritt: Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den potenziellen Schädigungen von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV**

Nach der Prüfung, ob sich landwirtschaftliche Nutzflächen im Einflussbereich potenzieller Schädigungen von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen befinden, muss nun auch noch getestet werden, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen von Kontamination ausgehend von den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV im Hochwasserfall gefährdet werden könnten.

Trifft die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen / Betriebsbereiche, kann es zum Stoffaustrag kommen. Je nach Transportkraft des abfließenden Hochwassers und nach den Eigenschaften der freigesetzten Schadstoffe kommt es in Stromrichtung zu Schadstoffablagerungen. Daraus können sich direkt Belastungen für den Boden und die angebauten Kulturen ergeben. Da mit zunehmender Entfernung von der potenziellen Kontaminationsquelle im Wasser Verdünnungseffekte einsetzen, empfiehlt sich die Erstellung von Pufferzonen unterschiedlicher potenzieller Schädigung um die Kontaminationsquellen.

Bei der Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der Schädigung aus den Anlagen und Betriebsbereichen treten zwei Fälle auf. Besteht keine Überlagerung, ist keine Gefährdung zu erwarten. In diesem Fall entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle #.1), analog zum Vorgehen in Schritt 5, der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädigung von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

Im Fall einer Überlagerung ergibt sich diese Abstufung der Verwundbarkeit aus der logischen Verknüpfung der Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der unterschiedlicher Kontaminationsintensität, repräsentiert durch die drei Pufferzonen.

**Arbeitsschritt:** Stellen Sie Ihr zuvor definiertes Überschwemmungsgebiet im View Ihres GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der

12. BImSchV. Liegen die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vor, so vereinigen Sie beide über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das sowohl die Anlagen als auch die Betriebsbereiche enthält. Erzeugen Sie aus dem gerade erstellten Thema über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ des Werkzeugkastens ein neues Thema, z. B. ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit drei Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m<sup>6</sup> und vereinigen Sie die Puffer gleicher Distanz über ‚Dissolve ALL‘. Ordnen Sie in der Attributtabelle dieses Themas den Puffern unterschiedlicher Distanzen Wertigkeiten der Schadwirkung zu, z. B. der Distanz von 170 m eine hohe (Wertstufe III), der Distanz von 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und der Distanz von 300 m eine geringe Schadwirkung (Wertstufe I).

Verknüpfen Sie nun über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl die Themen ‚verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation‘ und ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘. Dabei entsteht automatisch ein neues Thema. Legen Sie in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte an.

In der Attributtabelle werden die beiden bereits beschriebenen Fälle ersichtlich. Im Fall, dass für die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine Gefahr von Anlagen und Betriebsbereichen besteht, werden die Wertabstufungen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle #.1) in die neue Spalte übernommen. Im Fall einer Überlagerung der Pufferzonen mit der landwirtschaftlichen Fläche hilft Ihnen die in der Abbildung #.7 aufgeführte Verknüpfungsmatrix bei der Eingabe der Werte in die neue Spalte. Über das Abfragefenster der Attributtabelle fragen Sie dazu nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen ab, z. B. verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation = I AND potenzielle Schadwirkung = I. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. Tragen Sie dann in die neue Spalte der markierten Datensätze den entsprechenden Wert aus der Verknüpfungsmatrix, in dem Beispiel also den Wert II, ein. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

- Hier Abbildung #.7: Abb2\_LW\_Matrix\_LWinf\_Pufferz -

Abbildung #.7: Verknüpfungsmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und der Schadwirkung von Anlagen/ Betriebsbereiche (Eigene Darstellung, Kathleen Meisel, MLU)

Klassifizieren Sie das vereinte Thema bedingt durch die neue Spalte. Sie sehen nun die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

Nun verschneiden Sie mit dem ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl Ihr definiertes Überschwemmungsgebiet mit dem neuen Thema, so dass nur noch die verwundbaren Nutzflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen erscheinen.

**Beispiel:** Vollzieht man die gerade beschriebenen Arbeitsschritte für das Beispiel Dresden erhält man die nachfolgende Karte (Abbildung #.8). Es wird die Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Anlagen / Betriebsbereichen bei einem Extremhochwasserereignis (Pegel 10,00 m) dargestellt.

<sup>6</sup> Die Distanzen wurden nach einer in der in Kapitel 1.1 angekündigten Projektpublikation in der Reihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ beschriebenen Methode ermittelt. Obwohl die schädliche Wirkung von Kontaminationen nur in Fließrichtung auftreten kann, wird zur Vereinfachung des Verfahrens und um der Unberechenbarkeit des exakten Abflusses Rechnung zu tragen ein ringförmiger Bereich mit einheitlichem Abstand um die Kontaminationsquelle angenommen. Die tatsächliche Ausbreitungsfahne der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle kann nicht ohne Zuhilfenahme komplexerer Verfahren ermittelt werden.

- Hier Abbildung #.8: Karte6\_LW\_Verw\_Anlagen -

Abbildung #.8: Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potentiellen Schädigung von Anlagen / Betriebsbereichen bei einem Extremhochwasser der Elbe am Beispiel Dresden.

Zum Umgang mit Datenlücken: siehe ‚Zum Umgang mit Datenlücken‘ des 5. Verfahrensschritts

### 7. Schritt: Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller exponierten potenziellen Kontaminationsquellen

Um die endgültige Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu ermitteln, muss die Verwundbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen gegenüber Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen, den Anlagen nach § 19 g WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV gemeinsam betrachtet werden. Werden landwirtschaftliche Nutzflächen gleichzeitig von beiden Kontaminationsquellen überlagert, so müssen die Ergebnisse der Verfahrensschritte 5 und 6 verknüpft werden. Dabei bestehen nun vier mögliche Fälle.

Im ersten Fall wird die landwirtschaftliche Nutzfläche von keiner Kontaminationsquelle bedroht. Damit entspricht die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle #.1) der endgültigen Verwundbarkeit der Landwirtschaft. Im zweiten Fall gehen nur von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen Gefahren für die darüber liegende landwirtschaftliche Nutzfläche aus und im dritten Fall bestehen nur von Anlagen und Betriebsbereichen potenzielle Schädigung auf die Nutzflächen. In den Fällen zwei und drei werden die Verwundbarkeitsabstufungen aus den jeweiligen Verfahrensschritten 5 und 6 übernommen. Sie stellen nun die endgültige Verwundbarkeit der Landwirtschaft dar. Für den vierten Fall, dass eine landwirtschaftliche Nutzfläche gleichzeitig von beiden Kontaminationsquellen bedroht wird, erhöht sich auf diesen Flächen die hochwasserbedingte Verwundbarkeit. Dies soll im folgendem Arbeitsschritt verdeutlicht werden.

**Frage:** Ist eine landwirtschaftliche Nutzfläche gleichzeitig einer potenziellen Schädigung aus Altlasten / Altlastenverdachtsflächen und aus Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV ausgesetzt?

**Arbeitsschritt:** Laden Sie die beiden resultierenden Themen aus den Verfahrensschritten 5 und 6 in Ihr GIS. Schauen Sie, ob sich für eine landwirtschaftliche Nutzfläche die Wirkungen beider Kontaminationsquellen überlagern. Sollte das der Fall sein, so verknüpfen Sie beide Themen über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht automatisch ein neues Thema, das beispielsweise ‚Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ heißen könnte. Erstellen Sie in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte.

In der vereinten Attributtabelle werden vier Fälle deutlich. Für die Datensätze der Nutzflächen, die keiner potenziellen Schädigungen ausgesetzt sind, bleibt die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation bestehen. Sie werden so in die neue Spalte eingegeben. Im zweiten Fall, in dem nur von Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen Gefahren für die darüber liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgehen, wird die Erhöhung der Verwundbarkeitsstufe um eine Klasse entsprechend des Verfahrensschrittes 5 vorgenommen und in das Feld eingetragen. Im Fall, dass nur von Anlagen nach § 19 g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV potenzielle Schädigung auf die Nutzfläche ausgehen, bleibt die Verwundbarkeitsabstufung aus der im Verfahrensschritt 6 dargestellten Verknüpfungsmatrix bestehen. Für den vierten Fall, dass sich die potenziellen Schädigungen aus den Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen und den Anlagen bzw. Betriebsbereichen

überlagern, erfolgt in der neuen Spalte eine Wertzuweisung entsprechend der in Abbildung #.9 bereits vorgegebenen Verknüpfungsmatrix. Über das Abfragefenster der Attributtabelle fragen Sie dazu nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen ab, z. B. Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädigung aus Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen = II AND Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädigung aus Anlagen / Betriebsbereichen = II. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. Tragen Sie dann in die neue Spalte der markierten Datensätze den entsprechenden Wert aus der Verknüpfungsmatrix, in dem Beispiel also den Wert III, ein. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

- Hier Abbildung #.9: *Abb3\_LW\_Matrix\_VerwAnl\_VerwAlt* -

*Abbildung #.9: Verknüpfungsmatrix aus der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen und Anlagen/ Betriebsbereichen. (Eigene Darstellung, Kathleen Meisel, MLU)*

Das neue Thema 'Verwundbarkeit der Landwirtschaft' wird nun über die neue Spalte klassifiziert. Somit sind im GIS die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften landwirtschaftlichen Nutzflächen unter Berücksichtigung aller potenzieller Schädigungen im definierten Überschwemmungsgebiet sichtbar.

**Beispiel:** Als Beispiel der Darstellung des Endergebnisses 'hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Landwirtschaft' dient wieder die Stadt Dresden. In Abbildung #.10 wurde der oben geschilderte Arbeitsschritt umgesetzt.

- Hier Abbildung #.10: *Karte7\_LW\_Verw\_allSchadw* -

*Abbildung #.10: Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller potentiellen Schädigungen bei einem Extremhochwasser der Elbe am Beispiel Dresden*

**Zum Umgang mit Datenlücken:** siehe 'Zum Umgang mit Datenlücken' des 5. und 6. Verfahrensschritts.



**Anhang B**



# Anhang B

## Anhang B.1: Fragebogen der UNU-EHS Haushaltsbefragung (Köln)

- Anhang B.1 Fragebogen einfügen -

## Anhang B.2: Fragebogen zum Thema Hochwasserschutz im Rahmen des Kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009 der Stadt Köln

- Anhang B.2a und Anhang B.2b Mikrozensus einfügen -

## Anhang B.3: Karten zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung

- Abbildung B.3.1 einfügen -

*Abbildung B.3.1: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.2 einfügen -

*Abbildung B.3.2: Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.3 einfügen -

*Abbildung B.3.3: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.4 einfügen -

*Abbildung B.3.4: Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.5 einfügen -

*Abbildung B.3.5: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.6 einfügen -

*Abbildung B.3.6: Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.7 einfügen -

*Abbildung B.3.7: Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ Szenario entsprechen würde*

- Abbildung B.3.8 einfügen -

*Abbildung B.3.8: Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln*

- Abbildung B.3.9 einfügen -

*Abbildung B.3.9: Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln*

- Abbildung B.3.10 einfügen -

*Abbildung B.3.10: Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Dresden*

- Abbildung B.3.11 einfügen -

*Abbildung B.3.11: Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Dresden*

- Abbildung B.3.12 einfügen -

*Abbildung B.3.12: Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ Gebiet der Stadt Dresden*

**- Abbildung 3.13 einfügen -**

*Abbildung 3.13: Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten) im EHQ Gebiet der Stadt Köln*

Interviewer-Team: Nr.

Datum: \_\_\_\_\_

Beginn des Interviews: \_\_\_\_\_ Uhr

## Fragebogen: Hochwasser in Köln

Guten Tag Frau/Herr ...

Wie bereits per Post (und ggf. auch telefonisch) angekündigt, führen wir zur Zeit im Auftrag der Universität der Vereinten Nationen und der Stadt Köln eine Befragung zum Thema Hochwasser bzw. Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser durch.

Wir möchten Ihnen einige Fragen zu Ihren persönlichen Erfahrungen und Ansichten zum Thema Hochwasser stellen.

Die Ergebnisse der Befragung sollen als Grundlage für die weitere Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes in Köln dienen.

Ihre Teilnahme an der Umfrage ist selbstverständlich freiwillig und die Befragungsdaten werden anonym (ohne Ihren Namen) ausgewertet.

Die Befragung wird ca. 25 Minuten dauern.

# 1. Gefährdungseinschätzung und Exposition

1.1 Für wie bedeutsam bzw. wichtig halten Sie die nachfolgend aufgeführten Naturgefahren für Köln auf einer Skala von 1 bis 8?

*(1 unbedeutsam – 8 sehr bedeutsam)*

	1	2	3	4	5	6	7	8		
a	Sturm	<input type="checkbox"/>	1.1.a	<input type="checkbox"/>						
b	Hitzewelle	<input type="checkbox"/>	1.1.b	<input type="checkbox"/>						
c	Hochwasser	<input type="checkbox"/>	1.1.c	<input type="checkbox"/>						
d	Erdbeben	<input type="checkbox"/>	1.1.d	<input type="checkbox"/>						
e	Hangrutschung	<input type="checkbox"/>	1.1.e	<input type="checkbox"/>						
f	Starkregen	<input type="checkbox"/>	1.1.f	<input type="checkbox"/>						

1.2 Für wie wahrscheinlich halten Sie es auf einer Skala von 1 bis 8, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?

*(1 unwahrscheinlich – 8 sehr wahrscheinlich)*

1	2	3	4	5	6	7	8		
<input type="checkbox"/>	1.2	<input type="checkbox"/>							

1.3 Liegt das Haus, in dem Sie wohnen, in einem Gebiet, das durch ein extremes Hochwasser des Rheins gefährdet sein könnte?

1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

1.3

## 2. Informationen über Hochwasser

2.1 Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen erhalten oder eingeholt?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

- a  Ja, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten 2.1.a.
- b  Ja, ich habe selbst Informationen eingeholt 2.1.b.
- c  Nein, ich habe keine Informationen erhalten oder selbst eingeholt 2.1.c.

Falls Ja:

2.1.1 Von wem haben Sie diese Informationen erhalten bzw. eingeholt?

Antwort: \_\_\_\_\_

2.1.1 \_\_\_\_\_

2.2 Wie und wo würden Sie sich informieren, wenn ein Hochwasser tatsächlich kommt?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

- a  Nachbarn oder Bekannte 2.2.a.
- b  Zeitung 2.2.b.
- c  TV 2.2.c.
- d  Videotext 2.2.d.
- e  Radio 2.2.e.
- f  Telefon-Hotline der Hochwasserschutzzentrale 2.2.f.
- g  Internetseite der Hochwasserschutzzentrale 2.2.g.
- h  Sonstige Internetseiten 2.2.h.
- i  Sonstiges: \_\_\_\_\_ 2.2.i.
- j  Überhaupt nicht 2.2.j.
- k  Weiß nicht 2.2.k.

### 3. Erfahrungen mit Hochwasser

3.1 Haben Sie persönlich schon jemals ein Hochwasser an irgendeinem Ort erlebt?

1  Ja      2  Nein

3.1.

**Falls Nein:** → weiter mit Frage 4.1

3.2 Wann und wo haben Sie das/die Hochwasser erlebt?

	Jahr	Ort
a		
b		
c		
d		

3.2.a.     \_\_\_\_\_  
 3.2.b.     \_\_\_\_\_  
 3.2.c.     \_\_\_\_\_  
 3.2.d.     \_\_\_\_\_

3.3 Haben Sie persönlich schon ein Hochwasser in Köln erlebt?

1  Ja      2  Nein

3.3.

**Falls Nein:** → weiter mit Frage 4.1

3.4 Wie sind Sie auf das Hochwasser aufmerksam geworden? (zuletzt erlebtes Ereignis in Köln)  
 (Mehrfachnennungen möglich)

- a  Wasser im Keller/im Wohnhaus
- b  Behördliche Hochwasserwarnung
- c  Warnung durch Nachbarn, Freunde oder Bekannte
- d  Berichterstattung in den Medien
- e  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.4.a.   
 3.4.b.   
 3.4.c.   
 3.4.d.   
 3.4.e.

3.5 In welchen Bereichen waren Sie von Hochwasser in Köln betroffen?  
 (Mehrfachnennungen möglich)

ANTWORTKARTE

	Bereich	JA	NEIN	Falls Ja:
a	Wohnhaus	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	Frage 3.6
b	Berufsleben	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	Frage 3.7
c	Mobilität/Verkehrswege	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	Frage 3.8
d	Versorgung (z.B. Strom, Wasser, Einkaufen)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	Frage 3.9
e	Freizeitaktivitäten	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	Frage 3.10
f	Gesundheit/seelisches Wohlbefinden	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	Frage 3.11

3.5.a.   
 3.5.b.   
 3.5.c.   
 3.5.d.   
 3.5.e.   
 3.5.f.

**Falls kein Bereich betroffen:** → weiter mit Frage 4.1

## Fragen zu persönlicher Betroffenheit durch Hochwasser

(Mehrfachnennungen möglich)

3.6 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrem **Wohnhaus** betroffen?

- a  Wasser im Keller
- b  Wasser in der eigenen Wohnung
- c  Eingeschränkter Zugang zum Haus/zur Wohnung durch Hochwasser
- d  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.6.a

3.6.b

3.6.c

3.6.d

3.7 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrem **Berufsleben** betroffen?

- a  Ich war privat mit der Bekämpfung des Hochwassers beschäftigt
- b  Ich war als ehrenamtlicher Helfer im Hochwassereinsatz
- c  Ich konnte meine Arbeitsstätte hochwasserbedingt nicht erreichen
- d  Meine Arbeitsstätte hatte den Betrieb hochwasserbedingt eingestellt
- e  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.7.a

3.7.b

3.7.c

3.7.d

3.7.e

3.8 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Mobilität** bzw.

Ihren **Verkehrswegen** betroffen?

- a  Ausfall des öffentlichen Nahverkehrs (Bus, Bahn usw.)
- b  Beschädigung des eigenen Fahrzeugs
- c  Unpassierbare Straßen und Wege
- d  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.8.a

3.8.b

3.8.c

3.8.d

3.9 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Versorgung** betroffen?

- a  Stromausfall
- b  Ausfall der Heizung
- c  Ausfall der Trinkwasserversorgung
- d  Ausfall der Abwasserentsorgung
- e  Ausfall der Telekommunikation (Telefon, Internet)
- f  Ausfall der Gesundheitsversorgung (häusliche Pflege, Ärzte, Apotheke)
- g  Ausfall von behördlichen Diensten (Ämter usw.)
- h  Ausfall von Einkaufsmöglichkeiten
- i  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.9.a

3.9.b

3.9.c

3.9.d

3.9.e

3.9.f

3.9.g

3.9.h

3.9.i

3.10 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihren **Freizeitaktivitäten** betroffen?

- a  Spazieren/Joggen
- b  Radfahren/Skaten
- c  Wasserbezogene Aktivitäten (z.B. Rudern, Paddeln, Angeln)
- d  Sportplatzaktivitäten (z.B. Fußball, Tennis, Basketball)
- e  Garten/Kleingartenanlage
- f  Kulturelle Aktivitäten
- g  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.10.a

3.10.b

3.10.c

3.10.d

3.10.e

3.10.f

3.10.g

3.11 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Gesundheit** oder Ihrem **seelischen Wohlbefinden** betroffen?

- a  Infektionskrankheiten (z.B. Durchfall)
- b  Schimmelpilz
- c  Depression
- d  Sonstiges: \_\_\_\_\_

3.11.a

3.11.b

3.11.c

3.11.d

## 4. Vorsorge/Bewältigung

- 4.1 Stellen Sie sich vor, das Haus, in dem Sie wohnen, würde bei einem extremen Hochwasser im überfluteten Bereich liegen, und das Hochwasser könnte zu einer Unterbrechung der Strom- und Wasserversorgung führen. Für wie wichtig halten Sie die folgenden Dinge, um eine solche Situation möglichst gut zu meistern?  
(1 unwichtig – 8 sehr wichtig)

A N T W O R T K A R T E	Gegenstand	Einschätzung der Wichtigkeit									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
a	Gummistiefel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.a.	<input type="checkbox"/>
b	Schwimmweste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.b.	<input type="checkbox"/>
c	Schlauchboot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.c.	<input type="checkbox"/>
d	Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.d.	<input type="checkbox"/>
e	Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.e.	<input type="checkbox"/>
f	Sandsäcke und Füllmaterial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.f.	<input type="checkbox"/>
g	Wasserpumpe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.g.	<input type="checkbox"/>
h	Klebeband	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.h.	<input type="checkbox"/>
i	Kordel/Seil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.i.	<input type="checkbox"/>
j	Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.j.	<input type="checkbox"/>
k	Taschenlampe (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.k.	<input type="checkbox"/>
l	Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.l.	<input type="checkbox"/>
m	Netzunabhängige Heizmöglichkeit (z.B. Ofen/Kamin)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.m.	<input type="checkbox"/>
n	Trinkwasservorrat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.n.	<input type="checkbox"/>
o	Haltbare Lebensmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.o.	<input type="checkbox"/>
p	Toiletteneimer mit Deckel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.p.	<input type="checkbox"/>
q	Mobiltelefon (aufgeladen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1.q.	<input type="checkbox"/>

- 4.2 Welche der genannten Gegenstände haben Sie zur Zeit im Haus?

A N T W O R T K A R T E	Gegenstand	z.Zt im Haus			
		JA	NEIN		
a	Gummistiefel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.a.	<input type="checkbox"/>
b	Schwimmweste	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.b.	<input type="checkbox"/>
c	Schlauchboot	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.c.	<input type="checkbox"/>
d	Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.d.	<input type="checkbox"/>
e	Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.e.	<input type="checkbox"/>
f	Sandsäcke und Füllmaterial	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.f.	<input type="checkbox"/>
g	Wasserpumpe	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.g.	<input type="checkbox"/>
h	Klebeband	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.h.	<input type="checkbox"/>
i	Kordel/Seil	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.i.	<input type="checkbox"/>
j	Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.j.	<input type="checkbox"/>
k	Taschenlampe (funktionsfähig)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.k.	<input type="checkbox"/>
l	Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.l.	<input type="checkbox"/>
m	Netzunabhängige Heizmöglichkeit (z.B. Ofen/Kamin)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.m.	<input type="checkbox"/>
n	Trinkwasservorrat	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.n.	<input type="checkbox"/>
o	Haltbare Lebensmittel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.o.	<input type="checkbox"/>
p	Toiletteneimer mit Deckel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.p.	<input type="checkbox"/>
q	Mobiltelefon (aufgeladen)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4.2.q.	<input type="checkbox"/>

4.3 Was schätzen Sie: Wie lange könnten Sie im Falle eines Hochwassers **problemlos** auf die folgenden Dinge verzichten?

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

Ausfall von	Geschätzte Dauer eines problemlos ertragbaren Verzichts				
	gar nicht	wenige Stunden	1-2 Tage	3-5 Tage	länger als 5 Tage
a Elektrische Beleuchtung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
b Fernseher	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
c Radio	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
d Computer/Internet	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
e Telefon/Handy	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
f Kühlschrank	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
g Herd/Ofen/Mikrowelle	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
h Heizung (im Winter)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
i Leitungswasser	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
j WC-Spülung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
k Öffentliche Verkehrsmittel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

4.3.a   
4.3.a

4.4 Besteht für Sie die Möglichkeit, Gegenstände, die Sie vor Hochwasser schützen möchten, in höher gelegene Stockwerke umzulagern?

1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

4.4

Falls Ja:

4.4.1 Können Sie diese Gegenstände **selbständig** dorthin umlagern?

1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

4.4.1

4.5 Können Sie Stromanschlüsse im Haus selbst vor Hochwasser sichern?

1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

4.5

Versicherungsschutz

4.6 Haben Sie eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

- a  Wohngebäudeversicherung
- b  Elementar(risiko)versicherung
- c  Haftpflichtversicherung
- d  Hausratsversicherung
- e  Sonstige: \_\_\_\_\_
- f  Weiß nicht

4.6.a   
4.6.b   
4.6.c   
4.6.d   
4.6.e   
4.6.f

**Falls Ja:**

4.6.1 Sind Hochwasserschäden durch Ihre Versicherung abgedeckt?

- 1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

4.6.1

**Hochwasserschutzmaßnahmen in Köln**

4.7 Sind Ihnen Hochwasserschutzmaßnahmen bekannt, die die Stadt Köln und insbesondere die Hochwasserschutzzentrale nach den Hochwassern 1993 und 1995 durchgeführt hat?

- 1  Ja      2  Nein

4.7.

**Falls Ja:**

4.7.1 Welche Hochwasserschutzmaßnahmen sind Ihnen bekannt?

\_\_\_\_\_ 4.7.1 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4.7.2 Wie beurteilen Sie diese Maßnahmen für den Schutz vor neuen Hochwassern?  
(1 unzureichend – 8 sehr gut)

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        |
| <input type="checkbox"/> |

4.7.2.

4.7.3 Glauben Sie, dass die neuen Hochwasserschutzanlagen in Köln Ihnen eine absolute Sicherheit gegen Hochwasser bieten?

- 1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

4.7.3.

## 5. Wissen zum Notfallverhalten

5.1 Was würden Sie im Falle einer Hochwasserwarnung zuerst unternehmen?

*(3 Nennungen möglich)*

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

5.1.1. \_\_\_\_\_

5.1.2. \_\_\_\_\_

5.1.3. \_\_\_\_\_

5.2 Wer ist Ihrer Meinung nach für die direkte Hilfe bei einem Hochwasser zuständig?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

- a  Stadtentwässerungsbetriebe
- b  Andere städtische Behörden
- c  Polizei
- d  Feuerwehr
- e  Bundeswehr
- f  THW
- g  Rotes Kreuz
- h  Sonstige: \_\_\_\_\_
- i  Weiß nicht

5.2.a.

5.2.b.

5.2.c.

5.2.d.

5.2.e.

5.2.f.

5.2.g.

5.2.h.

5.2.i.

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

5.3 Wen würden Sie im Falle eines drohenden Hochwasserschadens in Ihrer Wohnung oder Ihrem Haus kontaktieren, um Hilfe bei der Sicherung von Möbeln und Inventar zu bitten?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

- a  Freunde
- b  Verwandte
- c  Nachbarn
- d  Polizei
- e  Feuerwehr
- f  Bundeswehr
- g  THW
- h  Rotes Kreuz
- i  Sonstige: \_\_\_\_\_
- j  Weiß nicht

5.3.a.

5.3.b.

5.3.c.

5.3.d.

5.3.e.

5.3.f.

5.3.g.

5.3.h.

5.3.i.

5.3.j.

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

5.4 Wo würden Sie im Falle einer Evakuierung am ehesten Zuflucht suchen?

- 1  bei Bekannten oder Freunden
- 2  bei Verwandten
- 3  Hotel/Pension
- 4  Städtische Einrichtungen/Notunterkünfte
- 5  Sonstige: \_\_\_\_\_

6  Weiß nicht

5.4.

ggf. \_\_\_\_\_

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

5.5 Würden Sie es im Falle einer Evakuierung **ohne fremde Hilfe** schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen?

1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht      5.5

5.6 Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die keine weitere Strecke (ca. 1 km) zu Fuß bewältigen könnten (z.B. Kleinkinder, ältere Personen)?

1  Ja      2  Nein      5.6

Falls Ja:

5.6.1 Wie viele Personen?

Anzahl: \_\_\_\_\_      5.6.1

5.7 Haben sie Personen in Ihrem Haushalt, die ständig auf Medikamente oder medizinische Geräte angewiesen sind?

1  Ja      2  Nein      5.7

Falls Ja:

5.7.1 Wie viele Personen?

Anzahl: \_\_\_\_\_      5.7.1

5.8 Haben Sie Haustiere?

1  Ja      2  Nein      5.8

5.9 Wenn Sie Ihre Wohnung **so schnell wie möglich** verlassen müssten:

Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z.B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?

\_\_\_\_\_      5.9 \_\_\_\_\_

5.10 Wenn eine **ausreichend lange Vorwarnzeit** gegeben wäre:

Wie lange würden Sie brauchen, um Ihre wichtigsten Einrichtungs- und Wertgegenstände (z.B. Fernseher, Computer, Schmuck, Bücher) in Sicherheit zu bringen?

\_\_\_\_\_      5.10 \_\_\_\_\_

## 6. Wohnen

6.1 Seit wann wohnen Sie in Köln?

Seit: \_\_\_\_\_

6.1.

6.2 Wie groß ist Ihre Wohnfläche in Quadratmetern?

ca. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

6.2.

6.3 Hat das Haus, in dem Sie wohnen, einen Keller?

1  Ja      2  Nein

6.3.

6.4 In welchem Jahr wurde das Haus, in dem Sie wohnen (ungefähr) erbaut?

ca. im Jahr: \_\_\_\_\_  Weiß nicht

6.4.

6.5 Wie beurteilen Sie den baulichen Zustand des Hauses, in dem Sie wohnen?  
(1 ungenügend/sanierungsbedürftig – 8 sehr gut)

1     2     3     4     5     6     7     8

6.5.

6.6 In welcher Bauweise wurde das Haus, in dem Sie wohnen, gebaut?

- 1  Massivbau (Stein-, Ziegel-, Mauerwerksbau)  
2  Fertighaus  
3  Fachwerkbauweise  
4  Stahlbeton  
5  Plattenbauweise  
6  Andere Bauweise: \_\_\_\_\_  
7  Weiß nicht

6.6

ggf. \_\_\_\_\_

6.7 Sind am Wohnhaus bauliche Hochwasserschutzvorkehrungen vorhanden?

1  Ja      2  Nein      3  Weiß nicht

6.7.

6.8 Welches Heizungssystem hat das Gebäude, in dem Sie wohnen?

- 1  Öl  
2  Gas  
3  Kohle  
4  Fernwärme  
5  Elektro (Nachtspeicher, Wärmepumpe, Direktheizung)  
6  Andere: \_\_\_\_\_  
7  Weiß nicht

6.8.

ggf. \_\_\_\_\_

**Falls Eigentümer mit Ölheizung:**

6.8.1 Können Sie Ihren Öltank selbständig gegen Auftrieb und Auslaufen im Falle eines Hochwassers sichern?

1  Ja

2  Nein

3  Weiß nicht

6.8.1

**Mögliche Hausschäden und Wiederbeschaffungswerte**

6.9 Was ist der geschätzte Wiederbeschaffungswert Ihrer Wohnungs- bzw. Hauseinrichtung?

ca. \_\_\_\_\_ Euro

6.9.

keine Angabe

6.10 Sind Sie Mieter oder Eigentümer der Wohnung bzw. des Hauses?

1  Mieter

2  Eigentümer

6.10.

**Falls Mieter:**

6.11 Wie hoch ist Ihre Kaltmiete?

a \_\_\_\_\_ Euro

keine Angabe

6.11.a

oder

b \_\_\_\_\_ Euro pro m<sup>2</sup>

6.11.b

**Falls Eigentümer:**

6.12 Was ist der geschätzte Wiederbeschaffungswert Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses (ohne Inventar)

ca. \_\_\_\_\_ Euro

6.12.

keine Angabe

## 7. Statistische Angaben

7.1 Haben Sie einen PKW im Haushalt?

- 1  Ja      2  Nein

7.1

7.2 Welche Verkehrsmittel benutzen Sie regelmäßig?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

- a  PKW  
b  Mofa/Roller/Motorrad  
c  Fahrrad  
d  Bus  
e  Straßenbahn/U-Bahn  
f  S-Bahn/DB  
g  Sonstiges: \_\_\_\_\_

7.2.a

7.2.b

7.2.c

7.2.d

7.2.e

7.2.f

7.2.g

7.3 Welchen höchsten Schulabschluss haben Sie?

- 1  kein Schulabschluss  
2  Volks-/Hauptschulabschluss  
3  Mittlere Reife, Realschulabschluss  
4  Fachhochschulreife/Hochschulreife  
5  keine Angabe

7.3

7.4 Welchen höchsten berufsbildenden Abschluss haben Sie?

- 1  kein berufsbildender Abschluss  
2  Berufsschule/Berufsfachschule  
3  Fachschule (Meister, Technikerschule)  
4  (Fach-)Hochschule  
5  keine Angabe

7.4

7.5 Wie viele Personen leben (dauerhaft) in Ihrem Haushalt („unter einem Dach“)?

\_\_\_\_\_ Personen

7.5

7.6 Bitte geben Sie für jede im Haushalt lebende Person folgende Angaben an:

	Alter	Geschlecht	Nationalität	Tätigkeit	Wirtschaftsbereich	Ort der Arbeitsstätte
a	Person 1					
b	Person 2					
c	Person 3					
d	Person 4					
e	Person 5					
f	Person 6					
g	Person 7					
h	Person 8					

**Alter:**  
Zahl eintragen

**Geschlecht:**  
M: männlich  
W: weiblich

**Nationalität:**  
1: deutsch  
2: europäisch  
3: außereuropäisch

**Tätigkeit:**  
A: Angestellt  
B: Arbeiter/Facharbeiter(in)  
C: Beamter/Beamtin  
D: Selbständig  
E: Freiberuflich  
F: Rentner/in  
G: Hausfrau/-mann  
H: arbeitslos  
I: in der Ausbildung

**Wirtschaftsbereich der Tätigkeit:**  
1: Land- und Forstwirtschaft  
2: Bau  
3: Industrie  
4: Handwerk  
5: Dienstleistungen  
6: Öffentlicher Dienst, Gebietskörperschaften  
7: Sonstiges

**Ort der Arbeitsstätte:**  
1: außerhalb Köln  
2: in Köln  
3: im selben Haus wie die Wohnung

7.7 Wie hoch ist ungefähr das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushaltes insgesamt?  
*(Erläuterung: Das Nettoeinkommen umfasst die Summe aller Einnahmen, die dem Haushalt nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungsbeträge verbleibt. Hierzu zählen beispielsweise auch Kindergeld, Einkünfte aus Vermietung/Verpachtung und Zinseinkünfte)*

A  
N  
T  
W  
O  
R  
T  
K  
A  
R  
T  
E

- |   |  |
|---|--|
| 1 <input type="checkbox"/> unter 500 Euro           | 8 <input type="checkbox"/> 3500 bis unter 4000 Euro  |
| 2 <input type="checkbox"/> 500 bis unter 1000 Euro  | 9 <input type="checkbox"/> 4000 bis unter 4500 Euro  |
| 3 <input type="checkbox"/> 1000 bis unter 1500 Euro | 10 <input type="checkbox"/> 4500 bis unter 5000 Euro |
| 4 <input type="checkbox"/> 1500 bis unter 2000 Euro | 11 <input type="checkbox"/> 5000 bis unter 5500 Euro |
| 5 <input type="checkbox"/> 2000 bis unter 2500 Euro | 12 <input type="checkbox"/> 5500 bis unter 6000 Euro |
| 6 <input type="checkbox"/> 2500 bis unter 3000 Euro | 13 <input type="checkbox"/> 6000 Euro und mehr       |
| 7 <input type="checkbox"/> 3000 bis unter 3500 Euro | 14 <input type="checkbox"/> keine Angabe             |

7.7

8. **Eine letzte Frage:**  
 Würden Sie sich nochmals für ein Interview zur Verfügung stellen?

1  Ja      2  Nein

8

**Vielen Dank!**

Interviewer-Team: Nr. \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Beginn: \_\_\_\_\_ Uhr (z.B. 10:35)

Ende: \_\_\_\_\_ Uhr

Stadtviertel: \_\_\_\_\_

Exposition: 1  HQ 100 2  HQ 500

Wasserhöhe bei HQ 1  bis 60cm 2  bis 120cm 3  bis 240cm 4  >240cm

Anzahl der Etagen des Hauses: \_\_\_\_\_

Etage der Wohnung: 5  Souterrain  
E  Erdgeschoss  
1  1. OG  
2  2. OG  
3  3. OG  
4  4. OG oder höher

Erreichbarkeit mit Aufzug: 1  Ja 2  Nein

Baulicher Zustand des Hauses (1 sehr gut – 8 ungenügend, sanierungsbedürftig):

1  2  3  4  5  6  7  8

Bauweise: 1  Massivbau (Stein-, Ziegel-, Mauerwerksbau)  
2  Stahlbeton  
3  Fertigbau  
4  Fachwerkbauweise  
5  Plattenbauweise  
6  Andere Bauweise: \_\_\_\_\_

Haustyp: 1  Einfamilienhaus (freistehend)  
2  Einfamilienhaus (Reihenhaus)  
3  Mehrfamilienhaus (1-5 Etagen)  
4  Mehrfamilienhaus (über 5 Etagen)  
5  Wohn- und Geschäftshaus  
6  Anderer Typ: \_\_\_\_\_

Hausnutzung: 1  Reines Wohngebäude  
2  Mischnutzung (z.B. Einzelhandel/Dienstleistung und Wohnen)

Sprachkenntnisse (nur bei Befragten mit Migrationshintergrund):

1  sehr gut  
2  gut  
3  mittelmäßig  
4  gering  
5  sehr gering

X.1.

X.2.

X.3.

X.4.

X.5.

X.6.

X.7.

X.8.

X.9.

X.10.

X.11.

X.12.

ggf. \_\_\_\_\_

X.13.

ggf. \_\_\_\_\_

X.14.

X.15.





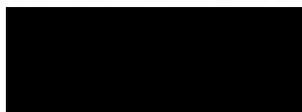
# »Leben in Köln« – Umfrage 2008/2009

Ihre Meinung ist uns wichtig! Für die Arbeit der Stadtverwaltung ist es von Bedeutung, die Meinungen und Vorstellungen der Bürgerinnen und Bürger zu verschiedenen Lebensbereichen zu erfahren. Diese Befragung soll dazu beitragen, die Interessen der Bevölkerung bei Planungen der Kommune weitgehend zu berücksichtigen.

Ausführliche Informationen zu dieser Befragung entnehmen Sie bitte dem beiliegenden Anschreiben. In diesem Schreiben werden auch der Verwendungszweck der Daten und die Art der Datenspeicherung erläutert. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass Ihre Teilnahme an der Befragung selbstverständlich freiwillig ist und die Befragungsdaten völlig anonym (ohne Ihren Namen und Ihre Anschrift) erfasst und ausgewertet werden.

Bitte nehmen Sie an der freiwilligen Befragung teil und füllen Sie den Fragebogen möglichst vollständig aus, da nur dann ein zuverlässiges, repräsentatives Bild über die Einschätzung Kölns zu erhalten ist. Der Fragebogen soll dabei von der Person ausgefüllt werden, die angeschrieben worden ist. Obwohl das Ausfüllen des Fragebogens leicht ist, beachten Sie bitte die folgenden Hinweise:

- Bei den meisten Fragen sind die Antworten bereits vorformuliert. Bitte kreuzen Sie in diesen Fällen die Antwortmöglichkeit an, die am ehesten auf Sie persönlich zutrifft.
- Bei einigen Fragen können Sie auch die Antwortmöglichkeit „Sonstiges“ ankreuzen und Ihre Antwort in Stichworten eintragen.
- Bei vielen Fragen ist nur eine Antwort möglich. Wenn jedoch mehrere Antworten möglich sind, ist dies durch folgenden Hinweis vermerkt: „Bitte alles Zutreffende ankreuzen“
- Wenn Sie bei einigen Fragen zwischen zwei Antwortmöglichkeiten schwanken, entscheiden Sie sich bitte für die Möglichkeit, die Ihnen noch am ehesten zusagt.
- Schließlich enthält der Fragebogen einige Fragen, bei denen keine Antwortmöglichkeiten vorformuliert sind. Bitte notieren Sie bei diesen Fragen Ihre Antwort in Stichworten.
- Senden Sie den ausgefüllten Fragebogen bitte innerhalb von zwei Wochen nach Erhalt in dem beigefügten Freiumschlag an die Stadt Köln zurück. Die Nummer auf dem Rückumschlag dient der räumlichen Zuordnung des Fragebogens zu Stadtvierteln. Der Rückumschlag mit der lfd. Nummer wird unmittelbar nach der Eingangskontrolle vom Fragebogen getrennt und vernichtet.
- Sollten Sie noch Fragen haben, dann wenden Sie sich bitte unter den folgenden Telefonnummern an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Amtes für Stadtentwicklung und Statistik:



Für Ihre freundliche Unterstützung und Geduld beim Ausfüllen des Fragebogens vielen Dank im Voraus.



**Hochwasserschutz**

40. Haben Sie schon einmal ein Hochwasser persönlich erlebt?

*Bitte alles Zutreffende ankreuzen*

- Nein
- Ja, in Köln
- Ja, in einer anderen Stadt / einer anderen Gemeinde
- Ja, im Ausland

41. In welchem Jahr war das? Falls Sie mehrere Hochwasser erlebt haben, können Sie hier mehrere Jahre angeben.

Bitte notieren:

42. Wenn Sie im Falle eines Hochwassers Ihre Wohnung / Ihr Haus so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere, sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z. B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?

ca.  Minuten

43. Wenn eine ausreichend lange Vorwarnzeit gegeben wäre: Wie lange würden Sie brauchen, um Ihre wichtigsten Einrichtungs- und Wertgegenstände (z. B. Fernseher, PC, Schmuck, Bücher) in Sicherheit zu bringen?

ca.  Minuten

44. Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weite Strecke (ca. 1 km und mehr) zu Fuß bewältigen könnten (Kleinkinder, Ältere)? Wenn ja, bitte Personenzahl notieren:

Ja  und zwar  Personen  
Nein

45. Haben Sie für Ihre Wohnung / Ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?

*Bitte alles Zutreffende ankreuzen*

- Wohngebäudeversicherung
- Elementar(risiko)versicherung
- Haftpflichtversicherung
- Hausratversicherung
- Sonstiges
- Weiß nicht

46. Wissen Sie, ob Hochwasserschäden durch Ihre Versicherung abgedeckt sind?

- Ja, Hochwasserschäden sind abgedeckt
- Nein, Hochwasserschäden sind nicht abgedeckt
- Weiß nicht

47. Für wie bedeutsam bzw. wichtig halten Sie die nachfolgend aufgeführten Naturgefahren für Köln auf einer Skala von 1 = „unbedeutsam“ bis 8 = „sehr bedeutsam“?

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sturm	<input type="checkbox"/>							
Hitzewelle	<input type="checkbox"/>							
Hochwasser	<input type="checkbox"/>							
Erdbeben	<input type="checkbox"/>							
Hangrutschung	<input type="checkbox"/>							
Starkregen	<input type="checkbox"/>							

48. Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird? (Skala von 1 = „unwahrscheinlich“ bis 8 = „sehr wahrscheinlich“)

	1	2	3	4	5	6	7	8
	<input type="checkbox"/>							

49. Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?

*Bitte alles Zutreffende ankreuzen*

- Ja, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten.
- Ja, ich habe selbst Informationen eingeholt.
- Nein, ich habe keine Informationen erhalten oder eingeholt.

50. Sind Ihnen Hochwasserschutzmaßnahmen bekannt, die die Stadt Köln und insbesondere die Hochwasserschutzzentrale nach den Hochwassern 1993 und 1995 durchgeführt hat?

Ja, und zwar folgende Maßnahmen

Bitte notieren:

1.

2.

3.

Nein, mir sind keine Maßnahmen bekannt

51. Haben Sie nach den Hochwassern 1993 und 1995 bei sich selber Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien ergriffen?

Ja, und zwar folgende Maßnahmen

Bitte notieren:

1.

2.

3.

Nein, habe nichts gemacht



# Anhang C



# Anhang C 1



## Online-Fragebogen Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)

Welche Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung betreiben Sie?

- reine Ackerlandbewirtschaftung
- reine Grünlandbewirtschaftung (ohne/ mit Viehhaltung) → *Überspringen von 6*
- Ackerland- und Grünlandbewirtschaftung (ohne/ mit Viehhaltung)

Im nächsten Abschnitt geht es um die Lage Ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche und Ihrer Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet und zu möglichen Kontaminationsquellen. Bitte schauen Sie für die folgenden 3 Fragen auf die Überschwemmungskarten!

1. Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ 100/ EHQ<sup>1</sup> liegt?
  - Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsgebiet → *Überspringen von 4, 5 und 6*
  - 1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet
  - mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet
  - mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet
2. Welcher Anteil an Vermögenswerten Ihres Betriebes, z. B. in Form von Technik, Maschinen, Wirtschaftsgebäuden, Vieh befindet sich im HQ 100/ EHQ (Achtung: ohne Nutzflächen!)?
  - Es befinden sich keine Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet → *Überspringen von 7 und 8*
  - 1 % bis 25 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet
  - mehr als 25 % bis 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet
  - mehr als 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet
3. Sind in der Überschwemmungskarte auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen einschließlich der Wirtschaftsgebäude Flächen mit potenzieller Schädwirkung ausgewiesen?
  - Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädwirkung ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädwirkung ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädwirkung ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädwirkung ausgewiesen

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihr Betriebskonzept und den daraus abzuleitenden Anfälligkeiten gegenüber einem potenziellen Hochwasser

4. Wie viel verschiedene Einnahmequellen haben Sie (z. B. Einnahmen aus verschiedenen Ernten oder tierischen Produkten, aus Handel oder Vermietung)?
  - eine
  - zwei bis drei
  - mehr als drei
5. Welche Kulturen befinden sich derzeit überwiegend auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/ EHQ? Bitte kreuzen sie nur ein Feld an!
  - Dauergrünland
  - stillgelegte/ aus Erzeugung genommene Flächen
  - Getreide
  - Hackfrüchte
  - Hülsenfrüchte
  - Ölsaaten
  - Ackerfutter
  - Dauerkulturen
  - Gemüse- und sonstige Handelsgewächse

<sup>1</sup> HQ 100 steht in der Wasserwirtschaft für einen Abfluss, der statistisch gesehen ein Mal in Hundert Jahren auftritt. Dabei können gewässerumgebende Bereiche überschwemmt werden. Diese Bereiche werden nach den Modellierungen der Wasserwirtschaft aber rein statistisch nur alle 100 Jahre überflutet. EHQ steht für einen extremen Abfluss, der statistisch gesehen noch seltener als alle 100 Jahre auftritt.

6. Wenden Sie auf Ihren überschwemmungsgefährdeten Feldern eine konservierende Bodenbearbeitung an?
- Nein
  - Ja, aber nicht immer und nicht auf allen Flächen
  - Ja, immer auf allen Flächen

**Im nächsten Abschnitt geht es um Ihre Hochwasservorsorge und Ihr Verhalten nach einem Hochwasser**

7. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossenen Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Wirtschaftsgebäuden getroffen?
- Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen
  - Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen
  - Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäude getroffen, so dass ich die Gebäude als sicher bezeichnen würde
8. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?
- Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
9. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage?
- Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen
  - Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen
  - Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle
10. Wie lange würden Sie bei einem größt anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!
- ca. ein Jahr
  - zwischen einem und fünf Jahren
  - mehr als 5 Jahre





## Online-Fragebogen Gartenbaubetriebe

Im nächsten Abschnitt geht es um die Lage Ihres Gartenbaubetriebes im Überschwemmungsgebiet und zu möglichen Kontaminationsquellen. Bitte schauen Sie für die folgenden 2 Fragen auf die Überschwemmungskarten!

1. Zu welchem Anteil liegt Ihr Gartenbaubetrieb im HQ 100/ EHQ<sup>1</sup>?
  - 1 % bis 25 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet
  - mehr als 25 % bis 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet
  - mehr als 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet
2. Sind in der Überschwemmungskarte auf dem Gelände Ihres Gartenbaubetriebes Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen?
  - Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädigung ausgewiesen<sup>2</sup>
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädigung ausgewiesen
  - Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädigung ausgewiesen

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihr Betriebskonzept und den daraus abzuleitenden Anfälligkeiten gegenüber einem potenziellen Hochwasser

3. Wie viel verschiedene Kulturen oder Sätze haben Sie über das Jahr verteilt?
  - ein bis zwei
  - drei bis vier
  - mehr als vier
4. Haben Sie zusätzliche Einnahmequellen, z. B. Einnahmen aus Handel oder Vermietung etc.?
  - Nein, ich habe keine zusätzlichen Einnahmequellen
  - Ja, ich habe eine weitere Einnahmequelle
  - Ja, ich habe mehrere weitere Einnahmequellen

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihre Hochwasservorsorge und Ihr Verhalten nach einem Hochwasser

5. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. höher gelegte Technik, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossenen Gebäudewanne oder mobile Schutzeinrichtungen) an Ihren Gewächshäusern und sonstigen Wirtschaftsgebäuden getroffen?
  - Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen
  - Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen
  - Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen, so dass ich meine Gewächshäuser bzw. Wirtschaftsgebäude als sicher bezeichnen würde.
6. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?
  - Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
  - Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
7. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage?
  - Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen
  - Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen
  - Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle

<sup>1</sup> HQ 100 steht in der Wasserwirtschaft für einen Abfluss, der statistisch gesehen ein Mal in Hundert Jahren auftritt. Dabei können gewässerumgebende Bereiche überschwemmt werden. Diese Bereiche werden nach den Modellierungen der Wasserwirtschaft aber rein statistisch nur alle 100 Jahre überflutet. EHQ steht für einen extremen Abfluss, der statistisch gesehen noch seltener als alle 100 Jahre auftritt.

<sup>2</sup> Geringe potenzielle Schädigung: Puffer mit Wertigkeit I um eine Anlage nach § 19 g WHG/ Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV oder Altlast/ Altlastenverdachtsfläche

8. Wie lange würden Sie bei einem größt anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!

- ca. ein Jahr
- zwischen einem und fünf Jahren
- mehr als 5 Jahre

## Anhang C 2



## Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)

### I. Zuordnung der Antwortmöglichkeiten zu rangskalierten Wertstufen

Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

1.	Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ 100/ EHQ liegt?	<b>Wert- stufe</b>
a)	Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsgebiet	I
b)	1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	III
d)	mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	IV
2.	Welcher Anteil an Vermögenswerten Ihres Betriebes, z. B. in Form von Technik, Maschinen, Wirtschaftsgebäuden, Vieh befindet sich im HQ 100/ EHQ (Achtung: ohne Nutzflächen!)?	<b>Wert- stufe</b>
a)	Es befinden sich keine Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet	I
b)	1 % bis 25 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 25 % bis 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet	III
d)	mehr als 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet	IV
3.	Sind in der Überschwemmungskarte auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen einschließlich der Wirtschaftsgebäude Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen?	<b>Wert- stufe</b>
a)	Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen	I
b)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädigung ausgewiesen	II
c)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädigung ausgewiesen	III
d)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädigung ausgewiesen	IV

Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

4.	Wie viel verschiedene Einnahmequellen haben Sie (z. B. Einnahmen aus verschiedenen Ernten oder tierischen Produkten, aus Handel oder Vermietung)?	<b>Wert- stufe</b>
a)	eine	III
b)	zwei bis drei	II
c)	mehr als drei	I
5.	- Überflutungstoleranz- Welche Kulturen befinden sich derzeit <u>überwiegend</u> auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/ EHQ? Bitte kreuzen sie nur ein Feld an!	<b>Wert- stufe</b>
a)	Dauergrünland	III
b)	stillgelegte/ aus Erzeugung genommene Flächen	III
c)	Getreide	II
d)	Hackfrüchte	I
e)	Hülsenfrüchte	I
f)	Ölsaaten	I
g)	Ackerfutter	I
h)	Dauerkulturen	I
i)	Gemüse- und sonstige Handelsgewächse	I
5.	- Schadenspotenzial- Welche Kulturen befinden sich derzeit <u>überwiegend</u> auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/ EHQ? Bitte kreuzen sie nur ein Feld an!	<b>Wert- stufe</b>
a)	Dauergrünland	I
b)	stillgelegte/ aus Erzeugung genommene Flächen	I
c)	Getreide	II
d)	Hackfrüchte	III
e)	Hülsenfrüchte	I
f)	Ölsaaten	II
g)	Ackerfutter	II
h)	Dauerkulturen	IV
i)	Gemüse- und sonstige Handelsgewächse	IV

6.	Wenden Sie auf Ihren überschwemmungsgefährdeten Feldern eine konservierende Bodenbearbeitung an?	Wertstufe
a)	Nein	III
b)	Ja, aber nicht immer und nicht auf allen Flächen	II
c)	Ja, immer auf allen Flächen	I

**Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)**

7.	Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossenen Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Wirtschaftsgebäuden getroffen?	Wertstufe
a)	Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen	I
b)	Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen	II
c)	Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäude getroffen, so dass ich die Gebäude als sicher bezeichnen würde	III

8.	Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?	Wertstufe
a)	Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	I
b)	Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	II
c)	Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	III

9.	Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage? Bitte kreuzen sie nur ein Feld an!	Wertstufe
a)	Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen	I
b)	Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen	II
c)	Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle	III

10	Wie lange würden Sie bei einem größt anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!	Wertstufe
a)	ca. ein Jahr	III
b)	zwischen einem und fünf Jahren	II
c)	mehr als 5 Jahre	I

**II. Gewichtung der Fragen/ Klassenbildung/ Eingabefälle**

Die Gewichtung der Fragen orientiert sich an der Stärke der Beziehungen der Systemelemente im Systemmodell untereinander. Das Systemmodell, das versucht die Realität „Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber einem Hochwasserereignis“ abzubilden, wurde mit Hilfe der Betroffenen- und Experteninterviews erstellt. Genauere Erläuterungen werden im Endbericht des Forschungsvorhabens gegeben.

**Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)**

Gewichtung

Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche	dreifach	3/7	0,43
Anteil der landwirtschaftlichen Vermögenswerte	dreifach	3/7	0,43
Lage zu potenziellen Schadquellen	einfach	1/7	0,14

Berechnungsvorschrift:

$$\text{Wertstufe Frage 1} * 0,43 + \text{Wertstufe Frage 2} * 0,43 + \text{Wertstufe Frage 3} * 0,14$$

Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	4

Klassenzuordnung:

- I 1,00-1,59
- II 1,60-2,19
- III 2,2-2,79
- IV 2,8-3,39
- V 3,4-3,99

Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	gibt es nicht	keine
II+I+I	1,43	I
II+I+II	1,57	I
I+II+I	1,43	I
I+II+II	1,57	I
II+II+I	1,86	II
II+II+II	2	II
I+II+III	1,71	II
I+III+II	2	II
II+I+III	1,71	II
II+II+III	2,29	III
III+I+II	2	II
III+II+I	2,29	III
I+III+I	1,86	II
III+I+I	1,86	II
III+III+I	2,71	III
III+I+III	2,14	II
I+III+III	2,14	II
III+III+III	3	IV
II+II+III	2,14	II
II+III+II	2,43	III
III+II+II	2,43	III
II+III+III	2,57	III
III+III+II	2,86	IV
III+II+III	2,57	III
I+IV+I	2,29	III
IV+I+I	2,29	III
I+IV+IV	2,71	III
IV+I+IV	2,71	III
IV+IV+I	3,57	V
IV+IV+IV	4	V
II+II+IV	2,29	III
II+IV+II	2,86	IV
IV+II+II	2,86	IV
II+IV+IV	3,14	IV
IV+IV+II	3,71	V
IV+II+IV	3,14	IV
III+III+IV	3,14	IV
III+IV+III	3,43	V
IV+III+III	3,43	V
III+IV+IV	3,57	V
IV+IV+III	3,86	V
IV+III+IV	3,57	V
II+III+IV	2,71	III
III+II+IV	2,71	III
II+IV+III	3	IV
III+IV+II	3,29	IV

IV+II+III	3	IV
IV+III+II	3,29	IV
I+III+IV	2,29	IV
I+IV+III	2,57	III
III+I+IV	2,29	III
III+IV+I	3,14	IV
IV+I+III	2,57	III
IV+III+I	3,14	IV
I+II+IV	1,86	II
I+IV+II	2,43	III
II+I+IV	1,86	II
II+IV+I	2,71	III
IV+I+II	2,43	III
IV+II+I	2,71	III
I+I+II	gibt es nicht	keine
I+I+III	gibt es nicht	keine
I+I+IV	gibt es nicht	keine

## Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

Fall: auch ackerbauliche Bewirtschaftung

### Gewichtung

Anzahl verschiedener Einnahmequellen	doppelt	2/7	0,29
Überflutungstoleranz	doppelt	2/7	0,29
Schadenspotenzial	doppelt	2/7	0,29
Anwendung konservierende Bodenbearbeitung	einfach	1/7	0,14

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 4 \* 0,29 + Wertstufe Frage 5 \* 0,29 + Wertstufe Frage 6 \* 0,14

### Klassenbildung

geringster Wert: 1  
höchster Wert: 3,3

Klassenzuordnung:

I	1-1,45
II	1,46-1,91
III	1,92-2,37
IV	2,38-2,83
V	1,84-3,3

### Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I+I	1	I
I+I+I+II	1,14	I
I+I+II+I	1,29	I
I+II+I+I	1,29	I
II+I+I+I	1,29	I
I+I+II+II	1,43	I
I+II+II+I	1,57	II
II+II+I+I	1,57	II
II+I+I+II	1,43	I
II+I+II+I	1,57	II
I+II+I+II	1,43	I
I+II+II+II	1,71	II
II+II+II+I	1,86	II
II+I+II+II	1,71	II
II+II+I+II	1,71	II
II+II+II+II	2	III

I+I+I+III	1,29	I
I+I+III+I	1,57	II
I+III+I+I	1,57	II
III+I+I+I	1,57	II
I+I+III+III	1,86	II
I+III+III+I	2,14	III
III+III+I+I	2,14	III
III+I+I+III	1,86	II
III+I+III+I	2,14	III
I+III+I+III	1,86	II
I+III+III+III	2,4	IV
III+III+III+I	2,7	IV
III+I+III+III	2,4	IV
III+III+I+III	2,4	IV
III+III+III+III	3	V
I+I+IV+I	1,86	II
II+II+II+III	2,14	III
II+II+III+II	2,29	III
II+III+II+II	2,29	III
III+II+II+II	2,29	III
II+II+III+III	2,42	IV
II+III+III+II	2,57	IV
III+II+II+II	2,57	IV
III+II+II+III	2,42	IV
III+II+III+II	2,57	IV
II+III+II+III	2,42	IV
II+III+III+III	2,71	IV
III+III+III+II	2,86	V
III+II+III+III	2,71	IV
III+III+II+III	2,71	IV
II+II+IV+II	2,57	IV
II+IV+III+III	3,29	V
I+I+I+I+III	1,57	II
I+II+III+I	1,86	II
II+III+I+I	1,86	II
I+II+I+III	1,57	II
I+III+I+I	1,71	II
III+I+II+I	1,86	II
II+I+III+I	1,86	II
I+I+III+II	1,86	II
I+III+II+I	1,86	II
III+II+I+I	1,86	II
III+I+I+II	1,71	II
II+I+I+III	1,57	II
II+II+I+III	1,86	II
II+II+III+I	2,14	III
I+III+II+II	2	III
III+I+II+II	2	III
III+II+II+I	2,14	III
I+II+II+III	1,86	II
II+I+III+II	2	III
II+II+I+II	2	III
II+III+II+I	2,14	III
II+I+II+III	1,86	II
I+II+III+II	2	III
III+II+I+I	2	III

III+III+I+II	2,29	III
III+III+I+I	2,43	IV
I+II+III+III	2,14	III
II+I+III+III	2,14	III
III+I+II+III	2,14	III
III+II+I+III	2,14	III
I+III+III+II	2,29	III
II+III+III+I	2,43	IV
III+I+III+II	2,29	III
III+II+III+I	2,43	IV
II+III+I+III	2,14	III
I+III+II+III	2,14	III
I+I+IV+II	2	III
I+II+IV+I	2,14	III
II+I+IV+I	2,14	III
II+II+IV+I	2,43	IV
II+I+IV+II	2,29	III
I+II+IV+II	2,29	III
I+I+IV+III	2,14	III
I+III+IV+I	2,43	IV
III+I+IV+I	2,43	IV
III+III+IV+I	3	V
III+I+IV+III	2,71	IV
I+III+IV+III	2,71	IV
II+II+IV+III	2,71	IV
II+III+IV+II	2,86	V
III+II+IV+II	2,86	V
III+III+IV+II	3,14	V
III+II+IV+III	3	V
II+III+IV+III	3	V
I+II+IV+III	2,42	IV
II+I+IV+III	2,42	IV
III+I+IV+II	2,57	IV
I+III+IV+II	2,57	IV
III+II+IV+I	2,71	IV
II+III+IV+I	2,71	IV

*Fall: nur Grünlandbewirtschaftung mit/ ohne Viehhaltung*

Gewichtung

Anzahl verschiedener Einnahmequellen	einfach	1
Überflutungstoleranz	einfach	1
Schadenspotenzial	einfach	1

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 4 \* 1 + Wertstufe Frage 5 \* 1 + Wertstufe Frage 5 \* 1

Klassenbildung

geringster Wert: 1

höchster Wert: 3,33

Klassenzuordnung:

- I 1-1,46
- II 1,47-1,93
- III 1,94-2,4
- IV 2,41-2,87
- V 2,88-3,34

<u>Eingabefälle</u>		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,33	I
I+II+I	1,33	I
II+I+I	1,33	I
I+II+II	1,67	II
II+II+I	1,67	II
II+I+II	1,67	II
II+II+II	2,00	III
I+I+III	1,67	II
I+III+I	1,67	II
III+I+I	1,67	II
I+III+III	2,33	III
III+III+I	2,33	III
III+I+III	2,33	III
I+I+IV	2,00	III
II+II+III	2,33	III
II+III+II	2,33	III
III+II+II	2,33	III
II+III+III	2,67	IV
III+III+II	2,67	IV
III+II+III	2,67	IV
II+II+IV	2,67	IV
III+II+IV	3,33	V
I+II+III	2	III
I+III+II	2	III
II+III+I	2	III
II+I+III	2	III
III+II+I	2	III
III+I+II	2	III
I+II+IV	2,33	III
II+I+IV	2,33	III
I+III+IV	2,67	IV
III+I+IV	2,67	IV
II+III+IV	3	V
III+II+IV	3	V
III+III+III	3	V

Fall: nur Vermögenswerte exponiert

→ in diesem Fall gibt es keine spezifischen Anfälligkeiten

### Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)

#### Bewältigungskapazität I (Hochwasservorsorge)

Fall: sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert/ nur Vermögenswerte exponiert

#### Gewichtung

Bauvorsorge	einfach	1/4	0,25
Evakuierungsverhalten	einfach	1/4	0,25
Risikovorsorge	doppelt	2/4	0,5

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 7 \* 0,25 + Wertstufe Frage 8 \* 0,25 + Wertstufe Frage 10 \* 0,5

#### Klassenbildung

geringster Wert: 1

höchster Wert: 3

**Klassenzuordnung:**

- I 1-1,39
- II 1,4-1,79
- III 1,8-2,19
- IV 2,20-2,59
- V 2,6-2,99

Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+	1	I
I+I+II	1,5	II
I+II+	1,25	I
II+I+	1,25	I
I+II+II	1,75	II
II+I+II	1,75	II
II+II+	1,5	II
II+II+II	2	III
I+I+III	2	III
I+III+	1,5	II
III+I+	1,5	II
I+III+III	2,5	IV
III+I+III	2,5	IV
III+III+	2	III
III+III+III	3	V
II+II+III	2,5	IV
II+III+II	2,25	IV
III+II+II	2,25	IV
II+III+III	2,75	V
III+II+III	2,75	V
III+III+II	2,5	IV
I+II+III	2,25	IV
I+III+II	2	III
II+I+III	2,25	IV
II+III+	1,75	II
III+I+II	2	III
III+II+	1,75	II

*Fall: nur Flächen exponiert*

Risikovorsorge → hier gilt nur die Risikovorsorge als Hochwasservorsorge

**Bewältigungskapazität II (Bindung an die Tätigkeit)**

Bindung an die Tätigkeit

**Bewältigungskapazität**

*Fall: sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert/ nur Vermögenswerte exponiert*

Gewichtung

Hochwasservorsorge	doppelt	2/3	0,67
Bindung an Tätigkeit	einfach	1/3	0,33

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Hochwasservorsorge \* 0,67 + Wertstufe Bindung an die Tätigkeit (Frage 9) \* 0,33

Klassenbildung

geringster Wert: 1  
 höchster Wert: 4,33

Klassenzuordnung:

- I 1-1,66
- II 1,67-2,33
- III 2,34-3,0

IV 3,01-3,67  
 V 3,68-4,34

Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,67	II
II+I	1,33	I
II+II	2	II
I+III	2,33	III
III+I	1,67	II
III+III	3	III
I+IV	3	III
I+V	3,67	IV
II+III	2,67	III
III+II	2,33	III
II+IV	3,33	IV
II+V	4	V
III+IV	3,67	IV
III+V	4,33	V

*Fall: nur Flächen exponiert*

Gewichtung

Risikovorsorge (Hochwasservorsorge)	doppelt	2/3	0,67
Bindung an Tätigkeit	einfach	1/3	0,33

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Risikovorsorge (Frage 10) \* 0,67+ Wertstufe Bindung an die Tätigkeit (Frage 9) \* 0,33

Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	3

Klassenzuordnung:

I	1-1,39
II	1,4-1,79
III	1,8-2,19
IV	2,20-2,59
V	2,6-2,99

Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,67	II
II+I	1,33	I
II+II	2	III
I+III	2,33	IV
III+I	1,67	II
III+III	3	V
II+III	2,67	V
III+II	2,33	IV

**III. Gewichtung der Abschnittsergebnisse/ Klassenbildung/ Ergebnisfälle**

**Verwundbarkeit**

Fall: sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert/ nur Flächen exponiert

Gewichtung

Exposition	dreifach	3/7	0,43
Anfälligkeit	doppelt	2/7	0,29

Bewältigungskapazität

doppelt

2/7

0,29

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Exposition \* 0,43 + Wertstufe Anfälligkeit \* 0,29 + Wertstufe Bewältigungskapazität \* 0,29

Klassenbildung

geringster Wert:

1

höchster Wert:

5

Klassenzuordnung

I 1,00-1,49

II 1,50-2,49

III 2,50-3,49

IV 3,50-4,49

V 4,50-5,00

Ergebnisfälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,29	I
I+II+I	1,29	I
II+I+I	1,43	I
I+II+II	1,57	II
I+I+III	1,57	II
I+III+I	1,57	II
II+I+II	1,71	II
II+II+I	1,71	II
III+I+I	1,86	II
I+I+IV	1,86	II
I+IV+I	1,86	II
I+II+III	1,86	II
I+III+II	1,86	II
II+II+II	2	II
II+I+III	2	II
II+III+I	2	II
I+III+III	2,14	II
I+I+V	2,14	II
I+V+I	2,14	II
III+I+II	2,14	II
III+II+I	2,14	II
I+II+IV	2,14	II
I+IV+II	2,14	II
IV+I+I	2,29	II
II+II+III	2,29	II
II+III+II	2,29	II
II+I+IV	2,29	II
II+IV+I	2,29	II
III+I+III	2,43	II
III+III+I	2,43	II
III+II+II	2,43	II
I+II+V	2,43	II
I+V+II	2,43	II
I+III+IV	2,43	II
I+IV+III	2,43	II
II+III+III	2,57	III
II+II+IV	2,57	III
II+IV+II	2,57	III
IV+I+II	2,57	III

IV+II+I	2,57	III
II+I+V	2,57	III
II+V+I	2,57	III
I+IV+IV	2,71	III
V+I+I	2,71	III
III+II+III	2,71	III
III+III+II	2,71	III
III+I+IV	2,71	III
III+IV+I	2,71	III
I+III+V	2,71	III
I+V+III	2,71	III
IV+II+II	2,86	III
II+II+V	2,86	III
II+V+II	2,86	III
II+III+IV	2,86	III
II+IV+III	2,86	III
IV+I+II	2,86	III
IV+III+I	2,86	III
III+III+III	3	III
V+I+II	3	III
V+II+I	3	III
III+II+IV	3	III
III+IV+II	3	III
III+I+V	3	III
III+V+I	3	III
I+IV+V	3	III
I+V+IV	3	III
IV+I+IV	3,14	III
IV+IV+I	3,14	III
II+IV+IV	3,14	III
IV+II+III	3,14	III
IV+III+II	3,14	III
II+III+V	3,14	III
II+V+III	3,14	III
I+V+V	3,29	III
V+II+II	3,29	III
III+III+IV	3,29	III
III+IV+III	3,29	III
V+I+III	3,29	III
V+II+I	3,29	III
III+II+V	3,29	III
III+V+II	3,29	III
IV+II+IV	3,43	III
IV+IV+II	3,43	III
IV+III+III	3,43	III
II+IV+V	3,43	III
II+V+IV	3,43	III
IV+I+V	3,43	III
IV+V+I	3,43	III
III+IV+IV	3,57	IV
III+III+V	3,57	IV
III+V+III	3,57	IV
V+I+IV	3,57	IV
V+IV+I	3,57	IV
V+II+III	3,57	IV
V+III+II	3,57	IV

II+V+V	3,71	IV
IV+III+IV	3,71	IV
IV+IV+III	3,71	IV
IV+II+V	3,71	IV
IV+V+II	3,71	IV
V+I+V	3,86	IV
V+V+I	3,86	IV
V+III+III	3,86	IV
V+II+IV	3,86	IV
V+IV+II	3,86	IV
III+IV+V	3,86	IV
III+V+IV	3,86	IV
IV+IV+IV	4	IV
IV+III+V	4	IV
IV+V+III	4	IV
V+II+V	4,14	IV
V+V+II	4,14	IV
III+V+V	4,14	IV
V+III+IV	4,14	IV
V+IV+III	4,14	IV
IV+IV+V	4,29	IV
IV+V+IV	4,29	IV
V+III+V	4,43	IV
V+V+III	4,43	IV
V+IV+IV	4,43	IV
IV+V+V	4,57	V
V+IV+V	4,71	V
V+V+IV	4,71	V
V+V+V	5	V

Fall: nur Vermögenswerte exponiert

Gewichtung

Exposition	dreifach	3/5	0,6
Bewältigungskapazität	doppelt	2/5	0,4

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Exposition \* 0,6 + Wertstufe Bewältigungskapazität \* 0,4

Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	5

Klassenzuordnung

I	1,00-1,49
II	1,50-2,49
III	2,50-3,49
IV	3,50-4,49
V	4,50-5,00

Ergebnisfälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,4	I
II+I	1,6	II
II+II	2	II
II+III	2,4	II
III+II	2,6	III
III+III	3	III

III+IV	3,4	III
IV+III	3,6	IV
IV+IV	4	IV
IV+V	4,4	IV
V+IV	4,6	V
V+V	5	V
I+III	1,8	II
III+I	2,2	II
I+IV	2,2	II
IV+I	2,8	III
I+V	2,6	III
V+I	3,4	III
II+IV	2,8	III
IV+II	3,2	III
II+V	3,2	III
V+II	3,8	IV
III+V	3,8	IV
V+III	4,2	IV







## Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Gartenbaubetriebe

### I. Zuordnung der Antwortmöglichkeiten zu rangskalierten Wertstufen

#### Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

1.	Zu welchem Anteil liegt Ihr Gartenbaubetrieb im HQ 100/ EHQ?	Wertstufe
a)	1 % bis 25 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet	I
b)	mehr als 25 % bis 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet	III
2.	Sind in der Überschwemmungskarte auf dem Gelände Ihres Gartenbaubetriebes Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen?	Wertstufe
a)	Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen	I
b)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädigung ausgewiesen	II
c)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädigung ausgewiesen	III
d)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädigung ausgewiesen	IV

#### Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

3.	Wie viel verschiedene Ernten haben Sie über das Jahr verteilt?	Wertstufe
a)	ein bis zwei	III
b)	drei bis vier	II
c)	mehr als vier	I
4.	Haben Sie zusätzliche Einnahmequellen, z. B. Einnahmen aus Handel oder Vermietung etc.?	Wertstufe
a)	Nein, ich habe keine zusätzlichen Einnahmequellen	III
b)	Ja, ich habe eine weitere Einnahmequelle	II
c)	Ja, ich habe mehrere weitere Einnahmequellen	I

#### Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)

5.	Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. höher gelegte Technik, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossenen Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Gewächshäusern und sonstigen Wirtschaftsgebäuden getroffen?	Wertstufe
a)	Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen	I
b)	Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen	II
c)	Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen, so dass ich meine Gewächshäuser bzw. Wirtschaftsgebäude als sicher bezeichnen würde.	III
6.	Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?	Wertstufe
a)	Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	I
b)	Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	II
c)	Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	III
7.	Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage? Bitte kreuzen sie nur ein Feld an!	Wertstufe
a)	Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen	I
b)	Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen	II
c)	Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle	III

8. **Wie lange würden Sie bei einem größt anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!** **Wertstufe**
- a) ca. ein Jahr **III**  
 b) zwischen einem und fünf Jahren **II**  
 c) mehr als 5 Jahre **I**

## II. Gewichtung der Fragen/ Klassenbildung/ Eingabefälle

### Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

#### Gewichtung

Anteil des Betriebsgeländes	dreifach	3/4	0,75
Lage zu potenziellen Schadquellen	einfach	1/4	0,25

Berechnungsvorschrift:

$$\text{Wertstufe Frage 1} * 0,75 + \text{Wertstufe Frage 2} * 0,25$$

#### Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	3,25

#### Klassenzuordnung

I	1,00-1,44
II	1,45-1,89
III	1,90-2,34
IV	2,35-2,79
V	2,80-3,24

#### Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,25	I
II+I	1,75	II
I+III	1,5	II
III+I	2,5	IV
I+IV	1,75	II
II+II	2	III
II+III	2,25	III
III+II	2,75	IV
II+IV	2,5	IV
III+III	3	V
III+IV	3,25	V

### Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

#### Gewichtung

Anzahl verschiedener Ernten	einfach	1
Zusätzliche Einnahmequellen	einfach	1

Berechnungsvorschrift:

$$\text{Wertstufe Frage 3} * 1 + \text{Wertstufe Frage 4} * 1$$

#### Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	3

#### Klassenzuordnung

I	1,00-1,39
II	1,40-1,79
III	1,80-2,19
IV	2,20-2,59

V 2,60-2,99

Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,5	II
II+I	1,5	II
I+III	2	III
II+I	2	III
II+II	2	III
II+III	2,5	IV
III+II	2,5	IV
III+III	3	V

**Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)**

**Bewältigungskapazität I (Hochwasservorsorge)**

Gewichtung

Bauvorsorge	einfach	1/4	0,25
Evakuierungsverhalten	einfach	1/4	0,25
Risikovorsorge	doppelt	2/4	0,5

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 5 \* 0,25 + Wertstufe Frage 6 \* 0,25 + Wertstufe Frage 8 \* 0,5

Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	3

Klassenzuordnung

I	1-1,39
II	1,4-1,79
III	1,8-2,19
IV	2,20-2,59
V	2,6-2,99

Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,5	II
I+II+I	1,25	I
II+I+I	1,25	I
I+II+II	1,75	II
II+I+II	1,75	II
II+II+I	1,5	II
II+II+II	2	III
I+I+III	2	III
I+III+I	1,5	II
III+I+I	1,5	II
I+III+III	2,5	IV
III+I+III	2,5	IV
III+III+I	2	III
III+III+III	3	V
II+II+III	2,5	IV
II+III+II	2,25	IV
III+I+II	2,25	IV
II+III+III	2,75	V
III+II+III	2,75	V
III+III+II	2,5	IV
I+I+III	2,25	IV
I+III+II	2	III

II+I+III	2,25	IV
II+III+I	1,75	II
III+I+II	2	III
III+II+I	1,75	II

### Bewältigungskapazität II (Bindung an die Tätigkeit)

Bindung an die Tätigkeit

#### Bewältigungskapazität

##### Gewichtung

Hochwasservorsorge	doppelt	2/3	0,67
Bindung an Tätigkeit	einfach	1/3	0,33

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Hochwasservorsorge \* 0,67 + Wertstufe Bindung an die Tätigkeit (Frage 7) \* 0,33

##### Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	4,33

Klassenzuordnung:

I	1-1,66
II	1,67-2,33
III	2,34-3,0
IV	3,01-3,67
V	3,68-4,34

##### Eingabefälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,67	II
II+I	1,33	I
II+II	2	II
I+III	2,33	III
III+I	1,67	II
III+III	3	III
I+IV	3	III
I+V	3,67	IV
II+III	2,67	III
III+II	2,33	III
II+IV	3,33	IV
II+V	4	V
III+IV	3,67	IV
III+V	4,33	V

### III. Gewichtung der Abschnittsergebnisse/ Klassenbildung/ Ergebnissfälle

#### Verwundbarkeit

##### Gewichtung

Exposition	dreifach	3/7	0,43
Anfälligkeit	doppelt	2/7	0,29
Bewältigungskapazität	doppelt	2/7	0,29

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Exposition \* 0,43 + Wertstufe Anfälligkeit \* 0,29 + Wertstufe Bewältigungskapazität \* 0,29

##### Klassenbildung

geringster Wert:	1
höchster Wert:	5

Klassenzuordnung

I	1,00-1,49
II	1,50-2,49
III	2,50-3,49
IV	3,50-4,49
V	4,50-5,00

Ergebnisfälle

Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,29	I
I+II+I	1,29	I
II+I+I	1,43	I
I+II+II	1,57	II
I+I+III	1,57	II
I+III+I	1,57	II
II+I+II	1,71	II
II+II+I	1,71	II
III+I+I	1,86	II
I+I+IV	1,86	II
I+IV+I	1,86	II
I+II+III	1,86	II
I+III+II	1,86	II
II+II+II	2	II
II+I+III	2	II
II+III+I	2	II
I+III+III	2,14	II
I+I+V	2,14	II
I+V+I	2,14	II
III+I+II	2,14	II
III+II+I	2,14	II
I+II+IV	2,14	II
I+IV+II	2,14	II
IV+I+I	2,29	II
II+II+III	2,29	II
II+III+II	2,29	II
II+I+IV	2,29	II
II+IV+I	2,29	II
III+I+III	2,43	II
III+III+I	2,43	II
III+II+II	2,43	II
I+II+V	2,43	II
I+V+II	2,43	II
I+III+IV	2,43	II
I+IV+III	2,43	II
II+III+III	2,57	III
II+II+IV	2,57	III
II+IV+II	2,57	III
IV+I+II	2,57	III
IV+II+I	2,57	III
II+I+V	2,57	III
II+V+I	2,57	III
I+IV+IV	2,71	III
V+I+I	2,71	III
III+II+III	2,71	III

III+III+II	2,71	III
III+I+IV	2,71	III
III+IV+I	2,71	III
I+III+V	2,71	III
I+V+III	2,71	III
IV+II+II	2,86	III
II+II+V	2,86	III
II+V+II	2,86	III
II+III+IV	2,86	III
II+IV+III	2,86	III
IV+I+III	2,86	III
IV+III+I	2,86	III
III+III+III	3	III
V+I+II	3	III
V+II+I	3	III
III+II+IV	3	III
III+IV+II	3	III
III+I+V	3	III
III+V+I	3	III
I+IV+V	3	III
I+V+IV	3	III
IV+I+IV	3,14	III
IV+IV+I	3,14	III
II+IV+IV	3,14	III
IV+II+III	3,14	III
IV+III+II	3,14	III
II+III+V	3,14	III
II+V+III	3,14	III
I+V+V	3,29	III
V+II+II	3,29	III
III+III+IV	3,29	III
III+IV+III	3,29	III
V+I+III	3,29	III
V+III+I	3,29	III
III+II+V	3,29	III
III+V+II	3,29	III
IV+II+IV	3,43	III
IV+IV+II	3,43	III
IV+III+III	3,43	III
II+IV+V	3,43	III
II+V+IV	3,43	III
IV+I+V	3,43	III
IV+V+I	3,43	III
III+IV+IV	3,57	IV
III+II+V	3,57	IV
III+V+III	3,57	IV
V+I+IV	3,57	IV
V+IV+I	3,57	IV
V+II+III	3,57	IV
V+III+II	3,57	IV
II+V+V	3,71	IV
IV+III+IV	3,71	IV
IV+IV+III	3,71	IV
IV+II+V	3,71	IV
IV+V+II	3,71	IV
V+I+V	3,86	IV

V+V+I	3,86	IV
V+III+III	3,86	IV
V+II+IV	3,86	IV
V+IV+II	3,86	IV
III+IV+V	3,86	IV
III+V+IV	3,86	IV
IV+IV+IV	4	IV
IV+III+V	4	IV
IV+V+III	4	IV
V+II+V	4,14	IV
V+V+II	4,14	IV
III+V+V	4,14	IV
V+III+IV	4,14	IV
V+IV+III	4,14	IV
IV+IV+V	4,29	IV
IV+V+IV	4,29	IV
V+III+V	4,43	IV
V+V+III	4,43	IV
V+IV+IV	4,43	IV
IV+V+V	4,57	V
V+IV+V	4,71	V
V+V+IV	4,71	V
V+V+V	5	V



**Anhang C 3**



**Fragenkatalog Teil I**  
**Gesundheits- / Umweltgefahren**

<p>Mussten zur Anlagengenehmigung hinsichtlich der Gefahr von Hochwasserschäden bestimmte Auflagen erfüllt werden?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Nein</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Allgemeine Auflagen mussten nach 12. BImSchV erfüllt werden, allerdings nicht bezüglich der Genehmigung einzelner Anlagen</i></p>
<p>War Ihr Betrieb bereits von Hochwasser betroffen?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Nein</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Nein</i></p>
<p>Liegt ihr Betrieb innerhalb der Zone HQ 500?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Ja</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Nach eigenen Angaben befindet sich der Betrieb in der Zone HQ 200</i></p>
<p>Wurden sie bereits einmal von den Behörden aufgrund ihrer Lage innerhalb der HQ 500-Zone bzgl. einzuhaltender Schutzvorkehrungen kontaktiert oder vor einem Hochwasser gewarnt?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Ja</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Ja</i></p>
<p>Gibt es innerhalb des Betriebes Möglichkeiten zur Sicherung und zum Schutz vor, sowie zur Minderung von Hochwasserschäden wie beispielsweise Pumpen, Sandsäcke und mobile Hochwasserschutzmauern etc.?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Das Werk verfügt über eine große Anzahl von Wasserpumpen sowie über mobile Schutzwände im Außenbereich</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Außerhalb des Betriebes ist durch die Stadt Köln eine Hochwasserschutzmauer errichtet worden, die Ende der 90er Jahre noch einmal erhöht wurde um die Bundesstraße 9 und den Chemiepark zu schützen. Bei der werkseigenen Kläranlage sind durch Sicherung der Tanks und Abwasserwege in besonderem Maße Schutzvorkehrungen getroffen worden</i></p>
<p>Gibt es einen betriebsinternen „Notfallplan“ bzw. Planungen zur Koordination von Sicherungs- und Schutzmaßnahmen durch ausgewählte Mitarbeiter?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Ja, ein Notfallplan existiert, dafür zuständig sind Werkschutz und Werksfeuerwehr</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Ein Alarmplan existiert- im Notfall werden Anlagen abgeschaltet.</i></p>
<p>Befinden sich in ihrem Betrieb Anlagen nach 12. BImSchV / § 19 g WHG?</p>

<p><i>Antwort Betrieb A: Ja</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Ja</i></p>
<p>Kann davon ausgegangen werden, dass Anlagen gemäß WHG und 12. BImSchV generell auch gegen potenzielle Hochwassergefahren bei HQ 500 (überschwemmungsgefährdete Gebiete) ausgelegt sind?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Die Anlagen sind dem neuesten Stand der Technik entsprechend gegen die Gefahren eines HQ 200- Ereignisses ausgerichtet.</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Die offene „Raffinerie-Bauweise“ teilweise auf Stelzen ermöglicht nach eigener Einschätzung guten Schutz auch vor HQ 500.</i></p>
<p>Halten Sie die zuvor genannten gesetzlichen Bestimmungen zum Schutz und zur Vorsorge vor Gefahren / Umweltschädigungen bei Hochwasser für ausreichend?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Ja, die Einhaltung dieser Bestimmungen ist Teil eines Sicherheitsberichtes des Unternehmens an die Bezirksregierung.</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: k. A.</i></p>
<p>Welche Lücken sehen Sie? Reicht die Einstufung der Anlagen nach § 19 g WHG?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Die Einstufung ist ausreichend.</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: k. A.</i></p>
<p>Gibt es Anlagen / Anlagenteile / Einrichtungen etc., die nicht unter die Bestimmungen nach WHG / 12. BImSchV fallen und trotzdem ein Gefahrenpotenzial bei Hochwasser besitzen?</p> <p><i>Antwort Betrieb B: Ja, solche Anlagen gibt es- das ausgehende Gefahrenpotential ist jedoch vergleichsweise gering.</i></p>
<p>Bereiten sie freiwillige Maßnahmen zur Vorsorge vor Hochwassergefahren vor? Haben sie ein entsprechendes Managementsystem?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Notfallplan des Werkschutzes, Wasserpumpen und mobile Schutzwände.</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: k. A.</i></p>
<p>Würden Sie ausschließlich im Falle einer gesetzlichen Bestimmung Maßnahmen ergreifen?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Nein, die Betreibung der genannten Anlagen macht diese Maßnahmen unerlässlich. Sie wurden im Vorfeld aus Eigenschutzgründen getroffen, unabhängig von den gesetzlichen Bestimmungen.</i></p> <p><i>Antwort Betrieb B: Nein, da diese Maßnahmen auch im Sinne des Selbstschutzes ergriffen wurden.</i></p>
<p>Lassen sich möglicherweise die Gefährdungen durch Anlagen nach 12. BImSchV / § 19 g WHG klassifizieren / gruppieren (z. B.: weniger gefährlich - gefährlich - sehr gefährlich)? Was wären mögliche Kriterien zur Einstufung?</p> <p><i>Antwort Betrieb A: Eine Einstufung dieser Art existiert im Rahmen der WGK</i></p>

(Wassergefährdungsklassen: 1. schwach wassergefährdend, 2. wassergefährdend, 3. stark wassergefährdend). Eine Einstufung darüber hinaus wird als nicht sinnvoll erachtet, da diese von einer Vielzahl von Aspekten abhängig wäre wie beispielsweise der Menge, der Konzentration und der Toxizität.

*Antwort Betrieb B: Eine ausreichende Klassifizierung dieser Art erfolgt über die WGK*

Können Sie sich vorstellen, einen räumlichen Wirkungsbereich außerhalb ihres Betriebsgeländes zu definieren, in dem möglicherweise Gefährdungen bei Hochwasser entstehen können (z. B. Ausbreitung von wassergefährdenden und sonstigen gefährlichen Stoffen)?

*Antwort Betrieb A: Falls es zu einer Ausbreitung von wassergefährdenden Stoffen kommen sollte, wäre die Abgrenzung eines solchen Wirkungsbereiches aufgrund der Dynamik des Fließgewässers nur sehr schwierig vorzunehmen.*

*Antwort Betrieb B: Eine ausreichende Klassifizierung dieser Art erfolgt über die WGK*

Welche Behörde / Stelle verfügt Ihrer Ansicht nach über eine Übersicht der hochwasserkritischen Anlagen?

*Antwort Betrieb A: Die zuständige Zulassungs- und Überwachungsbehörde ist die Bezirksregierung Köln.*

*Antwort Betrieb B: Bezirksregierung Köln*

Welche Probleme sehen Sie im Überschwemmungsfall bei Leitungstrassen, Forschungs- und Versuchsanlagen etc.?

*Antwort Betrieb A: Die gleichen Probleme wie überall im Werk.*

*Antwort Betrieb B: k. A.*

## Fragenkatalog Teil II: Wirtschaftliche Schadenspotenziale

Betreiben Sie Vorsorge, um ökonomische Einbußen bei Hochwasser zu vermeiden?

*Antwort Betrieb A: k. A.*

*Antwort Betrieb B: Ja*

Nach welchen Kriterien würden Sie (in Ihrem Betrieb) ein Schadenspotenzial durch Hochwasser bemessen?

*Antwort Betrieb A: k. A.*

*Antwort Betrieb B: In erster Linie nach wirtschaftlichen Kriterien, z.B. Produktionsausfall und Ausfall der Kläranlage.*

Welche Größen außer dem finanziellen Verlust spielen bei der Bemessung des Schadens eine wichtige Rolle?

*Antwort Betrieb A: k. A.*

*Antwort Betrieb B: Imageverlust und die Betreiberverantwortung gegenüber den Beschäftigten und den Nachbarunternehmen*

Gibt es finanzielle Absicherungen für den Schadensfall (Versicherungen)? Inwieweit gibt es ein eigenes Risiko?

*Antwort Betrieb A: k. A.*

*Antwort Betrieb B: k. A.*

Welche Rolle spielen möglicherweise die Beschäftigten (Ausfälle) bei der Bemessung eines Schadenspotenzials?

*Antwort Betrieb A: k. A.*

*Antwort Betrieb B: Es kann durchaus zu zusätzlichem Beschäftigungsaufwand kommen*

Sind Ihnen kritische Orte / Stellen bzw. sensible Anlagen und Einrichtungen in Ihrem Betrieb bekannt, an denen Hochwasser eine besondere Störwirkung erzeugen könnte?

*Antwort Betrieb A: Ja, in dem Betrieb sind überall sensible und kritische Stellen bzw. Störfallanlagen. Eine Auflistung dieser Anlagen und der genauen Standorte erfolgt im Sicherheitsbericht.*

*Antwort Betrieb B: Ja, diese Orte wurden in speziellen Untersuchungen identifiziert und es wurden umfangreiche Gegenmaßnahmen beispielsweise die Sicherung von Tanks gegen mögliches Aufschwimmen realisiert.*

Können Sie sich vorstellen, dass die Höhe von Gebäuden ein Indikator für die Höhe des Schadenspotenzials darstellt, z. B. höheres Schadenspotenzial durch Anzahl der Stockwerke, geringeres Schadenspotenzial durch die Möglichkeit der Verlagerung sensibler Einrichtungen, Objekte etc.?

*Antwort Betrieb A: Nein, denn eine Verlagerung von sensiblen Objekten und Einrichtungen ist in den meisten Fällen so gut wie unmöglich.*

*Eine Verlagerung ist aufgrund der offenen „Raffineriebauweise“ nicht möglich.*

Spielt bei einem Schadenspotenzial die Abhängigkeit von Zulieferern eine Rolle?

*Antwort Betrieb A: Ja, wenn bestimmte Anlieferungsmöglichkeiten nicht mehr bestehen, kann dies Auswirkungen auf die Produktion haben.*

*Antwort Betrieb B: Die Abhängigkeit von Zulieferern spielt eine große Rolle. Die Belieferung des Werkes und die Versorgung der Kunden erfolgt in erster Linie über den Schiffsverkehr des Rheins.*

Spielt bei dem Schadenspotenzial das Funktionieren von kritischen Infrastrukturen (Verkehrstrassen, Energie- und Wasserversorgung) eine Rolle?

*Antwort Betrieb A: Eine Abhängigkeit besteht in jedem Fall, da bei fehlender Strom- bzw. Wasserversorgung die Produktion eingestellt werden muss.*

*Antwort Betrieb B: Das Werk ist abhängig von funktionierenden „Logistik-Wegen“ wie beispielsweise Zufahrtsstraßen, Schienen, Pipelines und den Wasserweg.*

Sehen Sie aktuell noch Möglichkeiten, den Hochwasserschutz in Ihrem Betrieb zu

verbessern?

*Antwort Betrieb A: Mit unbegrenzten finanziellen Mitteln wäre dies evtl. möglich, dennoch sind schon aus Eigeninteresse zum Schutz vor wirtschaftlichen Schäden mehr Vorsorgemaßnahmen getroffen worden als gesetzlich vorgeschrieben. Das Schadenspotential ist daher aus eigener Einschätzung der Ansprechpartner sehr gering.*

*Antwort Betrieb B: k. A.*



Fördermittel Anpassung

42250-1/04

**Gladbach, Hubert**

**Von:** Gladbach, Hubert  
**Gesendet:** Mittwoch, 11. Juli 2012 09:28  
**An:** [REDACTED]  
**Cc:** Nagel, Almut  
**Betreff:** WG: BMU-Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel  
 Liebe [REDACTED]

auch darüber würden wir uns gerne mit Ihnen kurz austauschen.

Bis gleich + Beste Grüße

Hubert Gladbach

**Von:** Wendenburg, Helge  
**Gesendet:** Montag, 9. Juli 2012 15:30  
**An:** Nagel, Almut; Gladbach, Hubert  
**Cc:** Stratenwerth, Thomas; Holzwarth, Fritz  
**Betreff:** WG: BMU-Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

Liebe Frau Nagel, lieber Herr Gladbach,

könnten Sie bitte die Antwort übernehmen – so sehr stecke ich denn doch nicht im Detail.  
 Danke

Mit freundlichen Grüßen

*Dr. Helge Wendenburg*

Leiter der Abteilung Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Bodenschutz  
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
 Robert-Schuman-Platz 3, 53175 Bonn  
 fon: 0049 228 99 305 2500 / 0049 030 18 305 4539  
 fax: 0049 228 99 10 305 2505  
 mobil: 0171 717 555 3  
 mailto: helge.wendenburg@bmu.bund.de  
 home: www.bmu.de

**Von:** [REDACTED]  
**Gesendet:** Montag, 9. Juli 2012 14:46  
**An:** Wendenburg, Helge  
**Cc:** [REDACTED]  
**Betreff:** BMU-Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

Sehr geehrter Herr Dr. Wendenburg,

ich schreibe Ihnen bezüglich der BMU-Bekanntmachung über die Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, insbesondere den Förderzweck "Anreiz für KMU zur Erstellung von Anpassungskonzepten".

PwC ist von mehreren Mandanten gebeten worden, die grundsätzliche Fördermöglichkeit für zusätzliche Projektaktivitäten prüfen zu lassen. In diesem Zusammenhang haben wir folgende Fragen:

- Gibt es neben dem veröffentlichtem Dokument

[REDACTED]  
 weitere Schritstücke, die den Förderrahmen definieren?

11.07.2012

- Bis zu welcher Umsatzgröße sind private und kommunale Unternehmen unter dem Programm förderbar?
- Bestehen weitere Vorgaben zur Förderfähigkeit von Aufwendungen für extern vergebene Beauftragungen (z.B. in Form einer Begrenzung des förderbaren Tagessatzes)?
- Erfolgt die Förderung teilweise mit EU-Mitteln, die mglw. zu weiteren Berichtspflichten für das geförderte Unternehmen führen?

Freundliche Grüße

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Diese Information ist ausschliesslich fuer den Adressaten bestimmt und kann vertrauliche oder gesetzlich geschuetzte Informationen enthalten. Wenn Sie nicht der bestimmungsgemaesse Adressat sind, unterrichten Sie bitte den Absender und vernichten Sie diese Mail. Anderen als dem bestimmungsgemaessen Adressaten ist es untersagt, diese E-Mail zu lesen, zu speichern, weiterzuleiten oder ihren Inhalt auf welche Weise auch immer zu verwenden. Wir verwenden aktuelle Virenschutzprogramme. Fuer Schaeden, die dem Empfaenger gleichwohl durch von uns zugesandte mit Viren befallene E-Mails entstehen, schliessen wir jede Haftung aus.  
\*\*\*\*\*

The information contained in this email is intended only for its addressee and may contain confidential and/or privileged information. If the reader of this email is not the intended recipient, you are hereby notified that reading, saving, distribution or use of the content of this email in any way is prohibited. If you have received this email in error, please notify the sender and delete the email. We use updated antivirus protection software. We do not accept any responsibility for damages caused anyhow by viruses transmitted via email.

**Gladbach, Hubert**

**Von:** [REDACTED]

**Gesendet:** Dienstag, 10. Juli 2012 11:21

**An:** Gladbach, Hubert; Nagel, Almut

**Cc:** [REDACTED]

**Betreff:** WG: Förderprogramm DAS, Titel 68505

Sehr geehrte Frau Nagel, geehrter Herr Gladbach,

bisher hatten Sie immer mit [REDACTED] Kontakt. Ich bin die Leitende Betriebswirtin und möchte gern zusammen mit Ihnen das weitere Vorgehen zum Anlegen der Kapitels 68505 und 68607 in unserer Datenbank profi besprechen.

Gemäß Vertrag zur Betreuung der Projekte zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind wir verpflichtet diese Projekte über die Förderdatenbank profi zu bewirtschaften. PtJ hat nur Zugriff auf die Datenbank profi und kann selbst keine Titel und Kapitel anlegen. Demzufolge müssen Sie in Ihrem Hause mit den zuständigen Referaten die Freischaltung abstimmen.

Aus der bisherigen Erfahrung schlage ich folgende Verfahrensweise vor:

1. Der Titelverwalter Ihres Referates wendet sich an Hr. Bernhardt (BMU, ZG I 3) mit der Bitte für das BMU  
im Bundeshaushalt (Einzelplan 16) Kapitel 1602 den Titel 68505 und  
im Energie- und Klimafonds (Einzelplan 60) Kapitel 6002 den Titel 68607  
in profi bei Hr. Vorbau (BMBF, Z21) im BMBF zu beantragen.
2. Hr. Vorbau benötigt dazu die Zuweisung von Mitteln im HKR für beide Kapitel von Hr. Bernhardt. Hr. Bernhardt teilt Hr. Vorbau auch den Leistungsplan-Bereich mit.
3. Hr. Bernhardt richtet anschließend für das Programm einen separaten Dispo mit dem Namen  
[REDACTED]  
ein.
4. Rückmeldung an PtJ, an mich, wenn alles eingerichtet ist. Ich werde dann die Zuordnung in profi für unsere Mitarbeiter veranlassen.

Mit freundlichen Grüßen

[REDACTED]  
Projektträger Jülich (PtJ)  
Umwelt (UMW)  
Leitende Betriebswirtin

Forschungszentrum Jülich  
Zimmerstr. 26/27  
10969 Berlin

[REDACTED]

12.07.2012



**Nagel, Almut**

---

**Von:** [REDACTED]  
**Gesendet:** Montag, 9. Juli 2012 11:36  
**An:** Nagel, Almut  
**Cc:** [REDACTED]  
**Betreff:** Re: Unser Telefonat am 4. Juni zum Antrag Universität Oldenburg für Innovationszentrum Klimawandel  
**Kennzeichnung:** Zur Nachverfolgung kennzeichnen  
**Kennzeichnungsstatus:** Rot

Sehr geehrte Frau Nagel,

Bezug nehmend auf unser Telefonat am 4. Juni, in dem Sie ja unseren Antrag für ein "Innovations- und Gründungszentrum Klimawandel" als inhaltlich interessant und gut eingestuft hatten, möchte ich noch einmal kurz zum Stand der Dinge nachhaken, da unsere Verbundpartner und Ko-Finanzierungspartner gerne wüssten, wie weit der Antrag in der Bearbeitung gediehen ist:

Liegt der Vorgang jetzt noch bei Ihnen oder mittlerweile beim Projektträger?

Wir haben bis dato keine Eingangsbestätigung für unseren Antrag erhalten. Bekommen wir diese von Ihnen oder vom Projektträger?

Sollte der Antrag sowohl inhaltlich als auch formal-technisch als förderfähig bewertet werden, bis wann können wir mit einem Zuwendungsbescheid rechnen?

Für eine kurze Einschätzung wäre ich Ihnen dankbar.

Mit besten Grüßen

Klaus Fichter

[REDACTED]

Am 02.05.2012 um 12:10 schrieb [REDACTED]

Sehr geehrte Damen und Herren,

anliegend übersende ich Ihnen vorab den Antrag der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg „Innovations- und Gründungszentrum Klimawandel“ nebst Anlagen für ein Vorhaben im Rahmen der Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit über die Förderung von Maßnahmen zur Anpassung

11.07.2012

an den Klimawandel vom 20. Oktober 2011 in Förderbereich 3 „Aufbau kommunaler Leuchtturmvorhaben sowie interkommunaler oder regionaler Verbände zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“.

Die rechtsverbindlich unterzeichnete Fassung geht Ihnen auf dem Postwege zu.

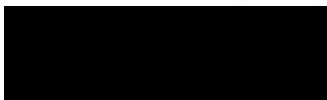
Bei Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Dezernat 2 - Finanzen  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Ammerländer Heerstr. 114-118  
26129 Oldenburg



<BMU-Antrag Innovations- und Gründungszentrum Klimawandel  
Final.pdf><Schreiben bzgl Gemeinkostensatz DM-  
Projekte.doc><Angebot EFNW\_IGZ  
Klimawandel\_27042012.pdf><Angebot\_ecco.pdf><ecolo\_Angebot\_BM  
U.pdf><Overhead DM-Projekte 2010.xlsx>

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Eing.: 15. Mai 2012

Abt./Ref.: WA I 1

Az.:

**Umwelt  
Bundes  
Amt**   
Für Mensch und Umwelt

Umweltbundesamt | Postfach 1406 | 06813 Dessau-Roßlau

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Postfach 12 06 29  
53048 Bonn

*Handwritten: Clemens Hasse*  
Datum: 01. Mai 2012 *2.2.12*

Bearbeiter: *Hasse* Clemens Hasse

Telefon: *besucht* +49 340 2103-2216

Fax: *abs* +49 340 2104-2216

E-Mail: *Verab* clemens.hasse@uba.de

Geschäftszeichen: *besucht* I 1.7 - 50 205-20/5

**UBA Förderkonzept zu Titel 686 07 „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung  
an den Klimawandel“**

Erlass vom 30.01.2012, Az WA I 1 - 42250-1/0

*Handwritten:*  
z.d.A.  
47 WA I 1  
42250-1/14

**Anlage**

Fachliche Empfehlungen zur Umsetzung der Förderbekanntmachung „Förderung von  
Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel“ aus dem Sondervermögen Energie-  
und Klimafonds (EKS)

Gemäß Erlass vom 30.01.2012 haben wir fachliche Empfehlungen zur Umsetzung der  
Förderbekanntmachung „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klima-  
wandel“ herausgearbeitet. Das Fachgebiet I 1.7 hat seine Netzwerke und Forschungs-  
projekte im Bereich Anpassung an den Klimawandel genutzt, um Bedarfe zu identi-  
fizieren und ein Förderkonzept fachlich zu skizzieren. Unsere Vorschläge sind in der  
Anlage enthalten.



Jochen Flasbarth



# Fachliche Empfehlungen zur Umsetzung der Förderbekanntmachung „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel“ aus dem Sondervermögen Energie- und Klimafonds (EKS)

---

Verfasser: Umweltbundesamt FG I 1.7, Anlass: Erlass , BMU 30.01.2011

Version 2.5 Stand 27. April 2012

## Inhaltsverzeichnis

1. Bedarfsanalyse.....	2
Existierende Förderungen .....	2
Kumulierung von Fördertöpfen .....	2
Effiziente Förderung? .....	4
Detailanalyse Kommunen.....	4
Detailanalyse Wirtschaft.....	5
2. Erfolgsfaktoren eines Förderkonzeptes.....	7
Kommunikative Begleitung.....	7
Motivation über finanzielle Anreize hinaus.....	8
Skizze einer Quick-Start-Finanzierung .....	8
Evaluation und Bewertungskriterien.....	9
Flexibilität bewahren .....	10
3. Fachliche Skizze einer Förderbekanntmachung .....	11
a) Zivilgesellschaftliche Impulse.....	11
b) Anpassungsmaßnahmen in Kommunen.....	11
Aufbau von Kapazitäten in kommunalen Verwaltungen.....	11
Zuschuss zu investiven Maßnahmen .....	12
c) Anpassungsmaßnahmen in Unternehmen.....	12
Strategien zum Umgang mit Klimaänderungen.....	13
Management von Klimarisiken.....	13
Zuschuss zu investiven Maßnahmen .....	13
d) Anpassungskompetenzen in der beruflichen Bildung .....	14
1. Integration in berufliche Ausbildungsgänge.....	14
2. Integration in bestehende Studiengänge .....	14
Anhang.....	15
Auswahl relevanter Förderprogramme, die Kofinanzierung erlauben.....	15

# 1. Bedarfsanalyse

## Existierende Förderungen

Der angedachte Fördertitel sollte sich sinnvoll in den Kontext bestehender Förderprogramme einfügen, d.h. Doppelungen vermeiden und Förderlücken füllen. Bei der Entwicklung des Fördertitels ist daher ein Blick auf die aktuelle Förderlandschaft hilfreich.

Neben den beiden existierenden BMU-Fördertiteln existieren rund 20 weitere Förderprogramme, die unterschiedliche Akteure explizit bei der Anpassung in Deutschland finanziell unterstützen (ohne Forschungsprogramme). Die Programme finden sich verortet auf EU-, Bundes- sowie auf Länderebene. Häufig handelt es sich hierbei um sektor- oder themenspezifische Programme, in denen die Berücksichtigung von Anpassungsaspekten bei den geförderten Aktivitäten zusätzlich aufgenommen wurde.

Beispielhaft für Förderprogramme auf Länderebene kann genannt werden: die „Zuwendungen für wasserwirtschaftliche Maßnahmen“ des Bundeslandes Rheinland-Pfalz, über welche Kommunen Zuschüsse für Infrastrukturmaßnahmen im Bereich Wasserversorgung beantragen können. Die geförderten Maßnahmen müssen dabei die Folgen des Klimawandels berücksichtigen. Die zur Verfügung gestellte Förderung stammt aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“.

Ergänzend zu den Förderprogrammen, die Anpassung explizit erwähnen, existieren zahlreiche Finanzierungen und Subventionen, die Aktivitäten fördern, die auch zur Klimaanpassung beitragen – ohne jedoch in den Förderbedingungen explizit auf Klimafolgen und Anpassung als Ziel oder Motivation einzugehen.

Beispielhaft für solche Programme können genannt werden: Die bundesweite „Förderung der Sicherheit und der Umwelt in Unternehmen des Güterkraftverkehrs mit schweren Nutzfahrzeugen“ über welche Unternehmen Zuschüsse für Fahrzeug- oder Personenbezogene Sicherheitsmaßnahmen beantragen können. Folgen des Klimawandels werden in diesem Programm nicht erwähnt, dennoch lassen sich mit den finanzierten Aktivitäten durch den Klimawandel verstärkte Risiken reduzieren, z.B. die Beeinträchtigung des Güterverkehrs durch Hitze oder Starkregen. Weiteres Beispiel: Die zahlreichen Förderprogramme zur Förderung von Gebäudedämmung, über die Maßnahmen finanziert werden können, die während Hitzewellen den sommerlichen Kühlbedarf gering und das Wohlbefinden hoch halten können.

*Unter den Förderinstrumente, die Anpassung explizit erwähnen, besteht die größte Dichte an Fördermöglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen in den Handlungsfeldern Hochwasser- und Küstenschutz, Land- und Forstwirtschaft (inkl. Boden und Fischerei), sowie Biodiversität und Naturschutz. Dies eröffnet die Möglichkeit der Kumulierung/Kombination von Fördertöpfen.*

## Kumulierung von Fördertöpfen

Nicht alle Förderinstrumente werden gleich stark genutzt. Ein Grund dafür könnte die häufig geforderte Ko-Finanzierung durch den Antragsteller darstellen. Gerade Kommunen sind häufig mit

sehr engen Budgetrestriktionen versehen und können daher das Geld für (zusätzliche) Aufwendungen nur schwer zusammenbekommen.

Mit einer kumulierenden Förderung- also der Kombination verschiedener Förderprogramme - könnte die Förderung von Akteuren auch dazu genutzt werden, den teilweise notwendigen Eigenanteil bei anderen Förderprogrammen zu erbringen – vorausgesetzt diese lassen ebenfalls eine Ko-Finanzierung zu. *Folglich sollte der Fördertitel die Kumulierbarkeit mit anderen Programmen explizit erlauben.*

Zahlreiche Kommunen stehen unter einem „Nothaushalt“, der es ihnen sogar verbietet mehr als absolut existenziell notwendige Investitionen zu tätigen. Hier ist ein Eigenanteil zumeist nicht, oder ausschließlich in Form bestehender Personalmitteln möglich. *Daher wäre es hilfreich, ähnlich wie im Förderprogramm 2011 den Eigenanteil unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. Haushaltssicherungskommune) zu senken und die Anrechnung von Personalkapazitäten als Eigenbeitrag zu erlauben.*

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind oftmals nicht solitär, sondern korrespondieren mit bereits bestehenden Zielen in anderen Politikfeldern („Mainstreaming von Anpassung“). Hier ergibt sich also eine Argumentation für die ergänzende Finanzierung von Maßnahmen anderer Politikfelder, wenn Sie auch den Zielen der Anpassung dienen. *Die Bedingung für die Ko-Finanzierung aus diesem Förderprogramm sollte sein, dass die Maßnahmen zu einem signifikanten Anteil der Anpassung an den Klimawandel dienen. Ein Beispiel wäre ein Klimazuschlag auf bestehende Sicherheitswerte.*

Betrachtet man die existierenden Förderprogramme (exklusive Forschungsförderung), die Anpassung in ihren Förderbestimmungen explizit erwähnen, zeigt sich, dass viele Programme eine Ko-Finanzierung zulassen – jedoch in variierendem Maße. EU-Förderprogramme lassen in der Regel keine Ko-Finanzierung über weitere EU-Mittel zu. Auf der Bundesebene ist Ko-Finanzierung in der Regel zugelassen, teilweise darf eine Ko-Finanzierung den Eigenanteil aber nur zu bestimmten Anteilen ersetzen.<sup>1</sup>

Da die große Mehrzahl der Förderprogramme eine Ko-Finanzierung erlaubt, ergeben sich aus dieser Betrachtung kaum Einschränkungen für den angedachten Fördertitel. Es sollte jedoch bedacht werden, dass eine Kumulierbarkeit besonders dort von Relevanz ist, wo der Eigenanteil im Verhältnis zur Förderung besonders hoch ist und dort, wo die Projektvolumina als absolute Größe verhältnismäßig groß sind. Letzteres ist z.B. der Fall bei der Städteförderung „Stadtumbau West“. Mit dieser sollte der zu entwickelnde Fördertitel eine thematische Kompatibilität in jedem Falle berücksichtigen, denn durch die Änderung des Baugesetzbuches durch das „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden“ bestehen seit Juli 2011 günstige Rahmenbedingungen für kommunales Handeln zur Anpassung an den Klimawandel.<sup>2</sup> *Eine ergänzende Förderung für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen durch Kommunen könnte dazu beitragen, dass die über das Baugesetzbuch neu geschaffenen Handlungsmöglichkeiten voll ausgeschöpft werden können.*

<sup>1</sup> Die Tabelle im Anhang listet Programme mit Möglichkeit der Ko-Finanzierung auf.

<sup>2</sup> §1a Abs. 5 BauGB: „Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, also auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden“.

## Effiziente Förderung?

Es gibt inzwischen zahlreiche Schätzungen der Kosten des Klimawandels. Kostenschätzungen können einen Anhaltspunkt dafür geben, wo besonderer Handlungsbedarf besteht. Diese Schätzungen liegen nicht für alle Handlungsfelder vor und auch in den einzelnen Handlungsfeldern werden meist nur ausgewählte Klimafolgen betrachtet. Eine umfassende Kostenschätzung für Handlungsfeldern und dem damit möglicherweise verbundenen Förderbedarf kann mit dem aktuellen Stand der Forschung nicht fundiert durchgeführt werden. Auf Basis von Überlegungen zu den Kosten des Klimawandels und der Kosten von Anpassungsmaßnahmen lassen sich jedoch auf anderem Wege Hinweise für die Entwicklung von Fördertiteln ableiten.

Bei der Anpassung an den Klimawandel kann zwischen zwei grundlegend verschiedenen Handlungsoptionen unterschieden werden. Akteure können versuchen, Schäden durch den Klimawandel zu vermeiden oder wenigstens zu mindern, indem sie sich, andere oder Hab und Gut durch passive Maßnahmen vor den Klimafolgen schützt. Oder sie lernen, präventiv mit den Folgen des Klimawandels umzugehen, etwa über individuelle Verhaltensänderungen (z. B. Anpflanzen neuer, angepasster Obstsorten) oder die Nicht-Bebauung in durch Hochwasser gefährdeten Gebieten. Nicht immer stehen beide Möglichkeiten zur Verfügung. Studien wie die Kosten-Nutzen Betrachtung von Anpassungsmaßnahmen des UBA oder aus dem Kontext der Katastrophenvorsorge deuten an, dass präventive Verhaltensänderungen häufig um ein Vielfaches günstiger sind als passive Schutzmaßnahmen. Ein Beispiel aus dem Gesundheitsbereich wäre die angemessene Schulung des Personals in Pflegeheimen für das Verhalten während Hitzeperioden, was in der Regel kostengünstiger ist als der Einbau umfangreicher Kühlungssysteme die ggf nur wenige Tage im Jahr relevant sind.

Die Möglichkeiten Verhaltensänderungen anzustoßen sind vielfältig und reichen von der Bereitstellung von Informationen über die Schaffung finanzieller Anreize bis hin zu Verboten. *Für die Entwicklung des Fördertitels bedeutet dies, in der Ausrichtung der Förderbedingungen und bei der Bewilligung stets im Blick zu haben, dass Projekte, die zu Verhaltensänderungen beitragen in einigen Bereichen deutlich kosteneffizienter als passive Schutzmaßnahmen baulicher Art sein werden.*

## Detailanalyse Kommunen

Folgende Charakteristika von bestehenden Förder- und Unterstützungsangeboten für Kommunen durch den Bund lassen sich erkennen:

Ein erstes Charakteristikum besteht darin, Anpassung als ein eigenständiges Politik- und Handlungsfeld auf kommunaler Ebene zu etablieren. Der programmatische Rahmen hierfür ist zwar im politischen Mehrebenensystem auf der Bundesebene (APA) und teilweise auf Länderebene formuliert, hinsichtlich der Rahmenbedingungen und der politischen Beschlusslage auf der kommunalen Ebene bestehen jedoch erhebliche Umsetzungsprobleme: Insbesondere in kleineren und mittleren Kommunen sind weder organisationale Voraussetzungen noch personelle Ressourcen gegeben, Anpassung als ein eigenständiges Handlungsfeld zu entwickeln. *Daher empfehlen wir, auch den Aufbau von Kapazitäten in kommunalen Verwaltungen zu unterstützen.*

Ein zweites Charakteristikum besteht darin, dass bereits angebotene Förderungen zumeist an bestehenden institutionellen und Organisationsstrukturen ansetzen und in nur sehr geringem Maße in Sachen Integration des interdisziplinären Themas Anpassung in Kommunen unterstützt. Fragen der

Zuständigkeit und Abstimmung innerhalb der Verwaltung, aber auch der Netzwerkbildung und Partizipation mit Partnerinnen und Partnern aus der Zivilgesellschaft bzw. der Wirtschaft – und somit der Abstimmung unterschiedlicher Zielhorizonte – sind bisher nur am Rande thematisiert. Damit zusammenhängend setzen bestehende Förderansätze vorwiegend an der Frage der Problemanalyse sowie an der Konzept- bzw. Maßnahmenentwicklung an. Die integrierte Analyse und Erfassung regionaler Entwicklungsdynamiken in ihren (künftigen) Wechselwirkungen mit Folgewirkungen des Klimawandels werden dagegen kaum thematisiert (z.B. Demografie, ökonomischer Strukturwandel etc.). Die Definition integrierter regionaler Entwicklungsziele und -leitbilder ermöglicht jedoch auch eine Abschätzung der Relevanz des Klimawandels auf die Erreichung dieser Ziele. *Daher schlagen wir vor, die thematische Integration des Anpassungsthemas in kommunale Entwicklungsprozesse expliziter zu fördern.*

Ein drittes Charakteristikum liegt darin, dass bisherige Förderansätze einen bereits eingeleiteten Kompetenzaufbau und die Existenz personeller Ressourcen voraussetzen. Insbesondere die Konzeptförderung setzt an bestehenden kommunalen Initiativen mit dem Ziel an, Anreize für deren Weiterentwicklung und Systematisierung zu geben. Allerdings sind in vielen Kommunen personelle und finanzielle Kapazitäten bereits zur Bewältigung anderer Probleme gebunden. Fragen nach den Bedingungen für eine Maßnahmenentwicklung und Umsetzung in Städten werden daher bisher eher vernachlässigt. *Daher empfiehlt es sich, auch personelle Kapazitäten zu fördern, ähnlich wie dies die Nationale Klimaschutzinitiative mit dem Klimaschutzmanagern bereits erfolgreich realisiert. Unter Umständen könnten Kommunen sogar diese Förderung verknüpfen und somit die Themen der Mitigation mit der Adaptation auch personell integrieren.*

Ein viertes Charakteristikum betrifft die Frage der Verstetigung von Projekten: Der Ansatz, Modellprojekte zu fördern, ist naturgemäß mit der Frage konfrontiert, in welcher Weise erlangte Erfahrungen übertragbar sind und wie eine Verstetigung über die befristete Projektförderung erreicht werden kann. Derartige Projekte enden zwar häufig mit entwickelten Handlungsprogrammen und Maßnahmenkatalogen, eine Umsetzung dieser Maßnahmen ist jedoch dann gefährdet, wenn diese u.a. durch Drittmittel finanzierten Programme nach Auslaufen der externen Finanzierung in bestehenden Strukturen und mit bestehenden Budgets umgesetzt werden sollen. *Daher empfehlen wir auch die Umsetzung der Konzepte bis hin zu direkten investiven Maßnahmen zu fördern. Als Voraussetzung sollten jedoch eine umfassende Risikoanalyse und die Abwägung von Handlungsoptionen gelten – wie sie die Konzeptförderung bereits vorsieht.*

Weiterhin sollte das Förderkonzept auch zivilgesellschaftliches Engagement unterstützen. Oftmals wird die kommunale Ebene erst dann aktiv, wenn engagierte Bürger das Thema auf die Agenda setzen, z. B. über einen Agenda21-Prozess oder Umwelt- und Sozialverbände. Eine reine Finanzierung der kommunalen Verwaltungsebene würde diesen Aspekt ausklammern. *Daher empfehlen wir ergänzend eine begrenzte Förderung zivilgesellschaftlichen Engagements, mit dem Ziel kommunale Entscheidungsträger zu sensibilisieren.*

### **Detailanalyse Wirtschaft**

Im Bereich der Wirtschaft wird bisher lediglich die Erstellung von Anpassungskonzepten für kleine und mittlere Unternehmen gefördert. Es gibt Gründe, die dafür sprechen, dass keine weitere Förderung in diesem Bereich notwendig ist: so zeigen Erfahrungen des UBA u.a. aus den Stakeholderdialogen, dass große Industrieunternehmen bereits aus betriebswirtschaftlichen Erwägungen heraus bereits eigenständig erste Schritte zur Anpassung vorgenommen haben (z.B.

Erstellung von Sicherheitsanalysen oder Einrichtung alternativer Kühlsysteme bei Kühlwassermangel). Eine Befragung des IW Köln verdeutlicht verdeutlichen zudem, dass sich nur 17 % der Unternehmen bereits durch die natürlich-physikalischen Einflüsse betroffen sehen. Von einer Betroffenheit in zehn Jahren gehen 30% aus (Umfrage IW Köln 2010). Interessanterweise sind es besonders kleine Unternehmen, die für sich keine negativen Folgen durch den Klimawandel sehen (IHK München und Oberbayern und Bayrisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2009: 9; Stechemesser und Günther 2011: 69).

Die letzte Erkenntnis lässt zwei – sich nicht ausschließende – Schlussfolgerungen zu: A) Kleine Unternehmen sind tatsächlich weniger betroffen und/oder B) Kleine Unternehmen sind sich den für sie relevanten Klimarisiken vergleichsweise wenig bewusst. Vieles spricht gegen These A): Zwar besitzen kleine Unternehmen meist weniger komplexe Strukturen (z.B. Lieferketten und internationale Verknüpfungen), sind aber als Zulieferer, Dienstleister oder Abnehmer häufig stark von einzelnen großen Unternehmen abhängig – und damit dann indirekt berührt, wenn Großunternehmen betroffen sind. Störungen von außen treffen kleine Unternehmen möglicherweise sogar noch stärker, da ihre Größe impliziert, dass wichtige Strukturen nur bedingt mehrfach vorliegen. Für These B) sprechen Untersuchungen, die zeigen, dass sich gerade kleine Unternehmen langfristigen Entwicklungen (bspw. Megatrends wie Globalisierung, demographischer Wandel oder Fachkräftemangel) und ihrer strategischen Bedeutung oft nicht besonders bewusst sind. Während 55% der Konzerne mit mehr als 1.000 Mitarbeitern laut einer Unternehmensbefragung „über ein gutes Prozessmanagement verfügen, um Megatrends aufzuspüren“, liegt der Anteil in kleinen und mittleren Betrieben deutlich niedriger. So beträgt die Quote im Mittelstand nur 37% und bei kleineren Unternehmen 27%. Diese Defizite im Prozessmanagement zeigen, dass deutsche Unternehmen die Potenziale künftiger Entwicklungen noch nicht voll ausschöpfen.“ (IMWF 2007).

Aus diesen Einschätzungen ergeben sich mehrere Implikationen für die Gestaltung des angedachten Fördertitels. *Aufgrund des relativ niedrigen Bewusstseins für Klimafolgen in kleineren Unternehmen und der tendenziell eher kurzfristigen Planungshorizonte sollte der Fördertitel die Erstellung von Betroffenheitsanalysen und Strategien zur Anpassung durch Branchenverbände – statt nur durch einzelne Unternehmen, wie in der BMU Förderbekanntmachung von Oktober 2011 – ermöglichen.* Verbände eignen sich als Multiplikatoren zur Ansprache kleinerer Unternehmen und haben eher die gesamte Entwicklung der Branche im Blick – und damit auch die langfristigen Risiken und Chancen des Klimawandels. Durch die Förderung der Aktivitäten von Branchenverbänden kann sowohl das Bewusstsein der Branchenmitglieder für die Problematik erhöht werden, als auch neues Wissen geschaffen werden, das für die Anpassung in Deutschland insgesamt relevant ist. Ein gutes Beispiel für eine Branchenstudie ist die Betroffenheitsstudie, mit welcher die International Union of Railways wichtige Informationen für viele europäische Schienenunternehmen geliefert hat. *Idealerweise sollte Bedingung der Förderung sein, dass zumindest eine Zusammenfassung der Erkenntnisse der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wird.*

Zu bedenken ist, dass nicht in allen Branchen die wichtigen Impulse von den großen Branchenverbänden ausgehen. Die Folgen des Klimawandels für die Chemiebranche etwa wurden zuerst in der technisch-wissenschaftlichen Fachgesellschaft DECHEMA behandelt, bevor der Verband der Chemischen Industrie das Thema aufgriff. *Daher sollten neben den direkten Branchenverbänden auch Arbeitsgruppen zwischen Unternehmen oder Branchen gefördert werden, die sich gemeinsam mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen.*

Die Einrichtung von internen Prozessen zur Beobachtung, Einschätzung und Minderung von Klimarisiken in Unternehmen ist ein effektiver Weg, sich langfristig an Klimaveränderungen anzupassen und damit vor möglichen Schäden zu schützen. Viele Unternehmen benutzen Managementsysteme zur allgemeinen Qualitätssicherung (ISO 9001), für den Umweltschutz (EMAS, ISO 14001) oder dem generellen Umgang mit Risiken (BS 31100, ISO 31300). Weniger verbreitet sind Managementsysteme zur Sicherung der betrieblichen Kontinuität (BS 25999), das sog. „business continuity management“. Auch wenn all diese Instrumente Klimarisiken und Anpassung nicht explizit erwähnen, bieten sie viele Möglichkeiten, den Umgang mit den Folgen des Klimawandels systematisch im Unternehmen zu verankern. Hierzu ist allerdings einige Transfer- und Pionierarbeit nötig, was eine erhebliche Schwelle der Integration von Anpassungsaspekten in die genannten Systeme darstellt. Sobald hier jedoch erste Erfahrungen vorliegen, wäre eine Verbreitung des Ansatzes mit vergleichsweise geringen Transaktionskosten verbunden, da die Prozessstruktur, an die es anzuknüpfen gilt, durch die etablierten Managementsysteme bereits vorliegt. *Zur Aktivierung dieser Potenziale sollte der Fördertitel – im Anschluss an die BMU-Förderbekanntmachung Anpassung – die Integration von Anpassungskonzepten in betriebliche Managementsysteme fördern.* Mittlere und große Unternehmen wären hier die wichtigsten Zielgruppen, da dort mehr Kapazitäten bestehen, um eine solche Pilotanwendung durchzuführen. Es ist zudem auch davon auszugehen, dass mit zunehmender Unternehmensgröße der Nutzen von standardisierten Prozessen steigt. In einem späteren Schritt wäre dann auch die explizite Integration von Klimaanpassung in die o.g. Managementnormen denkbar.

## 2. Erfolgsfaktoren eines Förderkonzeptes

Der Erfolg eines Förderkonzeptes steht und fällt mit der Qualität der eingereichten Anträge. Doch gute Anträge bedingen sich nicht nur durch eine fachliche gut basierte Förderbekanntmachung und finanzielle Anreize alleine. Das BMU sollte daher eine Reihe an Maßnahmen ergreifen um a) das Förderprogramm bekannt zu machen, b) potentielle Bewerber über die reinen finanziellen Anreize hinaus zu motivieren und c) die Qualität der Anträge bereits im Vorfeld der Antragsstellung zu fördern.

### Kommunikative Begleitung

In unseren Befragungen lässt sich erkennen, dass die Förderbekanntmachung aus dem DAS-Titel längst nicht allen potentiellen Antragstellern bekannt ist. Sicherlich ließen sich mehr Anträge durch einen besseren Bekanntheitsgrad erreichen. Dies gilt auch für das neu zu konzipierende Förderprogramm. Es bietet sich an, *diese kommunikative Begleitung ebenfalls aus dem Fördertitel zu finanzieren.* Eine kommunikative Begleitung sollte auf jeden Fall umfassen:

- Presseinformation zur Veröffentlichung der Förderbekanntmachung
- Gezielte Ansprache von Multiplikatoren, z. B. über Bundesverbände (kommunale Spitzenverbände, Unternehmensverbänden etc.)
- Prominente Einbindung in den Informationsangeboten des BMU und anderer Ressorts
- Erstellung eines Förderführers Anpassung in Print- und Onlinefassungen

Weiterhin ist es nicht empfehlenswert jeden Finanzierungstitel separat zu kommunizieren. Für Antragsteller ist ein umfassender Überblick über die für ihn relevanten Instrumente wichtiger als die haushälterische Quelle. Daher sollten die skizzierte kommunikative Begleitung auch die bereits bestehenden Fördermöglichkeiten durch Titel des BMU und ggf auch andere Quellen umfassen. Auch

sollten Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Töpfen aufgezeigt werden und Hinweise für Kommunen im Nothaushalt gegeben werden.

### Motivation über finanzielle Anreize hinaus

Eng verbunden mit der kommunikativen Begleitung sind Anreizmechanismen, die über die begrenzte finanzielle Förderung hinausgehen. An den Förderprogrammen des BMU teilzunehmen, sollte auch einen ideellen Mehrwert für die Geförderten ergeben. Zentrale Rolle ist dabei die prominente Präsentation von geförderten Maßnahmen etwa in der Kommunikation des BMU, ähnlich wie es die Kommunal-Richtlinie bereits für geförderte Energieeffizienzmaßnahmen durchführt. Auch die regelmäßige *Auszeichnung guter Maßnahmen verbunden mit einer entsprechenden Öffentlichkeitsarbeit* hat sich als wirkungsvolle ergänzende Motivation erwiesen. Ein bereits erprobter und sinnvoller Ansatz wäre z. B. die Fortsetzung des Wettbewerbs zur Tatenbank und die regelmäßige Verleihung des Blauen KomPass für gute Anpassungsmaßnahmen.

Ein weiterer Anreiz könnte die Etablierung eines intensiven *Erfahrungsaustauschs* mit und zwischen den geförderten Projekten, z.B. durch *themen- oder regionenübergreifende Begleitung* darstellen. So kann beispielsweise die *Förderung von Peer-to-Peer Learning oder Mentoring* mögliche Barrieren bei der Informationsvermittlung reduzieren, da zwischen Akteuren auf gleicher Ebene – bspw. Stadtplanern in Kommunen – ein besseres Verständnis für die Hemmnisse und Erfolgsfaktoren des jeweils anderen vor Ort bestehen. Hierbei ließe sich auch auf das vorhandene Know-How von Modellvorhaben wie KlimaZwei und KlimaMoro zurückgreifen.

### Skizze einer Quick-Start-Finanzierung

Die in Kapitel drei skizzierten Fördertatbestände erfordern eine angemessene Phase der Vorbereitung und Konzeption durch die potentiellen Zuwendungsempfänger. Dies umfasst einerseits die fachliche Auseinandersetzung mit dem Thema, die gerade bei den erwünschten fachübergreifenden und interdisziplinären Projekten einen entsprechenden Vorlauf und interne Abstimmung erfordert. Andererseits müssen die entsprechenden finanziellen und personellen Kapazitäten erst einmal eingebracht und freigegeben werden. Gerade bei einer vorgesehenen Selbstbeteiligung müssen die Eigenanteile in Budget- und Haushaltsplänen verankert und im Falle von öffentlichen Trägern auch im demokratischen Prozess legitimiert werden. Hierfür ist entsprechende Vorlaufzeit zu kalkulieren. Daher lässt sich nicht erwarten, dass in 2012 bereits in umfangreichem Maß substantielle Anträge eingereicht und bewilligt werden. Damit trotzdem bereits in 2012 Gelder abgerufen werden, empfehlen wir, einen leicht umsetzbaren Fördertatbestand zur Initiierung weiterer Aktivitäten zu entwerfen. („Quick-Start-Finanzierung“)

Aus den Befragungen insbesondere mit Experten der kommunalen Eben lässt sich erkennen, dass in vielen Fällen bereits die Einarbeitung in das Thema und die Antragstellung selbst Kapazität bindet, die das Tagesgeschäft nicht unbedingt zulässt. Hier könnte eine Quick-Start Finanzierung anknüpfen, in dem *für einen limitierten Zeitraum explizit die Erstellung von Anträgen für weitere Fördertatbestände unterstützt wird.*

Eine Voraussetzung für die Förderung könnte eine Skizze sein, die zeigt dass bereits eine strategische Auseinandersetzung mit dem Thema stattgefunden hat. Ideal wären fertige Anpassungskonzepte, die beispielsweise über die Kommunal-Richtlinie für Kommunen oder über den DAS-Titel durch Unternehmen, regionale Verbände oder Bildungsträger bereits erstellt worden sind.

Gefördert würden in diesem Fall potentielle Antragsteller aus allen Zielgruppen des Förderprogramms ohne Eigenanteil, dies umfasst Kommunen, öffentliche Träger, interkommunale oder regionale Verbände sowie regionale privatwirtschaftliche Verbände (z.B. regionale IHKS, Metropolregionen). Eine direkte Förderung von Beratungs- und Dienstleistungsbüros sollte jedoch ausgeschlossen werden, um Mitnahmeeffekte zu vermeiden. Nur Anträge potentieller Antragsteller für andere Teile des Förderprogramms sollten zugelassen werden.

Die Höhe der Förderung sollte zeitlich knapp, d.h. wirklich nur auf den Zeitraum der Antragsstellung bemessen sein und dementsprechend auch nur eine Finanzierung der Personalkosten vorsehen.

Weiterhin sollte der Tatbestand „Quick-Start“ frühzeitig überprüft und ggf eine bestimmte Zeit nach Erstveröffentlichung des Förderprogramms wieder geschlossen werden, z. B. 12 Monate.

### **Evaluation und Bewertungskriterien**

Die Evaluation des Förderkonzeptes sollte frühzeitig, d.h. zur erstmaligen Veröffentlichung der Förderrichtlinie zumindest in den Grundzügen festgelegt sein. Dabei sollte prinzipiell zwei Zielen verfolgt werden: Erstens die Festlegung von Bewertungskriterien für die Auswahl und Priorisieren von Anträgen sowie zweitens die Evaluation laufender und abgeschlossener Vorhaben als Bewertung der Zielerreichung des Förderprogramms.

In Anlehnungen an die Erfahrungen des UBA in der Evaluierung von Anpassungsprojekten in der internationalen Klimaschutzinitiative empfehlen wir folgende allgemeine Bewertungskriterien vorzugeben:

- Die Relevanz für einen oder mehrere Schwerpunkte der Deutschen Anpassungsstrategie. Verstanden als Beitrag zu Handlungsfeldern und skizzierten Anpassungsoptionen der DAS selbst oder des Aktionsplans Anpassung.
- Der Innovationsgehalt (technologisch, ökonomisch, methodisch, institutionell)
- Die Nachhaltigkeit der Maßnahme, vorallem verstanden im Sinne einer Wirkung auch nach Abschluss der Förderung
- Die Übertragbarkeit der Ergebnisse, Sichtbarkeit, Multiplikatorwirkung auf andere Regionen bzw. Handlungsfelder
- Synergien mit weiteren Zielen im Themenfeld der Nachhaltigkeit, insbesondere aus den Bereichen Klimaschutz, Erhalt der Biodiversität, Naturschutz und Ressourceneffizienz.
- Die regionale Vernetzung der Antragsteller, eine angemessene Beteiligung der Öffentlichkeit sowie Einbindung und Förderungen bürgerschaftlichen Engagements über die gesamte Laufzeit des Projektes und darüber hinaus.
- Angemessenheit, Effektivität und Effizienz der Mittelverwendung

Nach einer gewissen Laufzeit sollte die Zielerreichung des Förderprogramms bewertet werden. Die Bewertung selbst sollte auf Basis der o.g. Kriterien erfolgen und das allgemeine Indikatorenkonzept zur Deutschen Anpassungsstrategie als Rahmen berücksichtigen. (Konzept des UBA „Indikatoren zur DAS“ für Sommer 2013 vorgesehen). Die Vergabe eines separaten begleitenden Vorhabens zu Evaluation würde dem Ziel einer neutrale Bewertung dienlich sein und damit letztlich auch die Bedeutung des Förderkonzeptes stärken.

## **Flexibilität bewahren**

Anpassung an den Klimawandel ist ein recht neues Politikfeld. Viele Bereiche entwickeln sich vergleichsweise dynamisch. Es ist zu erwarten, dass auch andere Akteure (z.B. Bundesressorts, EU) neue Förder- und Anreizinstrumente entwerfen. Die Förderbekanntmachung sollte daher eine gewisse Flexibilität in den Fördertatbeständen bewahren. Neue Erkenntnisse sollten berücksichtigt werden und gegebenenfalls zu einer Anpassung der Fördertatbestände führen. Auf der anderen Seite erfordern gute Anträge eine gewissen Verlässlichkeit und Vorlaufzeit. Dies gilt gerade auch in Fällen, in den Kooperationen vereinbart oder Zustimmung politischer Gremien gesucht werden müssen. Für Antragsteller unerwartete Änderungen in den Fördertatbeständen könnten solche Dynamiken bremsen. Daher empfehlen wir bereits bei der erstmaligen Ankündigung einen Prozess der Überarbeitung in regelmäßigen Abständen zu skizzieren, etwa in einem jährlichen Zyklus.

### 3. Fachliche Skizze einer Förderbekanntmachung

#### a) Zivilgesellschaftliche Impulse

Ziel ist es, zivilgesellschaftliche Akteure als Multiplikatoren zu unterstützen, um kommunale Entscheidungsträger für das Thema der Anpassung an den Klimawandel zu sensibilisieren.

Gefördert wird die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung ein bis zweitägiger Sensibilisierungsworkshops zu Risiken und Chancen der Klimaanpassung. Das Ziel der Workshops ist die Verständigung über fachübergreifende Klimaanpassungsbedarfe für eine Region.

Bedingung für eine Förderung ist die Einbindung regionaler bzw. kommunaler Entscheidungsträger (z.B. durch eine entsprechende Absichtserklärung oder Grundsatzvereinbarung).

Mögliche Antragsteller sind anerkannte zivilgesellschaftliche Gruppen, z. B. Lokale Agenda-Initiativen, Umwelt- und Sozialverbände sowie kirchliche Einrichtungen.

#### b) Anpassungsmaßnahmen in Kommunen

##### Aufbau von Kapazitäten in kommunalen Verwaltungen

Ziel ist der Aufbau von Kapazitäten und Wissen zu Folgen des Klimawandels und möglichen Anpassungsmaßnahmen auf der kommunalen Ebene, die Abstimmung innerhalb der Verwaltung sowie die Beteiligung der Öffentlichkeit. Dies umfasst:

##### a) *Der Aufbau von Strukturen und Know-How*

Gefördert wird eine fachliche Einstiegsberatung für die Verwaltungsspitze und die Ressortleitung kleinerer und mittlerer Kommunen sowie Einstiegsberatungen oder Honorare für Veranstaltungen mit politischen Gremien der kommunalen und regionalen Ebene.

##### b) *Die Einrichtung von Klimaanpassungsmanagern*

Gefördert werden Personalkosten der kommunalen Verwaltung für die Stelle eines Klimaanpassungsmanagers. Zentrale Aufgabe dieser Stelle ist Umsetzung eines integrierten Klimaanpassungskonzeptes, die Abstimmung mit den betroffenen intrakommunalen und öffentlichen Interessengruppen sowie die Begleitung der Realisierung von Maßnahmen.

Bedingungen: Die Förderung umfasst Personalmittel für maximal 3 Personenjahre. Die Stelle kann die Aufgaben des Klimaschutzmanagers, wie er über die NKI gefördert wird ergänzen oder kombinieren. Das integrierte Klimaschutzkonzept selber wird hier nicht gefördert, dies kann ggf. im Rahmen der Kommunal-Richtlinie des BMU abgedeckt werden.

##### c) *Aufbau fachlich-inhaltlicher Kapazitäten*

Gefördert wird die methodische und wissenschaftliche Beratung der Verwaltung zu Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen (z. B. strategische Priorisierung, Vulnerabilitätsbewertung oder Kosten-Nutzen Analysen von Anpassungsmaßnahmen).

Gefördert werden die Kosten für die externe wissenschaftliche Beratung, bevorzugt Experten mit speziellem regionalem Wissen, z. B. aus Universitäten und Fachhochschulen der Region.

d) **Anstoßen von Partizipation sowie thematische Integration**

Gefördert werden die Moderation und Durchführung von Informationsveranstaltungen, Beteiligungsformaten und Workshops zu Klimafolgen und Anpassung (z. B. Szenario-, Leitbild- oder Zukunftswerkshops) mit dem Ziel einer breiten Partizipation kommunaler bzw. regionaler Interessengruppen. Dies kann sowohl gesamtstädtisch als auch teilraumbezogen oder sektoral angegangen werden und kann auch die Integration anderer zukunftsorientierter Themen der Kommune beinhalten (z. B. demographischer Wandel, Wirtschaftsentwicklung)

Förderfähige Ausgaben/Kosten umfassen Ausgaben/Kosten für extern zu vergebene Aufträge sowie intern für das Vorhaben entstehende Sach- und Personalkosten. Es wird von einer angemessenen Eigenbeteiligung in Höhe von mind. 35 % der Gesamtkosten/-ausgaben ausgegangen. Die Höhe der Förderung beträgt maximal 300.000 € pro Projekt, die Laufzeit der Förderung maximal 36 Monate.<sup>3</sup>

Eine Doppelförderung (Kommune und Landkreis) ist nicht möglich. Soll die regionale Ebene (z. B. Landkreise) gefördert werden, so ist es Fördervoraussetzung, dass die tangierte kommunale Ebene eingebunden wird.

**Zuschuss zu investiven Maßnahmen**

Gefördert werden investive Anpassungsmaßnahmen im Zuständigkeitsbereich der kommunalen Ebene. Voraussetzung für die Förderung ist die Vorlage eines integrierten Klimaanpassungskonzept (z.B. finanziert über die Kommunal-Richtlinie) bei der auch eine vergleichende Bewertung von Handlungsoptionen (z.B. Kosten-Nutzen, multikriterielle Analyse, Nachhaltigkeitsprüfung) sowie eine Beteiligung der Öffentlichkeit durchgeführt wurden.

Gefördert werden können Maßnahmen in den Bereichen Prävention vor extremen Wetter- und Klimaereignissen, Hochwasserschutz, Forst- und Landwirtschaft, Energiegewinnung und -netze, Erhalt und Sicherung öffentlicher Gebäude und Infrastruktur sowie nachhaltiger Tourismus.

Förderfähige Ausgaben/Kosten umfassen Ausgaben/Kosten für extern zu vergebene Aufträge. Es wird von einer angemessenen Eigenbeteiligung in Höhe von mind. 35 % der Gesamtkosten/-ausgaben ausgegangen. Die Höhe der Förderung beträgt maximal 300.000 € pro Projekt, die Laufzeit der Förderung maximal 36 Monate.<sup>4</sup>

**c) Anpassungsmaßnahmen in Unternehmen**

Der Klimawandel beinhaltet eine große Herausforderung für Sektoren und Unternehmen, die nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern sich an bevorstehende und bereits eintretende Klimaänderungen anpassen müssen. Die Einrichtung von Prozessen zur Beobachtung, Einschätzung und Minderung von Klimarisiken ist ein effektiver Weg, sich langfristig an Klimaveränderungen anzupassen und damit vor möglichen Schäden zu schützen.

---

<sup>3</sup> Bemerkung UBA: Vorschläge zum Umfang basieren auf Erfahrungen aus der nationalen Klimaschutzinitiative und Recherchen aus dem UFOPLAN-Vorhaben Kommunen befähigen.

<sup>4</sup> Bemerkung UBA: Die Kosten für Maßnahmen können sehr unterschiedlich sein, doch hohe Kosten sprechen nicht unbedingt für eine gutes Kosten-Nutzen Verhältnis - vgl. UFOPLAN-Vorhaben zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen Daher schlagen wir eine klare Begrenzung vor, die sich im Umfang an der BMU-Förderbekanntmachung von 2011 orientiert.

### **Strategien zum Umgang mit Klimaänderungen**

Gefördert wird die Erstellung von Betroffenheitsanalysen und Strategien zur Anpassung für Branchen und (Wirtschafts-)Regionen durch Branchenverbände, Fach- und Berufsverbände sowie direkte Arbeitsgruppen zwischen mindestens drei Unternehmen.

Durch die Förderung der Aktivitäten von Verbänden soll sowohl das Bewusstsein der Mitglieder für die Problematik erhöht werden, als auch neues Wissen geschaffen werden, das für die Anpassung in Deutschland insgesamt relevant ist. Bedingung für die Förderung ist, dass zumindest eine Zusammenfassung der Erkenntnisse der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wird.

Die Höhe der Förderung beträgt maximal 100.000 Euro je Verband, die Laufzeit beträgt maximal drei Jahre. Es wird von einer angemessenen Eigenbeteiligung in Höhe von mind. 35 % der Gesamtkosten/-ausgaben ausgegangen.

### **Management von Klimarisiken**

Gegenstand der Förderung ist die Integration von Klimarisiken und -chancen in standardisierte betriebliche Managementsysteme einzelner Unternehmen. Gefördert wird die Integration in Systeme zur allgemeinen Qualitätssicherung (ISO 9001), für den Umweltschutz (EMAS, ISO 14001), dem generellen Umgang mit Risiken (BS 31100, ISO 31300) sowie zur Sicherung der betrieblichen Kontinuität (BS 25999).

Bedingung für die Förderung ist, dass zumindest eine Zusammenfassung der Erkenntnisse den entsprechenden interessierten Kreisen der Normung zur Verfügung gestellt wird.

Die Höhe der Förderung beträgt maximal 100.000 Euro je Unternehmen, die Laufzeit beträgt maximal drei Jahre. Es wird von einer angemessenen Eigenbeteiligung in Höhe von mind. 35 % der Gesamtkosten/-ausgaben ausgegangen.

### **Zuschuss zu investiven Maßnahmen**

Gefördert werden Investitionen in Maßnahmen, die der Anpassung kleiner und mittlerer Unternehmen an extreme Wetter- und Klimaereignisse dienen. Dies kann Maßnahmen aus den Themenkomplexen Gebäude (Isolierung und Kühlung), Logistik, Lagerhaltung und Supply-Chain (Resilienz und Rückfalloptionen), Energiesparen und Ressourcenschonung sowie der Verbesserung bestehender Produkte und Dienstleistungen umfassen.

Voraussetzung für die Förderung ist die Erstellung eines Anpassungskonzeptes gemäß Förderrichtlinie des BMU von 2011 oder die Durchführung einer anderweitigen Risikoanalyse extremer Wetter- und Klimaereignisse unter Abwägung möglicher Handlungsoptionen, z. B. im Rahmen eines Risikomanagement nach ISO 31000.

Die Höhe der Förderung beträgt maximal 100.000 Euro je Unternehmen, die Laufzeit beträgt maximal 36 Monate. Die Voraussetzungen und Bedingungen der De-minimis-Verordnung sind zu berücksichtigen.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Anmerkung UBA: Der Rahmen sollte deutlich unter der EU-Verordnung zu unternehmensbezogenen Subventionen (De-minimis) liegen. Nach unserem Wissenstand liegt die De-minimis-Grenze derzeit bei 200.000 Euro in 3 Jahren. Juristisch zu klären wären die Bedingungen einer Kumulierung mit anderen Fördermitteln, was ggf hier explizit ausgeschlossen werden muss.

## **d) Anpassungskompetenzen in der beruflichen Bildung**

Die Anpassung an den Klimawandel stellt neue Herausforderungen an berufliche Handlungsfähigkeit und –kompetenz. Um sich vor den Risiken des Klimawandels schützen und klimawandelbedingte Chancen nutzen zu können, müssen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Auswirkungen des Wandels kennen, bewerten, Handlungsstrategien identifizieren und vor allem Maßnahmen umsetzen können. Als Vermittlerin von Klimaanpassungskompetenz kommt der beruflichen Bildung im Prozess der Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Bedeutung zu. Die Erstellung von Bildungskonzepten und deren pilothafte Umsetzung wird über die Förderrichtlinie des BMU von 2011 und die nationale Klimaschutzinitiative Bildungsmaßnahmen abgedeckt. Ziel der Förderung hier ist die Integration von Klimaanpassung in bestehende Aus- und Weiterbildungsprogramme.

### **1. Integration in berufliche Ausbildungsgänge**

Gefördert werden die Einführung von Ausbildungsmodulen zu Klimafolge und Anpassung, die Integration in bestehende anerkannte Lehr- und Ausbildungspläne sowie die Erstellung von entsprechenden Lehrmaterialien der beruflichen Bildung.

Mögliche Ausbildungsgänge sind u.a. im Bereich Gewerbe und Technik, Pflege- und Gesundheit, Land- und Forstwirtschaft.

### **2. Integration in bestehende Studiengänge**

Gefördert wird die Einführung von Modulen zu Klimafolgen und Anpassung für Bachelor- oder Masterstudiengänge innerhalb bestehender anerkannter Studiengänge sowie die Integration in Prüfungsordnungen und Lehrpläne. Förderwürdig ist auch die Einführung beruflicher Zusatzqualifikationen als Klimaanpassungsmanager etwa für die kommunale Ebene.

Mögliche Studiengänge sind u.a. Planungswissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Land- und Forstwirtschaft, Gesundheit und Pflege sowie öffentliche Verwaltung.

Es wird von einer angemessenen Eigenbeteiligung in Höhe von mind. 35 % der Gesamtkosten ausgegangen. Die Höhe der Förderung beträgt maximal 200.000 Euro, die Laufzeit maximal 24 Monate.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Anmerkung UBA: Vorschläge zum Umfang der Förderung entsprechen der BMU-Förderbekanntmachung für Bildungsträger von 2011.

## Anhang

### Auswahl relevanter Förderprogramme, die Kofinanzierung erlauben

Hinweis: Programme der Bundesländer wurden aufgrund ihrer Vielfalt nicht erschöpfend recherchiert und finden sich hier nur beispielhaft aufgeführt

Name	übergreifendes Ziel der Förderung	Ko-Finanzierung möglich?	Geographischer Fokus
Bundesprogramm Biologische Vielfalt	dem Rückgang der biologischen Vielfalt in Deutschland entgegenwirken	Im Bundesprogramm Biologische Vielfalt übernimmt das BMU maximal 75 % der zuwendungsfähigen Ausgaben bzw. Kosten. Daher muss der Antragsteller mindestens 25 % aufbringen. Hierzu kann er ausschließlich Eigenmittel verwenden - er kann aber auch einen Teil von Dritten erhalten. In jedem Fall aber muss er mindestens 10 % selber (nicht über Drittmittel) aufbringen.	bundesweit
Dorferneuerung	nachhaltige Verbesserung der Lebens-, Wohn-, Arbeits- und Umweltverhältnisse auf dem Land	Die gleichzeitige Inanspruchnahme von Zuwendungen aus anderen Förderprogrammen ist zulässig, soweit dies dort nicht ausgeschlossen ist. Die Summe der Zuwendungen (Zuschüsse und Förderdarlehen) darf bei öffentlichen und gemeinschaftlichen Maßnahmen 90%, bei privaten Maßnahmen 80% der zuwendungsfähigen Kosten nicht überschreiten.	Bayern
Förderung der integrierten ländlichen Entwicklung	Verbesserung der ländlichen Strukturen	kumulierende Förderung möglich; Mindesteigenanteil: Kommunen 25%, Private 10%; Kumulierung öffentlicher Mittel weitgehend unproblematisch, aber Kumulierungsverbot für Gemeinschaftsmittel (EU-Fördermittel); bei Ko-Finanzierung durch private Mittel Förderrichtlinie und Kumulierungserlass beachten	Schleswig-Holstein
INTERREG IV B- Programm für den Nordseeraum	Stärkung der Nordseeregion als Lebens-, Arbeits- und Investitionsstandort	ja, aber keine Ko-Finanzierung durch EU-Mittel	Nordseeraum
INTERREG-Programm für den Ostseeraum	Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Ostseeregion, ihres territorialen Zusammenhalts und ihrer nachhaltigen Entwicklung	ja, aber keine Ko-Finanzierung durch EU-Mittel	Ostseeraum
LIFE+ - Finanzierungsinstrument für die Umwelt	Umsetzung und Weiterentwicklung der Umweltpolitik und des Umweltrechts in der Europäischen Union	ja	Europäische Union

Nachhaltige Entwicklung	nachhaltige Entwicklung im Sinne der Agenda 21	bei öffentlichen Mitteln besteht ein Doppelförderungsverbot; eine Kofinanzierung durch private Mittel ist möglich	Thüringen
Nationale Klimaschutzinitiative – Klimaschutzprojekte in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen (Teilkonzepte)	Investitionen in Klimaschutz und gesellschaftliche Interessen	Eine Kumulierung mit Drittmitteln, Zuschussförderungen und Förderkrediten ist zugelassen, sofern eine Eigenbeteiligung i.H.v. mindestens 20% erfolgt. Ausnahmen für finanzschwache Kommunen, die nach jeweiligem Landesrecht ein Haushaltssicherungskonzept aufzustellen haben, sind möglich. Es gelten ggf. beihilferechtliche Einschränkungen. Eine Doppelförderung mit anderen Förderprogrammen der Bundesregierung ist ausgeschlossen.	bundesweit
Operationelles Programm 'Nordwesteuropa (NWE)' (INTERREG IVB North-West Europe)	Ziele: Innovation; Umwelt; Zugänglichkeit; nachhaltige Stadtentwicklung	ja, aber keine Ko-Finanzierung durch EU-Mittel	Nordwesteuropa
Regen auf richtigen Wegen	Erhöhung der Aufnahmefähigkeit von Flächen für Regenwasser, Entlastung der Kanalisation, Grundwasserneubildung	ja	Nordrhein-Westfalen
Städtebauförderung (Stadtumbau West)	Anpassung der Städte an den demografischen und strukturellen Wandel	ja, sogar explizit erwünscht; Förderprogramm ist als lückendeckende Spitzenförderung konzipiert	Städte in den alten Bundesländern
Zuwendungen für wasserwirtschaftliche Maßnahmen	Durchführung wasserwirtschaftlicher Vorhaben von öffentlichem Interesse	ja	Rheinland-Pfalz



Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Eing.: 27. April 2012

Abt./Ref.: WA II

Az.: *[Handwritten signature]*

42250-1114

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung • 11030 Berlin

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Referat WA II  
Herrn MinR Thomas Stratenwerth  
11055 Berlin

HAUSANSCHRIFT  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin

POSTANSCHRIFT  
11030 Berlin

TEL +49 (0)30 18-300-2722  
FAX +49 (0)30 18-300-807 2722

Ref-ui41@bmvbs.bund.de  
www.bmvbs.de

*18 2/5*

*Frau Weigel  
Herr Gladbach } 2  
3/5*

**Betreff: Behördennetzwerk Vulnerabilität**

Bezug: Ihr Schreiben vom 12.01.2012  
Aktenzeichen: 8154.1/8  
Datum: Berlin, 25.04.2012  
Seite 1 von 2

Sehr geehrter Herr Stratenwerth,

das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ist in seinem Geschäftsbereich an vielfältigen Stellen mit der Frage möglicher Verwundbarkeiten durch Folgen des Klimawandels konfrontiert und an der Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie über die IMA DAS aktiv beteiligt. Dementsprechend unterstützen das Ministerium und seine fachlich zuständigen Bundesoberbehörden auch die Vernetzung und den fachlichen Austausch zwischen den Ressorts und insbesondere zum federführenden BMU bzw. Umweltbundesamt. Bereits im Januar hatte ich Ihnen eine Liste der Ansprechpartner in den jeweiligen Behörden unseres Geschäftsbereiches übermittelt.

Mit der Ankündigung Ihrer Absicht, ein Behördennetzwerk Vulnerabilität zu bilden, hatten Sie bereits ausgeschlossen, dass das BMU den Ressorts für ressourcenbindende Aktivitäten Mittel aus seinem Titel im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel zur Verfügung stellen kann. Die Einbringung der besonderen Kompetenzen der Oberbehörden der Bundesverwaltung für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung in dem vorgesehenen neuen Netzwerk zur Vulnerabilität würde diese zur Übernahme von Zusatzaufgaben verpflichten, die in Anbetracht der vorhandenen Auslastung der Behörden für das neue Mandat insbesondere bei engen Zeitvorgaben nicht ohne zusätzliche Ressourcen geleistet werden können.

Trotz dieser Situation haben die betroffenen Referate des BMVBS im Rahmen ihrer Fachaufsicht die jeweiligen Behörden gebeten, das Netzwerk Vulnerabilität nach Maßgabe zur Verfügung stehender Kapazitäten aktiv zu unterstützen und zu begleiten.



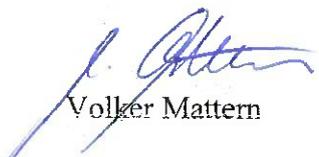




Seite 2 von 2

Von einer formalen Mandatierung, wie von Ihnen erbeten, müssen wir jedoch aufgrund der geschilderten Sachlage absehen.

Mit freundlichen Grüßen

  
Volker Matern





Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, WA I 1,  
Postfach 12 06 29, 53048 Bonn

An Verteiler

IMA „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“

TEL +49 22899 305-2790

FAX +49 22899 305-3225

Stratenwerth,

Thomas@bmu.bund.de

www.bmu.de

## Netzwerk Vulnerabilität

Aktenzeichen: WA I 1 - 42250-1/14

Bonn, 12.1.2012

Sehr geehrte Damen und Herren,

der Aktionsplan Anpassung an den Klimawandel stellt fest, dass eine aktuelle, sektorenübergreifende und nach einheitlichem Vorgehen erstellte Vulnerabilitätsanalyse für Deutschland notwendig ist, um politische Entscheidungen in der Weiterentwicklung der DAS zu unterstützen. Das Gesamtbild der Vulnerabilität soll durch ein zentrales, ressortübergreifendes Projekt, das „Netzwerk Vulnerabilität“, festgestellt werden, in das die Expertisen aller relevanten Ressorts und Fachbehörden des Bundes einbezogen werden (s. Anlage).

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat erste Schritte unternommen, das „Netzwerk Vulnerabilität“ auf Ebene der Bundes(ober)behörden zu etablieren. An einem ersten Treffen im September 2011 haben die Bundesbehörden UBA, DWD, THW, BBK und BBSR teilgenommen. BMG hat die Mitarbeit des RKI im Netzwerk zugesagt.

Zur fachlich-inhaltlichen und organisatorischen Unterstützung des Netzwerkes und der Entlastung der beteiligten Behörden, ist ein Konsortium beauftragt.





Seite 2

Es ist erklärtes Ziel des Netzwerks, alle Bundes(ober)behörden in das Netzwerk einzubeziehen, die sich mit Sensitivitäts- und Vulnerabilitätsanalysen gegenüber dem Klimawandel beschäftigen oder sich an der Erarbeitung eines ‚Gesamtbildes Vulnerabilität‘ beteiligen möchten.

Vertreter anderer Behörden sowie der Länder werden zeitweise als Experten in Aktivitäten des Netzwerkes einbezogen und kontinuierlich informiert.

Zur Information der Ressorts, deren Oberbehörden und der Länder über die Ziele, Planungen und erste Ergebnisse der Arbeiten im Netzwerk soll im März 2012 ein Vernetzungsworkshop stattfinden. Im weiteren Verlauf der Arbeiten im Netzwerk soll es regelmäßig Projekttreffen geben, zu denen auch Experten aus Ministerien, Ländern, Forschungsverbänden und Forschungsinstituten eingeladen werden.

Bis zum 31.1.2012 bitte ich um Benennung derjenigen Ansprechperson(en) aus den Oberbehörden Ihrer Ressorts, die Vulnerabilitäts- oder Risikoanalysen im Bereich Klimawandel durchführen oder sich dafür interessieren. Ihre Rückantwort richten Sie bitte an folgende E-Mail-Adresse: [REDACTED]

[REDACTED] Damit verbunden bitte ich um eine formale Mandatierung der entsprechenden Oberbehörden, in diesem Projekt mitzuarbeiten.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag

Thomas Stratenwerth

Anlage

- 1 -





## **Netzwerk Vulnerabilität**

### Inhaltliche Ziele und Vorgehen:

Inhaltliches Ziel des Netzwerkes ist es, eine semi-quantitative Analyse und Bewertung der bereits vorhandenen regionalen und sektoralen Klimafolgenbetrachtungen und Vulnerabilitätsabschätzungen zu erarbeiten. Dabei werden alle Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel sowie aktuelle Forschungsergebnisse der Länder und deren Interessenlagen in die Erarbeitung einbezogen. Als Teilergebnis wird das Netzwerk existierende Untersuchungen zu Klimaänderungen, Klimafolgen und Vulnerabilität bis Mitte 2013 in Form von Karten zusammenführen. Weiterhin erstellt das Netzwerk ein Methodenvorschlag für eine gemeinsam abgestimmte Vulnerabilitätsbewertung schon bis Ende 2012. Als Gesamtergebnis legt das Netzwerk der IMA Mitte 2014 eine aktuelle, sektorenübergreifende und flächendeckende Vulnerabilitätsbewertung für Deutschland vor.

Alle Ergebnisse werden zum Evaluierungsbericht des APA im Sommer 2014 vorliegen und stellen eine zentrale Grundlage für politische Entscheidungen in der Weiterentwicklung der DAS und für die zukünftige Öffentlichkeitsarbeit des Bundes zur DAS dar.

### Unterstützung des Netzwerkes durch beauftragtes Konsortium:

Zur fachlich-inhaltlichen und organisatorischen Unterstützung des Netzwerkes (d.h. der beteiligten Behörden) hat UBA im Auftrag des BMU ein Konsortium beauftragt. Die Federführung für die inhaltlich-organisatorische Betreuung des Netzwerkes und für die Erarbeitung der Ergebnisse im engen Austausch mit den Behörden des Netzwerkes liegt bei adelphi consult. Weitere Projektpartner des Konsortiums sind plan & risk consult ( [REDACTED] ) und EURAC Bozen ( [REDACTED] ). Zentrale Aufgaben des Konsortiums sind dabei die wissenschaftliche Vorbereitung der abzustimmenden Inhalte und Methoden sowie die Organisation des Abstimmungsprozesses innerhalb des Netzwerkes; ferner bereitet das Konsortium Textentwürfe vor für die Vulnerabilitätsanalyse und -bewertung durch das Netzwerk.

Zur Förderung des Informationsflusses wird durch das Konsortium eine webbasierte Kommunikationsplattform zur Verfügung gestellt. Die am Netzwerk teilnehmenden Behörden werden vom Konsortium durch die Abwicklung von organisatorischen Aufgaben, Netzwerkpflge, Methodenentwicklung etc. unterstützt und damit entlastet. Die Behörden sollen so in der Lage versetzt werden, mit geringem personellem Aufwand die Entwicklung der Vulnerabilitätsbewertung und -analyse zu steuern. Eine regelmäßige Teilnahme der Netzwerkpartner an den Netzwerktreffen, die ca. 3-mal pro Jahr (jeweils eintägig und wechselseitig an den Standorten der Netzwerkpartner) stattfinden werden, ist erwünscht, aber keine Bedingung und abhängig von eigenen Ressourcen gestaltbar.



Nagel, Almut

Von: Anpassungsstrategie Klimawandel  
Gesendet: Donnerstag, 12. Januar 2012 15:38  
An: '404-0@auswaertiges-amt.de'; '404-r@auswaertiges-amt.de'; 'la7@bmas.bund.de';  
'rolf.boesinger@bmas.bund.de'; 'christian.raskob@bmas.bund.de'; [REDACTED];  
'adele.mueller@bmf.bund.de'; 'Eilwardt, Katrin /723'; 'Hans-Borchard.Kahmann@bmf.bund.de';  
'Roland.Kruschwitz@bmf.bund.de'; 'Franziska.Pietzsch@bmfsfj.bund.de'; 'G22@bmg.bund.de';  
'clemens.schreiner@bmg.bund.de'; 'thomas.frisch@bmwi.bund.de';  
'Ute.Winkler@bmg.bund.de'; 'willi.marzi@bmi.bund.de'; 'iris.gnedler@bmi.bund.de';  
'Frithjof.zerger@bmi.bund.de'; Stratenwerth, Thomas; Litvinovitch, Jutta; Ingendahl, Björn;  
'Petra.mahrenholz@uba.de'; 'Volker.Mattern@bmvbs.bund.de'; 'Bmvgwviv1@bmvb.bund.de';  
'buero-ivc2@bmwi.bund.de'; 'Frank.Fass-Metz@bmz.bund.de'; 'susanne.krings@bbk.bund.de';  
Sabel, Friederike; 'Heiner.Schmallenbach@bmelv.bund.de';  
Cc: Anpassungsstrategie Klimawandel; 'Inke.Schauser@uba.de'; Nagel, Almut; Gladbach, Hubert  
Betreff: [IMA-DAS]: Abfrage in Ressorts und deren Geschäftsbereiche zur Teilnahme am  
Behördennetzwerk Vulnerabilität: Rückmeldungstermin 31.1.2012

Wichtigkeit: Hoch

Anlagen: 20120112 Brief IMA\_Teilnahme\_Netzwerk Vulnerabilität.pdf

Liebe Kolleginnen und Kollegen,  
Sehr geehrte Damen und Herren,

auch wenn das Jahr 2012 bereits ein Paar Tage alt ist, möchte ich Ihnen für die kommenden Monate alles Gute wünschen. Eine chinaerfahrene Kollegin schrieb mir vor wenigen Tagen: "Für die Chinesen beginnt das Jahr des Wasser-Drachen am 24. Januar – gekennzeichnet von Aufbruchsstimmung, Erfolg in ehrgeizigen Projekten und Verwirklichung unserer Träume". In diesem Sinne freue mich auch auf eine fortgesetzt gute Zusammenarbeit in der IMA Anpassungsstrategie.

Beigefügt übersende ich Ihnen den von Herrn Stratenwerth in IMA XII angekündigten Brief an die Ressorts, der die Bitte enthält, am Netzwerk Vulnerabilität teilzunehmen. Ziel eines breit aufgestellten Netzwerkes ist es, sicher zu stellen, dass möglichst alle vorhandenen fachlichen Expertisen einbezogen werden, um eine breite Abdeckung der DAS-Handlungsfelder und vorhandener Methoden zu erreichen und in einem Gesamtbild Vulnerabilität für Deutschland zusammenzuführen. Das Gesamtbild Vulnerabilität wird eine der wesentlichen Grundlagen für den Fortschrittsbericht 2014 zur DAS liefern. Nähere Ausführungen zum Netzwerk finden Sie im beigefügten Dokument, das eine Anlage enthält.

Ich möchte auf einen während der IMA XII angesprochenen Punkte zum Netzwerk Vulnerabilität explizit hinweisen: Eine Finanzierung von Zuarbeiten oder der Teilnahme von Bundes(ober)behörden am Netzwerk Vulnerabilität durch den DAS-Titel - über die Finanzierung des Konsortiums hinaus - ist nicht möglich (siehe dazu auch Protokoll zur Sitzung, das in Kürze versandt wird).

Bitte nennen Sie uns Ansprechperson(en) aus Ihrem Geschäftsbereich, die Vulnerabilitäts- oder Risikoanalysen im Zusammenhang mit dem Klimawandel bearbeiten oder sich dafür interessieren. **Ihre Rückantwort richten Sie bitte bis zum 31.1.2012 an die Funktionspostfachadresse [REDACTED]** bitte mit Kopie an [REDACTED]. Bitte denken Sie auch an die formale Mandatierung der entsprechenden Oberbehörden, in diesem Projekt mitzuarbeiten.

Die konkreten Arbeiten im Netzwerk werden in Kürze beginnen. Eine Teilnahme am Netzwerk ist auch zu einem späteren Zeitpunkt möglich.



20120112 Brief  
A\_Teilnahme\_N

Mit vielen Grüßen

i.A.  
Almut Nagel

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Referat WA | 1 "Allgemeine, grundsätzliche sowie internationale und europäische Angelegenheiten der Wasserwirtschaft"

Tel. +49 (0) 228 99 305 2514  
eMail: [almut.nagel@bmu.bund.de](mailto:almut.nagel@bmu.bund.de)



42250 - 1/14 NEU  
ad.A. 22/12/11 @

Bundesministerium für Gesundheit, 53107 Bonn

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Referat WA I 1  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

Clemens Schreiner  
Referatsleiterin Referat G22

HAUSANSCHRIFT Rochusstraße 1, 53123 Bonn  
POSTANSCHRIFT 53107 Bonn  
TEL +49 (0)228 99 441-1515  
FAX +49 (0)228 99 441-2112  
E-MAIL G22@bmg.bund.de  
INTERNET www.bundesgesundheitsministerium.de

Bonn, 22. Dezember 2011

AZ

**XII.IMA-DAS**

hier: Mandatierung des Robert-Koch-Instituts für Netzwerk Vulnerabilität

Sehr geehrter Herr Stratenwerth,

entsprechend Ihrer Bitte in der Tischvorlage für das XII. Interministerielle  
Arbeitsgruppentreffen vom 23.11.2011 benennen wir hiermit das Robert-Koch-Institut als  
Bundesoberbehörde für eine Mitwirkung am "Netzwerk Vulnerabilität".

Mit freundlichen Grüßen

Clemens Schreiner



Nagel, Almut

---

**Von:** Schreiner, Clemens -G22 BMG [Clemens.Schreiner@bmg.bund.de]  
**Gesendet:** Donnerstag, 22. Dezember 2011 08:31  
**An:** Anpassungsstrategie Klimawandel  
**Cc:** G22 BMG; Stratenwerth, Thomas; Nagel, Almut  
**Betreff:** DAS-Klimawandel - Schreiben BMU zur Mitarbeit RKI beim Netzwerk Vulnerabilität

**Anlagen:** SBN-R7-09101122207590.pdf



SBN-R7-09101  
:2207590.pdf (2)

Liebe Kolleginnen und Kollegen,  
beigefügte Schreiben z.w.V.

Frohe Festtage und guten Rutsch  
Mit freundlichen Grüßen  
Clemens Schreiner, M.A.  
Bundesministerium für Gesundheit  
Referat G 22  
Tel.: 0228-941-1515  
e-mail: clemens.schreiner@bmg.bund.de

