

**PFT Untersuchungen**

**KVF 96 Grundwasser**

**Anlage 11 zu Endbericht Phase IIa (B130804-03B)**


**Flughafen Manching  
(ALFV-Nr. 643 019 800 7-rüs)**

**Auftraggeber:** Staatliches Bauamt Ingolstadt  
Elbrachtstraße 20  
85049 Ingolstadt

**Auftragnehmer:** BFM Umwelt GmbH  
Zehentstadelweg 7  
81247 München

**Auftrag vom:** 18.09.2013 (mündlich)  
18.11.2013 (schriftlich)

**Verdachtsfläche:** Flughafen Manching

**Flurnummer:** 

**Projekt-Nr. bfm:** P130804

**Bericht-Nr.:** B130804-03B

**Seitenzahl:** 24 Seiten

**Anlagenzahl:** 8 Anhänge

München, den 16.05.2014

i.A.

  
  
Sachverständiger nach § 18 BBodSchG

## Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung .....	3
2	Literatur und verwendete Unterlagen.....	4
2.1	Abkürzungen.....	5
3	Zusammenstellung der allgemeinen Standortdaten und Ortseinsicht .....	6
4	Untersuchungskonzept.....	7
4.1	Aufschlüsse und Probenahmen.....	7
4.1.1	Boden .....	7
4.1.2	Probenahme für die Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Mensch .....	7
4.1.3	Probenahme für die Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Pflanze.....	7
4.1.4	Bodenluft.....	7
4.1.5	Grundwasser.....	8
4.2	Chemisch-analytische Untersuchungen .....	8
4.2.1	Bodenproben .....	8
4.2.2	Bodenluft.....	8
4.2.3	Grundwasser.....	8
5	Durchführung der Untersuchungen .....	10
5.1	Durchführung der Feldarbeiten.....	10
5.1.1	Materialuntersuchungen.....	11
5.1.2	In-situ-Untersuchungen .....	12
5.1.3	Einmessen der Probenahmestellen.....	13
5.1.4	Stichtagsmessung.....	13
5.2	Chemische Analysen.....	13
5.2.1	Materialanalysen .....	13
5.2.2	Grundwasseranalysen.....	14
5.3	Besonderheiten bei den Feldarbeiten.....	14
5.3.1	Arbeitsschutz .....	14
6	Darstellung und Einstufung der Ergebnisse.....	15
6.1	Darstellung der Ergebnisse der Geländearbeit.....	15
6.1.1	Bodenschichtung.....	15
6.1.2	Ergebnisse der organoleptischen Bewertung .....	15
6.1.3	Grundwasserstand .....	16
6.2	Darstellung und Einstufung der Ergebnisse zum Wirkungspfad Boden-Gewässer ..	16
7	Wirkungspfadbezogene Beurteilung der Untersuchungsergebnisse mit Gefährdungsabschätzung .....	19
7.1	Grundlagen der Beurteilung .....	19
7.2	Wirkungspfad Boden-Mensch .....	19
7.3	Wirkungspfad Boden-Pflanze .....	19
7.4	Wirkungspfad Boden-Gewässer .....	20
8	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen .....	22
9	Anhang.....	24

## 1 Veranlassung

In den letzten Jahren wurden auch in Bayern zunehmend Schadensfälle und Verunreinigungen mit Per- und Polyfluorierten Chemikalien (PFC) gemeldet. Neben den Verunreinigungen durch Einleitung von PFC-haltigen Abwässern stehen die durch PFC-haltige Feuerwehrlöschschäume, sogenannte AFFF (Aqueous-Film-Forming-Foams), verursachten Verunreinigungen als Quelle im Blickpunkt. Diese werden unter anderem bei Flughafenfeuerwehren in größerem Umfang eingesetzt.

Auf dem Flughafengelände galt es im Rahmen der Phase IIa das Grundwasser auf eine bestimmte Gruppe der PFC, nämlich den perfluorierten Tensiden (PFT), zu untersuchen.

Mit Vertrag vom 18.11.2013 hat das Staatliche Bauamt Ingolstadt die Fa. BFM Umwelt-Beratung-Forschung-Management GmbH (BFM) beauftragt, die „Orientierende Untersuchung“ Phase IIa des Flugplatz Ingolstadt/Manching durchzuführen.

Der folgende Bericht beschreibt die durchgeführte Probenahme und die analytischen Untersuchungen. In einer abschließenden Bewertung werden die Untersuchungsergebnisse erörtert und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen gegeben. Des Weiteren sind dem Endbericht ein Grundwassergleichenplan und zwei Isokonzenpläne (PFT, PFOS) beigelegt.

## 2 Literatur und verwendete Unterlagen

- /1/ Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)
- /2/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
- /3/ Bayerisches Bodenschutzgesetz (BayBodSchG)
- /4/ Bayerische Bodenschutz-Verwaltungsvorschrift (BayBodSchVwV)
- /5/ Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- /6/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (LFW) - jetzt: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer –“. = Merkblatt Nr. 3.8/1; München; Stand: 31.10.01
- /7/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU): „Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen“. = Merkblatt Nr. 3.8/6; München; Stand: 17.02.10
- /8/ BERUFGENOSSENSCHAFT BAU (BG BAU): „Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, BG-Regeln 128 – kontaminierte Bereiche“. April 1997, aktualisiert Februar 2006
- /9/ BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“. Bayrisches Landesamt für Umwelt; März 2013
- /10/ LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA): „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“. Düsseldorf; 2004
- /11/ TRINKWASSERKOMMISSION DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR GESUNDHEIT (BMG): „Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)“. Stellungnahme beim Umweltbundesamt vom 21.06.2006, überarbeitet am 13.07.2006
- /12/ IFB EIGENSCHENK: Flugplatz Manching (WTD 61), Grundwassergleichenplan und Phase IIa, Bericht Nr. 26.13.1128, Anlage 2.1, 19.04.2013.

/13/ BFM UMWELT GMBH: „Orientierende Untersuchung Phase IIa, Schlussbericht, Flughafen Manching“. B130804-2B, München, 23.04.2014.

## **2.1 Abkürzungen**

EADS European Aeronautic Defence and Space Company

BTEX Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe

LHKW Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe

MKW Mineralische Kohlenwasserstoffe

PCB Polychlorierte Biphenyle

PAK Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe

PFT Perfluorierte Tenside

POL Petroleum, Oil, Lubricants

WTD Wehrtechnische Dienststelle

KVF Kontaminationsverdachtsfläche

### **3 Zusammenstellung der allgemeinen Standortdaten und Ortseinsicht**

Die Angaben zu den Standortdaten, Geologie und Hydrogeologie des Untersuchungsgebiets sind ausführlich im Endbericht zur Phase IIa (Bericht BFM Umwelt GmbH: B130804-2B, /13/) in Abschnitt 3 dargestellt und beschrieben.

## **4 Untersuchungskonzept**

Aufbauend auf den Ergebnissen der historischen Erkundung ist für die Untersuchung möglicher PFT-Belastungen der Bau 12 neuer Grundwassermessstellen und die anschließende Beprobung sowohl der neuen als auch der bestehenden Grundwassermessstellen (insg. 24 Stück) vorgesehen. Die Position der neuen Grundwassermessstellen wurde in dem Grundwassergleichenplan (/12/) vom 19.04.13 grob vorgegeben.

### **4.1 Aufschlüsse und Probenahmen**

#### **4.1.1 Boden**

Es sollten 12 Grundwassermessstellen (Ausbau 5“) errichtet werden. Die genaue Lage der Aufschlusspunkte wurde im Rahmen einer Ortsbegehung am 24.09.13 festgelegt.

Es sollten je Bodenschicht Bodenmischproben aus dem Bohrkern entnommen werden, wobei auch der anstehende Boden mit beprobt werden sollte.

#### **4.1.2 Probenahme für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Mensch**

Die Entnahme von Bodenproben für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Mensch war nicht Bestandteil der hier vorliegenden Untersuchung.

#### **4.1.3 Probenahme für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Pflanze**

Die Entnahme von Bodenproben für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze war nicht Bestandteil der hier vorliegenden Untersuchung.

#### **4.1.4 Bodenluft**

Es sollten keine Bodenluftuntersuchungen durchgeführt werden.

#### **4.1.5 Grundwasser**

Da eine Grundwasserbelastung anhand der historischen Erkundung zu erwarten war sollten 12 neue Grundwassermessstellen errichtet werden und die neuen und bestehenden untersucht werden.

Bei der Probenahme sollten die üblichen Vor-Ort-Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert und Redoxpotential) gemessen werden. Ebenso sollte eine organoleptische Bewertung erfolgen.

### **4.2 Chemisch-analytische Untersuchungen**

#### **4.2.1 Bodenproben**

Die Untersuchung der Bodenproben war nicht Bestandteil der Untersuchung. Die Proben sollten als Rückstellproben im Labor vorgehalten werden.

#### **4.2.2 Bodenluft**

Es waren keine Bodenluftuntersuchungen vorgesehen.

#### **4.2.3 Grundwasser**

Die Grundwasserproben sollten auf PFT analysiert werden. Diese setzen sich aus folgenden Einzelsubstanzen zusammen:

- Perfluorhexansäure (PFHxA)
- Perfluorheptansäure (PFHpA)
- Perfluoroctansäure (PFOA)
- Perfluornonansäure (PFNA)
- Perfluordekansäure (PFDA)
- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
- Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)



- Perfluorooctansulfonamid
- Perfluordecansulfonsäure
- Perfluordodecansäure
- Perfluorbutansäure (PFBA)
- Perfluorpentansäure (PFPA)
- Summe Perfluortenside (PFT)

An einigen Grundwassermessstellen ist der Analysenumfang um einige Parameter (u.a. MKW, PAK, LMKW, BTEX, SM) erweitert, da im Zustrom der Messstellen sich KVF befinden. Die Ergebnisse dazu sind in den jeweiligen Kapiteln zu den KVF zu finden (s. auch Abschnitt 8.11 im Endbericht zur Phase IIa, /13/).

## 5 Durchführung der Untersuchungen

### 5.1 Durchführung der Feldarbeiten

Die Grundwasserprobenahmen wurden am 03., 04. und 09.12.2013 durchgeführt.

Insgesamt wurden 24 Grundwassermessstellen beprobt. Die genaue Lage ist dem Anhang 1 zu entnehmen (Ausschnittdarstellung: siehe Abbildung 5-1).



Abbildung 5-1 Lageplan der untersuchten Grundwassermessstellen, (GWM-SOD wurde nicht untersucht)

Die Grundwasserbeprobungen erfolgten mit einer Unterwasserpumpe vom Typ SQE 7-55, [REDACTED]. Für die Messung der Vor-Ort-Parameter kam für die Parameter Sauerstoff, pH, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur ein Messgerät vom Typ WTW Multilab 350i zum Einsatz, das Redoxpotential wurde mit einem Messgerät vom Typ GMH3530 ([REDACTED]) bestimmt. Die Entnahme der Proben erfolgte über einen gesonderten Entnahmehahn. Die Pumpdauer betrug zwischen 15 und 25 Minuten. Es wurde mit einer Leistung von ca. 0,9 bis 1,3 l/s gepumpt. Das Förder-  
volumen lag zwischen 660 und 1.800 l. An drei Grundwassermessstellen (BwDLZ-  
[REDACTED] und [REDACTED] BwDLZ [REDACTED]) musste auf Grund eines geringen Pe-

gelrohrdurchmessers bzw. Beschädigungen im Rohr knapp unter der GOK auf die Unterwassertauchpumpe verzichtet werden. Die Proben wurden daher mittels Schöpfergerät (gesamt Schöpfermenge jeweils ca. 5 l) entnommen.

Als Probenahmegefäße dienten jeweils eine 500 ml Braunglasflasche mit Schraubverschluss (für PFT) und je nach Analysenumfang der beprobten Untersuchungsstelle Schliffflaschen, PE-Behälter oder Braunglasflaschen mit Schraubverschluss. Es kamen ausschließlich Probenahmegeräte bzw. –gefäße zum Einsatz, die keine Bauteile aus PTFE enthalten.

Alle Proben wurden gekühlt und dunkel zum Labor transportiert.

### **5.1.1 Materialuntersuchungen**

Bei der Errichtung der Grundwassermessstellen wurden die Bohrungen dokumentiert und beprobt. Die Bohrungen wurden bis in den gewachsenen Untergrund abgeteuft.

Die Lage der Bohrungen ist in einem Lageplan dargestellt, der diesem Bericht als Anhang 1 hinzugefügt ist.

Die Probenahme erfolgte gemäß Vorgabe der BBodSchV meter- bzw. horizontweise. Eingeschlossen war die Beprobung des gewachsenen Untergrunds.

Insgesamt wurden an diesem Standort 61 Feststoffproben entnommen. Die Probenbezeichnung setzt sich aus der Bohrungsbezeichnung (GWM = Grundwassermessstelle), der Messstellen-Nr. sowie des Horizonts (z.B. 0,0-0,25) fortlaufenden Probennummer zusammen.

Aufgrund der Witterung war eine zusätzliche Kühlung der Proben nicht erforderlich.

Die Bodenproben wurden bis zur Übergabe an das bearbeitende Labor dunkel und kühl gelagert.

## 5.1.2 In-situ-Untersuchungen

### 5.1.2.1 Untersuchungen bei der Entnahme der Grundwasserproben

Bei der Entnahme der Grundwasserproben aus den 24 Messstellen wurden die Parameter Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Redoxpotential solange gemessen, bis die Anzeige der Leitfähigkeit konstant blieb. Ebenso wurde eine organoleptische Bewertung des geförderten Wassers durchgeführt.

In nachstehender Tabelle 5-1 sind die Vor-Ort Parameter zu den Grundwassermessstellen dargestellt:

Tabelle 5-1: Übersicht untersuchte Grundwassermessstellen:

GWM	Datum	Abstich	Tempe-	Leitfähig-	pH-	Sauer-	Redox-
		vor PN	ratur	keit	Wert	stoff	potential
		(m)	(° C)	(µS/cm)		(mg/l)	(mV <sub>H</sub> )
BwDLZ-GWM-001	03.12.13	3,21	12,8	876	7,17	7,61	111
BwDLZ-GWM-002	03.12.13	3,09	11,3	916	7,63	7,61	113
BwDLZ-GWM-003	04.12.13	3,83	11,9	1040	7,00	6,31	385
BwDLZ-GWM-004	04.12.13	3,62	11,7	1002	7,16	3,00	370
BwDLZ-GWM-005	03.12.13	2,76	12,3	723	6,98	3,15	240
BwDLZ-GWM-006	04.12.13	2,23	10,3	614	7,18	4,40	53
BwDLZ-GWM-007	03.12.13	1,65	13,5	784	6,86	0,27	129
BwDLZ-GWM-008	04.12.13	4,19	11,2	811	6,45	1,77	255
BwDLZ-GWM-009	03.12.13	3,68	12,5	882	7,09	7,71	354
BwDLZ-GWM-010	03.12.13	1,89	15,0	597	7,14	0,21	120
BwDLZ-GWM-011	03.12.13	2,75	12,4	654	7,19	0,78	152
BwDLZ-GWM-012	03.12.13	3,41	11,8	893	7,22	8,47	268
BwDLZ-GWP-01	04.12.13	3,19	13,9	524	7,33	7,74	623
BwDLZ-GWP-02	03.12.13	2,65	13,0	681	7,29	1,50	366
BwDLZ-GWP-03	03.12.13	2,45	11,8	577	7,20	0,88	249
BwDLZ-GWP-04	04.12.13	3,81	11,2	942	7,13	0,62	646
BwDLZ-GWP-05	04.12.13	2,28	10,5	570	7,32	2,50	610
BwDLZ-GWP-06	09.12.13	1,49	11,7	643	7,24	4,98	137
BwDLZ-GWP-07	09.12.13	1,71	12,6	637	6,99	4,98	203
BwDLZ-GWP-08	09.12.13	1,60	12,2	449	7,16	0,42	42

GWM	Datum	Abstich vor PN	Temperatur	Leitfähigkeit	pH-Wert	Sauerstoff	Redoxpotential
BwDLZ-GWP-09	09.12.13	2,28	11,7	668	6,94	4,31	184
BwDLZ-GWP-16	04.12.13	2,60	11,7	414	7,44	1,38	600
	09.12.13	3,68	11,9	671	7,35	6,13	198
	04.12.13	1,68	10,2	486	7,52	4,33	127

Wie ersichtlich wurden geringe Redoxpotentiale von 42 bzw. 53 mV<sub>H</sub> in (BwDLZ-GWP-08 und BwDLZ-GWM-006 gemessen. Diese stehen aber vermutlich im Zusammenhang mit im Zustrom liegenden Auffüllungen und sind in den jeweiligen Kapitel der zugehörigen KVF näher beschrieben.

### 5.1.3 Einmessen der Probenahmestellen

Die Vermessung der 12 neu errichteten Grundwassermessstellen erfolgte mittels GPS (Höhen- bzw. Lagegenauigkeit von 1-2 cm), am 04. und 16.12.2013 durch das Ingenieurbüro [REDACTED]. Auf Wunsch des AG wurden außerdem die vor der Untersuchung auf dem Gelände bereits bestehenden Grundwassermessstellen (12 Stück, Altbestand) in einem gesonderten Termin am 21.01.2014 vermessen. Die Vermessungsdaten sind dem Bericht in einer Übersichtstabelle beigelegt (Anhang 7).

### 5.1.4 Stichtagsmessung

Am 09.12.2013 erfolgte begleitend zur Grundwasserprobenahme die Stichtagsmessung aller auf dem Gelände zur Verfügung stehenden Grundwassermessstellen. [REDACTED]

[REDACTED] Die Auswertung der Stichtagsmessung (Grundwassergleichenplan) findet sich in Anhang 1.

## 5.2 Chemische Analysen

### 5.2.1 Materialanalysen

Es wurden keine Materialanalysen durchgeführt. Die Proben sind im Labor [REDACTED] bis Mitte Juni 2014 rückgestellt.

## **5.2.2 Grundwasseranalysen**

Die Analyse der Grundwasserproben erfolgte durch das Labor 

## **5.3 Besonderheiten bei den Feldarbeiten**

### **5.3.1 Arbeitsschutz**

Besondere Arbeitsschutzmaßnahmen waren nicht erforderlich. Die Einhaltung der Arbeitssicherheit wurde vor Ort von einem Mitarbeiter der BFM Umwelt GmbH überwacht.

## **6 Darstellung und Einstufung der Ergebnisse**

### **6.1 Darstellung der Ergebnisse der Geländearbeit**

Die Ergebnisse der Geländearbeiten sind in Form von Bodenanspracheprotokollen, Messprotokollen und Entnahmeprotokollen dokumentiert. Die Dokumentation ist diesem Bericht als Anhang 2 hinzugefügt.

Die Bohrprofile sowie die Ausbauzeichnungen der errichteten Grundwassermessstellen sind diesem Bericht als Anhang 6 hinzugefügt.

#### **6.1.1 Bodenschichtung**

Die Bewertung der aus den Kleinrammbohrungen, Baggerschürfen und Bohrungen der Grundwassermessstellen gewonnenen Bodenproben erfolgte direkt vor Ort. Sie ist in den Bodenanspracheprotokollen des Anhang 2 dargelegt.

Demnach wurden in den Aufschlüssen ab Geländeoberkante zunächst Auffüllungen angetroffen. Die Auffüllungen reichen im Mittel bis in eine Tiefe von ca. 0,8 bis 1,2 m. Der Auffüllungskörper bindet damit nicht in das Grundwasser ein. In allen Bohrungen, wurden unter der Auffüllung anstehende quartäre Sande und Kiese angetroffen, die bis ca. 8-10 m u. GOK reichen. Darunter folgen feinsandige, teilweise tonige, tertiäre Schluffe und Sande.

#### **6.1.2 Ergebnisse der organoleptischen Bewertung**

Bei den Grundwassermessstellen war das Grundwasser zu Beginn des Pumpvorgangs mal weiß, grau, schwarz und braun getrübt. Die Trübung ging i.d.R. nach wenigen Minuten zurück. An einigen Grundwassermessstellen wurde zu Beginn ein leichter aromatischer oder faulig schwefeliger Geruch wahrgenommen. Ansonsten zeigten die geförderten Grundwässer keine organoleptischen Auffälligkeiten.

### **6.1.3 Grundwasserstand**

Der Ruhewasserspiegel vor Pumpbeginn lag zwischen 1,60 und 4,19 m u. POK. In Anhang 1 sind die beprobten bzw. die bei der Stichtagsmessung berücksichtigten Grundwassermessstellen inkl. Grundwassergleichenplan abgebildet.

## **6.2 Darstellung und Einstufung der Ergebnisse zum Wirkungspfad Boden-Gewässer**

Die Laboruntersuchungen der Grundwasserproben wurden vom Labor Umweltinstitut Synlab (UIS) in Augsburg durchgeführt. Die Prüfberichte sind dem Bericht in Anhang 3 beigelegt.

In Anlehnung an die gesundheitlichen Orientierungswerte der Trinkwasserkommission sowie an die Ableitungskriterien der LAWA (/10/) für Geringfügigkeitsschwellen im Grundwasser wurden vom Landesamt für Umwelt im März 2013 vorläufige Schwellenwerte für die einzelnen Per- und Polyfluorierten Chemikalien (PFC) beziehungsweise PFT festgesetzt. Bei Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte besteht der Verdacht einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit gemäß § 48 WHG (/9/).

In nachfolgender Tabelle sind die Analysenergebnisse den vorläufigen Schwellenwerten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (/9/) gegenübergestellt:



Tabelle 6-1: Analyseergebnisse (Überschreitungen gem. /9/ sind rot, gem. /11/ orange hinterlegt), Abkürzungen s. Abschnitt 4.2.3

Aufschluss	Einheit	PFOA	PFO S	PFHx S	Summe PFOS, PFOA + PFHxS	PFBA	PFBS	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFNA	PFDA	Perfluor-decan-sulfon-säure	Perfluor-dodecan-säure	Summe PFT
<b>Vorläufiger Schwellenwert<sup>1)</sup></b>	µg/l	-	0,23	-	0,3	7,0	3,0	3,0	1,0	0,3	0,3	0,3	-	-	0,1 <sup>2)</sup>
BwDLZ-GWM-001-031213	µg/l	0,49	43,6	9,35	53,44	0,24	0,50	1,12	0,98	0,34	4,40	<0,05	<0,05	<0,05	61,0
BwDLZ-GWM-002-031213	µg/l	0,41	34,8	7,60	42,81	0,27	0,42	1,10	1,00	0,34	4,00	<0,05	<0,05	<0,05	49,9
BwDLZ-GWM-003-041213	µg/l	<0,05	0,37	0,27	0,64	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	0,82
BwDLZ-GWM-004-041213	µg/l	<0,05	0,30	0,24	0,54	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	0,65
BwDLZ-GWM-005-031213	µg/l	<0,05	0,14	0,21	0,35	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	0,49
BwDLZ-GWM-006-041213	µg/l	<0,05	0,92	0,72	1,64	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,64
BwDLZ-GWM-007-031213	µg/l	0,19	16,8	4,74	21,54	0,07	0,37	0,17	0,30	0,11	1,87	<0,05	<0,05	<0,05	24,6
BwDLZ-GWM-008-041213	µg/l	<0,05	0,70	0,97	1,67	<0,05	0,06	<0,05	0,08	<0,05	0,49	<0,05	<0,05	<0,05	2,3
BwDLZ-GWM-009-031213	µg/l	0,15	9,57	4,10	13,67	0,07	0,19	0,11	0,12	0,05	1,44	<0,05	<0,05	<0,05	15,9
BwDLZ-GWM-010-031213	µg/l	0,12	3,34	2,30	5,64	<0,05	0,18	0,06	0,21	<0,05	0,89	<0,05	<0,05	<0,05	7,10
BwDLZ-GWM-011-031213	µg/l	<0,05	0,13	0,67	0,80	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	1,01
BwDLZ-GWM-012-031213	µg/l	<0,05	0,20	0,36	0,56	<0,05	0,05	0,07	0,11	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,87
BwDLZ-GWP-01-041213	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	n.n.
BwDLZ-GWP-02-031213	µg/l	0,07	7,35	2,70	10,12	0,08	0,20	0,12	0,19	0,06	0,99	<0,05	<0,05	<0,05	11,8
BwDLZ-GWP-03-031213	µg/l	<0,05	0,13	0,07	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20
BwDLZ-GWP-04-041213	µg/l	<0,05	0,14	0,19	0,33	<0,05	0,05	0,07	0,11	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	0,62
BwDLZ-GWP-05-041213	µg/l	<0,05	3,19	0,70	3,89	0,05	<0,05	0,37	0,18	0,07	1,00	<0,05	<0,05	<0,05	5,56
BwDLZ-GWP-06-091220	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	n.n.
BwDLZ-GWP-07-091220	µg/l	<0,05	0,61	0,12	0,73	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,73
BwDLZ-GWP-08-091220	µg/l	<0,05	0,06	0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11
BwDLZ-GWP-09-091220	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	n.n.
BwDLZ-GWP-16-041213	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	n.n.
	µg/l	<0,05	0,09	0,08	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17
	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	n.n.

<sup>1)</sup> Vorläufige Schwellenwerte für per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC), aus: Bayerisches Landesamt für Umwelt, März 2013 /9/  
<sup>2)</sup> Empfehlung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) /11/: gesundheitlicher Orientierungswert GOW < 0,1 µg/l im Trinkwasser;

Die Nachweisgrenze liegt bei den Einzelsubstanzen jeweils bei  $< 0,05 \mu\text{g/l}$ . In den Analysen wurden unterschiedliche PFT-Gehalte festgestellt.

Grundsätzlich ist nahezu auf dem gesamten Gelände eine Hintergrundbelastung für PFT (Summe) von ca.  $0,2$  bis  $1,5 \mu\text{g/l}$  festzustellen. Im Zustrom wurden in den Grundwassermessstellen BwDLZ-GWP-06, -07, 09 und -16 keine PFT-Belastungen nachgewiesen (unter Bestimmungsgrenze). Abstromig (in nordöstlicher Richtung) nehmen die Gehalte dagegen zu.

Die höchsten Gehalte wurden im Bereich der Grundwassermessstellen BwDLZ-GWM-001 und 002 im Bereich des ehemaligen POL-Lagers (KVF-002) an der nördlichen Start- und Landebahn gemessen. Hier lagen die Werte bei PFT (Summe) bei  $53,44$  bzw.  $42,81 \mu\text{g/l}$ . Damit ist der Schwellenwert von  $0,3 \mu\text{g/l}$  für die Summe aus PFOS + PFOA + PFHxS um mehr als das 178-fache überschritten. Wie in Anhang 4 und Anhang 5 ersichtlich wurden in den direkt benachbarten Grundwassermessstellen (BwDLZ-GWM-007 bis 010 und BwDLZ-GWP-02) ebenfalls sehr hohe Werte für die Summe von PFOS + PFOA + PFHxS zwischen  $1,67$  und  $21,54 \mu\text{g/l}$  nachgewiesen. In diesem Bereich ist wohl der Schadensschwerpunkt des Untersuchungsbereichs festzustellen.

Zu bemerken sei, dass bei den Grundwassermessstellen mit den festgestellten hohen PFT-Belastungen tendenziell eher ein niedrigeres Redoxpotential um die  $100 \text{ mV}_H$  festgestellt wurde. Ein Zusammenhang kann aber nicht nachgewiesen werden.

## **7 Wirkungspfadbezogene Beurteilung der Untersuchungsergebnisse mit Gefährdungsabschätzung**

Die wirkungspfadbezogene Beurteilung der Untersuchungsergebnisse bezieht sich auf die derzeitige Nutzung. Bei Eingriffen in den Boden, wie beispielweise Tiefbauarbeiten, ist nicht ausgeschlossen, dass Menschen mit belasteten Bodenbereichen bzw. mit Ausgasungen in Kontakt treten und möglicherweise eine Gefährdung gegeben sein kann.

### **7.1 Grundlagen der Beurteilung**

Die orientierende Untersuchung dient gemäß § 2 Nr. 3 BBodSchV dazu festzustellen, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bzw. Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG besteht.

Für die Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurden die in Abschnitt 2 angegebenen Regelwerke herangezogen:

### **7.2 Wirkungspfad Boden-Mensch**

Bei den untersuchten PFT handelt es sich um organische Verbindungen, welche außerordentlich persistent und mobil sind. Eine Anreicherung in Lebewesen, insbesondere in aquatischen Lebensräumen ist bekannt. Daher sollte, sofern noch nicht geschehen, von einer Nutzung der in der Schadstoffahne liegenden Badeseen solange abgesehen werden bis durch Seewasserproben (ggf. Monitoring) nachweislich keine gefährdende Belastungen bestehen.

Unabhängig von einer Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser sind die festgestellten Grundwasserbelastungen somit von ökotoxikologischer Relevanz.

### **7.3 Wirkungspfad Boden-Pflanze**

Das Grundwasser reicht bis wenige Meter unter die Erdoberfläche und kann daher mit einfachen Mitteln auch zur Gartenbewässerung genutzt werden. Durch die Nut-

zung in der Schadstofffahne können die Schadstoffe mit dem Gießwasser in bisher nicht verunreinigte Bodenbereiche sowie in Nutz- und Zierpflanzen verlagert werden. Eine Gefährdung bei weiterhin uneingeschränkter langfristiger Nutzung des verunreinigten Grundwassers kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Damit ergab die durchgeführte Untersuchung einen hinreichenden Verdacht.

#### **7.4 Wirkungspfad Boden-Gewässer**

Als Grundlage der Bewertung werden im Wesentlichen die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie das Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft herangezogen (s. /6/).

An 16 der 24 untersuchten Grundwassermessstellen wurden Überschreitungen der vom LfU festgesetzten vorläufigen Schwellenwerte (gemäß /9/) festgestellt. Bei einer Überschreitung besteht der Verdacht einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit gemäß § 48 des WHG (/5/). Zudem sind Überschreitungen der gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) gemäß /11/ festzustellen.

Festzuhalten ist, dass die Summenwerte nach /11/ deutlich strenger sind als die Werte nach /9/ und /10/. Dies ist darin begründet, dass die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit bei der Ableitung des Orientierungswertes in hohem Maße auch dem Vorsorgegedanken Rechnung trug und sich der Wert auf Trinkwasser bezieht.

Nachdem eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit gemäß § 48 des WHG (/5/) vorliegt, ist unseres Erachtens weiterer Untersuchungsbedarf gegeben. Dieser begründet sich zudem wie folgt:

- Bei den untersuchten PFT handelt es sich um organische Verbindungen, welche außerordentlich persistent und mobil sind. Eine Anreicherung in Lebewesen, insbesondere in aquatischen Lebensräumen ist bekannt. Unabhängig von einer Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser sind die festgestellten Grundwasserbelastungen somit von ökotoxikologischer Relevanz.
- Es wurden Hintergrundbelastungen zwischen 0,2 bis 1,5 µg/l festgestellt.

- Mit dem Grundwasserstrom wurde eine Zunahme der PFT-Gehalte festgestellt. Weder longitudinal noch lateral ist eine Abgrenzung der Schadstofffahne genau erfolgt.
- Es wurde ein Schadenszentrum im Bereich des ehemaligen POL-Lagers (KVF-002) in der Nähe der nördlichen Start- und Landebahn festgestellt.

Damit ergab die durchgeführte Untersuchung einen hinreichenden Verdacht im Sinn des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG.

## 8 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann die orientierende Untersuchung im Sinne von § 9 Abs. 1 BBodSchG als abgeschlossen betrachtet werden.

Die Voraussetzungen für eine Detailuntersuchung mit Gefährdungsabschätzung nach § 9 Abs. 2 BBodSchG sehen wir als gegeben an.

Die Gefährdungsabschätzung sollte die Gefährdungspfade Boden-Gewässer sowie Boden-Mensch umfassen.

Wir empfehlen daher folgendes Vorgehen:

- Erarbeitung eines Untersuchungskonzepts zur weiteren räumlichen Eingrenzung der PFT-Belastungen
- Beprobung Oberflächengewässer
- Bau weiterer Grundwassermessstellen
- erneute Beprobung aller Grundwassermessstellen
- Regelmäßiges Monitoring an diesen Messstellen, zunächst zweimal jährlich
- Mindestens eine Sonderbeprobung der Grundwassermessstellen bei oder unmittelbar nach einem Grundwasserhochstand, um gegebenenfalls Belastungen im Grundwasserschwankungsbereich zu erkennen

Die Verwendung von Grundwasser zu Bewässerungszwecken sollte im Sinne eines vorbeugenden Boden- und Gesundheitsschutz im Bereich der Schadstofffahne zunächst untersagt werden. Die Gebiete der Nutzungsuntersagung sollten schließlich auf Grundlage weiterer Untersuchungen räumlich angepasst werden.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen. Zudem empfehlen wir, die Probenahmen mit den weiteren PFT-Beprobungen (Grund-

und Oberflächenwasser), die im Umfeld durch EADS / Cassidian veranlasst wurden bzw. werden, zu koordinieren und gemeinsam zu bewerten.

## 9 Anhang

- Anhang 1: Grundwassergleichen mit Darstellung der beprobten Grundwassermessstellen
- Anhang 2: Probenahmeprotokolle
- Anhang 3: Prüfberichte Labor Umweltinstitut Synlab
- Anhang 4: Isokonzenplan, Schadstoffverteilung PFT
- Anhang 5: Isokonzenplan, Schadstoffverteilung PFOS
- Anhang 6: Bohrprofile und Ausbaupläne neu errichtete Grundwassermessstellen
- Anhang 7: Übersichtstabelle Vermessung Aufschlüsse
- Anhang 8: Übersicht Analyseergebnisse und Probenliste