


Abschätzung der Auswirkungen einer Senkung der
Höchstgeschwindigkeit auf das Unfallgeschehen
im Straßenverkehr

1. Vorbemerkung

Aufgrund einer parlamentarischen Anfrage war die Bundesanstalt für Straßenwesen aufgefordert worden, eine Abschätzung des Sicherheitsgewinns für den Fall vorzunehmen, daß auf Bundesautobahnen Tempo 100, auf den übrigen Außerortsstraßen Tempo 80 und innerhalb von Ortschaften weitgehend Tempo 30 angeordnet werden würde. Die Ergebnisse sind bei Anhörungen, insbesondere auch vor dem Verkehrsausschuß des Bundestages, mitgeteilt worden.

Es war naheliegend und begründet, daß interessierte Stellen eine Darlegung der Gedankengänge, der Methodik und des Rechenganges wünschten. Diesem Anliegen trägt der folgende Beitrag Rechnung.

Die der Abschätzung zugrundeliegende Energiebetrachtung bindet - soweit die Autobahnen betroffen sind - an den Mitte der 70er Jahre durchgeführten Großversuch Tempo 130/Richtgeschwindigkeit (Autobahnen) an; dessen Ergebnisse und ihre Übertragbarkeit auf eine generelle Geschwindigkeitsbeschränkung wurden zwar von einigen Seiten in Zweifel gezogen;



demgegenüber ist jedoch hinsichtlich des Ergebnisses der jetzigen Abschätzung für einen Beschränkungswert T 100 (Autobahn) in Erinnerung zu rufen, daß diese Beschränkung während 4 Monaten in der Zeit der sogenannten Ölkrise galt; dabei hatte sich gegenüber dem für den Zustand ohne Beschränkung ermittelten Erwartungswert eine Reduktion der Zahl der Getöteten und Schwerverletzten von 40 - 50 % ergeben, und zwar unter Berücksichtigung der in diesem Zeitraum eingetretenen Minderung der Fahrleistungen. Als weiterer Gesichtspunkt für die Heranziehung des zitierten Großversuches als Basis der gegenwärtigen Abschätzung ist von Bedeutung, daß inzwischen die Geschwindigkeiten angestiegen sind und der Verkehrsfluß vor allem durch die neu entwickelten sehr schnellen Fahrzeuge noch heterogener geworden ist, d.h. daß eine Beschränkung eher stärkere Wirkungen zeigen könnte. Allerdings ist der Anteil der bereits aus Gründen der Verkehrssicherheit, des Umweltschutzes (Lärm) und infolge von Baustellen beschränkten Strecken heuter größer als damals. Eine alternative Abschätzung für eine geminderte Wirkung von Tempo 130 wurde vorgenommen; außerdem wurden auch Werte zwischen T 100 und T 130 in Betracht gezogen. Was die Sicherheitsrelevanz von Monotonieerscheinungen betrifft, wurde vorausgesetzt, daß sie - ausländische Erfahrungen legen dies nahe - vernachlässigbar klein sein wird.

Mit Nachdruck ist auf den Aspekt der Einhaltung bzw. der Befolgung hinzuweisen. Bei der vorliegenden Ermittlung ist von einer sehr guten Beachtung ausgegangen worden. Über die Frage, welche Befolgung in der Bundesrepublik Deutschland bei einer generellen Geschwindigkeitsbeschränkung auf Autobahnen erreicht werden kann, liegen keine Erfahrungen vor. Die Zeit der Ölkrise muß als Ausnahmezustand

sowohl nach der Dauer als auch in psychologischer Hinsicht angesehen werden. Damals wurde das Tempolimit weitestgehend befolgt. Bedenken sind bezüglich der verschiedentlich unterstellten Proportionalität zwischen Befolgung und Reduktionswirkung anzumelden. So kann nicht ohne weiteres angenommen werden, daß bei einer nur 50%igen Befolgung noch die Hälfte der Wirkung zu erzielen wäre. Niedrige Befolgungsgrade sind zudem auch generell bedenklich, weil mit Ihnen eine Korruption des Regelempfindens einhergehen dürfte, die in der Folge zur Mißachtung auch anderer sicherheitsrelevanter Regeln des Straßenverkehrs führen kann.

2. Einleitende Überlegungen

Eine Vielzahl von Untersuchungen über die Auswirkungen von Höchstgeschwindigkeiten zeigt, daß dort, wo infolge Einführung oder Reduzierung einer Höchstgeschwindigkeit die gefahrenen Geschwindigkeiten verringert wurden, sich auch eine Verringerung der Zahl der Unfälle sowie der Verunglückten ergab. Wegen der unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Ländern und den jeweils unterschiedlichen Ausgangsbedingungen der einzelnen Studien ist es jedoch nicht ohne weiteres möglich, die Ergebnisse all dieser Studien zu einem einheitlichen quantitativen Wirkungsmodell zusammenzufassen.

Um dennoch die Größenordnung möglicher Auswirkungen abschätzen zu können, ist ein in sich plausibles Modell zu entwickeln. Dabei ist davon auszugehen, daß durch Geschwindigkeitsminderungen in erster Linie die Unfallschwere reduziert wird.

Die Folgen eines Unfalls sind aus physikalischen Gründen im allgemeinen umso schwerer, je größer die beim Unfall umgesetzte Energie ist; diese Energie resultiert aus Fahrzeugmasse und -geschwindigkeit. Beispielsweise ist beim Abkommen von der Fahrbahn - knapp 40 % aller Unfälle mit Personenschaden außerhalb von Ortschaften gehören hierzu - die während des Aufpralls auf ein Hindernis oder bei anderer starker Fahrzeugverzögerung umzusetzende Energie proportional dem Quadrat der Aufprallgeschwindigkeit; letztere ist insbesondere bei höheren Ausgangsgeschwindigkeiten häufig nur wenig geringer als die Ausgangsgeschwindigkeit, weil oft kaum die Möglichkeit zu längerer und/oder größerer Verzögerung besteht. Auch bei Kollisionen zwischen fahrenden Fahrzeugen sind die relevanten Vektoren der Kollisionsgeschwindigkeiten in den meisten Fällen umso größer, je höher die Ausgangsgeschwindigkeiten sind. Es bietet sich daher an, für die Abschätzung zahlenmäßiger Auswirkungen von Änderungen der gefahrenen Geschwindigkeiten auf das Unfallgeschehen ein Rechenmodell zu verwenden, das auf einer solchen Energiebetrachtung fußt.

3. Modellannahmen

Ein Modell, mit dessen Hilfe die Größenordnung der Unfallschwereminderung infolge einer Höchstgeschwindigkeitssenkung ermittelt werden soll, muß folgende Zusammenhänge berücksichtigen:

1. Nicht alle Unfälle ereignen sich bei schnellem Verkehr (in Bezug zur geltenden Höchstgeschwindigkeit); d.h., daß durch die Höchstgeschwindigkeit nur ein Teil der Unfälle beeinflußt wird.

2. Die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge auf den Straßen ist im allgemeinen deutlich niedriger als die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Daher wird - auch bei guter Beachtung der neuen (niedrigeren) Höchstgeschwindigkeit - die mittlere Geschwindigkeit nicht in dem gleichen Maße zurückgehen, in dem die Höchstgeschwindigkeit abgesenkt wurde.
3. Die Abnahme der Geschwindigkeit bis zum Eintritt des Unfalls (Kollision) ist im allgemeinen umso größer, je niedriger die Ausgangsgeschwindigkeit ist. Einerseits wird in der sogenannten Schrecksekunde eine geringere Strecke zurückgelegt und zum anderen wird bei gleicher Bremsverzögerung in der gleichen Zeit prozentual mehr Geschwindigkeit abgebaut.

Hieraus lassen sich folgende Modellvarianten ableiten:

- I. Für die Abschätzung der Unfallschwereminderung wird die ursprüngliche Höchstgeschwindigkeit als rechnerische Ausgangsgeschwindigkeit v angenommen und für die energetische Betrachtung nur die Hälfte der jeweiligen Reduktion, d.h. $\frac{\Delta v}{2}$ in Ansatz gebracht; es errechnet sich somit eine Minderung der Unfallschwere (Zahl der Getöteten) auf den Prozentsatz

$$p = \frac{(v - \frac{\Delta v}{2})^2}{v^2} \cdot 100 [\%]$$

im Vergleich zur Ausgangslage ($\hat{=}$ 100 Prozent).

- II. Eine energetische Betrachtung, die als rechnerische Ausgangswerte zwar die ursprüngliche bzw. die neue Höchstgeschwindigkeit verwendet, sich jedoch nur auf einen Teil (gewählt: die Hälfte) des relevanten Unfallgeschehens bezieht.

Berechnungen zeigen, daß die Unterschiede zwischen beiden Modellen gering sind. Als Beispiel sind Ergebnisse einer Modellrechnung für drei Fälle dargestellt, und zwar der Senkung einer Höchstgeschwindigkeit

- A) von 140 km/h auf 110 km/h
- B) von 90 km/h auf 70 km/h
- C) von 60 km/h auf 40 km/h.

Die Fälle A und B führen rechnerisch zu annähernd gleichen Werten; sie sind daher zusammengefaßt. Hinsichtlich der Minderung der Zahlen der Verunglückten aus einer angenommenen Ausgangslage ergeben sich die in der folgenden Tabelle dargestellten Änderungen.

Art der Verunglückten	angenommene Ausgangslage	Fall A/B		Fall C	
		Modell I	Modell II	Modell I	Modell II
Getötete	1.000	- 20,0 %	- 19,5 %	- 31,0 %	- 28,0 %
Schwerverletzte*)	5.000	- 8,5 %	- 9,8 %	- 14,0 %	- 15,4 %
Leichtverletzte*)	10.000	- 6,3 %	- 5,9 %	- 10,1 %	- 10,9 %

Da die Unterschiede der Rechenergebnisse der beiden Modelle vor dem Hintergrund der Ungenauigkeit der Modellannahmen vernachlässigbar sind, kann davon abgesehen werden, die beiden Verfahren - etwa durch Mittelung - zu kombinieren. Für die weiteren Berechnungen wird daher ein Modell ausgewählt, und zwar - wegen gewisser Erleichterungen bei der rechnerischen Durchführung - Modell I.**)

Es ist darauf hinzuweisen, daß das Rechenmodell ausschließlich von einer Verringerung der Unfallsschwere ausgeht und daher die Verringerung der Unfallanzahl als Ausgangsgröße vernachlässigt. Insoweit liegen die Ergebnisse der Modellrechnung eher auf der "sicheren" Seite.

*) Vgl. Abschnitt 4

**) Vgl. Anhang 1

4. Rechengang

4.1 Allgemeines

Es wird definiert, daß sich entsprechend der mittels des Modells errechneten prozentualen Minderung der Unfallschwere auch die Zahl der Getöteten prozentual vermindert. Die Anzahlen der Verletzten verringern sich allerdings nicht in gleichem Maße, einmal, weil ein Teil der Unfallschwereminderung innerhalb der Verletztenklassen stattfindet (eine sonst sehr schwer verletzte Person wird weniger schwer, aber nach der statistischen Klassierung immer noch "schwer" verletzt) und zum andern, weil Verringerungen der Unfallschwere oft nur zu Verschiebungen um eine Klasse führen (ein Teil der "geretteten" sonst getöteten Personen wird schwerverletzt). Ein entsprechendes Rechenmodell ist in Abschnitt 4.3 dargestellt.

4.2 Zuordnung der Verunglückten zu Unfallfolgenklassen

Die amtliche Straßenverkehrsunfallstatistik kennt für verunglückte Personen drei Schwerekatégorien:

- leichtverletzt
- schwerverletzt
- getötet.

Demgegenüber wird bei unfall-biomechanischen Betrachtungen für verunglückte Personen mit sechs Kategorien gerechnet.

Das Schema der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik vermag zwar innerhalb der Klasse der Schwerverletzten bzw. der Leichtverletzten nicht zwischen schwerer und leichter Verletzten zu unterscheiden, ist aber Ausgangsbasis der meisten Abschätzungen. Um für Abschätzungs-Rechnungen dennoch die Spannweite der Verletzungsgrade berücksichtigen zu können, wird die Klasse der Schwerverletzten wie auch die der Leichtverletzten fiktiv in jeweils zwei Unfallfolgenklassen unterteilt, so daß insgesamt vier fiktive

Unfallfolgenklassen für Verletzte entstehen (aus Schwerverletzten SV werden SSV und LSV; aus Leichtverletzten LV werden SLV und LLV):

$$N_{SV} = N_{SSV} + N_{LSV} \quad (\text{Schwerverletzte})$$

$$N_{LV} = N_{SLV} + N_{LLV} \quad (\text{Leichtverletzte})$$

$$N_V = N_{SV} + N_{LV} \quad (\text{Verletzte})$$

Für die Zurechnung der Anzahlen N zu den Klassen wird angenommen:

$$\frac{N_{SSV}}{N_{LSV}} = \frac{N_{LSV}}{N_{SLV}} = \frac{N_{SLV}}{N_{LLV}} = \frac{a}{b}$$

$$\text{ferner: } a + b = 1$$

Aus diesen Annahmen ergibt sich in Abhängigkeit vom Schwerverletztenanteil

$$s = \frac{N_{SV}}{N_V}$$

$$\text{folgendes: } N_{SSV} = a \cdot N_{SV} = a \cdot s \cdot N_V$$

$$N_{LSV} = b \cdot N_{SV} = (1-a) \cdot s \cdot N_V$$

$$N_{SLV} = a \cdot N_{LV} = a \cdot (1-s) \cdot N_V$$

$$N_{LLV} = b \cdot N_{LV} = (1-a) \cdot (1-s) \cdot N_V$$

$$\frac{N_{LSV}}{N_{SLV}} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{(1-a) \cdot s \cdot N_V}{a \cdot (1-s) \cdot N_V} = \frac{a}{1-a}$$

$$(1-a)^2 \cdot s = a^2 \cdot (1-s)$$

$$a^2 \cdot (1-2s) + 2as - s = 0$$

$$a = -\frac{s}{1-2s} + \frac{s}{1-2s} \cdot \sqrt{\frac{1}{s} - 1}$$

Werte für a und b = 1-a sind in Abhängigkeit von s tabelliert:

s (l)	a (b)	b (a)
0,00	0,0000	1,0000
0,01	0,0913	0,9087
0,02	0,1250	0,8750
0,03	0,1496	0,8504
0,05	0,1866	0,8134
0,10	0,2500	0,7500
0,15	0,2958	0,7042
0,20	0,3333	0,6667
0,25	0,3660	0,6340
0,30	0,3956	0,6044
0,35	0,4232	0,5768
0,40	0,4495	0,5505
0,45	0,4749	0,5251
0,50	0,5000	0,5000

Für Werte $s > 0,5$ ist $l = 1 - s$ zu berechnen und (a) und (b) in Abhängigkeit von (l) abzulesen.

In Anhang 2 ist anhand eines Beispiels ein Vergleich zwischen der Anwendung des Rechenschemas nach Abschnitt 4.3 auf nur zwei Verletztenklassen gemäß Straßenverkehrsunfallstatistik und der hier vorgenommenen Erweiterung auf vier (fiktive) Verletztenklassen dargestellt.

4.3 Berechnung der Unfallschwereminderung

Die bei einer betrachteten Unfallmenge sich ergebenden Unfallfolgen werden nach ihrer Schwere den Unfallfolgenklassen $i, i + 1, i + 2, \dots$ mit der Klasse i als Klasse der schwersten Unfallfolge zugeordnet. Es wird angenommen, daß durch die Minderung der Unfallschwere um p Prozent auch die Anzahl der Werte in der ersten Unfallfolgenklasse um p Prozent vermindert werden.

Zur Berechnung der Minderungsfaktoren (f_i) wird folgendes Schema angewendet:

Schrittweise um jeweils einen Prozentpunkt in Bezug zum ursprünglichen Ausgangswert werden

im ersten Schritt, beginnend mit der Klasse i der schwersten Folge,

$\frac{100 - 99}{100} = \frac{1}{100}$ der Werte der Klasse i aus der Klasse i in die Klasse $i + 1$ verschoben, danach entsprechend $\frac{1}{100}$ der Werte aus Klasse $i + 1$ in die Klasse $i + 2$ usw.,

im zweiten Schritt, wieder beginnend mit der Klasse der schwersten Folge,

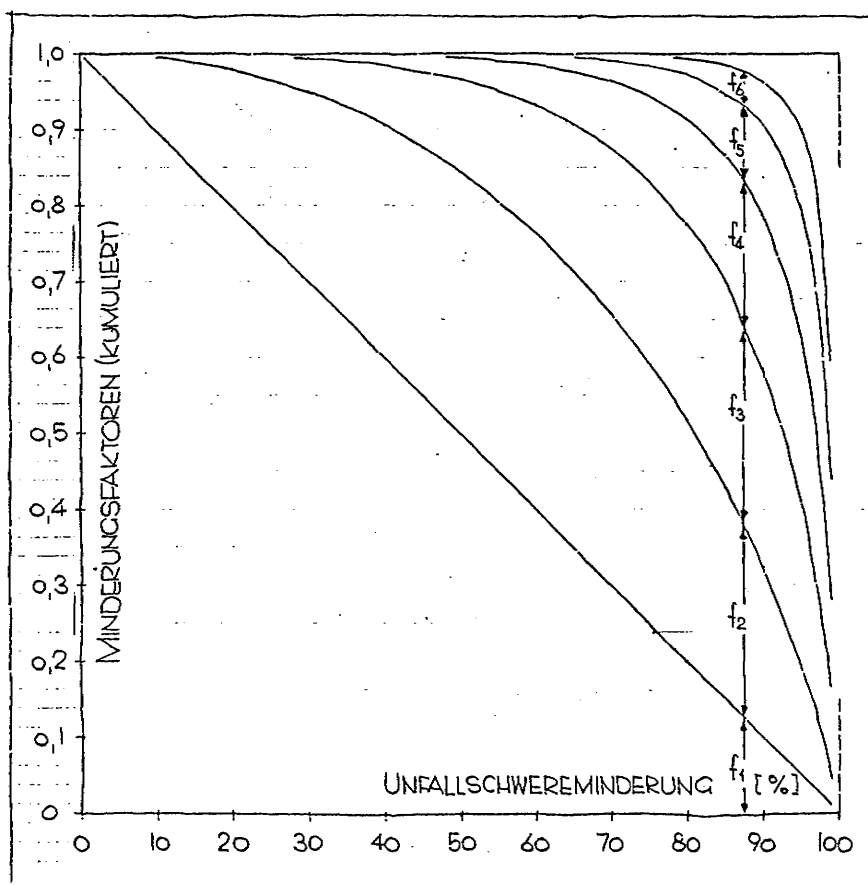
$\frac{99 - 98}{99} = \frac{1}{99}$ der nunmehr in der Klasse i vorhandene Werte analog aus der Klasse i in die Klasse $i + 1$ verschoben, danach entsprechend $\frac{1}{99}$ der Werte aus Klasse $i + 1$ in die Klasse $i + 2$ usw.

bis die Anzahl der Schritte den Wert p erreicht.

Da eine solche schrittweise Berechnung bei größerem p recht mühsam wäre, wurde mit Hilfe des og. Algorithmus folgende Tabelle errechnet:

P [%]	MINDERUNGSFAKTOREN					
	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆
0	1,00	0,00				
5	0,95	0,05	0,00			
10	0,90	0,09	0,01	0,00		
15	0,85	0,14	0,01	0,00		
20	0,80	0,18	0,02	0,00		
25	0,75	0,22	0,03	0,00		
30	0,70	0,25	0,05	0,00		
35	0,65	0,28	0,06	0,01	0,00	
40	0,60	0,30	0,08	0,02	0,00	
45	0,55	0,33	0,10	0,02	0,00	
50	0,50	0,35	0,12	0,03	0,00	
55	0,45	0,36	0,14	0,04	0,01	0,00
60	0,40	0,36	0,17	0,05	0,02	0,00
65	0,35	0,36	0,19	0,07	0,02	0,01
70	0,30	0,36	0,22	0,09	0,02	0,01
75	0,25	0,34	0,24	0,11	0,04	0,02
80	0,20	0,32	0,26	0,14	0,06	0,02
85	0,15	0,28	0,27	0,17	0,08	0,03
90	0,10	0,23	0,26	0,20	0,12	0,06
95	0,05	0,15	0,22	0,22	0,17	0,10
99	0,01	0,04	0,09	0,14	0,16	0,16
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Die Minderungsfaktoren f_i sind im nachfolgenden Bild dargestellt:



Mit Hilfe der Tabelle und mittels des nachfolgend dargestellten Schemas läßt sich die Verminderung der Unfallfolgen infolge der Minderung der Unfallschwere um p Prozent ermitteln.

VORHER \ NACHHER		KLASSE 1		KLASSE 2		KLASSE 3		KLASSE 4		KLASSE 5	
KLASSE	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL
1		$f_1=0_1$		$f_2=0_1$		$f_3=0_1$		$f_4=0_1$		$f_5=0_1$	
2		↓	↓	$f_1=0_1$		$f_2=0_1$		$f_3=0_1$		$f_4=0_1$	
3				$f_1=0_1$		$f_2=0_1$		$f_3=0_1$		$f_4=0_1$	
4				$f_1=0_1$		$f_2=0_1$		$f_3=0_1$		$f_4=0_1$	
5				$f_1=0_1$		$f_2=0_1$		$f_3=0_1$		$f_4=0_1$	
				$f_1=0_1$		$f_2=0_1$		$f_3=0_1$		$f_4=0_1$	
SUMME (NACHHER)		X		X		+		+		+	
DIFFERENZ ZU VORHER		X		(KLASSEN 2 u 3)				(KLASSEN 4 u 5)			
VERÄNDERUNG			[%]	[%]				[%]			

5. Rechnerische Abschätzung der Unfallfolgenminderung infolge Senkung der Höchstgeschwindigkeit

5.1 Autobahnen

Für Strecken, auf denen hohe Geschwindigkeiten möglich waren, wurde seinerzeit*) festgestellt, daß durch die Höchstgeschwindigkeit 130 km/h im Vergleich zur Richtgeschwindigkeit die Zahl der Unfälle, insbesondere der schweren Unfälle, deutlich verringert wird. Für die rechnerische Abschätzung wird auf dem Hintergrund der seinerzeitigen Werte eine Minderung der Zahl der Getöteten um 20 % angenommen; aus dem Rechen-schema errechnet sich damit, bezogen auf das Jahr 1982, eine Minderung der Zahl der Schwerverletzten von 10,6 % (Schwerverletzte und Getötete zusammen: 11,7 %) und eine Minderung der Zahl der Leichtverletzten von 8,7 %. Diese Werte sind bei vorsichtiger Interpretation mit den seinerzeitigen Ergebnissen verträglich. Es ergibt sich folglich gegenüber der geltenden Richtgeschwindigkeit bei einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h eine Abminderung der Zahl der Getöteten auf 80 % und bei einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h im Vergleich zu einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h eine weitere Abminderung auf $\frac{115^2}{130^2} \cdot 100 \% = 78,25 \%$, insgesamt also eine Abminderung gegenüber der geltenden Richtgeschwindigkeit auf $0,8 \cdot 0,7825 \cdot 100 \% = 63 \%$ (d.h. um 37 %).

Die Berechnung gemäß den Abschnitten 4.2 und 4.3 ist als Anhang 3 beigefügt.

*) Projektgruppe "Autobahngeschwindigkeiten"
Auswirkungen einer Richtgeschwindigkeit im Vergleich zu einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h auf Autobahnen, BAST, Köln 1977 (S. 187 sowie S. 194).
(vgl. auch Abschnitt 6.1)

Die dort dargestellten Zahlen würden nur gelten, wenn auf dem gesamten Autobahnnetz die Höchstgeschwindigkeitsminderung wirksam wäre. Da im Autobahnnetz auf manchen Strecken dauernde Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 100 km/h oder weniger bereits heute angeordnet sind und zudem - wechselnd - in Baustellenbereichen Geschwindigkeitsbeschränkungen gelten, wird angenommen, daß nur auf 85 % des Streckennetzes die Geschwindigkeitsbeschränkung wirksam werden könnte. Multipliziert man die im Anhang dargestellten Zahlen mit dem Faktor 0,85, ergeben sich folgende Änderungen der Zahlen der Verunglückten als Folge einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h:

Getötete:	- 0,85 · 297 =	- rd. 250
Schwerverletzte:	- 0,85 · 1239 =	- rd. 1000
Leichtverletzte:	- 0,85 · 2923 =	- rd. 2500

5.2 Landstraßen (= Straßen außerhalb von Ortschaften ausgenommen Autobahnen)

Es wird für die Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h gegenüber der geltenden Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h eine Minderung der Unfallschwere auf $\frac{90^2}{100^2} \cdot 100 \% = 81 \%$ (d.h. um 19 %) geschätzt.

Es wird angenommen, daß die Senkung der Höchstgeschwindigkeit auf 75 % des Unfallgeschehens auf Landstraßen einwirkt, da die zügig ausgebauten Straßen des Landstraßennetzes im allgemeinen überdurchschnittlich stark verkehrsbelastet sind.

Die Berechnung gemäß den Abschnitten 4.2 und 4.2 ist als Anhang beigefügt. Unter Berücksichtigung des og. Faktors 0,75 ergeben sich für Landstraßen folgende Änderungen der Verunglücktenzahlen:

Getötete: - 0,75 · 1225 = - rd. 1000
Schwerverletzte: - 0,75 · 4963 = - rd. 4000
Leichtverletzte: - 0,75 · 3691 = - rd. 3000

5.3 Straßen innerhalb von Ortschaften

Bei Senkung der Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h wäre zunächst eine Minderung der Unfallschwere auf $\frac{40^2}{50^2} = 64\%$ anzunehmen. Es wird aber davon ausgegangen, daß einmal wichtige Verkehrsstraßen von der Senkung der Höchstgeschwindigkeit ausgenommen werden und zum anderen auf den übrigen Straßen durch geeignete Maßnahmen (z.B. baulicher Art) zum Teil Geschwindigkeiten unterhalb der neuen Höchstgeschwindigkeit bewirkt werden. Bei der Abschätzung der Unfallschwerereduktion wird daher eine weitere Minderung der relevanten Geschwindigkeit um 5 km/h unterstellt und somit eine Minderung der Unfallschwere auf $\frac{35^2}{50^2} \cdot 100\% = 49\%$ (d.h. um 51%) geschätzt. Die Berechnung gemäß den Abschnitten 3.2 und 3.3 ist als Anhang beigelegt.

Obgleich Ortsdurchfahrten der Straßen des überörtlichen Verkehrs (Bundes-, Landes- und Kreisstraßen) nur 16% an der Streckenlänge der innerörtlichen Straßen ausmachen, entfallen auf sie 44% der innerörtlichen Unfälle mit Personenschaden und sogar 56% der innerorts getöteten Personen. Zur groben Abschätzung wird daher angenommen, daß die Senkung der innerörtlichen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h außerhalb der Hauptverkehrsstraßen auf rund die Hälfte des Unfallgeschehens auf Innerortsstraßen einwirkt. Dies bedeutet, da innerhalb von Wohngebieten deutlich weniger als 50% der Innerorts-Unfälle sich ereignen, daß auch ein erheblicher Teil der (weniger wichtigen) Verkehrsstraßen der Senkung der Höchstgeschwindigkeit unterworfen sein muß, wenn die geschätzte Unfallfolgenminderung realisiert werden soll.

Unter den getroffenen Annahmen und Voraussetzungen ergeben sich in grober Schätzung folgende Veränderungen der Verunglücktenzahlen:

Getötete: - 0,5 · 2223 = - rd. 1000
Schwerverletzte: - 0,5 · 28046 = - rd. 15000
Leichtverletzte: - 0,5 · 57017 = - rd. 30000

6. Streubreite der Ergebnisse, dargestellt am Beispiel der Autobahn

6.1 Auswirkungen einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h im Vergleich zur Richtgeschwindigkeit (1974...76)

Für alle Unfälle auf den seinerzeitigen Untersuchungs- und Vergleichsstrecken unter Einbeziehung der Unfälle bei örtlichen Besonderheiten (Baustellen, Streckenabschnitte mit örtlich angeordneter niedrigerer Höchstgeschwindigkeit als 130 km/h) und auf Autobahnpark- und Rastplätzen sowie in Anschlußstellen ergab sich eine Reduktion der Zahl der Unfälle mit Personenschaden um 7 % mit einem 90%-Mutungsintervall von 2...12 % sowie der Anzahl der Unfälle mit Getöteten um 17 % mit einem 90%-Mutungsintervall von -2...33 %.*) Nimmt man trotz der erheblichen Streubreite (insgesamt sind 275 Unfälle mit Getöteten in den Vergleich einbezogen) den Wert von 17 % als auch heute noch gültig für den Rückgang der Zahl der Getöteten an und unterstellt für die Abschätzung einen Streckenanteil von 15 %, auf dem die Höchstgeschwindigkeit nicht wirksam werden könnte, ergibt sich als Ausgangswert für die rechnerische Abschätzung der in Abschnitt 4.1 angesetzte Wert von $\frac{100}{100-15} \cdot 17 = 20$ %. Gemäß dem Rechenmodell errechnet sich eine Minderung der Zahl der Leichtverletzten um 7 %, ein Wert, der gleich hoch ist wie die ermittelte Reduktion der Gesamtanzahl der Unfälle mit Personenschaden.

*) Projektgruppe "Autobahngeschwindigkeiten", 1977 (a.a.O.) S. 183...188

6.2 Auswirkungen von Tempo 100 im Winter 1973/74

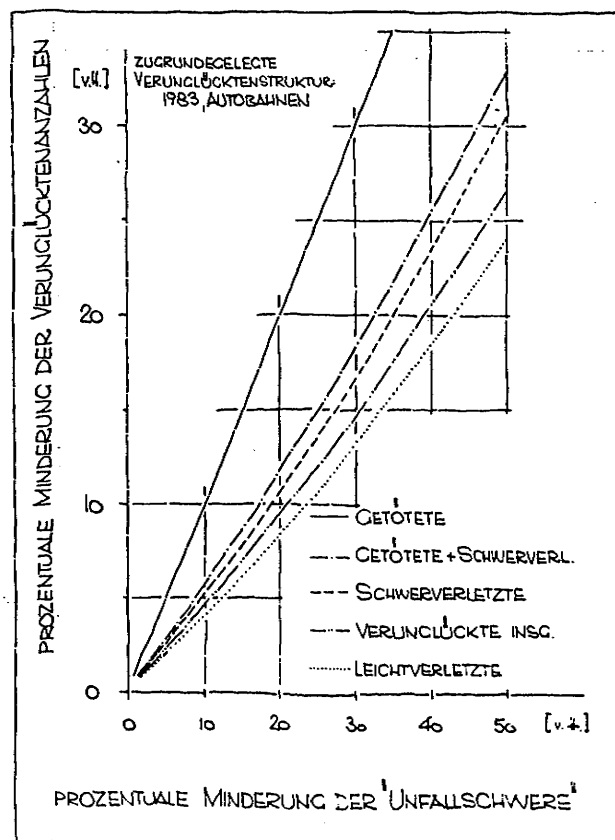
Im Winter 1973/74 galt auf Autobahnen nach Jahren ohne generelle Geschwindigkeitsbeschränkung für einige Monate eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h.

Der Geschwindigkeitsbeschränkung läßt sich ein Rückgang der Zahl der Getöteten und Schwerverletzten von fast 50 % zurechnen bei einem Rückgang der Zahl der Unfälle mit Personenschaden von 40 %. Nach Aufhebung der Geschwindigkeitsbeschränkung ergab sich ein Anstieg der Unfallzahlen, jedoch nicht mehr auf das vorher bestehende Niveau. Im Vergleich zu "nachher" (Richtgeschwindigkeit 130 km/h) wäre der Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h eine Reduktion der Anzahl der Getöteten und Schwerverletzten von rund 40 % und ein Rückgang der Zahl der Unfälle mit Personenschäden um knapp 35 % zuzurechnen.

Aus dem vergleichsweise geringen Unterschied zwischen dem Rückgang der Zahl der schweren Unfallfolgen und dem Rückgang der Zahl der Unfälle mit Personenschaden insgesamt ist zu schließen, daß neben der Unfallschwere auch insgesamt die Unfallanzahl deutlich zurückging. Letzteres aber ist - um eine "Überschätzung" möglicher Effekte auszuschließen - im Schätzmodell nicht berücksichtigt.

6.3 Variation der Ausgangswerte

Im nachfolgend dargestellten Bild ist angegeben, welche Veränderungen der Verunglücktenanzahlen der unterschiedlichen Kategorien in Abhängigkeit vom Ausgangswert sich aus der Modellrechnung ergeben. Die Werte basieren auf der Verunglücktenstruktur des Jahres 1983 und wären noch mit dem Streckenanteil, auf den sich die Geschwindigkeitsbeschränkung auswirkt (z.B. 85 % = 0,85), zu multiplizieren.



Unterstellt man einen Streckenanteil von 85 %, so ergeben sich bei Annahme von 10 %, 20 % bzw. 30 % (Varianten I, II bzw. III) als "Ausgangswert" für die Minderung der Unfallschwere infolge einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h im Vergleich zur Richtgeschwindigkeit, die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte für die Verringerung der Verunglücktenanzahlen bei unterschiedlichen Höchstgeschwindigkeiten.

Höchst- geschwin- digkeit [km/h]	Verringerung der Verunglücktenzahlen [%]											
	Variante I				Variante II				Variante III			
	Get. +)	SV +)	G+S +)	LV +)	Get.	SV	G+S	LV	Get.	SV	G+S	LV
130	8	5	5	4	17	9	10	7	26	14	15	11
120	14	8	8	6	22	12	13	9	30	16	18	13
110	20	11	12	8	27	15	16	12	34	19	21	16
100	25	14	15	11	32	18	19	14	38	22	24	18

- +) Get.: Getötete
 SV: Schwerverletzte
 G+S: Getötete + Schwerverletzte
 LV: Leichtverletzte

Ein Vergleich mit den Ergebnissen des Abschnitts 6.2 weist aus, daß die durchgeführte Abschätzung gemäß Variante II für Tempo 100 hinsichtlich der Verunglückten deutlich geringere Rückgänge ergeben hat als für den Winter 1973/74 ermittelt wurden. Die in Abschnitt 5.1 errechneten Werte stellen demnach keine "Überschätzung" der Auswirkung der Geschwindigkeitsbeschränkung dar.

Anmerkung zu Modell I

Wie vielfach belegt und plausibel, ändert sich durch Einführung bzw. Senkung einer Höchstgeschwindigkeit die Verteilungsfunktion der im betreffenden Netz gefahrenen Geschwindigkeiten, wobei im allgemeinen besonders hohe Geschwindigkeiten stärker zurückgehen als besonders niedrige. Nimmt man dennoch näherungsweise vereinfachend an, infolge der neuen Höchstgeschwindigkeit ergebe sich eine proportionale Änderung der Geschwindigkeiten, d.h. der Wert jeder beliebigen Perzentil-Geschwindigkeit der Ausgangs-Verteilungsfunktion der Geschwindigkeiten ergebe, mit dem Faktor c multipliziert, den Wert der gleichen Perzentil-Geschwindigkeit unter der neuen Höchstgeschwindigkeit, läßt sich hieraus ein Modell zur Bestimmung der Unfallschwereveränderung ableiten. Allerdings sind hierzu - analog wie beim Modell I - noch folgende Annahmen zu treffen:

- Die Zahl der Unfallgelegenheiten, die sich bei Geschwindigkeiten im Intervall zwischen $i\%$ - und $(i+1)\%$ -Geschwindigkeit einstellen, bleibt bei alter und neuer Geschwindigkeitsverteilung gleich.
- Die Schwere der Unfälle im Intervall zwischen $i\%$ - und $(i+1)\%$ -Geschwindigkeit ändert sich proportional dem Quadrat der mittleren Geschwindigkeit im angegebenen Intervall.
- Die der Ausgangs-Höchstgeschwindigkeit entsprechende Perzentil-Geschwindigkeit verringert ihren Wert bei Einführung der neuen Höchstgeschwindigkeit nur um die

Hälfte im Vergleich zur Änderung der Höchstgeschwindigkeiten, d.h. von V_A [km/h] (\approx Ausgangshöchstgeschwindigkeit) auf

$$c \cdot V_A = V_A - \frac{\Delta V}{2} = V_A - \frac{V_A - V_N}{2} = \frac{V_A + V_N}{2} \quad [\text{km/h}]$$

mit V_N [km/h] als "neuer" Höchstgeschwindigkeit.

Auf der Basis der vorstehenden Annahmen ließe sich durch Summierung über alle Intervalle der Geschwindigkeitsverteilung von der 0%-Geschwindigkeit bis zur 100%-Geschwindigkeit die Änderung der Unfallschwere ermitteln. Allerdings ist auf Grund der Proportionalitätsannahme für jede beliebige Perzentil-Geschwindigkeit $V_i = m_i \cdot V_A$ die prozentuale Änderung der Unfallschwere gleich; sie beträgt

$$p_i = \frac{(m_i \cdot V_A)^2 - (m_i \cdot c \cdot V_A)^2}{(m_i \cdot V_A)^2} \cdot 100 = \frac{V_A^2 - (c \cdot V_A)^2}{V_A^2} \cdot 100 \quad [\%]$$

Unter Einbeziehung der obigen Annahme $c \cdot V_A = \frac{V_A + V_N}{2}$ beträgt die prozentuale Änderung

$$p_i = \frac{V_A^2 - \left(\frac{V_A + V_N}{2}\right)^2}{V_A^2} \cdot 100 \quad [\%] = \frac{V_A^2 - \left(V_A - \frac{\Delta V}{2}\right)^2}{V_A^2} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$\text{auf } 100 - p_i = \frac{\left(V_A - \frac{\Delta V}{2}\right)^2}{V_A^2} \cdot 100 \quad [\%]$$

Da der Wert für alle Intervalle i gleich ist, geht dies Modell in das Modell I (mit gleicher Formel zur Bestimmung von p) über.

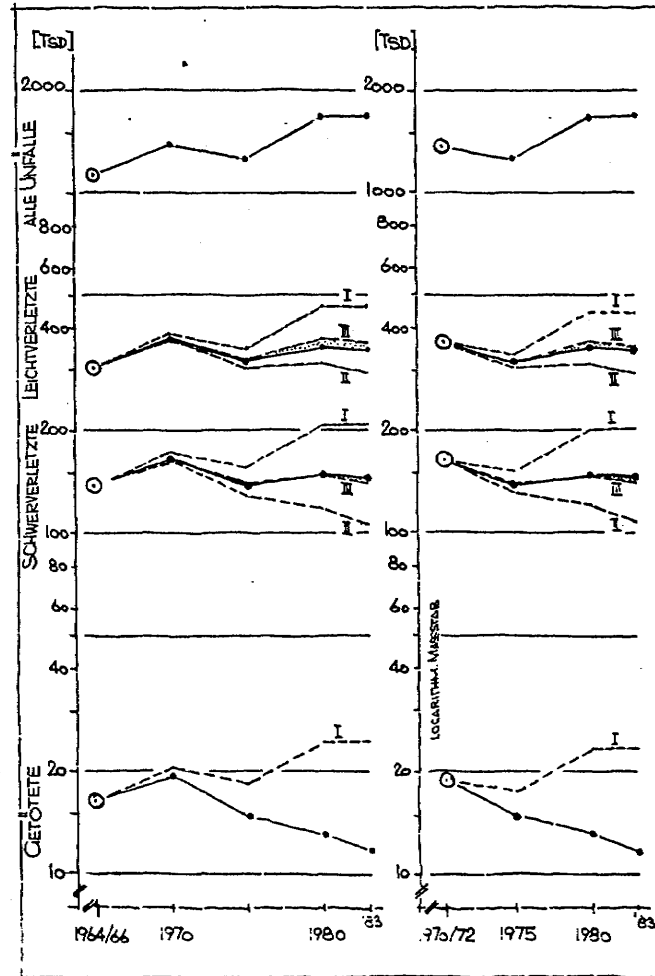
Auswirkungen der Unfallschwerereduktion auf die Anzahlen der
Schwer- sowie Leichtverletzten

- Anwendungsbeispiel -

Die Unfallschwerereduktion läßt sich messen als Veränderung der Zahl der Getöteten, bezogen auf die gleiche Unfallanzahl. Die Gesamtanzahl aller Unfälle wird in der Straßenverkehrsunfallstatistik nur für alle Straßen zusammengefaßt ermittelt. Ausgehend einmal von den Jahren 1964...1966, den ersten Jahren nach der letzten größeren Umstellung in der Straßenverkehrsunfallstatistik, und zum andern von den Jahren 1970...1972, den Jahren mit den höchsten Anzahlen an Getöteten, lassen sich für die Verunglücktenzahlen unterschiedliche Schätzungen herleiten:

- I für den Fall unveränderter Unfallschwere (Die Anzahlen der Getöteten, Schwerverletzten sowie Leichtverletzten ändern sich proportional der Anzahl aller Unfälle),
- II nach dem Rechenmodell, allerdings mit nur zwei Verletztenklassen (nur Schwer- und Leichtverletzte) sowie
- III nach dem Rechenmodell mit vier Verletztenklassen.

Aus dem Verhältnis zwischen tatsächlicher Anzahl der Getöteten (G) und der gemäß I geschätzten Anzahl der Getöteten (G_I) ergibt sich die Reduktion der Unfallschwere $p = (1 - \frac{G}{G_I}) \cdot 100$ [%]. Die Schätzwerte SV_I und LV_I sind die Ausgangswerte für die weiteren Schätzungen II und III. Für die Jahre (1970), 1975, 1980 und 1983 wurden die Schätzungen sowie die tatsächlichen Verunglücktenzahlen (durchgezogene Linie) im Bild dargestellt.



Das Bild läßt erkennen, daß mit Hilfe des Schätzverfahrens III allein aus

- Anzahl der Unfälle in den Basisjahren und im Zieljahr
- Anzahl der Getöteten in den Basisjahren und im Zieljahr sowie
- Anzahl der Schwerverletzten in den Basisjahren

eine befriedigende Schätzung der Anzahl der Schwerverletzten im betreffenden Zieljahr sich ergeben hat; analoges ergab sich hinsichtlich der Leichtverletzten. Wenngleich die Übereinstimmung zwischen Prognosewert und tatsächlichem Wert nicht als Beleg für die Richtigkeit des Prognoseverfahrens interpretiert werden darf, unterstützt sie (Mißlingen eines Falsifikationsversuchs) doch die Glaubwürdigkeit des gewählten Verfahrens zur Abschätzung der Auswirkungen einer Unfallschwereminderung auf die Anzahlen der Schwer- und Leichtverletzten.

UNFALLMENZE		AUTOWAHN 1982		$N_{CET} = 803$	$N_{SV} = 5818$	$N_{LV} = 16839$	$p = -37\%$	$a = -\frac{s}{1-2s} + \frac{s}{1-2s} \sqrt{\frac{1}{s} - 1}$			
							$\rightarrow s = 0,2568$	$\rightarrow 1-2s = 0,4864$	$\rightarrow a = 0,3702$		
VORHER	NACHHER	KLASSE 1		KLASSE 2		KLASSE 3		KLASSE 4		KLASSE 5	
KLASSE	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL
1	803	$f_1=0,63$	506	$f_1=0,29$	233	$f_2=0,07$	56	$f_2=0,01$	8	$f_3=0,00$	—
2	2154			$f_2=0,63$	1357	$f_2=0,29$	625	$f_3=0,07$	151	$f_3=0,01$	22
3	3664					$f_3=0,63$	2308	$f_3=0,29$	1063	$f_4=0,07$	256
4	6234							$f_4=0,63$	3927	$f_4=0,29$	1808
5	10605									$f_5=0,63$	6681
SUMME (NACHHER)			506		11590 + 2989		4579		5149 + 8767		13916
DIFFERENZ ZU VORHER			297		(KLASSEN 2+3)		1239		(KLASSEN 4+5)		2923
VERÄNDERUNG			-37 [%]				-21,3 [%]				-17,4 [%]

UNFALLMENZE		LANDSTR. 1982		$N_{CET} = 6446$	$N_{SV} = 53859$	$N_{LV} = 85978$	$p = -19\%$	$a = -\frac{s}{1-2s} + \frac{s}{1-2s} \sqrt{\frac{1}{s} - 1}$			
							$\rightarrow s = 0,3852$	$\rightarrow 1-2s = 0,2296$	$\rightarrow a = 0,4418$		
VORHER	NACHHER	KLASSE 1		KLASSE 2		KLASSE 3		KLASSE 4		KLASSE 5	
KLASSE	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL
1	6446	$f_1=0,81$	5221	$f_1=0,17$	1096	$f_2=0,02$	129	$f_2=0,00$	—	$f_3=0,00$	—
2	93795			$f_2=0,81$	19274	$f_2=0,17$	4045	$f_3=0,02$	476	$f_3=0,00$	—
3	30064					$f_3=0,81$	24352	$f_3=0,17$	5111	$f_4=0,02$	601
4	37985							$f_4=0,81$	30768	$f_4=0,17$	6457
5	47993									$f_5=0,81$	38874
SUMME (NACHHER)			5221		20370 + 28526		48696		36355 + 45932		82287
DIFFERENZ ZU VORHER			1225		(KLASSEN 2+3)		4963		(KLASSEN 4+5)		3691
VERÄNDERUNG			-19 [%]				-9,2 [%]				-4,3 [%]

UNFALLMENZE		INVERORTS 1982		$N_{CET} = 4359$	$N_{SV} = 79083$	$N_{LV} = 225611$	$p = -51\%$	$a = -\frac{s}{1-2s} + \frac{s}{1-2s} \sqrt{\frac{1}{s} - 1}$			
							$\rightarrow s = 0,2575$	$\rightarrow 1-2s = 0,4850$	$\rightarrow a = 0,3719$		
VORHER	NACHHER	KLASSE 1		KLASSE 2		KLASSE 3		KLASSE 4		KLASSE 5	
KLASSE	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL	FAKTOR	ANZAHL
1	4359	$f_1=0,49$	2136	$f_1=0,35$	1526	$f_2=0,13$	567	$f_2=0,03$	131	$f_3=0,00$	—
2	29411			$f_2=0,49$	14411	$f_2=0,35$	10294	$f_3=0,13$	3823	$f_3=0,03$	882
3	49672					$f_3=0,49$	24339	$f_3=0,35$	17385	$f_4=0,13$	6457
4	83905							$f_4=0,49$	41113	$f_4=0,35$	29367
5	141706									$f_5=0,49$	69436
SUMME (NACHHER)			2136		15937 + 35100		51037		62452 + 106142		168594
DIFFERENZ ZU VORHER			2223		(KLASSEN 2+3)		28046		(KLASSEN 4+5)		57017
VERÄNDERUNG			-51 [%]				-35,5 [%]				-25,3 [%]