

Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 153



bast

Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen

von

Martin Pöppel-Decker
Andreas Schepers
Ingo Koßmann

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 153

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M- Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 00423:
Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de
ISSN 0943-9315
ISBN 3-86509-066-4

Bergisch Gladbach, Dezember 2003

Kurzfassung – Abstract

Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen führt die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) „Streckenbezogene Unfallanalysen auf BAB“ durch. Für detaillierte Unfallanalysen einzelner BAB-Abschnitte sind Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen (stündlicher) Verkehrsstärke und Unfallgeschehen von grundsätzlicher Bedeutung. Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung steht die Analyse des Zusammenhangs zwischen der Verkehrsstärke und dem Unfallgeschehen. Zum besseren Verständnis werden zusätzlich die Daten und Berechnungsgrundlagen sowie Rahmenbedingungen (z. B. zeitliche Einflüsse) thematisiert. Diese Punkte sind wesentliche Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen.

Der Zusammenhang zwischen (stündlicher) Verkehrsstärke und Unfallgeschehen wurde unter Zuhilfenahme von stündlich und richtungsgetrennt vorliegenden Verkehrsstärkedaten der Dauerzählstellen auf BAB analysiert. Bei Verwendung von stündlichen Verkehrsstärken als Berechnungsgrundlage für die Unfallraten ergaben sich deutliche funktionale Zusammenhänge.

Neben der Verkehrsstärke zeigen sich weitere Einflussfaktoren wie z. B. die zeitliche Verteilung der Unfälle. Besonders im Tagesverlauf nach der Unfallstunde ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Unfallrate zu beobachten.

Im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen wird für die Berechnung von Raten der für alle Abschnitte verfügbare Querschnitts-DTV auf beide Fahrrichtungen aufgeteilt. Dies erfolgt unter der Annahme, dass sich der Verkehr im Jahresmittel gleichmäßig auf beide Fahrrichtungen verteilt. Durch Auswertung der fahrtrichtungsgenau vorliegenden DTV-Werte der Dauerzählstellen konnte nachgewiesen werden, dass bei 95 % der Dauerzählstellen die Abweichung des fahrtrichtungsgenauen vom halben Querschnitts-DTV unter +/- 5 % liegt und somit die Unfallrate nur geringfügig verzerrt wird. Besonders hohe Abweichungen von +/- 10 % und mehr zeigten sich lediglich an 5 Zählstellen.

In Abschnitt 7 werden die Grundlagen der Ermittlung signifikanter Unfallhäufungen beschrieben. Eine Voraussetzung für die statistische Ermittlung von Unfallhäufungen ist die Annahme, dass die berechneten Unfallraten weitestgehend unabhängig vom DTV sind. Diese Annahme wurde unter Zuhilfenahme richtungsgetrennt vorliegender Verkehrsstärkedaten der Dauerzählstellen auf BAB geprüft. Bei Verwendung von DTV-Werten (als Jahresmittelwerten) war eine Abhängigkeit zwischen Unfallraten und DTV lediglich bei sehr geringen DTV-Werten zu beobachten. Die geforderte Linearitätsbedingung ist bei Verwendung von DTV-Werten damit erfüllt.

Ein weiteres Verfahren für die Ermittlung von auffälligen Bereichen im Straßennetz ist in den „Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen-ESN“ beschrieben. Neben der Fahrleistung wird bei diesem Verfahren zusätzlich die Schwere der Unfälle einbezogen, indem die Unfälle mittels Unfallkostensätzen bewertet werden. Durch den Vergleich der tatsächlichen Unfallkostendichte mit einer Grundunfallkostendichte werden als Ergebnis Abschnitte mit hohem Sicherheitspotential identifiziert. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Verfahren erstmals bundesweit angewendet und mit den Ergebnissen der Ermittlung „Signifikanter Unfallhäufungen“ verglichen. Erwartungsgemäß führen die unterschiedlichen Zielsetzungen der beiden Ansätze zu Unterschieden bei den identifizierten BAB-Abschnitten, die in den differierenden methodischen Ansätzen begründet liegen.

Fundamentals for roadway-section analysis of accidents on federal autobahns

The Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen - BASt) is currently conducting an investigation on “roadway-section analysis of accidents on federal autobahns” under commission to the Federal Ministry for Transport, Building and Housing. Knowledge about the connection between (hourly) traffic volumes and accident occurrence is of fundamental importance for detailed analysis of accidents on individual sections of the federal autobahns. This investigation concentrates on analysing the connection

between traffic volumes and accident occurrence. The data pools, calculation methods and general conditions (e. g. time-related influences) are investigated as well in order to improve understanding of this subject. These are the essential elements for roadway-section accident analysis.

The connection between (hourly) traffic volumes and accident occurrence was analysed with the assistance of existing data on hourly traffic volumes, broken down into the direction of travel, which had been recorded by the permanent counting stations on federal autobahns. The use of hourly traffic volumes as a basis for calculating accident rates resulted in clear functional connections.

There are other influencing factors apart from the traffic volume, for instance the distribution of accidents over time. Analysing accident occurrence over the day, based on the number of accidents per hour, shows a clear link between traffic volumes and accident rates.

To calculate accident rates for road-section accident analysis, the cross-section average daily traffic rates, which are available for all sections, are divided into two to take into account the two directions of travel. This is carried out based on the assumption that traffic, taken over a year, is distributed equally between the two directions. A calculation of average daily traffic levels from the permanent counting stations, which are broken down to take into account the direction of travel, showed that the direction-specific data deviated from the cross-section average daily traffic levels, divided into two as stated above, by under +/- 5 % for 95 % of the permanent counting stations; the accident rate is consequently only slightly distorted. Particularly high deviations of +/- 10 % and more were only seen at 5 counting stations.

Section 7 describes the fundamentals for determining significant accident black-spots. One prerequisite for recording accident black-spots statistically is the assumption that the accident rates calculated are largely independent of the average levels of daily traffic. This assumption was checked using existing traffic volume data, broken down to take into account the direction of traffic, which had been recorded by the permanent counting stations on federal autobahns. Using the average daily traffic data (as annual averages), there only appeared to be a relationship between accident rates and average daily traffic in the case

of very low average daily traffic levels. Using average daily traffic data does therefore meet the required condition of linearity.

Another procedure for determining conspicuous areas in the roadway network is described in the "Recommendations for the safety analysis of road network". As well as the distance travelled, this procedure also uses the severity of the accidents by evaluating the accidents using accident cost rates. Comparing actual accident-cost density with a base accident-cost density enables sections with high safety potential to be identified. This investigation applied the procedure nationwide for the first time and the results compared with those attained by the investigation on "significant accident black-spots". As expected, the different aims of the two approaches lead to differences in the identified federal autobahn sections; these differences are due to the differing methodological approaches.

Inhalt	7	Identifikation von signifikanten Unfallhäufungen	46
Verwendete Abkürzungen	6	8 Identifikation von Sicherheitspotentialen	48
1 Einleitung	7	9 Zusammenfassung	55
2 Datenbasis und Definitionen	7	Literatur	56
2.1 Unfalldaten	7		
2.2 Lokalisierung der BAB-Unfälle	7		
2.3 Netzdaten	10		
2.4 Dokumentation der Verkehrsmengenerhebungen auf BAB	11		
2.4.1 Erhebungen an automatischen Dauerzählstellen	11		
2.4.2 Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) aller BAB-Abschnitte	14		
2.5 Verknüpfung von Unfall und stündlichen Verkehrsstärkedaten	15		
2.6 Stündliche Verkehrsstärken zum Unfallzeitpunkt	15		
3 Kenngrößen des Unfallgeschehens	22		
3.1 Dichten und Raten, Definition und Berechnungsverfahren	22		
4 Zusammenhang zwischen stündlicher Verkehrsstärke und Unfallgeschehen	23		
4.1 Datengrundlage und methodisches Vorgehen	24		
4.2 Unfallrate	26		
4.2.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen	26		
4.2.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen	28		
4.3 Unfalldichte	30		
4.3.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen	31		
4.3.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen	33		
4.4 Unfallkostenrate	35		
4.4.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen	36		
4.4.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen	37		
4.5 Unfallkostendichte	39		
4.5.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen	39		
4.5.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen	39		
4.6 Zusammenfassung	42		
5 Zeitliche Verteilung der Verkehrsstärke und der Unfallrate	42		
6 Fahrtrichtungsgetrennte DTV-Werte und Unfallkenngrößen	43		

Verwendete Abkürzungen

BAB	Bundesautobahn	UKD	Kostendichte der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (Tsd. €/km·Jahr)
BISStra	Bundesinformationssystem Straße	UKD(P)	Kostendichte der Unfälle mit Personenschaden (Tsd. €/km·Jahr)
Bkm	Betriebskilometer	UKR	Kostenrate der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegender Unfälle mit Sachschaden im engeren Sinne (€/Tsd.Fz·km)
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (Fz/24h)	UKR(P)	Kostenrate der Unfälle mit Personenschaden (€/Tsd.Fz·km)
DZ	Dauerzählstelle	UR	Unfallrate der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegender Unfälle mit Sachschaden (U/Mio.Fz·km)
E(U)	Erwartungswert einer Unfallanzahl	UR(P)	Unfallrate der Unfälle mit Personenschaden (U(P)/Mio.Fz·km)
FGSV	Forschungsgesellschaft Straßenverkehr	UR(P)_m	mittlere Unfallrate der Unfälle mit Personenschaden im BAB-Netz (U(P)/Mio.Fz·km)
Fz	Fahrzeuge	UR(SP)	Unfallrate der Unfälle mit schwerem Personenschaden (U(SP)/Mio.Fz·km)
GT	Getötete	UR_m	mittlere Unfallrate der Unfälle im BAB-Netz (U/Mio.Fz·km)
Hkm	Hilfskilometer	W(GT)	Kostensatz für eine getötete Person (€)
Kfz	Kraftfahrzeuge	W(SP)	Kostensatz für eine schwerverletzte Person (€)
km	Kilometer	W(LV)	Kostensatz für eine leichtverletzte Person (€)
L	Länge eines Abschnitts (km)	WU	Unfallkostensatz = durchschnittliche Kosten je Unfall (€/U)
LV	Leichtverletzte	WUa(LV)	Angepasster Unfallkostensatz der Unfälle mit Personenschaden (€/U)
Mio.	Million(en)	WUa(P)	Angepasster Unfallkostensatz der Unfälle mit Personenschaden (€/U)
Mrd.	Milliarde(n)	WUa(P)₀₀	Angepasster Unfallkostensatz der Unfälle mit Personenschaden (€/U) auf Basis der Kostensätze für das Jahr 2000
MSV	Mittlerer stündlicher Verkehr	WUa(SP)	Angepasster Unfallkostensatz der Unfälle mit schwerem Personenschaden (€/U)
P	Signifikanzniveau	WUS(LV)	Sachschadensanteil bei einem Unfall mit leichtem Personenschaden (€/U)
RSN	Richtlinien für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen	WUS(P)	Sachschadensanteil bei einem Unfall mit Personenschaden (€/U)
SIPO	Sicherheitspotential (Tsd. €/km)	WUS(SP)	Sachschadensanteil bei einem Unfall mit schwerem Personenschaden (€/U)
SV	Schwerverletzte	WUS(SS)	Unfallkostensatz der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (€/U)
SVZ	Straßenverkehrszählung		
t	Länge (Dauer) eines Zeitraums (in Jahren)		
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen		
Tsd.	Tausend		
U	Unfälle mit Personenschaden- und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden (im engeren Sinne)		
U_{kritα}	Schwellwert: Unfallzahl, die unter Annahme der Poissonverteilung höchstens mit einer Wahrscheinlichkeit α überschritten wird		
U(P)	Unfälle mit Personenschaden		
U(SP)	Unfälle mit schwerem Personenschaden		
U(SS)	Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden (im engeren Sinne)		
UD	Unfalldichte der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegender Unfälle mit Sachschaden (U/km)		
UD(P)	Unfalldichte der Unfälle mit Personenschaden (U(P)/km)		
UD(P)_m	mittlere Unfalldichte der Unfälle mit Personenschaden im BAB-Netz (U(P)/km)		
UD(SP)	Unfalldichte der Unfälle mit schwerem Personenschaden (U(SP)/km)		
UD_m	mittlere Unfalldichte der Unfälle im BAB-Netz (U/km)		
UK	(Unfall-)Kosten (€)		
UK_{UPS}	Unfallkosten der Unfälle mit Personenschaden (Tsd. €)		

1 Einleitung

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) führt seit 1991 "Streckenbezogene Analysen des Unfallgeschehens auf BAB" im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen durch.

Der Schwerpunkt der streckenbezogenen Unfallanalysen liegt auf der abschnittsbezogenen Darstellung von Unfalldaten und -kenngößen (z.B. Unfalldichten und Unfallraten). Um aus den rund 2.300 BAB-Abschnitten diejenigen zu identifizieren, auf denen das Unfallgeschehen in besonderem Maße ein Problem darstellt, wurde ein Verfahren zur Ermittlung von signifikanten Unfalhhäufungen entwickelt.

Die Methodik für die Ermittlung der signifikanten Unfalhhäufungen sowie zur Berechnung der ausgewiesenen Unfallkenngößen unterliegt nur unwesentlich zeitlichen Veränderungen. Deshalb erfolgt in diesem Bericht eine detaillierte Beschreibung der methodischen Grundlagen.

Eine Voraussetzung für die Ermittlung von signifikanten Unfalhhäufungen ist die Annahme, dass die Unfallrate weitestgehend unabhängig vom DTV ist. Diese Annahme wird auf Grundlage der vorliegenden DTV-Werte und Unfallraten geprüft.

In den "Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen-ESN" (FGSV; 2003) wird ein Verfahren beschrieben, das durch die Bewertung der Unfälle mittels Unfallkostensätzen und der Berechnung von Unfallkostendichten neben der Fahrleistung auch die Schwere der Unfälle einbezieht. In der vorliegenden Untersuchung soll das Verfahren erstmals bundesweit angewendet werden. Weiterhin soll die Vergleichbarkeit dieser Ergebnisse mit den Ergebnissen der "Identifikation von Unfalhhäufungen" geprüft werden.

Die Darstellung der Unfallkenngößen erfolgt im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen fahrtrichtungsbezogen für alle BAB-Abschnitte. Da jedoch fahrtrichtungsgetrennte DTV-Werte nur für Dauerzählstellen und nicht für alle BAB-Abschnitte vorliegen, wird der für alle Abschnitte verfügbare Querschnitts-DTV-Wert auf beide Fahrrichtungen aufgeteilt. Dies erfolgt unter der Annahme, dass sich der Verkehr im Jahresmittel gleichmäßig auf beide Fahrrichtungen verteilt. Inwieweit diese Annahme zutreffend ist, soll mit den zur Verfügung stehenden Verkehrsstärkedaten untersucht werden. Das Ziel ist eine Aussage zur Frage, ob durch die vorgenommene Halbierung des Querschnitts-

DTV-Werts nennenswerte Unterschiede bei den ausgewiesenen fahrtrichtungsbezogenen Unfallraten auftreten.

Für detaillierte Untersuchungen des Unfallgeschehens auf einzelnen BAB-Abschnitten ist darüber hinaus der Zusammenhang zwischen (stündlicher) Verkehrsstärke und Unfallgeschehen bedeutsam, insbesondere ob zwischen Verkehrsstärke und Unfallrisikokennziffern ein systematischer Zusammenhang besteht. Dieser Frage wird unter Zuhilfenahme von stündlich und richtungsgetrennt vorliegenden Verkehrsstärkedaten der Dauerzählstellen auf BAB nachgegangen.

Für diese Analysen wurden die Unfalldaten mit den stündlichen Verkehrsstärkedaten der automatischen Dauerzählstellen auf BAB verknüpft. Um auf eine ausreichend große Datenbasis zurückgreifen zu können, wurden die Jahre 1997 bis 2000 in die Untersuchung einbezogen.

2 Datenbasis und Definitionen

2.1 Unfalldaten

Grundlage dieser Untersuchung sind die Einzeldaten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik, die aufgrund der polizeilichen Aufzeichnungen von den Statistischen Landesämtern erhoben wurden und der BASt für Zwecke der Unfallforschung übermittelt werden.

Eine Unterscheidung der Unfälle erfolgt nach der Schwere der Unfallfolgen (vgl. Tab. 2.1). Untersucht wurden Unfälle mit Personenschaden (Kategorie 1 bis 3) sowie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden im engeren Sinne (Kategorie 4). "Sonstige Sachschadensunfälle unter Alkoholeinwirkung" (Kategorie 6) wurden wegen der geringen Unfallschwere nicht betrachtet.

Die übrigen Unfälle mit Sachschaden (Kategorie 5) werden der BASt nicht übermittelt. Das Statistische Bundesamt weist diese Unfälle lediglich zahlenmäßig nach der Ortslage aus.

2.2 Lokalisierung der BAB-Unfälle

Für die punktgenaue räumliche und zeitliche Zuordnung der Unfälle auf das BAB-Streckennetz wird ein eindeutiges Zuordnungskriterium benötigt. In der polizeilichen Verkehrsunfallanzeige besteht die Möglichkeit, diese Zuordnung über den Betriebskilometer oder über das Netzknotensystem bzw. über eine Mischung aus beiden Verfahren

Kategorie / Bezeichnung	Schwerste Folge
Unfall mit Personenschaden U(P)	
1 = Unfall mit Getöteten	mindestens ein getöteter Verkehrsteilnehmer
2 = Unfall mit Schwerverletzten	mindestens ein schwerverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten
3 = Unfall mit Leichtverletzten	mindestens ein leichtverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten und keine Schwerverletzten
Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	
4 = schwerwiegender Unfall mit Sachschaden im engeren Sinne (Kriterium Fahrbereitschaft) U(SS)	Straftatbestand (auch Alkoholeinwirkung und Verkehrsunfallflucht) und wenn gleichzeitig mindestens ein Kfz aufgrund eines Unfallschadens nicht mehr fahrbereit ist oder Ordnungswidrigkeit, für die die Ahndung mit einem Bußgeld vorgesehen ist und wenn gleichzeitig mindestens ein Kfz aufgrund eines Unfallschadens nicht mehr fahrbereit ist
6 = sonstiger Sachschadensunfall unter Alkoholeinwirkung	Unfallbeteiligter stand unter Alkoholeinwirkung und falls Kfz beteiligt waren, waren diese alle noch fahrbereit
Unfall mit Sachschaden ohne Alkoholeinwirkung	
5 = sonstiger Sachschadensunfall	alle sonstigen Sachschadensunfälle - die im Verwargeldverfahren abgeschlossen werden können, unabhängig von der Fahrbereitschaft beteiligter Kraftfahrzeuge - mit Straftatbestand (ohne Alkoholeinwirkung) und alle beteiligten Kfz waren fahrbereit - Ordnungswidrigkeiten, für die die Ahndung mit einem Bußgeld vorgesehen ist und alle beteiligten Kfz fahrbereit waren

Quelle: StBA, 2001

Tab. 2.1: Einstufung der Unfälle nach den Unfallfolgen

vorzunehmen. In Tab. 2.2 und Tab. 2.3 sind die verfügbaren Angaben zu den erforderlichen Lokalisierungsmerkmalen dargestellt. Nach der Netzknotensystematik können auf BAB nur rund 14% der Unfälle lokalisiert werden (Ausnahme BW: 99,7%). Demgegenüber sind rund 96% der BAB-Unfälle mittels des Betriebskilometers zuzuordnen (Ausnahmen: Hamburg, Berlin, Saarland). Daher wurden die Unfälle nach dem Betriebskilometersystem zugeordnet und für das Saarland eine Mischung aus beiden Verfahren entwickelt.

Die für das BAB-Netz existierende Betriebskilometrierung weist jedoch bei vielen BAB eine identische Kilometrierung für verschiedene Streckenbereiche auf. D.h. es liegen Unfälle mit identischen

Angaben zum Betriebskilometer vor, die sich räumlich weit entfernt ereignet haben. Daher wurde ein fortlaufendes eindeutiges Zuordnungskriterium - der "Hilfskilometer" (Hkm) - eingeführt. Dieser basiert auf der Betriebskilometrierung, weist jedoch keine Unstimmigkeiten mehr auf und ist über die Jahre hinweg vergleichbar.

Für die Vergabe der Hilfskilometer existieren zwei Verfahren.

Methode A: Zuordnung aufgrund der BAB-Nr., des Betriebskilometers (Bkm) und der Fahrtrichtung der Unfälle.

Methode B: Für die Lokalisierung im Saarland wurde ab dem Jahre 1999 ein alter-

natives Verfahren entwickelt. Hierfür sind neben der BAB-Nr. und der Fahrtrichtung die Station und der Von-Netz-knoten erforderlich.

Je nach Verfahren werden den Unfällen entsprechende Hilfskilometer zugeordnet. Die Umsetzungsprozeduren wurden in SPSS realisiert und müssen jährlich für den jeweils aktuellen Datenstand fortgeschrieben werden. Dabei sind jedoch auch ältere Datengrundlagen (Betriebskilometer bzw. Netz-knotenangaben) zu berücksichtigen, da diese im Rahmen der polizeilichen Unfall-erhebung teilweise weiter verwendet werden. Daher müssen

für die Unfalldaten umfangreiche Datenprüfungen und -aufbereitungen vorgenommen werden. Viele Unfälle können nur unter Einbezug weiterer Informationen zur Land-, Regierungsbezirk-, Kreis- und teilweise sogar zur Gemeindekennziffer lokalisiert werden.

Datenqualität

Wegen unzureichender Angaben zum Betriebskilometer bzw. der Fahrtrichtung und/oder zur Unfallzeit kann ein Teil der Unfälle nicht in die Analysen einbezogen werden. Die Unfalldaten von Hamburg (wo seit 1997 kein Betriebskilometer

Land	1997			1998			1999			2000		
	U(P) + U(SS)		%	U(P) + U(SS)		%	U(P) + U(SS)		%	U(P) + U(SS)		%
	insg.	vollst. Ang.	von insg.	insg.	vollst. Ang.	von insg.	insg.	vollst. Ang.	von insg.	insg.	vollst. Ang.	von insg.
Schleswig-Holstein	1.168		0,0	1.357		0,0	1.600		0,0	1.375		0,0
Hamburg	405		0,0	396		0,0	437		0,0	435		0,0
Niedersachsen	4.171		0,0	4.011		0,0	4.018		0,0	3.879		0,0
Bremen	213		0,0	209		0,0	201		0,0	158		0,0
Nordrhein-Westfalen	8.924	457	5,1	9.018	549	6,1	9.770	612	6,3	9.785	615	6,3
Hessen	4.197	20	0,5	4.358	19	0,4	4.782	6	0,1	4.569	9	0,2
Rheinland-Pfalz	2.429	1	0,0	2.380		0,0	2.604		0,0	2.616	1	0,0
Baden-Württemberg	4.681	4.639	99,1	5.011	4.985	99,5	5.612	5.597	99,7	5.083	5.070	99,7
Bayern	7.206		0,0	7.593		0,0	8.568		0,0	8.001		0,0
Saarland	616	6	1,0	692	12	1,7	774	19	2,5	657	18	2,7
Berlin	389		0,0	375		0,0	393		0,0	361		0,0
Brandenburg	2.104	4	0,2	1.846	6	0,3	1.991	23	1,2	1.839	15	0,8
Mecklenburg-Vorp.	519		0,0	664	1	0,2	659		0,0	524		0,0
Sachsen	1.335	7	0,5	1.300	273	21,0	1.370	90	6,6	1.411	75	5,3
Sachsen-Anhalt	822		0,0	756	4	0,5	911		0,0	938	1	0,1
Thüringen	1.073	8	0,7	987	5	0,5	1.036	4	0,4	797	7	0,9
insgesamt	40.252	5.142	12,8	40.953	5.854	14,3	44.726	6.351	14,2	42.428	5.811	13,7

Tab. 2.2: Datenqualität der Einzeldaten der BAB-Unfälle; hier Netz-knotensystematik
(Vollständige Angaben = Angaben zu Straßen-Nr., Von+Nach-Netz-knoten, Station, Monat, Tag, Stunde, Minute)

Land	1997			1998			1999			2000		
	U(P) + U(SS)		%	U(P) + U(SS)		%	U(P) + U(SS)		%	U(P) + U(SS)		%
	insg.	vollst. Ang.	von insg.	insg.	vollst. Ang.	von insg.	insg.	vollst. Ang.	von insg.	insg.	vollst. Ang.	von insg.
Schleswig-Holstein	1.168	1.165	99,7	1.357	1350	99,5	1.600	1588	99,3	1.375	1334	97,0
Hamburg	405	187	46,2	396	1	0,3	437		0,0	435		0,0
Niedersachsen	4.171	3.964	95,0	4.011	3813	95,1	4.018	3767	93,8	3.879	3656	94,3
Bremen	213	180	84,5	209	158	75,6	201	156	77,6	158	129	81,6
Nordrhein-Westfalen	8.924	8.921	100,0	9.018	9015	100,0	9.770	9770	100,0	9.785	9632	98,4
Hessen	4.197	4.177	99,5	4.358	4337	99,5	4.782	4759	99,5	4.569	4553	99,6
Rheinland-Pfalz	2.429	2.227	91,7	2.380	2182	91,7	2.604	2353	90,4	2.616	2398	91,7
Baden-Württemberg	4.681	4.609	98,5	5.011	4942	98,6	5.612	5509	98,2	5.083	4958	97,5
Bayern	7.206	7.014	97,3	7.593	7582	99,9	8.568	8568	100,0	8.001	8001	100,0
Saarland	616	417	67,7	692	488	70,5	774	539	69,6	657	405	61,6
Berlin	389		0,0	375		0,0	393		0,0	361		0,0
Brandenburg	2.104	2.095	99,6	1.846	1839	99,6	1.991	1976	99,2	1.839	1837	99,9
Mecklenburg-Vorpommern	519	518	99,8	664	662	99,7	659	659	100,0	524	522	99,6
Sachsen	1.335	1.286	96,3	1.300	1263	97,2	1.370	1333	97,3	1.411	1377	97,6
Sachsen-Anhalt	822	818	99,5	756	747	98,8	911	909	99,8	938	925	98,6
Thüringen	1.073	1.073	100,0	987	987	100,0	1.036	1036	100,0	797	797	100,0
insgesamt	40.252	38.651	96,0	40.953	39.366	96,1	44.726	42.922	96,0	42.428	40.524	95,5

Tab. 2.3: Datenqualität der Einzeldaten der BAB-Unfälle; hier: Betriebskilometer
(Vollständige Angaben = Angaben zu Straßen-Nr., Fahrtrichtung, Bkm, Monat, Tag, Stunde, Minute)

angegeben wird) und Berlin (wo keine Angabe zur Fahrtrichtung vorliegt) müssen gänzlich unberücksichtigt bleiben (vgl. Tab. 2.3).

Für das Saarland sind im Jahre 2000 bei weniger als 62% der Unfälle Angaben zum Betriebskilometer und zur Fahrtrichtung vorhanden. Für das Saarland musste deshalb ein neues Zuordnungskriterium entwickelt werden (s.u.).

Eine eindeutige Lokalisierung der Unfälle auf dem gesamten Bereich der A6 im Land Hessen war nicht möglich, da identische Betriebskilometrierungen für unterschiedliche Netzbereiche vorliegen und auch durch zusätzliche Berücksichtigung von Landkreis- bzw. Gemeinde-Informationen eine Klärung nicht herbeigeführt werden konnte. Ebenfalls nicht betrachtet wurde die A8 im Stadtbereich München.

Da Hamburg, Berlin und das Saarland wegen nicht ausreichender Informationen zur Kilometrierung bei den streckenbezogenen Unfallanalysen nicht berücksichtigt werden konnten, wurde geprüft, ob die BAB-Unfälle dieser Länder mittels Netzknotensystem dem BAB-Streckennetz zugeordnet werden können. Voraussetzung dafür sind vollständige Angaben zum einen zur Straßen-Nr., Station, Von-Netzknoten und Nach-Netzknoten (Methode B1) oder Straßen-Nr., Station, Von-Netzknoten und Fahrtrichtung (Methode B2).

Die Untersuchung der Unfalldaten zeigt, dass im Saarland vollständige Angaben zum Netzknoten nur bei knapp 3% der Unfälle vorliegen (vgl. Tab. 2.2), dass jedoch insgesamt 98% der BAB-Unfälle vollständige Angaben für eine Lokalisierung nach der Methode B2 aufweisen. Für Hamburg und Berlin liegen grundsätzlich keine Angaben zu Netzknoten vor.

Für die eindeutige Zuordnung der BAB-Unfälle des Saarlandes auf das BAB-Streckennetz über das Netzknotensystem ist eine Umsetzungstabelle erforderlich, die die Angaben der Netzknoten in Betriebs- bzw. Hilfskilometer umwandelt. Das Landesamt für Straßenwesen Saarland hat der BAST eine Netzknotenfolgedatei für Bundesautobahnen des Saarlandes (Stand: 01.02.2000) zur Verfügung gestellt. Eine Umsetzungsprozedur wurde wiederum in SPSS realisiert. Insgesamt können rund 85% der Unfälle lokalisiert werden, die ebenfalls die erforderlichen Daten zum Unfallzeitpunkt enthalten. Jedoch wurde das Saarland im Rahmen dieser Untersuchung ausgeklammert, da bei Projektbeginn noch keine abschließende Prüfung der zugeordneten Unfälle erfolgt war.

Insgesamt liegen somit für die Jahre 1997 bis 2000 bei 157.464 registrierten BAB-Unfällen mit Personenschaden (U(P)) und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden im engeren Sinne (U(SS)) die erforderlichen Lokalisierungsmerkmale sowie die Angaben zu Unfalldatum und -zeit vor; dies entspricht einer Ausschöpfungsquote von rund 94% (vgl. Tab. 2.4). Diese Unfälle können für die weiteren Arbeiten verwendet werden.

2.3 Netzdaten

Das Grundgerüst des im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen verwendeten BAB-Netzes basiert auf dem Netzstand 01.01.1996. Nach diesem Stand wurden keine neuen Abschnitte (z.B. neue Anschlussstellen) in das verwendete digitale BAB-Netz eingearbeitet, da im Hinblick auf die bevorstehende Nutzung von BISStra künftig dieses Netz genutzt werden soll. Die Pflege der bereits enthaltenen Abschnittdaten (Namen der Anschlussstellen, aktuelle Betriebskilometer) erfolgt jährlich. Sie werden dem "Autobahnverzeichnis" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen für das jeweilige Datenjahr (z.B. BMVBW, 2001) entnommen. Die kartografischen Darstellungen von Dichten und Raten wurden mit Hilfe des durch die BAST entwickelten Programmsystems KARTE verwirklicht.

Die Netzinformationen liegen in einer sogenannten Abschnittdatendatei vor (vgl. Tab. 2.5). Diese dient als Referenzdatei für alle weiteren streckenbezogenen Auswertungen.

Zum Netzstand vom 01.01.2000 betrug die Länge der BAB in Deutschland 11.515 km. Ohne die Länder Hamburg, Berlin und Saarland wurden durch das Programmsystem KARTE rund 10.898 km (Grundgerüst Stand: 01.01.1996), die sich in 2.231 Abschnitte mit unterschiedlicher Länge unterteilen, erfasst und für die weitere Arbeit verwendet. Ein Abschnitt wird jeweils durch zwei Knotenpunkte

BAB-Unfälle U(P) und U(SS)	Polizeilich registrierte BAB-Unfälle insgesamt	Unfälle mit vollständigen Daten und lokalisierbar ^{*)}	Ausschöpfungsquote (in %)
1997	40.252	37.676	93,6%
1998	40.953	38.420	93,8%
1999	44.726	41.839	93,5%
2000	42.428	39.529	93,2%
Insgesamt	168.359	157.464	93,5%

^{*)} ohne Hamburg, Berlin und Saarland

BAST-U2p-24/2002

Tab. 2.4: Datenqualität der Einzeldaten der BAB-Unfälle

Korr.	Land	BAB	Nr	x	y	DTV-hin	DTV-rück	A/E	Typ	Hkm	Bezeichnung
	01	00010	000500	05025	10658	008877	008877	A	ANS	000000	Oldenburg i.H (B207)
	01	00010	000600	05048	10545	009158	009158		AS	008000	Lensahn
	01	00010	002000	04982	10450	012784	012784		AS	019500	Neustadt i.H.-N (B501)
	01	00010	003000	04934	10392	015227	015227		AS	025000	Neustadt i.H.-S (B207)
k99	01	00010	003050	04904	10336	019045	019045		AS	030300	Eutin (B76)
	01	00010	003100	04900	10308	019072	019072		AS	032500	Scharbeutz (B432)
k99	01	00010	003200	04905	10274	018997	018997		AS	035800	Pansdorf
k99	01	00010	003300	04922	10208	022943	022943		AS	042300	Ratekau
	01	00010	004000	04918	10160	021244	021244		AS	046100	Sereetz
	01	00010	005000	04905	10135	041380	041380		AD	047300	Bad Schwartau (A226)
k95	01	00010	006000	04875	10113	036413	036413		AS	048800	Bad Schwartau
k99	01	00010	007000	04847	10075	032636	032636		AS	052200	Lübeck-Zentrum (B206)
k99	01	00010	008000	04816	10049	027396	027396		AS	055400	Lübeck-Moisling
	01	00010	009000	04757	09995	028064	028064		AS	064800	Reinfeld
k99	01	00010	010000	04635	09932	027718	027718		AS	071900	Bad Oldesloe (B208)
k99	01	00010	011000	04568	09832	029507	029507		AS	081100	Bargteheide (B404)
k99	01	00010	012000	04526	09737	039517	039517		AS	090700	Ahrensburg
	01	00010	013000	04477	09665	034592	034592		AS	095000	Stapelfeld (B435)
k99	01	00010	014000	04440	09611	034257	034257		AK	102900	Hamburg-Ost A24)
k99	01	00010	015000	04410	09594	040494	040494		LG	103600	Landesgrenze SH/HH
k99	02	00010	014500	04440	09611	040494	040494		LG	103600	Landesgrenze HH/SH
k99	02	00010	015000	04397	09582	044200	044200		AS	105600	Hamburg-Öjendorf

Tab. 2.5: BAB-Abschnittsdatei als Grundlage für streckenbezogene Unfallanalysen (Auszug)

(Anschlussstellen, Autobahnkreuze und -dreiecke und auch Landesgrenzen) begrenzt.

2.4 Dokumentation der Verkehrsmengenerhebungen auf BAB

2.4.1 Erhebungen an automatischen Dauerzählstellen

Aktuelle Aussagen über die Verkehrsentwicklung im Bundesfernstraßennetz sind für vielfältige straßenbauliche Aufgaben wesentliche Voraussetzung (Straßen- sowie Verkehrsplanung, Berechnung von Fahrleistungen, Hochrechnung von Kurzzählungen etc.). Grundlage für solche Aussagen bilden die Daten der automatischen Dauerzählstellen. Seit 1975 werden Verkehrsmengen auf ausgewählten Abschnitten der Bundesfernstraßen durch automatische Dauerzählstellen fahstreifenscharf und damit auch richtungsgetreunt erhoben.

Diese Daten werden von den Ländern im Auftrag des Bundes erhoben und der BAST quartalsweise als Stundenwerte übermittelt. In der Regel werden die Verkehrsmengen geräteintern zu Stundenwerten aggregiert und ausgelesen. Da die Daten der automatischen Dauerzählstellen teilweise auch zur Verkehrssteuerung, die eine feinere zeitliche Differenzierung erfordern, herangezogen werden, werden sie in diesen Fällen erst in den Rechnerzentralen zu Stundenwerten aggregiert. An die BAST

werden grundsätzlich nur Stundenwerte übergeben.

Erfasst werden an den Dauerzählstellen alle Kraftfahrzeuge (Kfz). Je nach eingesetztem Gerätetyp können bis zu 9 Fahrzeugarten unterschieden werden. Diese 9 Fahrzeugarten setzen sich aus 8 klassifizierbaren Kfz sowie und einer Kategorie nicht klassifizierbarer Kfz zusammen. In Tab. 2.6 werden die Zusammensetzungen der gemäß TLS (Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen) definierten Klassifizierungsgruppen darge-

Klassifizierungsgruppen			
8+1	5+1	1+1	1
nicht klassifizierbare Kfz	nicht klassifizierbare Kfz	Pkw-ähnliche Kfz	Kfz
Motorräder	Pkw		
Pkw			
Lieferwagen			
Pkw mit Anhänger	Pkw mit Anhänger	Lkw-ähnliche Kfz	
Lkw > 3,5t	Lkw > 3,5t		
Lkw > 3,5t mit Anhänger	Lkw > 3,5t mit Anhänger		
Sattelfahrzeuge			
Bus	Bus		

Tab. 2.6: Klassifizierung der Fahrzeugarten nach den "Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS)"

stellt.

Die Art einer Dauerzählstelle richtet sich nach der Datenerfassung am Erfassungsquerschnitt. Grundsätzlich werden zwei Arten von Dauerzählstellen unterschieden:

- Einfachzählstellen
- Mehrfachzählstellen

An den sog. Einfachzählstellen werden mit einem Zählgerät die Verkehrsmengen für einen Streckenabschnitt (Erfassungsquerschnitt über die Hauptfahrbahn(en)) erfasst. Bei Einfachzählstellen werden die stündlichen Verkehrsmengen fahrstreifenbezogen und damit auch richtungsgetrennt erfasst.

Mehrfachzählstellen liegen dagegen im Bereich von Knotenpunkten. Die Erfassung erfolgt nicht wie bei Einfachzählstellen ausschließlich über die Fahrstreifen der Hauptfahrbahnen, sondern es erfolgt eine gesonderte Erfassung der Hauptfahrbahnen sowie der zugehörigen Äste/Tangenten. Aus diesen Einzeldaten lassen sich dann rechnerisch die Verkehrsmengen für einen Streckenabschnitt ermitteln. Der Vorteil einer Mehrfachzählstelle liegt darin, dass durch diese Art der Datenerfassung Verkehrsmengen für alle vom Knotenpunkt abgehenden Streckenabschnitte ermittelt

werden können. So können beispielsweise mit einer Mehrfachzählstelle an einem Autobahnkreuz Verkehrsmengen für vier Streckenabschnitte ermittelt werden. Allerdings ist zu beachten, dass bei rechnerisch ermittelten Zählstellendaten keine fahrstreifenbezogenen Verkehrsmengen ausgewiesen werden können.

Das Zählstellennetz auf Bundesfernstraßen umfasst mit Stand 2000 insgesamt 1.088 Zählstellen. Es ist dadurch gekennzeichnet, dass Dauerzählstellen vornehmlich an hochbelasteten Abschnitten liegen, die zumeist durch Berufs- und Wirtschaftsverkehr geprägt sind.

Von den insgesamt 1.088 Zählstellen im Jahr 2000 befinden sich 514 auf Bundesautobahnen (Tab. 2.7) und 574 auf Bundesstraßen. Dies bedeutet, dass auf durchschnittlich jedem 5. Abschnitt auf BAB eine Zählstelle in Betrieb ist. Dabei zeigt sich, dass die Zählstellendichte in Bayern bzw. den Stadtstaaten am höchsten ist und in Niedersachsen am niedrigsten.

Bezogen auf die Gesamtlänge des BAB-Strassen-netzes befindet sich ca. alle 23 km eine automatische Dauerzählstelle. Eine überdurchschnittliche Dichte weisen hier wiederum die Stadtstaaten auf, während Niedersachsen (je 71 km/DZ) und Sachsen-Anhalt (je 107 km/DZ) die geringste Dichte besitzen.

Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung sowie die Ableitung der Ergebniskenngrößen (DTV-Werte, MSV-Werte, Ganglinientypen etc.) werden derzeit vom Ingenieurbüro HB-Verkehrsconsult GmbH im Auftrag der BASt durchgeführt. Diese Ergebnisse werden jährlich in der Schriftenreihe „Verkehrstechnik“ der BASt unter dem Titel „Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen“ veröffentlicht.

Voraussetzung für die Bearbeitung sind formal bereinigte und in eine einheitliche Struktur überführte Daten. Da von den Ländern die Daten bislang noch nicht in einem einheitlichen Datenformat übermittelt werden, erfolgt zunächst eine Vereinheitlichung des Datenformats.

Im Zuge der Datenaufbereitung werden die Verkehrsmengendaten zunächst Plausibilitätsprüfungen unterzogen und ggf. werden Datenlücken bzw. fehlerhafte Werte, die infolge von Gerätestörungen, Schleifendefekten, Bauarbeiten etc. auftreten können, geschätzt.

Bundesländer	Anzahl der Dauerzählstellen	Netzlängen in km	Netzlänge je Dauerzählstelle in km	Anzahl Abschnitte je Zählstelle
Baden-Württemb.	24	1.027	43	7
Bayern	141	2.262	16	3
Berlin	10	55	6	5
Brandenburg	22	766	35	5
Bremen	3	60	20	5
Hamburg	13	81	6	3
Hessen	43	956	22	5
Mecklenburg-Vorp.	6	299	50	4
Niedersachsen	19	1.348	71	14
Nordrhein-Westf.	138	2.178	16	4
Rheinland-Pfalz	43	839	20	4
Saarland	7	236	34	12
Sachsen	17	450	26	4
Sachsen-Anhalt	3	290	97	13
Schleswig-Holstein	16	481	30	5
Thüringen	9	286	32	4
Gesamt	514	11.614	23	5

Tab. 2.7: Anzahl und Dichte der Dauerzählstellen auf BAB im Jahre 2000

Für die weitere Prüfung der Stundenwerte wird zunächst eine sog. Basisganglinie (mittlere Tagesganglinie) ermittelt. Diese Basisganglinie errechnet sich als mittlere Tagesganglinie aus den Daten des Auswertemonats bzw. des Vormonats. Darüber hinaus wird ein sog. Konfidenzbereich ermittelt. Stehen keine ausreichenden Daten aus vergleichbaren Tagen der betrachteten Zählstelle zur Verfügung, werden die Basisganglinie und der Konfidenzbereich auf der Basis von sog. Vergleichszählstellen errechnet. Hierbei handelt es sich um Zählstellen mit möglichst ähnlicher Verkehrscharakteristik und ähnlichen Witterungseinflüssen. Auf Autobahnen werden aus diesem Grund möglichst Zählstellen im gleichen Streckenzug ausgewählt (vgl. hierzu auch Arbeitspapier „Methodik der Aufbereitung und Auswertung von Daten automatischer Dauerzählstellen“ von Heusch/Boesefeldt, August 2000). Vergleichszählstellen werden bei der Prüfung auch dann herangezogen, wenn der Kurvenverlauf von dem der anderen vergleichbaren Wochentage des Auswertemonats abweicht.

Liegen Stundenwerte innerhalb des Konfidenzbereiches, werden diese Werte als plausibel akzeptiert. Werte außerhalb des Konfidenzbereiches werden zunächst auf „Unregelmäßigkeiten“ (Stau durch Unfall, besondere Witterungsbedingungen etc.) geprüft und ggf. als plausibel akzeptiert. Ergibt die Prüfung, dass es sich um fehlerhafte Werte handelt, werden diese Werte anhand der jeweiligen Basisganglinie geschätzt. Die Schätzungen erfolgen getrennt nach Fahrtrichtung, Fahrstreifen sowie für die Fahrzeuggruppen Kfz und Lkw. Werden in den Datensatz Schätzwerte eingefügt, so werden sie als solche gekennzeichnet. Je nach Prüfergebnis werden die Stundenwerte mit einer entsprechenden Kennung versehen, die es ermöglicht festzustellen, ob es sich um real gezählte oder um geschätzte Daten handelt.

Bei Datenlücken, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken, werden Stundenwerte nicht mehr geschätzt. So werden bei Zählstellen mit größeren jahreszeitlichen Schwankungen für die es keine Vergleichszählstellen mit ähnlicher Verkehrscharakteristik gibt, maximal 3 Monate geschätzt. Ansonsten gilt, dass für die Durchführung von Schätzungen die zusammenhängende Ausfalldauer unter günstigen Bedingungen (z.B. Vergleichszählstellen vorhanden, nur eine Fahrtrichtung ist vom Ausfall betroffen) 6 Monate nicht übersteigen darf. Können ausgefallene Daten nicht geschätzt werden, so wird der Stundenwert auf Null gesetzt und als solcher gekennzeichnet.

Datenaufbereitung für die vorliegende Untersuchung

Basis für die vorliegende Untersuchung waren die Daten von automatischen Dauerzählstellen auf BAB der Jahre 1997 bis 2000.

In einem ersten Schritt wurden die Daten der Dauerzählstellen hinsichtlich der Fragestellung des Projektes aufbereitet. Hierfür wurden die Stundenwerte auf Vollständigkeit geprüft, bevor sie zu fahrtrichtungsbezogenen Stundenwerten ohne Fahrzeugartenunterscheidung aggregiert wurden.

Zählstellen mit fehlenden Stundenwerten (Zählstellen bei denen eine Schätzung nicht erfolgen konnte) wurden in den weiteren Analysen nicht berücksichtigt. Darüber hinaus wurden Zählstellen, bei denen die Datenaufbereitung mit einer aufwendigen Zusammenführung unterschiedlicher Datenformate verbunden gewesen wäre (z.B. durch Wechsel der Fahrzeugartenerfassung auf 8+1 Kfz im laufenden Kalenderjahr) nicht in die Analysen aufgenommen. Dies betrifft insbesondere das Erhebungsjahr 2000, da in diesem Jahr aufgrund der manuellen Straßenverkehrszählung (SVZ) vielfach Zählstellen umgerüstet wurden. Des Weiteren konnten die Dauerzählstellen der Länder Hamburg, Berlin und Saarland nicht berücksichtigt werden, da für diese Länder keine verwertbaren Unfallzahlen vorlagen (vg. Abschnitt 2.2).

Es zeigt sich, dass die Anzahl der Zählstellen auf BAB über die Jahre kontinuierlich gestiegen ist (s. Tab. 2.8). Für die vorliegenden Analysen konnten ca. 70% der Dauerzählstellen (Untersuchungskollektiv) herangezogen werden. Lediglich im Erhebungsjahr 2000 lag der Anteil unter 60%. Dies hängt vornehmlich mit der Umstellung der Zählgeräte auf 8+1 Fahrzeugarten zusammen.

Werden die über die Dauerzählstellen des Untersuchungskollektivs ermittelten DTV-Werte mit den DTV-Werten auf BAB insgesamt verglichen, so zeigt sich, dass das Untersuchungskollektiv DTV-Werte aufweist, die in jedem Jahr um etwa 10.000 Kfz über dem Gesamt-DTV liegen (Tab. 2.9).

Allerdings weisen die ermittelten DTV-Werte der Dauerzählstellen eine große Spannweite auf: So liegen die DTV-Werte zwischen ca. 4.000 und ca. 155.000 Kfz. Damit setzt sich das Untersuchungskollektiv nicht nur aus hochbelasteten BAB-Abschnitten, sondern auch aus Streckenabschnitten mit niedrigem Verkehrsaufkommen zusammen.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bezogen auf die jeweiligen Kfz-Jahresfahrleistungen (Tab. 2.10).

		1997	1998	1999	2000
Dauerzählstellen auf BAB (insg.)		454	465	481	514
für Analysen verwertbar	n	287	312	309	291
(Untersuchungskollektiv)	%	63	67	64	57

Tab. 2.8: Anzahl Dauerzählstellen auf BAB nach Erhebungsjahren

		1997	1998	1999	2000
DTV-Werte auf BAB insg		45.400	46.500	47.600	47.800
auf Dauerzählstellen		54.931	57.163	58.524	55.113
	min.	3.358	3.644	3.752	3.846
	max.	154.521	157.271	150.529	154.948

Tab. 2.9: DTV-Werte (Gesamtquerschnitt) auf BAB nach Erhebungsjahren

		1997	1998	1999	2000
Fahrleistung auf BAB insg.		187,1	193,1	199,5	203,4
davon: auf Abschnitten mit DZ		32,0	36,0	36,2	32,1

Tab. 2.10: Fahrleistungen auf BAB nach Erhebungsjahren (in Mrd. Kfz-km)

Anzahl Fahrstreifen	1997		1998		1999		2000	
	n	%	n	%	n	%	n	%
4	201	70,0	215	68,9	215	69,6	212	72,9
5	3	1,0	3	1,0	3	1,0	1	0,3
6	76	26,5	86	27,6	83	26,9	70	24,1
8	7	2,4	8	2,6	8	2,6	8	2,7
Gesamt	287	100,0	312	100,0	309	100,0	291	100,0

Tab. 2.11: Anzahl Fahrstreifen pro Gesamtquerschnitt nach Erhebungsjahren

Die an BAB-Abschnitten mit Dauerzählstellen erbrachten Fahrleistungen bezogen auf die Gesamtfahrleistung auf BAB liegen über die Erhebungsjahre zwischen ca. 32 und 36 Mrd. Kfz-km. Der Anteil an der jeweiligen Jahresfahrleistung beträgt damit 16% bis 19%.

Gut zwei Drittel aller Zählstellen des Untersuchungskollektivs liegen an 4-streifigen Gesamtquerschnitten (Tab. 2.11) und gut 25% der Dauerzählstellen befinden sich an 6-streifigen Streckenabschnitten. Lediglich das Erhebungsjahr 2000 weicht von dieser Verteilung leicht ab: an 4-streifigen Querschnitten liegen fast drei Viertel aller Zählstellen und knapp ein Viertel aller Zählstellen

an 6-streifigen Abschnitten. Zu beachten ist, dass Abschnitte mit 5 Fahrstreifen in der Regel durch Besonderheiten in der Streckencharakteristik (z.B. Steigungs- und Gefällestrecken) und Abschnitte mit 8 Fahrstreifen in der Regel in Verflechtungsbereichen großer BAB-Knoten liegen und durch eine überdurchschnittliche hohe Verkehrsbelastung gekennzeichnet sind.

2.4.2 Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) aller BAB-Abschnitte

Mittels des oben beschriebenen Dauerzählstellennetzes werden stündliche Verkehrsstärken ermittelt, indem alle Fahrzeuge registriert werden, die den Messquerschnitt einer Zählstelle durchfahren; die Erfassung des Verkehrs erfolgt richtungsgrennt. Nicht plausible Daten werden bereinigt und unvollständige Datensätze (Stunden- bzw. Tageswerte) durch Hochrechnungen ersetzt. Aus diesen Werten wird für jede Dauerzählstelle eine Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke (DTV) je Kalenderjahr errechnet. Der DTV ist somit eine Kenngröße, die die Anzahl der Fahrzeuge angibt, die im Durchschnitt eines Tages bezogen auf ein Kalenderjahr einen Netz-Abschnitt befahren.

Um eine lückenlose Beschreibung der Verkehrsstärke im gesamten Autobahnnetz zu erhalten, wird jedem Autobahnabschnitt eine automatische Dauerzählstelle mit ähnlichen Verkehrskenngrößen zugeordnet. Somit war es möglich, die 1995 durch Straßenverkehrszählungen ermittelten DTV-Werte (BASt, 1997) der Netzabschnitte auf die Jahre 1997 bis 1999 hochzurechnen. Dazu wurde die Veränderung der Verkehrsstärke an einer Dauerzählstelle auf die dieser Zählstelle zugeordneten Netzabschnitte übertragen. Die DTV-Werte für das Jahr 2000 wurden hingegen auf Basis der manuellen Straßenverkehrszählung 2000 (SVZ 2000) bereitgestellt. Im Rahmen der SVZ 2000 werden jedoch lediglich querschnittsbezogene DTV-Werte ermittelt; ein Richtungsbezug ist aus diesen Daten nicht abzuleiten.

Für die im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen vorgenommene richtungsgrennte Berechnung der Unfallkenngrößen wird daher der Querschnitts-DTV gleichmäßig auf beide Fahrrichtungen aufgeteilt und somit ein Richtungs-DTV berechnet. Inwieweit diese Aufteilung zu Verzerrungen bei der Berechnung fahrtrichtungsbezogener Unfallraten führt wird in Abschnitt 6 untersucht.

Im Mittel liegen jährlich für 99% der knapp 2.400 BAB-Abschnitte Deutschlands DTV-Werte vor.

2.5 Verknüpfung von Unfall- und stündlichen Verkehrsstärkedaten

Für die Verknüpfung von Unfällen mit der, von den Dauerzählstellen gemessenen stündlichen Verkehrsstärke mussten zunächst die Unfälle den Zählstellenabschnitten zugeordnet werden. Dafür wurde davon ausgegangen, dass die von der Zählstelle ausgewiesenen Verkehrsmengen für den kompletten BAB-Abschnitt Gültigkeit haben.

Die Verknüpfung erfolgte auf Basis der Schlüsselmerkmale BAB-Nr, Hilfskilometer, Fahrtrichtung und Unfallstunde. Da in den Daten der stündlichen Verkehrsstärken keine Angaben zur Lokalisierung der Zählstellen nach dem von der BAST verwendeten Hilfskilometersystem vorliegen, wurde die Datei mit der Zählstellenübersicht (JAWE 1997-2000) um die Angaben zum Hilfskilometer manuell ergänzt (vgl. Tab. 2.12). Verwendet wurden Zählstellen, für die entsprechende Stundenwerte und lokalisierbare Unfalldaten vorlagen. Daher mussten die Zählstellen der Länder Hamburg, Berlin und Saarland ausgeklammert werden (vgl. Abschnitt 2.2).

Eine Zählstelle liegt jeweils zwischen zwei BAB-Anschlussstellen (hier Nahziele genannt). Aufgrund der Nahziele der Zählstellen wurde geprüft, ob sich ein Unfall zwischen den beiden Nahzielen ereignete. Wenn ja, wurde der Unfall dieser Zählstelle zugeordnet. Anschließend wurden die Unfälle nach Zählstellennummer, Fahrtrichtung, Unfalldatum und Unfallstunde zusammengefasst.

Aufgrund dieser Schlüsselmerkmale konnte jedem Unfall eine entsprechende stündliche Verkehrsstärke zugeordnet werden (Sonderfälle sind in Abschnitt 2.6 beschrieben). Für die Ermittlung der funktionalen Zusammenhänge wurden Verkehrsstärkekassen gebildet und die in der jeweiligen Klasse registrierten Unfälle z.B. nach Unfällen mit Personenschaden oder schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden unterschieden. Die Bezugsdaten wie Fahrleistung und Abschnittslänge wurden ebenfalls nach Verkehrsstärkekassen ausgewertet. Hier wurden die Zählergebnisse aller lokalisierbaren Zählstellen einbezogen, auch wenn sich dort keine Unfälle ereignet haben.

Bezogen auf die Summe der gesamten Netzlänge in den 4 Jahren (45.497 km) wurde von den betrachteten Zählstellenabschnitten 7.105 km (16%) abgedeckt. Von den knapp 160.000 lokalisierbaren Unfällen im Untersuchungszeitraum konnten 18,2% einem Zählstellenabschnitt mit plausiblen Zählergebnissen zugeordnet werden.

2.6 Stündliche Verkehrsstärken zum Unfallzeitpunkt

Eine Voraussetzung für die nachfolgenden Analysen ist die Verfügbarkeit möglichst genauer Verkehrsstärkedaten für den Zeitpunkt des Unfalls. In der Regel jedoch wird der Verkehrsablauf durch Unfälle negativ beeinflusst. Bei den zur Verfügung stehenden stündlichen Verkehrsstärkedaten besteht die Möglichkeit, dass ein hohes Verkehrs-

DZ-Nummer	BAB-Nr	Land	Bkm	Nahziel R1	R1=Bkm 1=aufst. 2=abst. -1=n.lok. 'ibkmr'	Hkm-R1	Nahziel R2	Hkm-R2	hkm1 > hkm2 -1 = k.A. 1 = ja 2 = nein 'iricht'	Hkm d. BAB 1=aufst. 2=abst. -1=n.lok 'ihkmr'	Bkm+Hkm in gl. Richtung 1=ja 2=nein -1=n.lok 'idrehen'	Länge in m
1105	1	1	86,4	AS Neustadt i.H.-Nord	1	19500	AS Neustadt i.H.-Süd	25000	2	1	2	5500
1108	1	1	58,6	AS Bad Schwartau	1	48800	AS Lübeck-Zentrum	52200	2	1	2	3400
1101	1	1	37,8	AS Reinfeld	1	64800	AS Bad Oldesloe	71900	2	1	2	7100
1102	1	1	7,5	AS Stapelfeld	1	95000	AK Hamburg-Ost	102900	2	1	2	7900
3351	1	3	13,6	AS Hamburg-Harburg	2	120400	AK Maschener Kreuz	128500	2	1	1	8100
3302	1	3	72,2	AS Sittensen	2	165800	AS Bockel	185000	2	1	1	19200
3309	1	3	186,6	AS Lohne/Dinklage	2	293200	AS Holdorf	300600	2	1	1	7400
5118	1	5	43,1	AS Lengerich	2	353500	AS Ladbergen	361700	2	1	1	8200
4606	1	5	288,5	AK Münster-Süd	2	391600	AS Ascheberg	406200	2	1	1	14600
5101	1	5	73,8	AK Dortmund/Unna	1	437500	AS Schwerte	448000	2	1	2	10500
5011	1	5	388,2	AS Wermelskirchen	2	497800	AS Burscheid	505600	2	1	1	7800
5675	1	5	402,7	AS Burscheid	2	505600	AK Leverkusen	515700	2	1	1	10100
5035	1	5	403,7	AK Leverkusen	2	515700	AK Leverkusen-West	518900	2	1	1	3200
5048	1	5	410,0	AS Köln-Niehl	2	520900	AK Köln-Nord	525700	2	1	1	4800
5032	1	5	421,3	AS Köln-Bocklemünd	2	529300	AS Köln-Lövenich	533800	2	1	1	4500
5683	1	5	422,5	AS Köln-Lövenich	2	533800	AK Köln-West	535200	2	1	1	1400
5685	1	5	422,9	AK Köln-West	2	535200	AS Frechen	536100	2	1	1	900
5010	1	5	433,6	AS Hürth	2	540400	AD Erfttal	549200	2	1	1	8800
5060	1	5	443,1	AK Bliesheim	2	555100	AS Euskirchen	566300	2	1	1	11200
5047	1	5	477,0	AS Nettersheim	2	585000	AS Blankenheim	592600	2	1	1	7600
7603	1	7	91,5	AS Manderscheid	2	708300	AS Hasborn	716400	2	1	1	8100
7164	1	7	119,3	AS Salmatal	2	735300	AS Schweich	745400	2	1	1	10100

Tab. 2.12: Definition der Abschnitte mit Zählstellen (Auszug)

stärkeniveau durch einen Unfall in der aktuellen Zählstunde im stündlichen Mittelwert auf ein deutlich niedrigeres Niveau gesenkt wird, im Extremfall durch eine Vollsperrung. Somit können Unfälle, die sich bei hohen Verkehrsstärken ereignet haben "fälschlicherweise" niedrigen stündlichen Verkehrsstärken zugeordnet werden. Bei der Betrachtung der Verteilung von Unfallkenngrößen über der Verkehrsstärke würde somit das Niveau der Unfallkenngrößen bei niedrigen Verkehrsstärken zu hoch dargestellt. Zur Klärung der Frage, ob sich der Unfall vielleicht innerhalb einer bereits existierenden Verkehrsstörung ereignet hat und die Reduktion der Verkehrsstärke somit bereits vor dem Unfall eingetreten war, wurden entsprechende Informationen dem Projekt "Reisezeitverluste auf BAB infolge von Unfällen" (BASt, AP-Nr. 00624) entnommen.

Im Folgenden wird für das Jahr 1998 anhand der stündlichen Verkehrsstärken der Zählstelle "5101 Hengsen" und der dort registrierten Unfälle untersucht, inwieweit Unfälle zu einer "merklichen" Re-

duktion der Verkehrsstärke führten. Dafür wurde die Tagesganglinie des Unfalltages mit der Tagesganglinie aller entsprechenden Wochentage des Jahres verglichen. Die Zählstelle "Hengsen" liegt auf der A1 zwischen dem AK Dortmund/Unna (Bkm 78,4) und der Anschlussstelle Schwerte (Bkm 67,9) in Fahrtrichtung Süden (absteigender Betriebskilometer). Die automatische Dauerzählstelle liegt bei Bkm 73,8. Der mittlere DTV dieser dreistreifigen Richtungsfahrbahn beträgt 43.735 Kfz/24h; er liegt damit deutlich über dem mittleren DTV auf BAB (1998: 23.400 Kfz/24h richtungsgetrennt).

Insgesamt ereigneten sich 1998 auf diesem Abschnitt in Richtung Süden 72 Unfälle mit Personenschaden bzw. schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden im engeren Sinne. Bei rund 42% der Unfälle wurde keine Verkehrsstörung registriert. 29% der Unfälle führten zu einer zeitlich folgenden Störung und ebenfalls 29% der Unfälle ereigneten sich im Verlauf einer bereits registrierten Verkehrsstörung. Es folgen einige Beispiele:

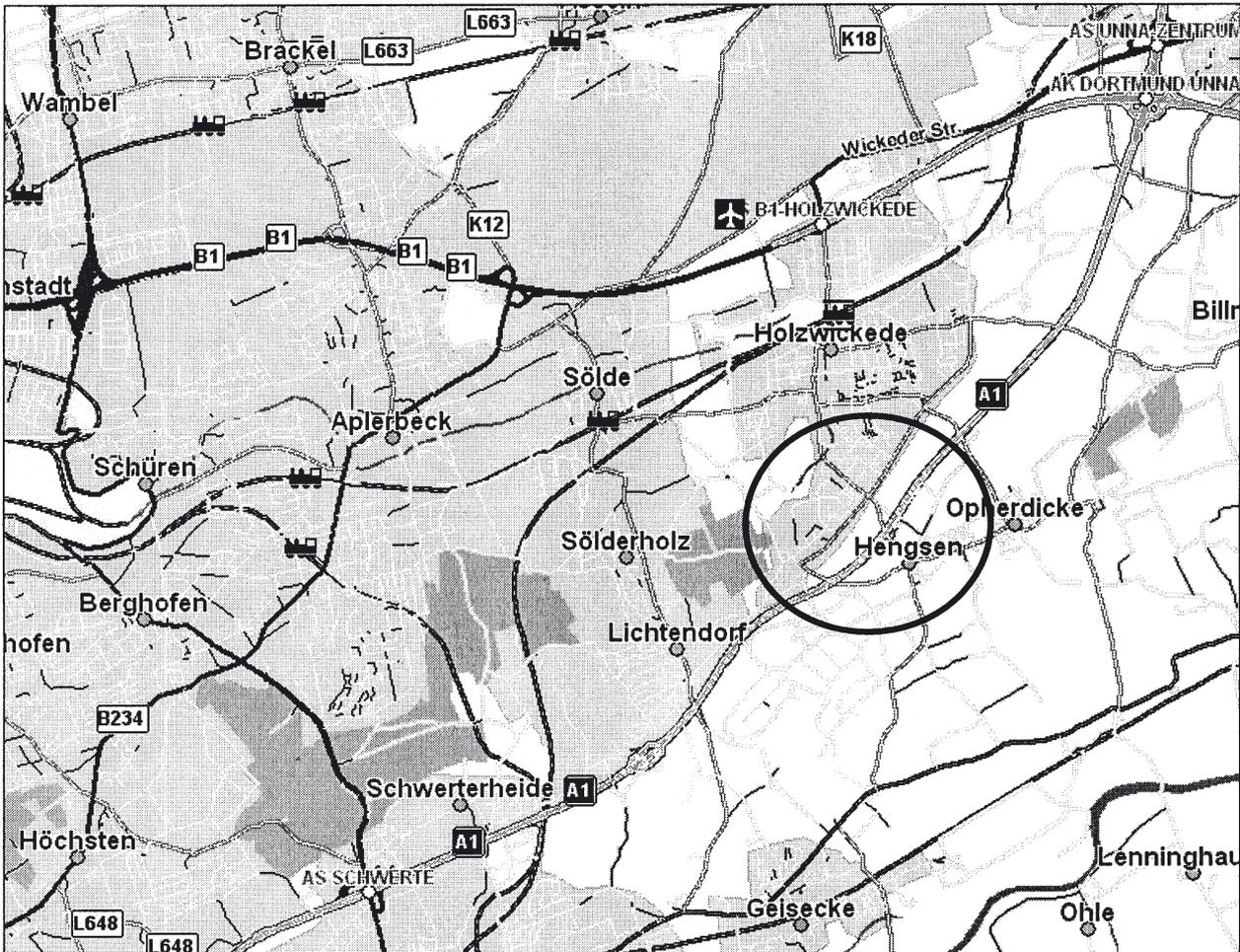


Bild 2.1: Lageplan der Zählstelle "Hengsen"

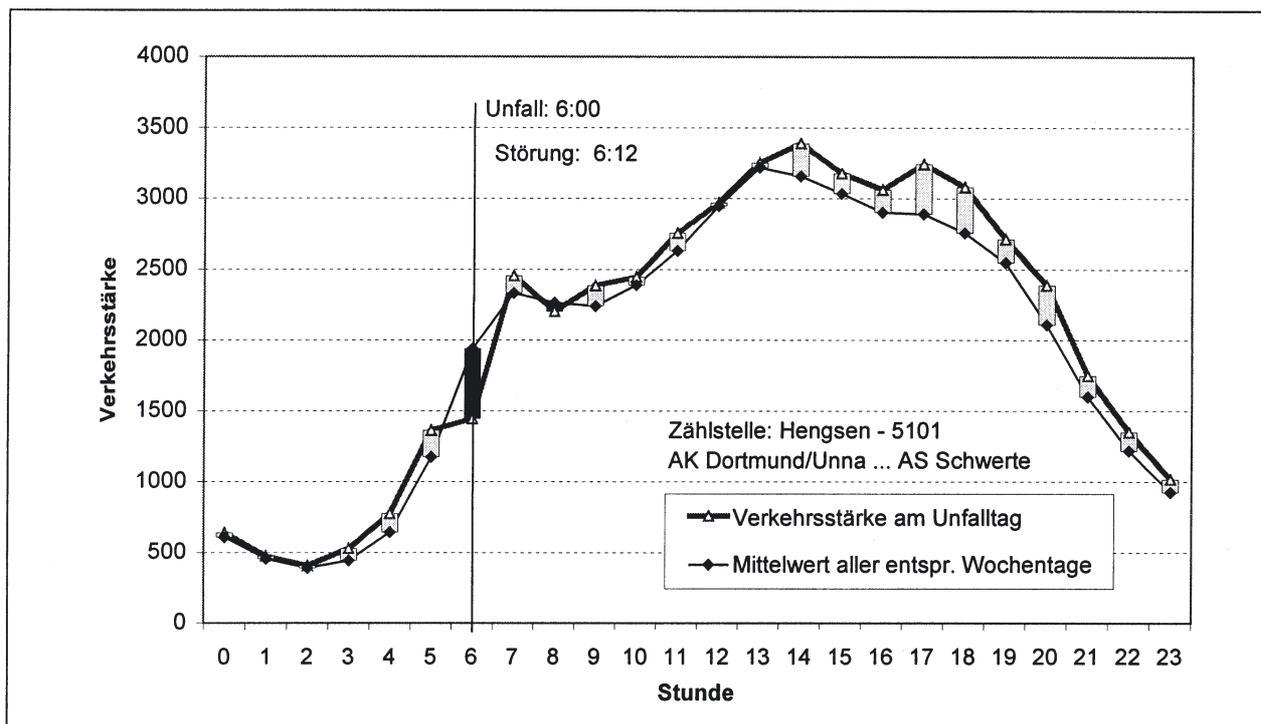


Bild 2.2: Reduktion zum Unfallzeitpunkt: ca. 25% (dunkler Balken)

Ein Unfall an einem Freitag um 6:00 Uhr führte zu einem deutlichen Absinken der Verkehrsstärke im Zeitbereich zwischen 6 und 7 Uhr. Eine Verkehrsstörung wurde um 6:12 gemeldet. Nach rund einer Stunde normalisierte sich der Verkehr (gute Übereinstimmung mit der mittleren Tagesganglinie aller Freitage).

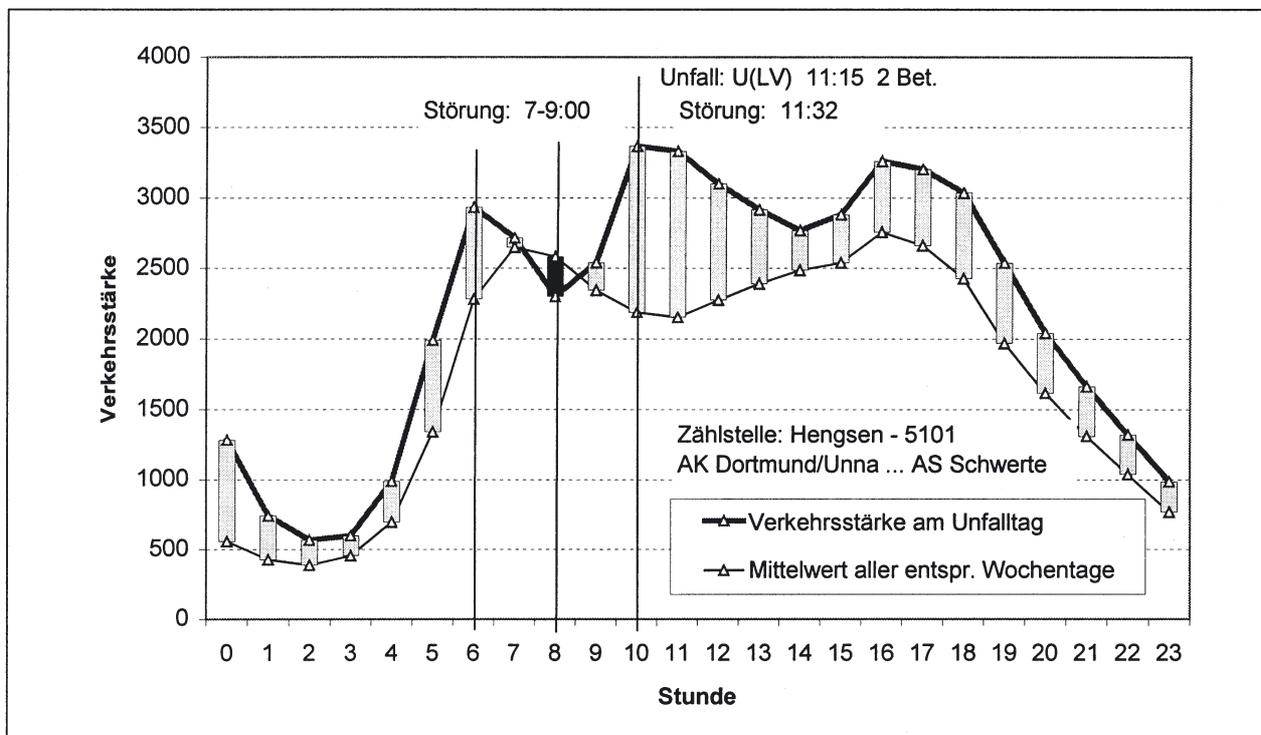


Bild 2.3: Reduktion zum Unfallzeitpunkt: unklar, da der Verlauf der Tagesganglinie grundsätzlich von der mittleren Tagesganglinie abweicht.

Sonderfall: Dienstag nach Ostern. Das erhöhte Verkehrsaufkommen ist deutlich zu erkennen. Der Unfall um 11:15 Uhr führte zu einer eindeutigen Verringerung der Verkehrsstärke. Eine Störungsmeldung wurde um 11:32 registriert.

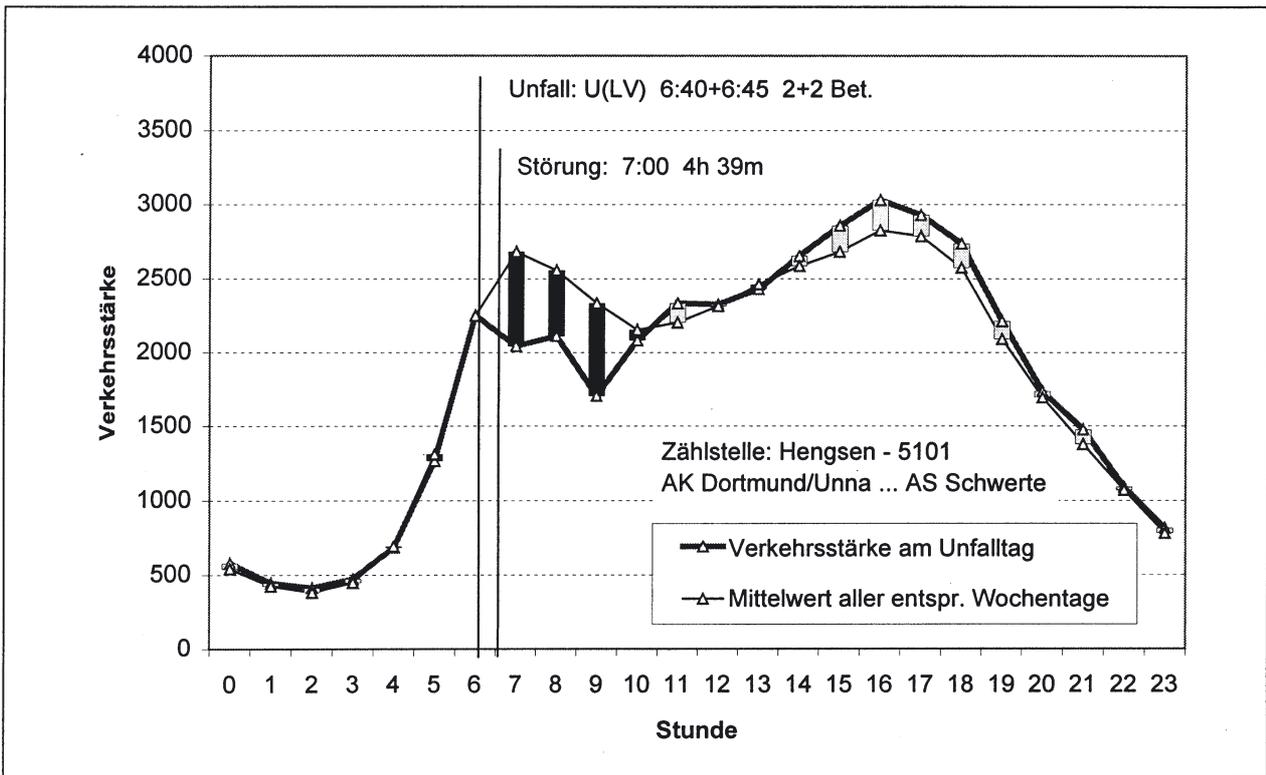


Bild 2.4: Reduktion zum Unfallzeitpunkt: 0%

Zwei Unfälle um 6:40 und 6:45 führten zu einer starken Verkehrsstörung. Da sich die Unfälle jedoch erst am Ende der Stunde ereigneten, wirkte sich diese Störung nicht auf den Wert der stündlichen Verkehrsstärke zum Unfallzeitpunkt aus, sondern erst später.

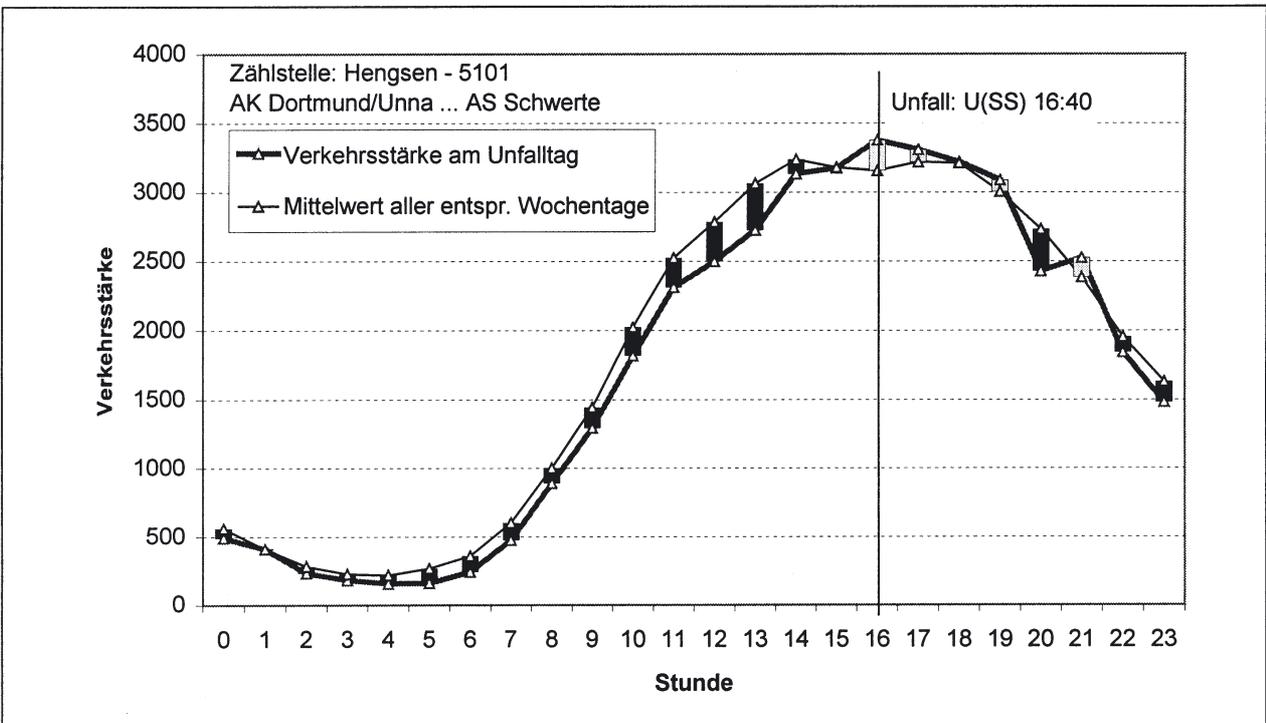


Bild 2.5: Reduktion zum Unfallzeitpunkt: 0%

In Zusammenhang mit dem Unfall um 16:40 wurde keine Verkehrsstörung registriert. Er scheint keine negativen Auswirkungen auf den Verkehrsablauf gehabt zu haben.

Ergebnisse

Für 54 der 72 Unfälle wurden die Tagesganglinien ausgewertet. Bei 26 (48%) der betrachteten 54 Unfälle konnte aufgrund des Vergleichs der Tagesganglinien zum Unfallzeitpunkt eine merkliche Reduktion der Verkehrsstärke beobachtet werden. In 10 Fällen betrug die ungefähre Abweichung von der erwarteten Verkehrsstärke rund 0,1-5%, in 8 Fällen 5-10% und in 8 Fällen mehr als 10%.

Für die hier beispielhaft betrachtete Dauerzählstelle "Hengsen" ergibt sich somit, dass im Jahre 1998 bei fast 50% der Unfälle (U(P)+U(SS)) eine merkliche Reduktion der stündlichen Verkehrsstärke beobachtet werden konnte. Die Verringerung betrug jedoch überwiegend weniger als 10% (n=18).

Bei jedem zweiten Unfall würde somit die gemessene stündliche Verkehrsstärke der Unfallstunde nicht die tatsächliche Verkehrsstärke kurz vor dem Unfallzeitpunkt beschreiben, sondern eine durch den Unfall verringerte Verkehrsstärke. Dabei besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass die Verringerung der Verkehrsstärke durch eine Verkehrsstörung verursacht wurde, innerhalb derer sich dann ein Unfall ereignete. Bei 44 der 72 Unfälle wurde eine zeitlich nahe Verkehrsstörung registriert. Bei 21 Unfällen erfolgte die Registrierung nach dem Unfallzeitpunkt und ebenfalls bei 21 Unfällen war eine Störung zum Unfallzeitpunkt bereits gemeldet. Somit könnte bei knapp 30% der Unfälle eine Verkehrsstörung mitverantwortlich oder ursächlich für die verringerte Verkehrsstärke sein.

Festlegung einer neuen stündlichen Verkehrsstärke zur Unfallstunde

Vor dem Hintergrund der o.g. Ergebnisse wurde geprüft, inwieweit eine automatisierte Anpassung der gemessenen stündlichen Verkehrsstärke der Unfallstunde an die (vermuteten) Verkehrsverhältnisse kurz vor dem Unfall möglich ist. Dabei wurde davon ausgegangen, dass bei der überwiegenden Zahl der Unfälle die Reduzierung der stündlichen Verkehrsstärke durch den Unfall erfolgte und dass somit zum Unfallzeitpunkt eine höhere als die ausgewiesene Verkehrsstärke vorlag.

Die Verwendung von mittleren Tagesganglinien bzw. Stundenwerten der Vorwoche für die Berechnung einer neuen Verkehrsstärke zum Unfallzeit-

punkt wurde verworfen, da der durch dieses Verfahren entstandene Fehler in vielen Fällen ebenfalls zu groß geworden wäre und zudem ein enormer Aufwand für die Ermittlung der Tagesganglinien erforderlich wäre. Gute Näherungswerte an die jeweilige Tagesganglinie erbrachte die Berechnung des Mittelwertes der Stunde vor und nach dem Unfall (vgl. Bild 2.6). Dieser Mittelwert wurde dann verwendet, wenn er größer war als die Verkehrsstärke zum Unfallzeitpunkt. Ansonsten blieb die stündliche Verkehrsstärke der Unfallstunde erhalten.

Auswirkung der Mittelwertbildung auf einem hoch belasteten Querschnitt

Für die oben analysierte Zählstelle Hengsen folgt nach der Umsetzung aller 315 U(P) und U(SS) der Jahre 1997 bis 2000, dass bei insgesamt 175 Unfällen (56%) eine höhere Verkehrsstärke zugewiesen wurde, wobei die Erhöhung jedoch überwiegend weniger als 5% betrug (bei 72 Unfällen). Bild 2.6 zeigt die Tagesganglinie der Zählstelle 5101 desjenigen Unfalltages, an dem die maximale Erhöhung (181%) einer stündlichen Verkehrsstärke vorgenommen wurde.

In Hinblick auf die in den weiteren Analysen vorgenommene Bildung von Verkehrsstärkeklassen (200er Intervallbreite) ergibt sich entsprechend der einzelnen Erhöhungen eine Verschiebung der Unfälle in den jeweiligen Verkehrsstärkeklassen. Wie in Tab. 2.13 ausgewiesen, führte die Erhöhung der stündlichen Verkehrsstärke bei insgesamt 99 Unfällen zu einem Wechsel der Verkehrsstärkeklasse. Die in Bild 2.6 dargestellte neu zugewiesene stündliche Verkehrsstärke entspricht einer Erhöhung von 9 Verkehrsstärkeklassen gegenüber der tatsächlich gemessenen Verkehrsstärke der Unfallstunde.

Auswirkung der Mittelwertbildung auf einem gering belasteten Querschnitt

Die gleichen Betrachtungen wurden ebenfalls für einen gering belasteten BAB-Abschnitt durchgeführt. Für die Dauerzählstelle Nr. 5034 auf der A4 zwischen den Anschlussstellen Reichshof/Bergneustadt und Eckenhagen bei km 133,2 wurde in den Jahren 1997 bis 2000 ein mittlerer DTV von rund 15.500 Kfz/24h je Richtungsfahrbahn ausgewiesen. Auf diesem gering belasteten BAB-Abschnitt mit zweistreifigen Richtungsfahrbahnen

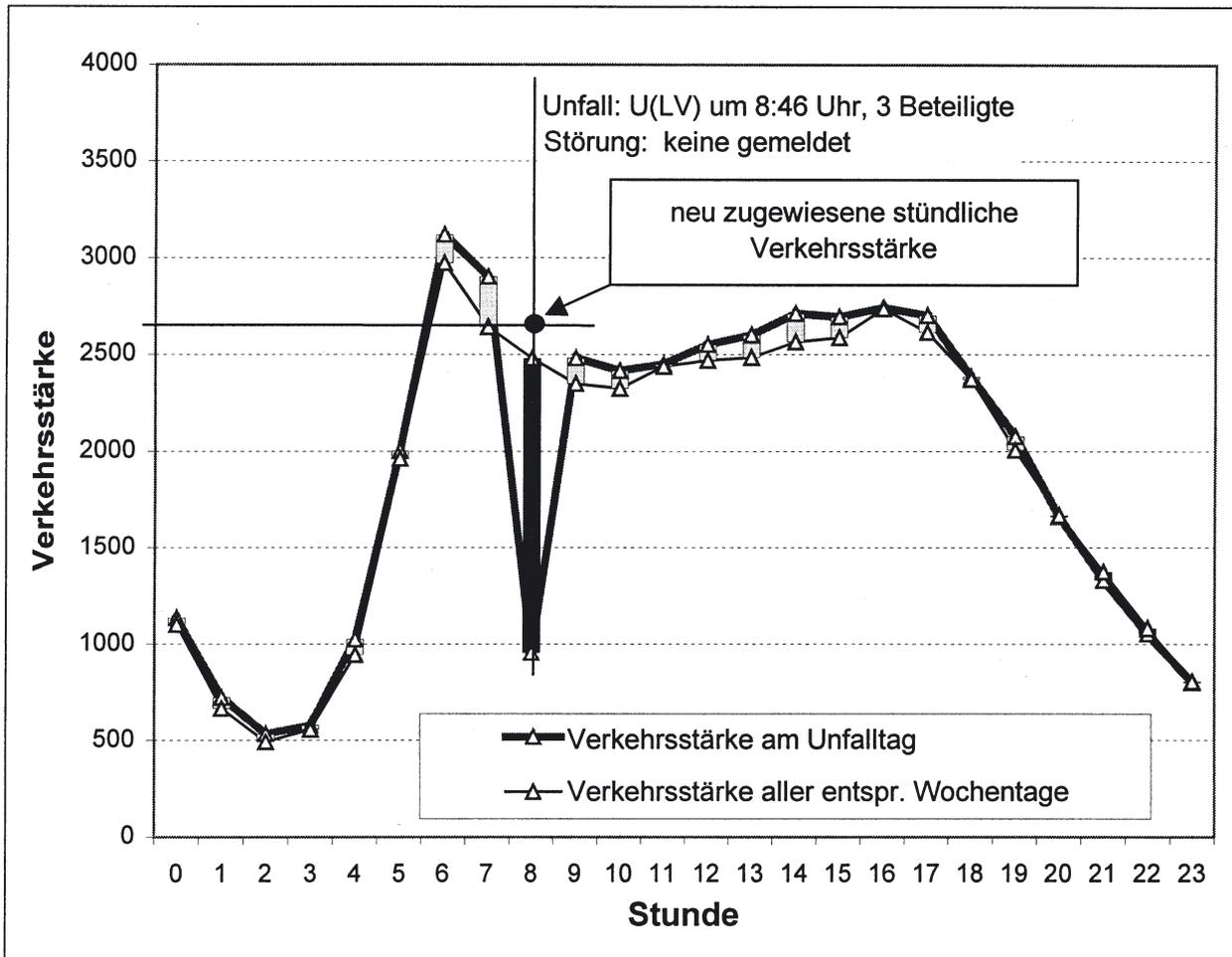


Bild 2.6: Vergleich der Tagesganglinie am Unfalltag (fett) mit der Tagesganglinie aller entsprechenden Wochentage (Zählstelle Hengsen, alle Montage)

ereigneten sich im Untersuchungszeitraum insgesamt 57 Unfälle, von denen 34 (60%) eine höhere stündliche Verkehrsstärke zugewiesen bekamen. Die Erhöhungen waren jedoch überwiegend gering, so dass sich die Änderungen zumeist innerhalb der Verkehrsstärkeklassen ergaben; nur 8 Unfälle wurden in eine höhere Verkehrsstärkeklasse eingeordnet.

Auswirkung der Mittelwertbildung insgesamt

Bezogen auf alle untersuchten 28.597 Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (im engeren Sinne) lag bei 52% der aus Vor- und Nach-Unfallstunde gebildete Verkehrstärkemittelwert über der gemessenen Verkehrsstärke der Unfallstunde. Bei diesen Fällen wurde der Mittelwert als neue stündliche Verkehrsstärke zum Unfallzeitpunkt eingesetzt.

In Hinblick auf die in den weiteren Analysen vorgenommene Bildung von Verkehrsstärkeklassen ergibt sich entsprechend der einzelnen Erhöhun-

Kfz-Gruppe	Erhöhung gegenüber der Unfall-Kfz-Gruppe um xx Klassen									Gesamt
	0	1	2	3	4	5	6	8	9	
1-200	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
201-400	4	.	.	.	.	.	.	.	.	4
401-600	14	5	.	.	.	.	.	.	.	19
601-800	3	4	.	.	.	.	.	.	.	7
801-1000	3	6	.	.	.	.	.	.	.	9
1001-1200	6	2	.	.	.	.	.	.	.	8
1201-1400	5	3	.	.	.	.	.	.	.	8
1401-1600	5	3	.	.	.	.	.	.	.	8
1601-1800	4	2	.	.	1	.	.	.	.	7
1801-2000	4	4	1	.	.	.	.	.	.	9
2001-2200	6	2	1	.	.	.	.	.	.	9
2201-2400	16	3	1	.	.	.	.	.	.	20
2401-2600	24	9	1	2	.	.	.	.	.	36
2601-2800	27	12	4	1	.	.	.	.	1	45
2801-3000	21	10	.	2	.	.	1	.	.	34
3001-3200	30	3	2	1	.	.	.	.	.	36
3201-3400	24	6	1	.	.	1	.	1	.	33
3401-3600	10	1	1	.	.	1	.	.	.	13
3601-3800	3	.	.	.	.	.	.	.	.	3
3801-4000	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2
4001-4200	3	.	.	.	.	.	.	.	.	3
4201-4400	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Gesamt	216	75	12	6	1	2	1	1	1	315
	69%	24%	4%	2%	0%	1%	0%	0%	0%	100%

Tab. 2.13: Verteilung der Unfälle nach Verkehrsstärkeklassen und davon höhergestufte Unfälle (Zählabschnitt Hengsen)

gen auch eine Verschiebung der Unfälle hin zu höheren Verkehrsstärkekassen. Bild 2.7 zeigt die Verteilung der U(P) und U(SS) nach Verkehrsstärkekassen und als dunkle Balkenspitze den Anteil derjenigen Unfälle, die aus einer niedrigeren Klasse hochgestuft wurden. Der Anteil dieser Unfälle beträgt zwischen 15% und 36%, wobei die Anteile mit mehr als 30% in den hohen Verkehrsstärkekassen auftreten.

Zusammenfassung

Mit der hier dargestellten Anpassung der stündlichen Verkehrsstärke wurde versucht, eine möglichst realistische Beschreibung der Verkehrssituation kurz vor dem Unfallzeitpunkt zu erhalten. Die Analysen zeigen, dass einer nicht unerheblichen Anzahl von Unfällen eine höhere stündliche Verkehrsstärke zugewiesen wurde. Dadurch ergibt sich bei den ausgewerteten Unfällen eine Ver-

schiebung der Häufigkeitsverteilung hin zu höheren Verkehrsstärken. Die ausgewiesenen Unfallkennziffern liegen in den höheren Verkehrsstärkekassen durchweg auf einem höheren Niveau als bei der Berechnung der Kennziffern mit den tatsächlich gemessenen Verkehrsstärken der Unfallstunde.

Im Vergleich mit der gemessenen stündlichen Verkehrsstärke wird mit der beschriebenen Mittelwertbildung also eine Annäherung an die tatsächliche Verkehrssituation kurz vor dem Unfallzeitpunkt erreicht.

Vor diesem Hintergrund sollten bei zukünftigen Analysen, die auf Basis von stündlichen Verkehrsstärken durchgeführt werden, stets entsprechende Korrekturen vorgenommen werden. Bei der Verwendung von DTV-Werten sind keine Korrekturen erforderlich, da diese Werte eine mittlere tägliche Verkehrsbelastung darstellen.

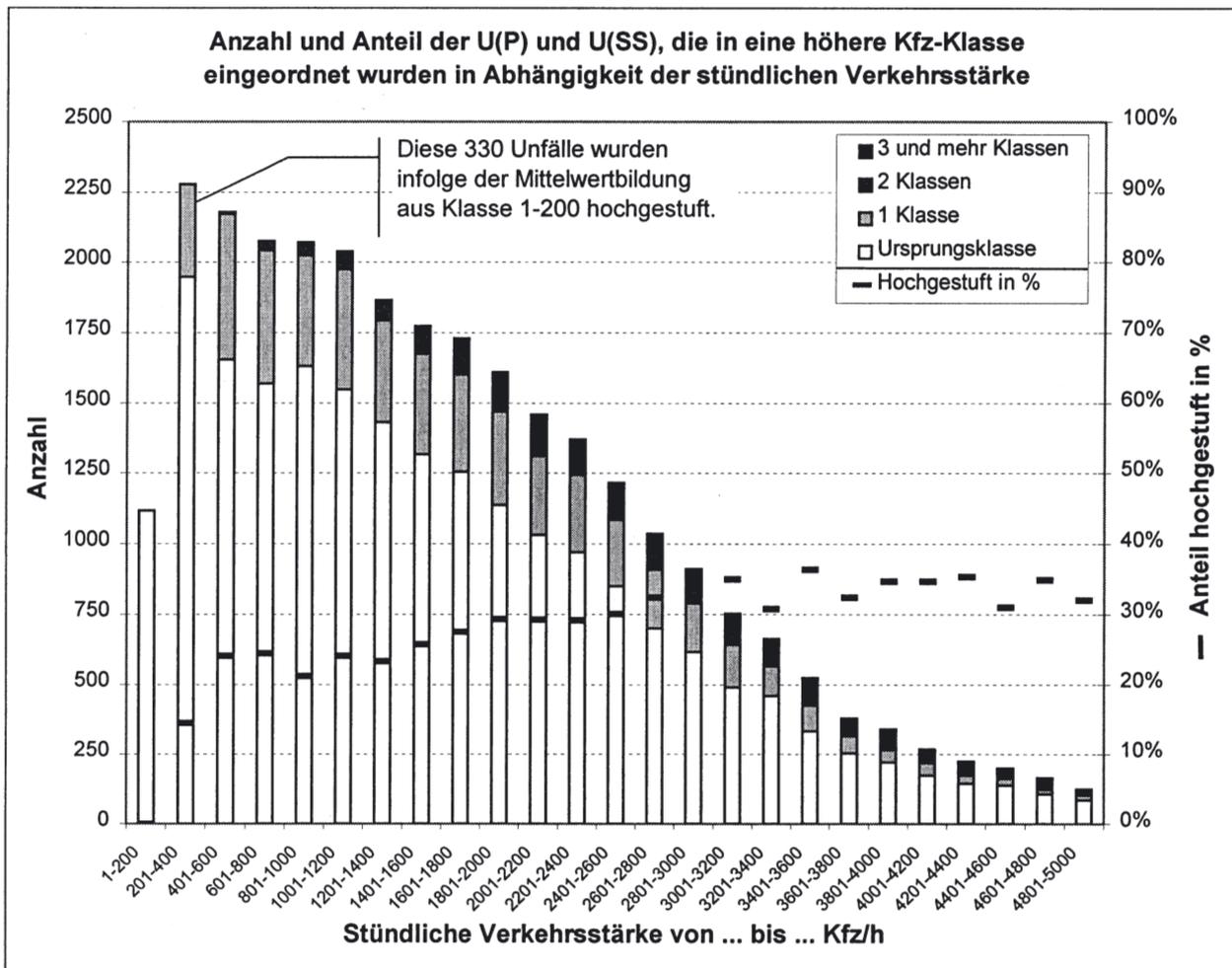


Bild 2.7: Verteilung der Unfälle nach Verkehrsstärkekassen und Anteil der Unfälle, die aus einer niedrigeren Klasse hochgestuft wurden (Unfälle mit Personenschaden sowie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i.e.S. 1997 bis 2000)

3 Kenngrößen des Unfallgeschehens

Um das Unfallgeschehen auf den einzelnen Abschnitten des BAB-Netzes beschreiben und miteinander vergleichen zu können, sind absolute Unfallanzahlen wenig aussagekräftig. Die Aussagefähigkeit von Daten über Unfälle steigt in dem Maße, in dem Unfallergebnisse auf Bezugsgrößen (Expositionsgrößen) bezogen werden können. Durch die Relativierung der absoluten Unfallanzahlen erhält man Unfallkenngrößen, die miteinander vergleichbar sind. Diese Unfallkenngrößen können auch als Risikogrößen interpretiert werden (vgl. FGSV, 1991 und FGSV, 1998).

Im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen werden die Expositionsgrößen Länge der Netz-Abschnitte und Fahrleistung (DTV) verwendet. Damit lassen sich die Unfallkenngrößen: Unfalldichte, Unfallrate, Kostendichte und Kostenrate berechnen.

3.1 Unfalldichten und Unfallraten, Definition und Berechnungsverfahren

Bei der Berechnung von Dichten wird die Anzahl der Unfälle bzw. die Unfallkosten auf die jeweilige Abschnittslänge bezogen, bei der Bildung von Raten erfolgt eine Relativierung der Unfall- bzw. Kostendichte durch die Verkehrsmenge (Fahrleistung) im Bezugszeitraum. Die Erklärung der Abkürzungen erfolgt durch das Übersichtsblatt "Verwendete Abkürzungen" (s. Seite 4).

Unfalldichte UD

Die Unfalldichte ist eine auf die Streckenlänge bezogene Unfallgröße. Sie ist ein Maß für die Häufigkeit der während eines bestimmten Zeitraumes auf bestimmten BAB-Abschnitten bzw. im Gesamtnetz geschehenen Unfälle:

$$UD = \frac{U}{L \cdot t} \quad (\text{Unfälle pro km und Jahr})$$

Unfallrate UR

Die Unfallrate ist eine auf die Fahrleistung bezogene Unfallkenngröße. Sie ist ein Maß für das fahrleistungsbezogene Risiko des Eintritts eines Unfalls.

$$UR = \frac{U \cdot 10^6}{DTV \cdot L \cdot t \cdot 365} \quad (\text{Unfälle pro Mio. Fz} \cdot \text{km})$$

Unfallkostendichte UKD

Die Unfallkostendichte ist wie die Unfalldichte eine auf die Streckenlänge bezogene Kenngröße. Sie quantifiziert den volkswirtschaftlichen Schaden, der durch die Art und Häufigkeit der Unfälle, die sich während eines bestimmten Zeitraumes auf bestimmten BAB-Abschnitten bzw. im Gesamtnetz ereignen, bestimmt wird:

$$UKD = \frac{UK}{L \cdot t \cdot 10^3} \quad (\text{Tsd. € pro km und Jahr})$$

Unfallkostenrate UKR

Die Unfallkostenrate ist eine Kenngröße für den fahrleistungsbezogenen volkswirtschaftlichen Schaden, der durch die Unfälle auf einem bestimmten Abschnitt verursacht wurde.

$$UKR = \frac{UK \cdot 10^3}{DTV \cdot L \cdot t \cdot 365} \quad (\text{€ pro Tsd. Fz} \cdot \text{km})$$

Berechnung der Unfallkosten UK

Die Berechnung der Unfallkosten erfolgt im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen mittels angepasster Unfallkostensätze. Die Anpassung wird jährlich für die jeweils aktuelle Unfall- und Verunglücktenstruktur auf BAB vorgenommen. Grundlage für die Anpassung sind die Basis-Kostensätze für Verunglückte und die entsprechenden Sachschadensanteile der Unfälle (vgl. Tab. 3.1). Die verwendeten Basis-Kostensätze werden jährlich von der BASt fortgeschrieben.

Angepasster Unfallkostensatz für Unfälle mit Personenschaden WUa(P)

$$WUa(P) = \frac{UK(P)}{U(P) \cdot 10^3} \quad (\text{Tsd. € je } U(P))$$

mit:

$$UK(P) = W(GT) \cdot GT(P) + W(SV) \cdot SV(P) + W(LV) \cdot LV(P) + U(P) \cdot WUS(P) \quad (\text{in €})$$

Die Kosten der Unfälle mit Personenschäden werden mittels Kostensätze für Getötete W(GT), Schwerverletzte W(SV), Leichtverletzte W(LV) und dem entsprechenden Sachschadensanteil WUS(P) berechnet. Angepasste Kostensätze werden sowohl für Unfälle mit Personenschaden WUa(P) als auch für:

Unfälle mit Getöteten und/oder Schwerverletzten WUa(SP):

$$WUa(SP) = \frac{UK(SP)}{U(SP) \cdot 10^3} \quad (\text{Tsd. € je } U(SP))$$

mit:

$$UK(SP) = W(GT) \cdot GT(SP) + W(SV) \cdot SV(SP) + W(LV) \cdot LV(SP) + U(SP) \cdot WUS(SP) \quad (\text{in €})$$

und **Unfälle mit Leichtverletzten WUa(LV)** berechnet (vgl. **Tab. 3.2**):

$$WUa(LV) = \frac{UK(LV)}{U(LV) \cdot 10^3} \quad (\text{Tsd. € je } U(LV))$$

mit:

$$UK(LV) = W(LV) \cdot LV(LV) + U(LV) \cdot WUS(LV) \quad (\text{in €})$$

Sonderfälle:

Die jährlich angepassten Unfallkostensätze berücksichtigen neben der Unfallschwere auch die Preisentwicklung der jeweiligen Jahre. Soll nun ausschließlich die Schwere der BAB-Unfälle verglichen werden, darf die Preisentwicklung nicht berücksichtigt werden. Neben den jährlich ange-

passten Unfallkostensätzen wurden zusätzlich entsprechende Unfallkostensätze z.B. $WUa(P)_{00}$ zum Preisstand des Jahres 2000 berechnet (vgl. **Tab. 3.2**).

In Abschnitt 4.4 werden Unfallkosten für den Zeitraum 1997 bis 2000 betrachtet. Für diesen Untersuchungszeitraum wurden die Unfälle zusammengefasst und angepasste Unfallkostensätze aufgrund der mittleren Unfallstruktur des Zeitraumes 1997 bis 2000 und dem Preisstand des Jahres 2000 berechnet.

4 Zusammenhang zwischen stündlicher Verkehrsstärke und Unfallgeschehen

Für detaillierte Untersuchungen des Unfallgeschehens auf einzelnen BAB-Abschnitten ist der Zusammenhang zwischen (stündlicher) Verkehrsstärke und Unfallgeschehen bedeutsam, insbesondere ob zwischen Verkehrsstärke und Unfallrisikokennziffern ein systematischer Zusammenhang besteht. Dieser Frage wird unter Zuhilfenahme von stündlich und richtungsgetreunt vorliegenden Verkehrsstärkedaten der Dauerzählstellen auf BAB

Jahr	Kostensatz in EURO						
	Kostensätze für Personenschaden			Kostensätze für Sachschaden			
	W(GT)	W(SV)	W(LV)	WUS(P)	WUS(SP)	WUS(LV)	WUS(SS)
1997	1.208.694	80.273	3.681	30.678	40.392	26.076	17.384
1998	1.193.350	81.733	3.650	29.882	43.947	24.505	17.619
1999	1.167.290	80.662	3.613	29.007	42.234	24.206	17.424
2000	1.187.652	82.937	3.720	31.163	46.675	25.590	17.929

Tab. 3.1: Basis-Kostensätze für Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden auf Bundesautobahnen in € (BASt, 2001)

Jahr	Kostensätze in EURO							
	Unfallkostensätze (jährlich)				Unfallkostensätze Preisstand 2000 ¹⁾			
	WUa(P)	WUa(SP)	WUa(LV)	WUS(SS)	WUa(P) ₀₀	WUa(SP) ₀₀	WUa(LV) ₀₀	WUS(SS) ₀₀
1997	109.083	297.482	31.473	17.384	109.766	301.603	31.044	17.929
1998	101.270	288.062	29.856	17.619	103.022	291.289	31.044	17.929
1999	99.832	293.661	29.477	17.424	103.570	303.456	31.017	17.929
2000	104.621	309.492	31.026	17.929	104.621	309.492	31.026	17.929

¹⁾ Auf Basis der Kostensätze des Jahres 2000

Tab. 3.2: Angepasste Unfallkostensätze auf Bundesautobahnen in €

nachgegangen.

Die Verknüpfung von Daten der stündlichen Verkehrsstärken aus Dauerzählstellen mit den entsprechenden stündlichen Unfalldaten der Zählstellenabschnitte ermöglicht es, funktionale Zusammenhänge zwischen Kenngrößen des Unfallgeschehens (Unfallraten, Unfalldichten) und Verkehrsstärke zum Unfallzeitpunkt auf breiter Datenbasis zu untersuchen.

4.1 Datengrundlage und methodisches Vorgehen

Grundlage der folgenden Analysen bilden die Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik der vier Datenjahre von 1997 bis zum Jahr 2000 und die Daten zu stündlichen Verkehrsstärken aus Dauerzählstellen auf Bundesautobahnen des gleichen Zeitraumes, für die für alle Stunden eines Jahres Angaben zur stündlichen Verkehrsstärke vorliegen (vgl. Abschnitt 2.4). Jeder dieser Zählstunden bzw. den Verkehrsstärken dieser Zählstunden wurden die Unfalldaten des entsprechenden Zählabschnittes zur Unfallstunde zugeordnet (vgl. Abschnitt 2.5).

Um einerseits ein differenziertes Bild des Zusammen-

hangs zwischen Unfallkenngrößen und Verkehrsstärke zu ermöglichen und andererseits eine ausreichende Fallzahl für die Bestimmung aussagekräftiger Unfallkenngrößen zu erreichen, werden die zunächst auf Stundenbasis für jeden Zählabschnitt vorliegenden Daten auf Verkehrsstärkekassen aggregiert. Die Intervallbreite für jede Verkehrsstärkekategorie beträgt 200 Kfz/h. Dabei wird zusätzlich zwischen zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen differenziert, um zu erwartende unterschiedliche Zusammenhänge nicht zu überlagern. Vierstreifige Richtungsfahrbahnen und Abschnitte mit fünfstreifigen Gesamtquerschnitten werden in die folgenden Analysen nicht einbezogen, da für diese Abschnitte keine ausreichenden Fallzahlen vorliegen.

Bild 4.1 gibt einen Überblick über die Verteilung der Fahrleistungsanteile auf die gebildeten Verkehrsstärkekassen untergliedert nach zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen. Auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen sind die höchsten Fahrleistungsanteile in den Klassen zwischen 800 und 1.800 Kfz/h mit jeweils mehr als 8% zu verzeichnen. Bei dreistreifigen Richtungsfahrbahnen liegen die Maximalanteile für die erbrachte Fahrleistung erwartungsgemäß bei deutlich höheren Verkehrsstärken; hier liegen die höchsten Anteile

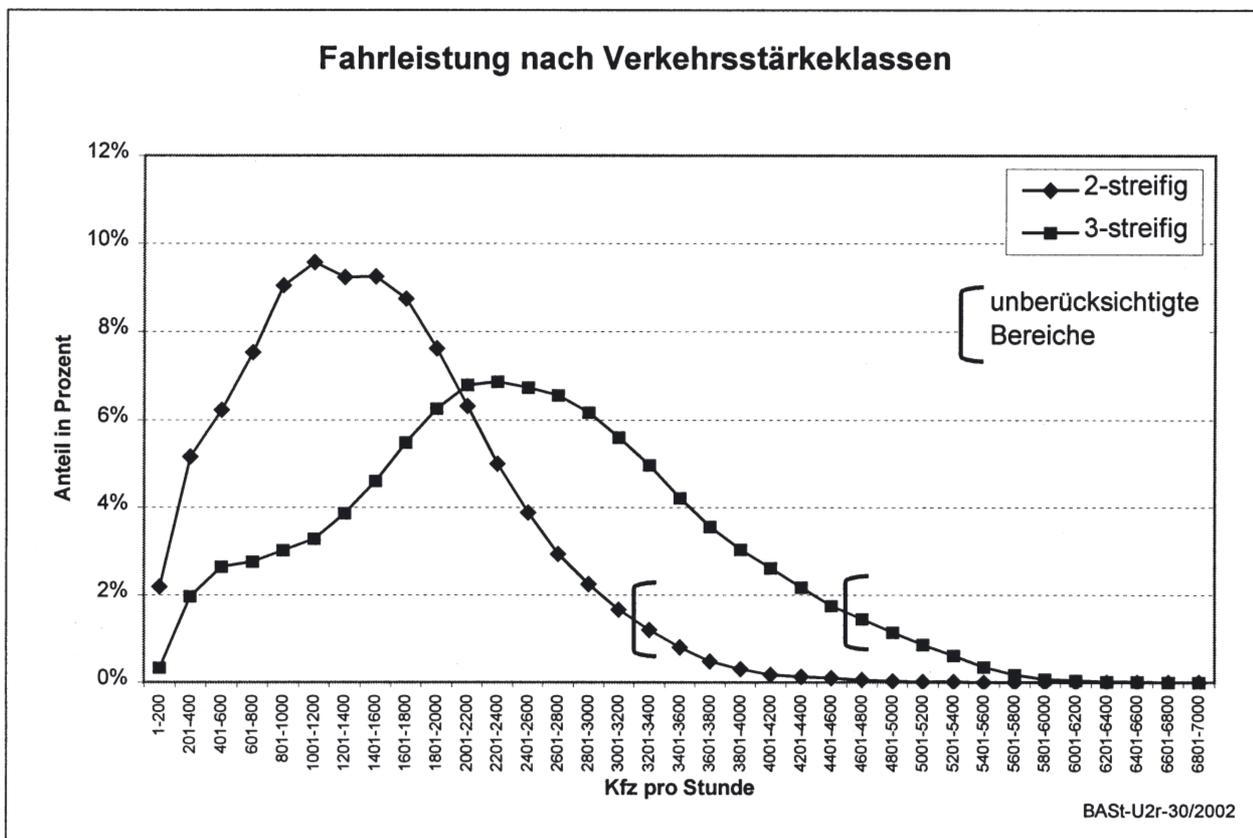


Bild 4.1 Verteilung der Fahrleistungen nach der stündlichen Verkehrsstärke

in den Klassen von 1.800 bis 3.000 Kfz/h.

Bei hohen Verkehrsstärken können bereits geringe Unregelmäßigkeiten zu erheblichen Störungen im Verkehrsablauf bis hin zum "Verkehrszusammenbruch" führen, eine verlässliche und aussagekräftige Zuordnung eines Unfallereignisses zur tatsächlichen Verkehrsstärke zum Unfallzeitpunkt wäre dann nicht mehr möglich. In Anlehnung an das "Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen" (HBS; 2001) werden daher bei den folgenden Ableitungen von funktionalen Zusammenhängen bei den zweistreifigen Richtungsfahrbahnen Verkehrsstärkeklassen über 3.200 Kfz/h und bei den dreistreifigen Richtungsfahrbahnen Verkehrsstärkeklassen über 4.600 Kfz/h nicht berücksichtigt. Wie Bild 4.1 zeigt, werden oberhalb dieser Grenzwerte vergleichsweise nur sehr geringe Fahrleistungen erbracht.

Bei der Ableitung funktionaler Zusammenhänge zwischen Kenngrößen des Unfallgeschehens und der stündlichen Verkehrsstärke wird zwischen verschiedenen Unfallschwerekategorien unterschieden, um andersartige Verläufe leichter und schwerer Unfälle zu verdeutlichen. Differenziert wird zwischen

- Unfällen mit Personenschaden (UP=USP + ULV)¹ insgesamt und differenziert nach
- Unfällen mit schwerem Personenschaden (USP): mindestens ein Verkehrsteilnehmer wurde infolge des Unfalls schwer verletzt oder getötet
- Unfällen mit leichtem Personenschaden (ULV): mindestens ein Verkehrsteilnehmer wurde infolge des Unfalls leicht verletzt (keine Schwerverletzte oder Getötete)
- Unfälle insgesamt (U=UP+USS) und differenziert nach
- Unfällen mit Personenschaden

¹ Die Notation der Unfallkenngrößen weicht in diesem Abschnitt geringfügig vom übrigen Bericht ab, um Missverständnisse zwischen der Formulierung funktionaler Abhängigkeiten, z.B. URSP(Kfz) als Rate der Unfälle mit schwerem Personenschaden als Funktion der Verkehrsstärke und der tatsächlich vorliegenden Rate URSP, und der sonst verwendeten Notation, z.B. UR(SP), zu vermeiden.

- schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden im engeren Sinne (USS; vgl. Abschnitt 5)

Sonstige Sachschadensunfälle ohne Alkoholeinwirkung stehen in den Daten der amtlichen Unfallstatistik nicht zur Verfügung; sonstige Sachschadensunfälle mit Alkoholeinwirkung werden als Sonderfälle nicht berücksichtigt.

Als Kenngrößen des Unfallgeschehens werden zu jeder der o.g. Unfallkategorien die

- Unfallraten (Abschnitt 4.2)
- Unfalldichten (Abschnitt 4.3)
- Unfallkostenraten (Abschnitt 4.4)
- Unfallkostendichten (Abschnitt 4.5)

für jede Verkehrsstärkekategorie getrennt nach zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen bestimmt und einer funktionalen Analyse unterzogen.

Die Unfallraten bilden den Ausgangspunkt bei der Untersuchung des Zusammenhangs von Unfallkenngrößen und der Verkehrsstärke. Ausgehend von Funktionen für Unfallraten werden die Funktionen für die weiteren Kenngrößen analytisch abgeleitet. Teilweise werden zudem aber auch eigene funktionale Zusammenhänge geschätzt, um diese mit einfacheren und aus statistischer Sicht annähernd "guten" funktionalen Formen abzubilden.

Ausgehend von der grafischen Darstellung der tatsächlichen Unfallkenngrößen werden verschiedene mögliche funktionale Formen mit Hilfe von Methoden der Kurvenanpassung auf ihre Anpassung an die Daten geprüft. Dabei werden im wesentlichen folgende funktionale Formen berücksichtigt:

- linear: $a+b \cdot \text{Kfz}$
- quadratisch: $a+b_1 \cdot \text{Kfz}+b_2 \cdot \text{Kfz}^2$
- kubisch: $a+b_1 \cdot \text{Kfz}+b_2 \cdot \text{Kfz}^2+b_3 \cdot \text{Kfz}^3$
- potenziell: $a \cdot \text{Kfz}^b$

Dabei sind a und b die zu schätzenden Parameter der Funktion. Kfz ist die stündliche Verkehrsstärke, wobei für die Kurvenanpassung die jeweilige Klassenmitte der Verkehrsstärkekategorie verwendet wird. Die Auswahl der optimalen Funktion erfolgt auf der Basis des Bestimmtheitsmaßes R^2 unter Berücksichtigung der Anzahl der geschätzten Parameter, d.h. bei ähnlich hohen R^2 – Werten wird die Funktion mit der geringsten Anzahl der geschätzten Parameter ausgewählt. Bei der Ergebnisdarstellung

lung werden im Folgenden jedoch nur die ausgewählten Funktionen ohne weitere statistische Kenngrößen dargestellt, da alle ausgewählten Funktionen eine sehr gute Anpassung aufweisen, d.h. die einzelnen R^2 – Werte liegen durchweg bei 0,9 und darüber.

Jeder Verkehrsstärkeklasse ist genau ein Wert einer Unfallkenngröße zugeordnet. Um die unterschiedliche Bedeutung/Aussagekraft dieser Punkte bei der Funktionsschätzung zu berücksichtigen, erfolgt eine gewichtete Schätzung. Als Gewichtungsfaktoren werden die Fahrleistungsanteile (vgl. Bild 4.1) der einzelnen Verkehrsstärkeklassen zugrunde gelegt. Damit wird eine besonders gute Anpassung der Funktionen in Klassen mit hoher Fahrleistung erreicht.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass weitere wichtige Rahmenbedingungen/Einflussgrößen (z.B. Tageszeit, Lkw-Anteile, Lage im Netz) bei der Schätzung der funktionalen Zusammenhänge nicht einfließen. Die Funktionen sind daher nicht als einfache Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu interpretieren, sondern als Beschreibung der bei unterschiedlichen Verkehrsstärken im Mittel zu beobachtenden Werte der Unfallkenngrößen. Die zeitliche Verteilung des Unfallgeschehens im Zusammenhang mit der Verkehrsstärke wird in Abschnitt 5 eingehend beschrieben.

4.2 Unfallrate

Die Unfallrate (UR) ist die zentrale Kenngröße für vergleichende Untersuchungen zum Unfallrisiko. Sie wird definiert als das Verhältnis der in einer bestimmten zeitlichen und räumlichen Abgrenzung registrierten Anzahl der Unfallereignisse (U) zu der (bei der gleichen Abgrenzung) im Straßenverkehr mit Kraftfahrzeugen zurückgelegten Entfernung (gemessen in Mio. Kfz · km):

$$UR = \frac{U}{Kfz \cdot km} \cdot 10^6 \quad (1)$$

Für die folgenden Analysen wird die Unfallrate getrennt nach der jeweiligen Verkehrsstärkeklasse, in der sie aufgetreten ist, berechnet:

$$UR^k = \frac{\sum_i U_i^k}{\sum_i Kfz_i^k \cdot L_i^k} \cdot 10^6 \quad (2)$$

Dabei ist k die Verkehrsstärkeklasse, für die die Unfallrate bestimmt wird. Summiert wird jeweils über alle Zählstellenstunden (alle Stunden aller

		Unfälle je Mio. Kfz·km	
		2streifige RF	3streifige RF
Unfälle mit Leichtverletzten	URLV	0,085	0,091
Unfälle mit schwerem Personensch.	URSP	0,035	0,031
Unfälle mit Personenschaden	URP	0,120	0,123
Schwerwiegende Unfälle mit Sachsch.	URSS	0,082	0,084
Unfälle insgesamt	UR	0,202	0,207

Tab. 4.1: Mittlere Unfallraten von zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (RF) an BAB-Dauerzählstellen (Datenjahre 1997 – 2000)

untersuchten Zählstellen) i , in der die stündliche Verkehrsstärke Kfz in das Intervall der Verkehrsstärkeklasse k fällt. U bezeichnet die Anzahl der zugehörigen Unfallereignisse und L die Länge (in km) des jeweiligen Zählstellenabschnitts.

Tab. 4.1 gibt einen Überblick über die mittleren Unfallraten der Jahre 1997 bis 2000 an den untersuchten Dauerzählstellen auf Autobahnen getrennt nach zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen. Die Raten der Unfälle mit Personenschaden insgesamt und auch der Unfälle insgesamt liegen auf den dreistreifigen Richtungsfahrbahnen höher als auf den zweistreifigen. Dies ist bedingt durch die entsprechend höheren Raten für die Unfälle mit Leichtverletzten und schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden. Schwerste Unfallfolgen werden auf dreistreifigen Abschnitten in Relation zur Fahrleistung dagegen seltener registriert als auf zweistreifigen.

4.2.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen

4.2.1.1 Raten der Unfälle mit Personenschaden

Bild 4.2 zeigt die Verteilung der Raten für Unfälle mit Personenschaden insgesamt (URP) und differenziert nach Unfällen mit Leichtverletzten (URLV) bzw. Unfällen mit schwerem Personenschaden (URSP). Die höchsten Unfallraten sind in allen drei Abgrenzungen bei extrem niedrigen stündlichen Verkehrsstärken zu verzeichnen. Mit zunehmender Verkehrsstärke sinken die Raten dann deutlich bis etwa der Verkehrsstärkebereich erreicht wird, in dem die höchsten Fahrleistungsanteile auf zweistreifigen Abschnitten erbracht werden. In diesem Bereich liegen alle Raten unter den entsprechenden mittleren Unfallraten (Tab. 4.1). Ab etwa 1.500 Kfz/h ist ein unterschiedlicher Verlauf der Raten für die Unfälle mit Leichtverletzten und die Unfälle mit schwerem Personenschaden zu erkennen: Während die URLV mit zunehmender Verkehrsstärke

wieder zunehmen, ist für die URSP ein weiterer – wenn auch schwächer werdender – Rückgang zu verzeichnen. Der Verlauf der Rate für Unfälle mit Personenschaden insgesamt wird erwartungsgemäß wesentlich von den Unfällen mit Leichtverletzten (als zahlenmäßig größter Gruppe) bestimmt und zeigt somit ab 1.500 Kfz/h ebenfalls wieder einen Anstieg.

Für den deutlichen systematischen Verlauf der Datenpunkte unter 3.200 Kfz/h wurden mittels einer statistischen Kurvenanpassung (s.o.) Funktionen für die Unfallraten ermittelt, die ebenfalls in Bild 4.2 dargestellt sind. Dabei ist zu beachten, dass die Funktionen nur für das Intervall von 0 bis 3.200 Kfz/h Gültigkeit haben.

Die Rate der Unfälle mit schwerem Personenschaden lässt sich optimal durch eine (einfache) potenzielle Funktion (3) annähern. Die stündliche Ver-

kehrsstärke wird im Rahmen der Funktionsschätzung durch 1.000 dividiert, um die Parameter besser lesbar zu skalieren.

Die Rate der Unfälle mit Leichtverletzten lässt sich optimal nur durch eine (komplexere) kubische Funktion (4) annähern.

Die Funktion für die Rate der Unfälle mit Personenschaden ergibt sich dann als Summe der Funktionen der beiden Teilkategorien

$$URP(Kfz) = URSP(Kfz) + URLV(Kfz).$$

Eine gute Annäherung ohne vorherige Bestimmung der Funktionen für URLV und URSP erhält man ebenfalls durch eine kubische Funktion für die Unfallrate mit Personenschaden (5).

Da die Funktionen für die Raten der Unfälle mit Personenschaden und die der Unfälle mit Leichtverletzten beide kubisch sind, lässt sich natürlich

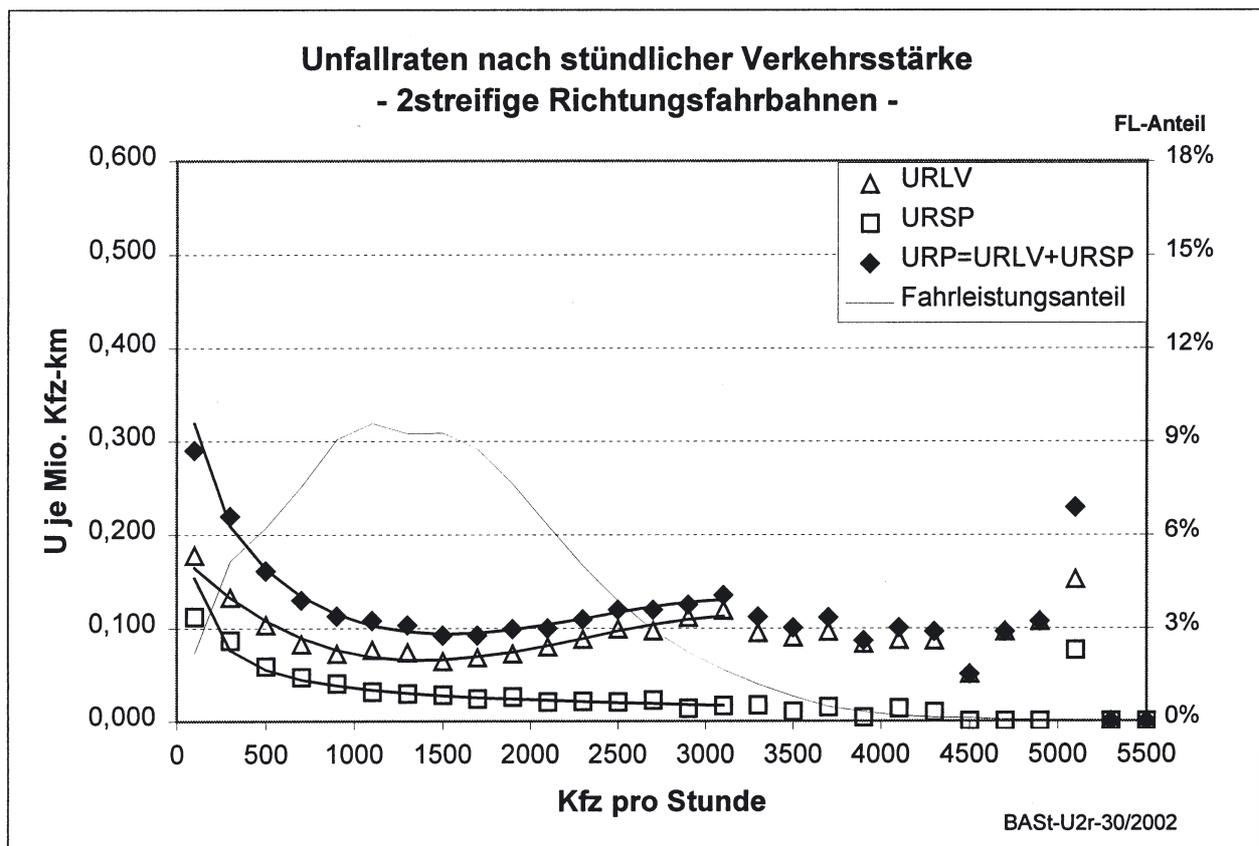


Bild 4.2: Raten der Unfälle mit Personenschaden nach der stündlichen Verkehrsstärke
- zweistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$URSP(Kfz) = 0,0357 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,636} \quad (3)$$

$$URLV(Kfz) = 0,1838 - 0,1992 \cdot (Kfz / 1000) + 0,1028 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,0148 \cdot (Kfz / 1000)^3 \quad (4)$$

$$URP(Kfz) = 0,3046 - 0,3454 \cdot (Kfz / 1000) + 0,1756 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,0268 \cdot (Kfz / 1000)^3 \quad (5)$$

die Rate für die Unfälle mit schwerem Personenschaden auch als kubische Funktion $URSP(Kfz) = URP(Kfz) - URLV(Kfz)$ bestimmen. Vor dem Hintergrund einer optimalen Anpassung mit möglichst wenigen Parametern erhält man zwar eine etwa gleich gut angepasste kubische Funktion, allerdings mit vier statt den nur zwei Parametern bei der obigen potenziellen Funktion.

4.2.1.2 Raten der Unfälle insgesamt

In der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik werden neben allen Unfällen mit Personenschaden auch die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (i.e.S.) erfasst. Diese beiden Gruppen zusammen ergeben die Unfälle insgesamt. Bild 4.3 zeigt die Verteilung der Raten dieser Unfälle insgesamt (UR) und untergliedert nach Unfällen mit Personenschaden (s.o.) und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden (URSS).

Der funktionale Zusammenhang für die Rate der Unfälle mit Personenschaden wurde im vorange-

gangenen Abschnitt bereits dargestellt.

Die Rate der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden lässt sich wie die der Unfälle mit schwerem Personenschaden optimal durch eine (einfache) potenzielle Funktion annähern (6).

Die Funktion für die Rate der Unfälle insgesamt ergibt sich dann aus der Summe der beiden Teilgruppen: $UR(Kfz) = URP(Kfz) + URSS(Kfz)$.

Ohne spezielle Differenzierung nach den Teilgruppen lässt sich die Rate für die Unfälle insgesamt ebenfalls durch eine kubische Funktion optimal annähern (7).

4.2.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen

4.2.2.1 Raten der Unfälle mit Personenschaden

Die Verteilung der Raten der Unfälle mit Personenschaden nach der stündlichen Verkehrsstärke zeigt auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (Bild

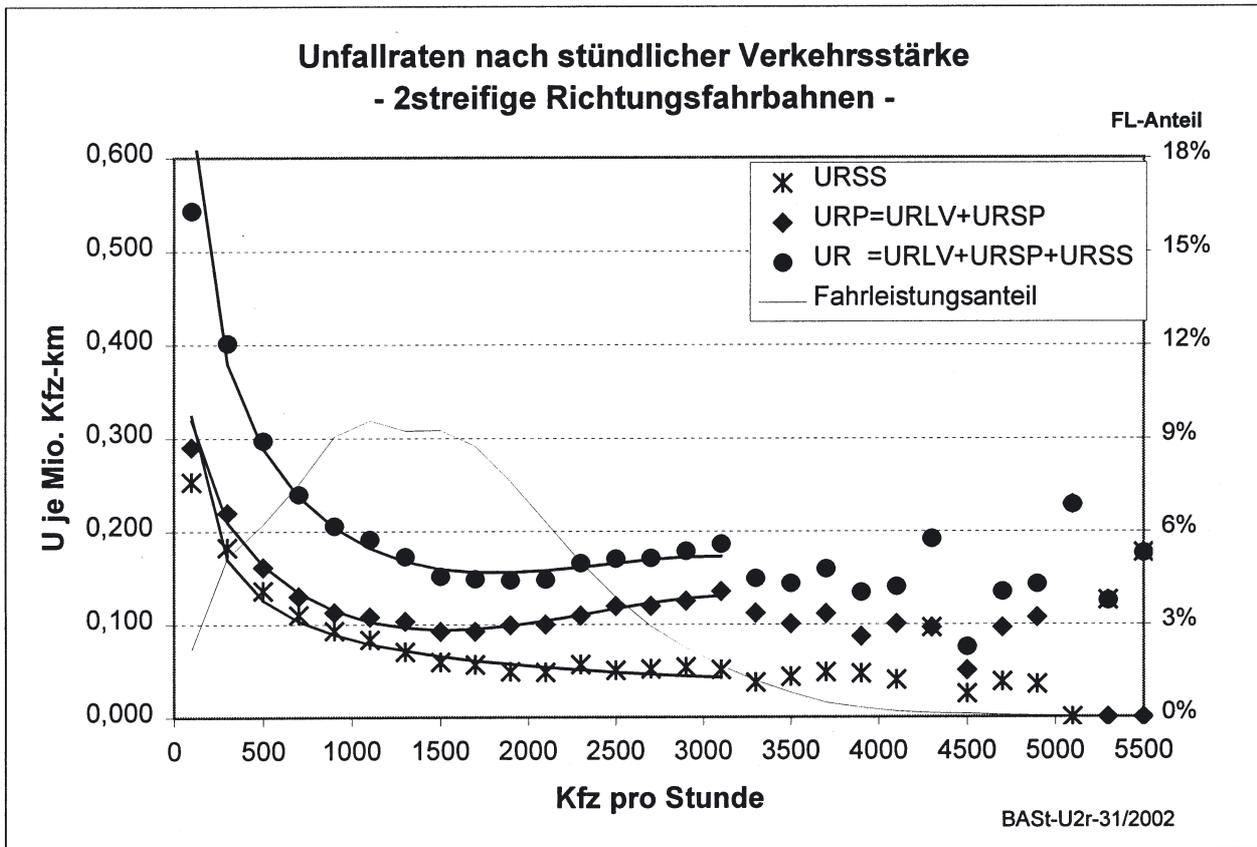


Bild 4.3: Unfallraten nach der stündlichen Verkehrsstärke - zweistreifige Richtungsfahrbahnen -

$URSS(Kfz) = 0,0836 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5886}$	(6)
$UR(Kfz) = 0,5631 - 0,6291 \cdot (Kfz / 1000) + 0,3049 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,0461 \cdot (Kfz / 1000)^3$	(7)

4.4) grundsätzlich den gleichen Verlauf wie auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen. Allerdings reicht der erkennbare systematische Zusammenhang in deutlich höhere Verkehrsstärkebereiche hinein.

Für den systematischen Verlauf der Datenpunkte unter 4.600 Kfz/h wurden mittels einer statistischen Kurvenanpassung wiederum Funktionen für die Unfallraten ermittelt, die ebenfalls in Bild 4.4 dargestellt sind. Die funktionalen Formen sind gleich mit den entsprechenden Funktionen für zweistreifige Richtungsfahrbahnen und unterscheiden sich lediglich in den Parameterwerten und im Gültigkeitsbereich (dreistreifig bis 4.600 Kfz/h; zweistreifig bis 3.200 Kfz/h).

Die Rate der Unfälle mit schwerem Personenschaden lässt sich optimal durch eine potenzielle Funktion annähern (8).

Die Rate der Unfälle mit Leichtverletzten lässt sich optimal durch eine kubische Funktion annähern (9).

Die Funktion für die Rate der Unfälle mit Personenschaden ergibt sich dann wieder als Summe der Funktionen der beiden Teilkategorien $URP(Kfz) = URSP(Kfz) + URLV(Kfz)$.

Eine gute Annäherung ohne vorherige Bestimmung der Funktionen für URLV und URSP erhält man ebenfalls durch eine kubische Funktion für die Unfallrate mit Personenschaden von dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (10).

4.2.2.2 Raten der Unfälle insgesamt

Auch bei den Raten der hier untersuchten Unfälle insgesamt zeigt sich bei den dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (Bild 4.5) ein ähnlicher Verlauf

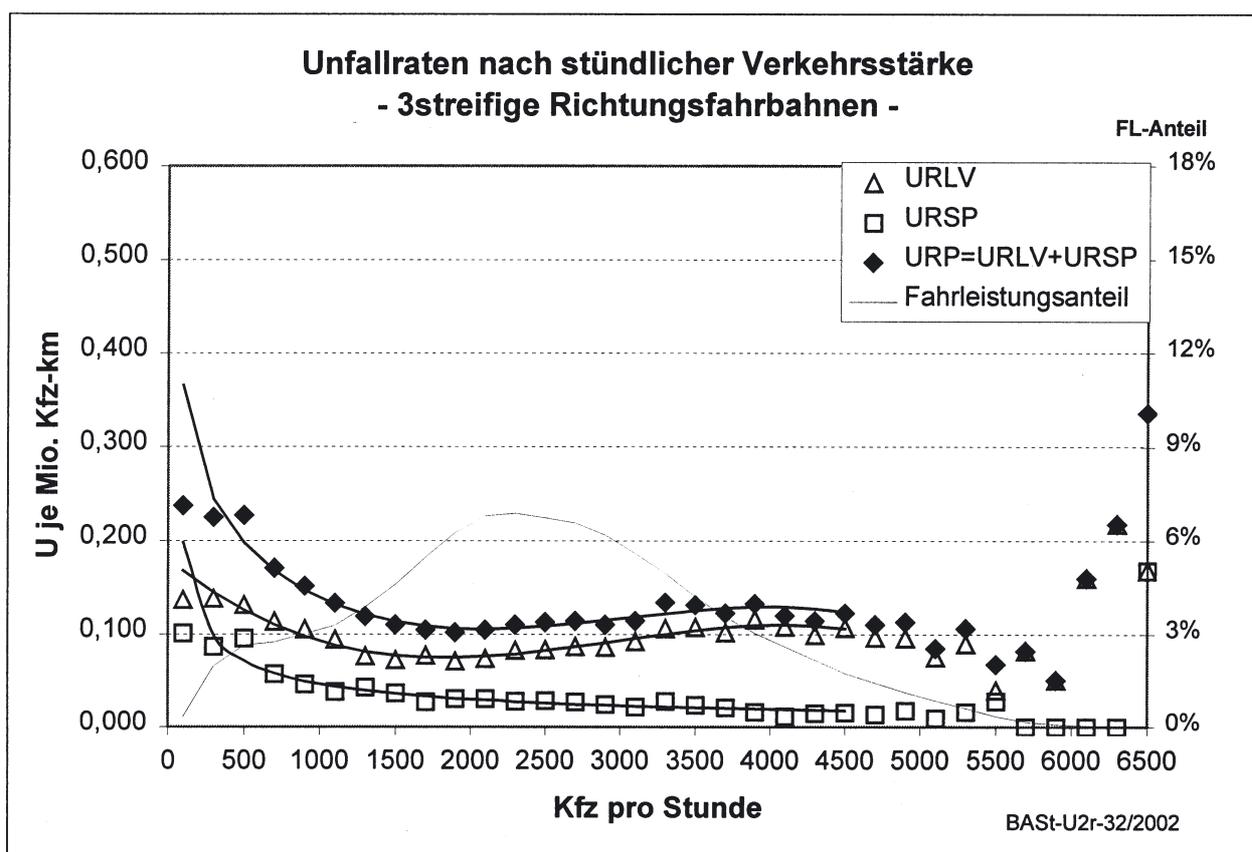


Bild 4.4: Raten der Unfälle mit Personenschaden nach der stündlichen Verkehrsstärke - dreistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$URSP(Kfz) = 0,0464 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6291} \quad (8)$$

$$URLV(Kfz) = 0,1814 - 0,1367 \cdot (Kfz / 1000) + 0,0541 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,0061 \cdot (Kfz / 1000)^3 \quad (9)$$

$$URP(Kfz) = 0,2970 - 0,2309 \cdot (Kfz / 1000) + 0,0872 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,01 \cdot (Kfz / 1000)^3 \quad (10)$$

wie bei den zweistreifigen Richtungsfahrbahnen.

Die Rate der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (URSS) lässt sich auch bei den dreistreifigen Richtungsfahrbahnen optimal durch eine potenzielle Funktion annähern (11).

Die Funktion für die Rate der Unfälle insgesamt ergibt sich dann aus der Summe dieser Funktion und der o.g. Funktion für die Unfallrate mit Personenschaden

$$UR(Kfz) = URP(Kfz) + URSS(Kfz).$$

Ohne spezielle Differenzierung nach den Teilgruppen lässt sich auch für die dreistreifigen Abschnitte die Rate für die Unfälle insgesamt durch eine kubische Funktion optimal annähern (12).

4.3 Unfalldichte

Als weitere wichtige Kenngröße für Sicherheitsvergleiche wird nachfolgend die Unfalldichte untersucht. Die Unfalldichte ist definiert als das Verhältnis der Anzahl der Unfallereignisse (U) zu der

Länge des Straßennetzes (km; ggf. richtungsgetreunt) in einer bestimmten zeitlichen und räumlichen Abgrenzung:

$$UD = \frac{U}{km}$$

Für die folgenden Analysen wird die Unfalldichte getrennt nach der jeweiligen Verkehrsstärkeklasse, in der sie aufgetreten ist, berechnet:

$$UD^k = \frac{\sum_i U_i^k}{\sum_i L_i^k}$$

Dabei ist k die Verkehrsstärkeklasse, für die die Unfalldichte bestimmt wird. Summiert wird jeweils über alle Zählstellenstunden (alle Stunden aller untersuchten Zählstellen) i , in der die stündliche Verkehrsstärke im Intervall der Verkehrsstärkeklasse k liegt. U bezeichnet die Anzahl der zugehörigen Unfallereignisse und L die Länge (in km) des jeweiligen Zählstellenabschnittes. Als Ergebnis erhält man die Unfalldichte UD^k als Anzahl der

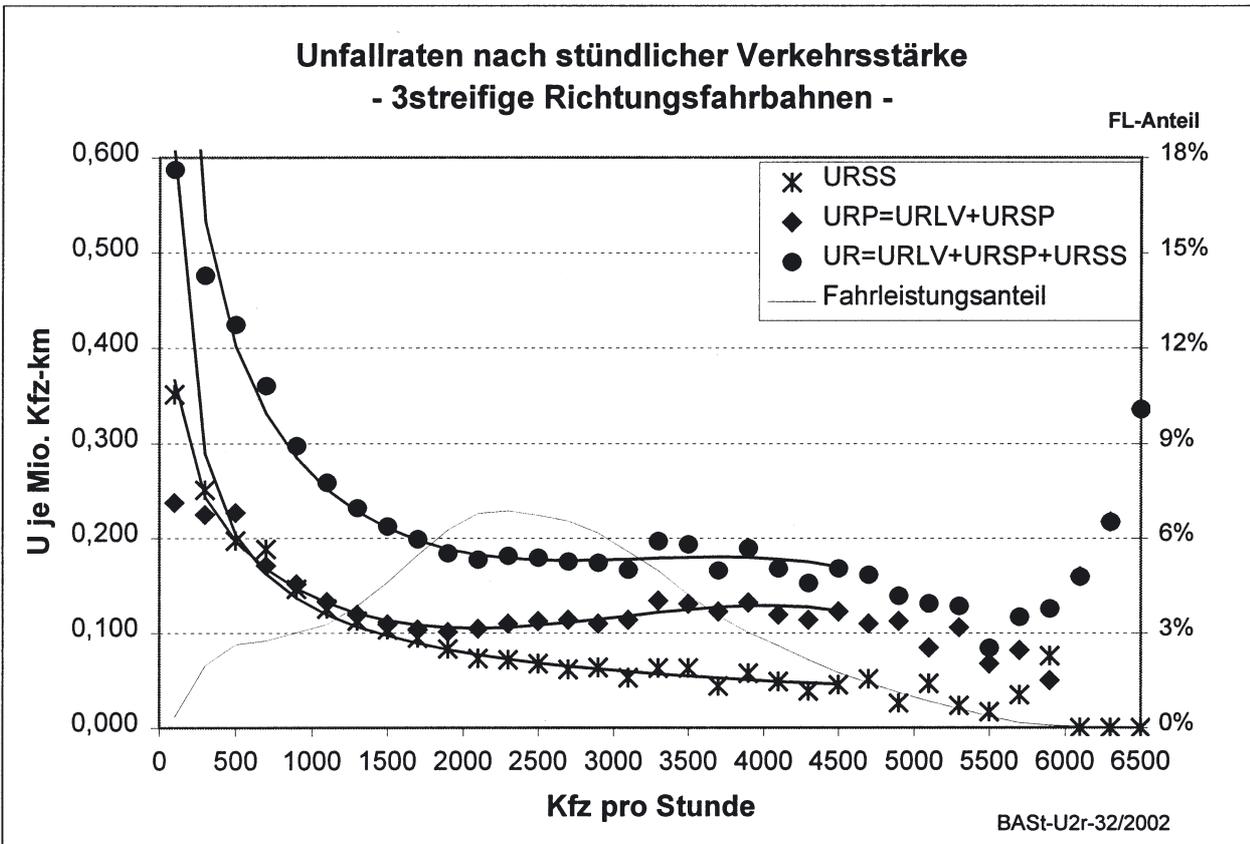


Bild 4.5: Unfallraten nach der stündlichen Verkehrsstärke - dreistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$URSS(Kfz) = 0,1279 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6763} \tag{11}$$

$$UR(Kfz) = 0,6055 - 0,4588 \cdot (Kfz / 1000) + 0,1584 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,0176 \cdot (Kfz / 1000)^3 \tag{12}$$

dichtefunktionen mit 10^{-3} statt mit 10^{-6} zu multiplizieren..

Für die Dichte der Unfälle mit Leichtverletzten erhält man durch die Transformation der kubischen Funktion der Unfallrate ein Polynom vierten Grades (14; mit y-Achsenabschnitt=0).

Die Funktion für die Dichte der Unfälle mit Personenschaden ergibt sich wiederum als Summe der beiden Teilfunktionen:

$$UDP(Kfz) = UDSP(Kfz) + UDLV(Kfz).$$

Ohne Differenzierung nach den Teilfunktionen kann die Dichte der Unfälle mit Personenschaden

jedoch auch durch die Transformation der kubischen Unfallratenfunktion bestimmt werden. Man erhält dann ebenfalls ein Polynom vierten Grades (15).

Da die Funktionen $UDP(Kfz)$ und $UDLV(Kfz)$ beide Polynome vierten Grades sind, kann natürlich die Funktion für die Dichte der Unfälle mit schwerem Personenschaden auch als Differenz

$$UDSP(Kfz) = UDP(Kfz) - UDLV(Kfz)$$

bestimmt werden. Das sich ergebende Polynom weist allerdings wiederum zwei Parameter mehr auf als die einfachere potenzielle Funktion.

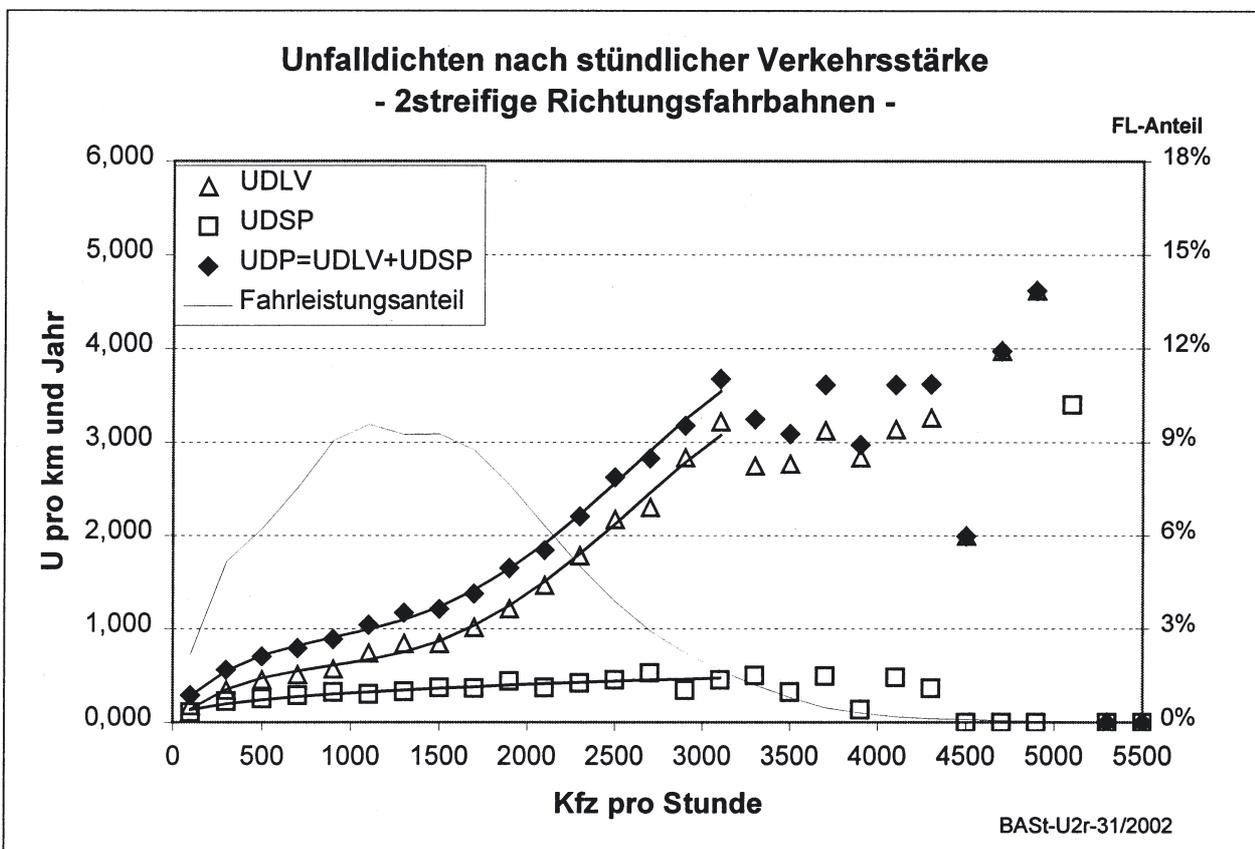


Bild 4.6: Dichten der Unfälle mit Personenschaden nach der stündlichen Verkehrsstärke
- zweistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$\begin{aligned} UDSP(Kfz) &= URSP(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,0357 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,636} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,3127 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,636+1} \\ &= 0,3127 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3640} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} UDLV(Kfz) &= URLV(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 1,6101 \cdot (Kfz / 1000) - 1,7450 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 0,9005 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,1296 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} UDP(Kfz) &= URP(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 2,6683 \cdot (Kfz / 1000) - 3,0257 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 1,5383 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,2348 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (15)$$

4.3.1.2 Dichte der Unfälle insgesamt

Zusätzlich zu den Unfällen mit Personenschaden werden in der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik auch die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden (i.e.S.) erfasst. Zusammen ergeben diese beiden Gruppen die Unfälle insgesamt. Bild 4.7 zeigt die Verteilung der Dichten dieser Unfälle insgesamt (UD) und untergliedert nach den Unfällen mit Personenschaden (s.o.) und den schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden (UDSS).

Die Ableitung des funktionalen Zusammenhangs für die Dichte der Unfälle mit Personenschaden wurde im vorangegangenen Abschnitt beschrieben.

Für die Dichte der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden ergibt sich durch die Transformation

der entsprechenden Unfallratenfunktion wieder eine potenzielle Funktion (16).

Die Funktion für die Dichte der Unfälle insgesamt ergibt sich dann wieder als Summe der Teilgruppen:

$$UD(Kfz) = UDP(Kfz) + UDSS(Kfz).$$

Alternativ kann die Dichte der Unfälle insgesamt wieder durch die Transformation der kubischen Unfallratenfunktion bestimmt werden. Man erhält dann ein Polynom vierten Grades (17).

4.3.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen

4.3.2.1 Dichten der Unfälle mit Personenschaden

Für die Dichten der Unfälle mit Personenschaden

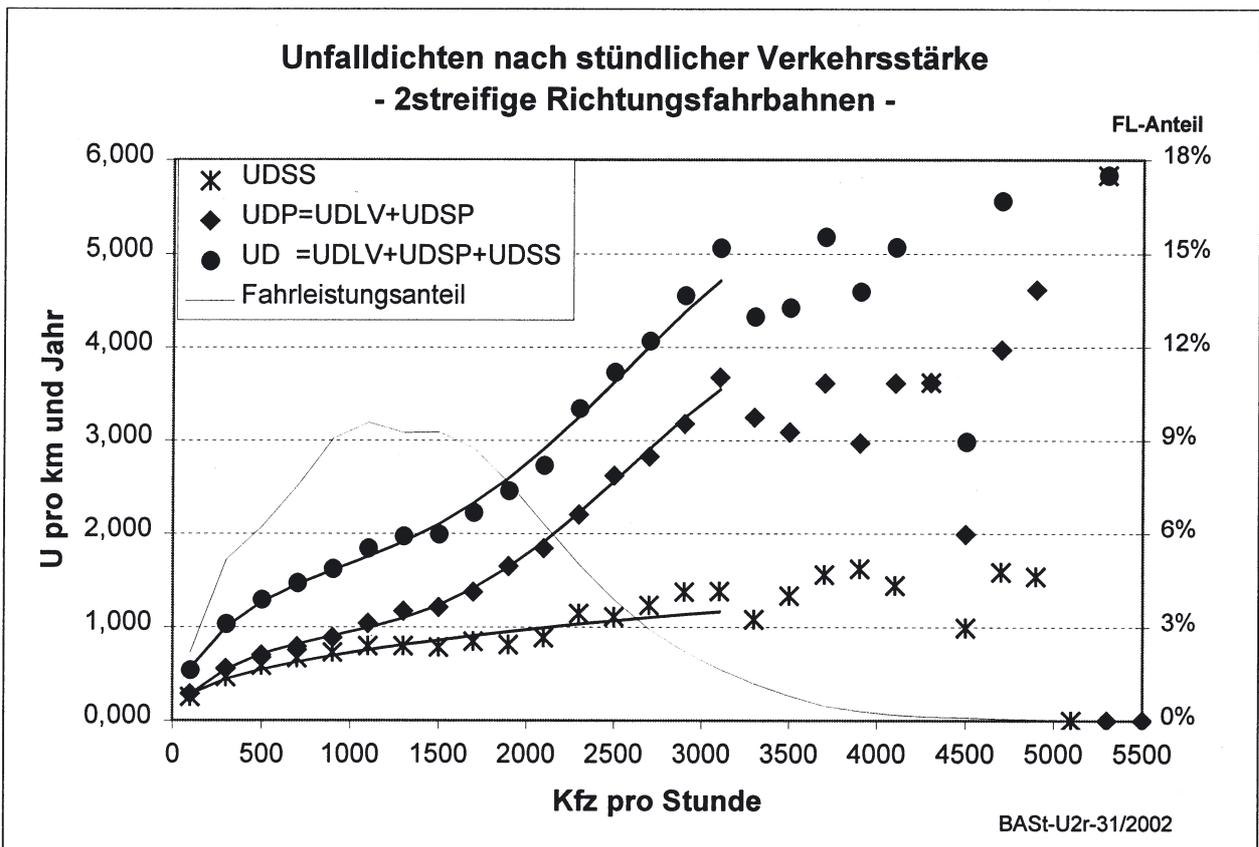


Bild 4.7: Unfalldichten nach der stündlichen Verkehrsstärke - zweistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$\begin{aligned} UDSS(Kfz) &= URSS(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,0836 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5886} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,7323 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5886+1} \\ &= 0,7323 \cdot (Kfz / 1000)^{0,4114} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} UD(Kfz) &= UR(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 4,9328 \cdot (Kfz / 1000) - 5,5109 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 2,6709 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,4038 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (17)$$

sind, wie bereits bei den Raten, für dreistreifige Richtungsfahrbahnen (Bild 4.8) ähnliche Verläufe festzustellen wie für zweistreifige Richtungsfahrbahnen, allerdings auf höherem Niveau.

Die funktionalen Zusammenhänge für die Unfalldichten auf dreistreifigen Fahrbahnen werden wieder direkt aus den Funktionen für die Unfallraten ermittelt. Damit ergeben sich durch Transformation die Funktionen für die Dichte der Unfälle mit schwerem Personenschaden (18) und für die Dichte der Unfälle mit Leichtverletzten (19).

Die Funktion für die Dichte der Unfälle mit Personenschaden auf dreistreifigen Abschnitten setzt

sich zusammen aus der Summe dieser beiden Funktionen

$$UDP(Kfz) = UDSP(Kfz) + UDLV(Kfz).$$

Sie kann aber auch direkt – ohne diese Differenzierung – aus der kubischen Funktion für die Unfallraten mit Personenschaden berechnet werden (20).

4.3.2.2 Dichten der Unfälle insgesamt

Die Dichte der Unfälle insgesamt und differenziert nach der Dichte der Unfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden

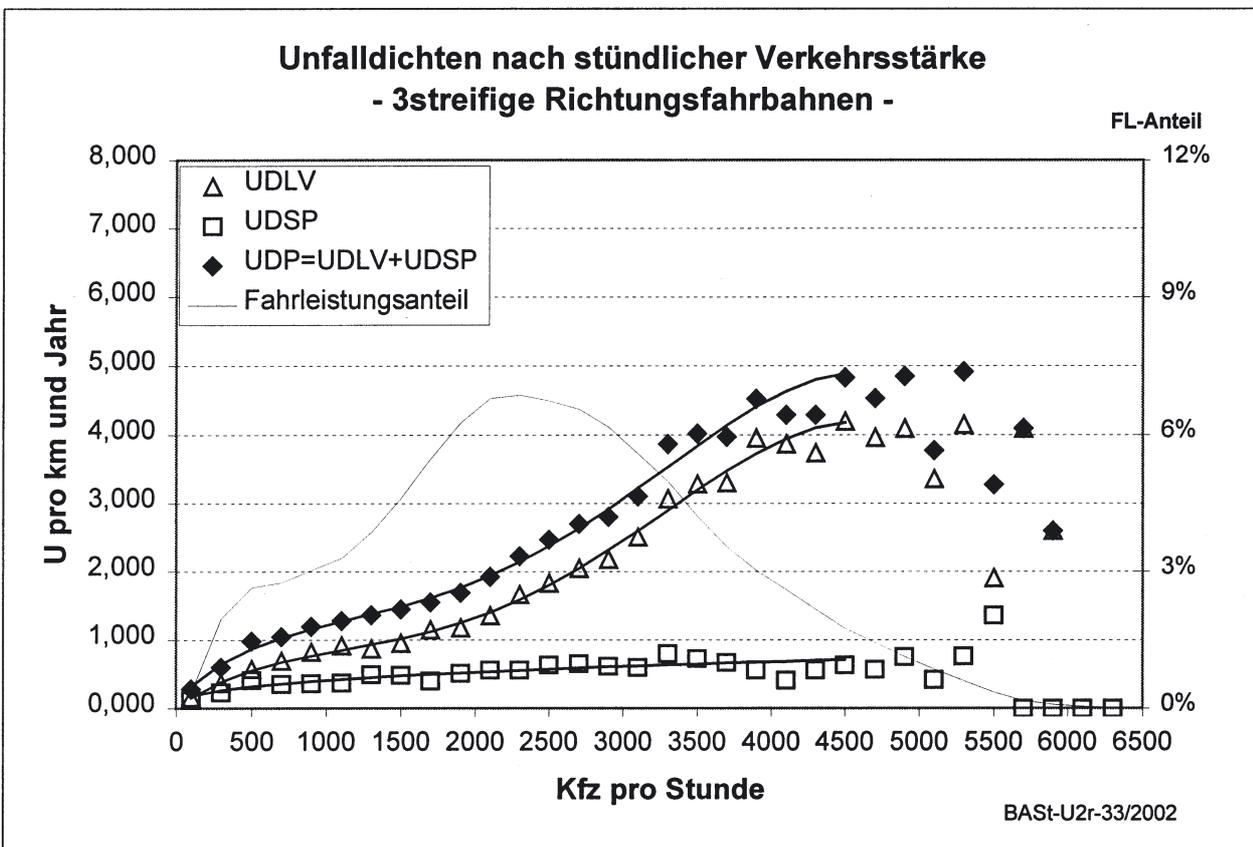


Bild 4.8: Dichten der Unfälle mit Personenschaden nach der stündlichen Verkehrsstärke
- dreistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$\begin{aligned} UDSP(Kfz) &= URSP(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,0464 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6291} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,4065 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6291+1} \\ &= 0,4065 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3709} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} UDLV(Kfz) &= URLV(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 1,5891 \cdot (Kfz / 1000) - 1,1975 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 0,4739 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,0534 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} UDP(Kfz) &= URP(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 2,6017 \cdot (Kfz / 1000) - 2,0227 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 0,7639 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,0876 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (20)$$

den sind in Bild 4.9 dargestellt.

Entsprechend der bisherigen Vorgehensweise wird die Funktion für die Dichte der Unfälle insgesamt bestimmt durch

$$UD(Kfz) = UDP(Kfz) + UDSS(Kfz).$$

Dabei wird die Dichte der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden aus der entsprechenden Unfallrate dreistreifiger Richtungsfahrbahnen abgeleitet (21).

Die alternative Funktion für die Unfalldichte der Unfälle insgesamt – ohne spezielle Differenzierung der Teilgruppen – ergibt sich aus der Transformation der entsprechenden Ratenfunktion dreistreifiger Abschnitte (22).

4.4 Unfallkostenrate

Die Kenngröße Unfallkostenrate (UKR) unterscheidet sich von der Kenngröße Unfallrate (Abschnitt 4.2) durch die Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Kosten infolge von Straßenverkehrsunfällen. Damit wird in der Unfallkostenrate neben der (fahrleistungsbezogenen) Häufigkeit von Unfällen auch deren Schwere bewertet. Die Unfallkostenrate ist definiert als das Verhältnis der in einer bestimmten zeitlichen und räumlichen Abgrenzung infolge von Straßenverkehrsunfällen entstandenen volkswirtschaftlichen Kosten für Personen- und Sachschäden (UK) zu der im Straßenverkehr mit Kraftfahrzeugen erbrachten Fahrleistung (gemessen in 1.000 Kfz·km):

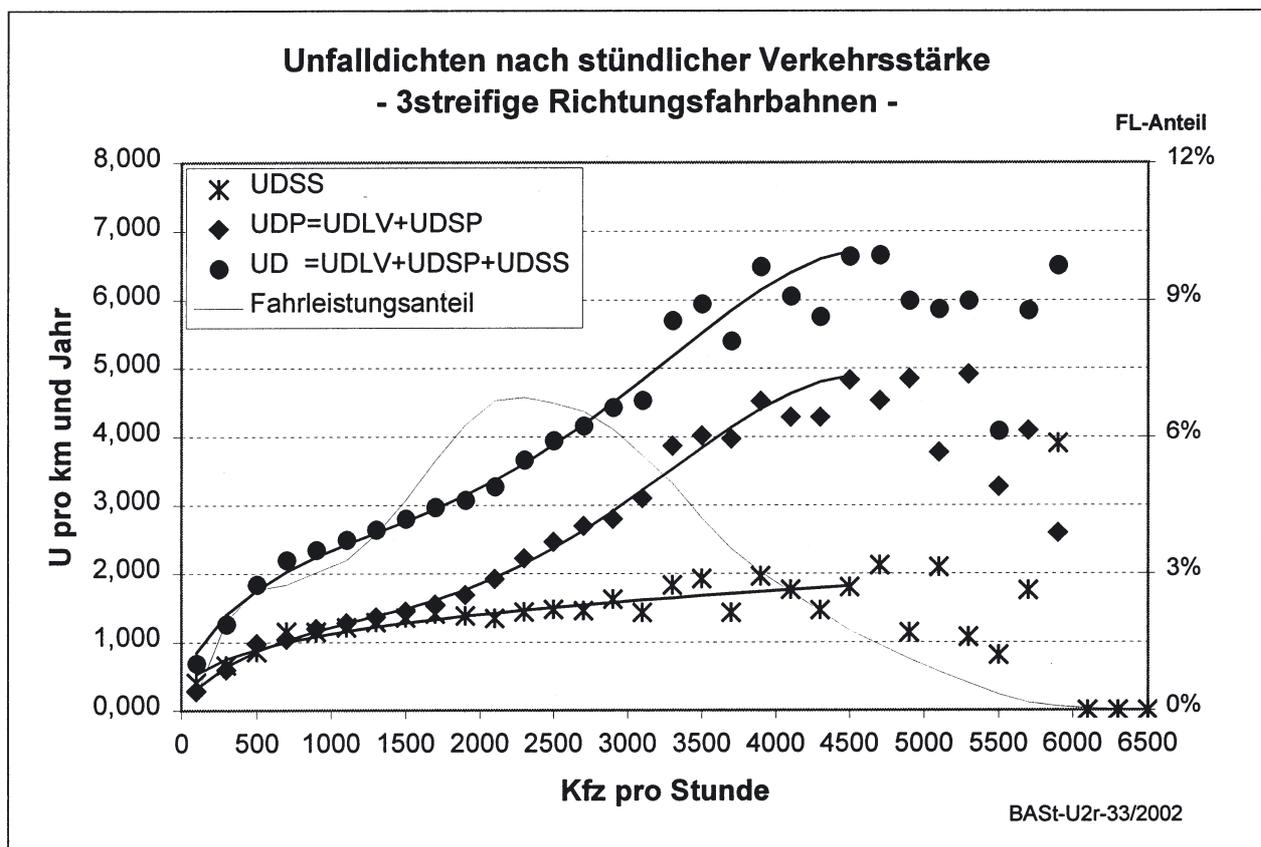


Bild 4.9: Unfalldichten nach der stündlichen Verkehrsstärke - dreistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$\begin{aligned} UDSS(Kfz) &= URSS(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,1279 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6763} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 1,1204 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6763+1} \\ &= 1,1204 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3237} \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} UD(Kfz) &= UR(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 5,3042 \cdot (Kfz / 1000) - 4,0191 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 1,3876 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,1542 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (22)$$

$$UKR = \frac{UK}{Kfz \cdot km} \cdot 10^3$$

Entsprechend der Unfallrate wird die Unfallkostenrate getrennt nach der jeweiligen Verkehrsstärkeklasse durch

$$UKR^k = \frac{\sum_i UK_i^k}{\sum_i Kfz_i^k \cdot L_i^k} \cdot 10^3$$

berechnet.

Die Unfallkostenraten werden nachfolgend differenziert nach den Kostenraten der Unfälle mit Personenschaden und den Kostenraten der hier untersuchten Unfälle insgesamt. In den grafischen Darstellungen wird nicht mehr nach den jeweiligen Unfallkategorien unterschieden, da bei den folgenden Analysen die volkswirtschaftlichen Kosten und nicht Häufigkeiten im Vordergrund stehen. Dabei werden die Unfallkosten für die Unfälle mit Personenschaden UKP als Summe der Kosten für die Unfälle mit Leichtverletzten und Kosten der Unfälle mit schwerem Personenschaden bestimmt:

$$UKP = ULV \cdot WUaLV + USP \cdot WUaSP$$

Dabei sind ULV bzw. USP die jeweilige Anzahl der Unfälle mit Leichtverletzten bzw. mit schwerem Personenschaden und $WUaLV$ bzw. $WUaSP$ die durchschnittlichen Unfallkosten je Unfall der entsprechenden Kategorie. Die Unfallkosten für die Unfälle insgesamt ergeben sich aus

$$UK = UKP + USS \cdot WUaSS$$

Für die Unfallkosten je Unfall werden die durchschnittlichen (Datenjahre 1997 bis 2000; Preisstand 2000) und auf die Schwere von BAB-Unfällen angepassten Unfallkostensätze für BAB (vgl. Abschnitt 3.1) der drei Unfallschwere-Kategorien zugrunde gelegt. Die angepassten Kostensätze wurden zudem gerundet:

- schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden:
 $WUaSS = 18.000 \text{ € je Unfall}$
- Unfälle mit Leichtverletzten:
 $WUaLV = 31.000 \text{ € je Unfall}$
- Unfälle mit schwerem Personenschaden:
 $WUaSP = 300.000 \text{ € je Unfall}$

Tab. 4.3 gibt einen Überblick über die mittleren Unfallkostenraten für den Untersuchungszeitraum an den untersuchten Dauerzählstellen auf Autobahnen getrennt nach zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen. Die Kostenraten für die Unfälle insgesamt liegen jeweils nur geringfügig über den Kostenraten für die Unfälle mit Perso-

		Unfallkostenraten in EURO je 1.000 Kfz-km	
		2streifige RF	3streifige RF
Unfälle mit Personensch.	UKRP	13,156	12,243
Unfälle insgesamt	UKR	14,631	13,753

BAST-U2F-32/2002

Tab. 4.3: Mittlere Unfallkostenraten auf zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (RF) an BAB-Dauerzählstellen (Datenjahre 1997 – 2000)

nenschaden, da die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden zahlenmäßig, insbesondere aber aufgrund der vergleichsweise geringen volkswirtschaftlichen Kosten, kaum ins Gewicht fallen.

Im Gegensatz zum Vergleich der mittleren Unfallraten sind die Unfallkostenraten von dreistreifigen Richtungsfahrbahnen jedoch niedriger als die von zweistreifigen Richtungsfahrbahnen. Dies ist ausschließlich auf die geringeren Raten für Unfälle mit schwerem Personenschaden auf den dreistreifigen Abschnitten (vgl. Tab. 4.1) zurückzuführen. Die hohen volkswirtschaftlichen Kosten dieser schweren Unfälle führen damit zu einer deutlich anderen Gewichtung beim Vergleich des Unfallrisikos von zwei- und dreistreifigen Abschnitten.

4.4.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen

Bild 4.10 zeigt die Verteilung der Kostenraten für die Unfälle mit Personenschaden (UKRP) und die Unfälle insgesamt (UKR), d.h. die Summe der Unfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden. Beide Kenngrößen zeigen eine etwa parallel verlaufende, zunächst deutliche Abnahme mit steigender stündlicher Verkehrsstärke. Ab etwa 2.000 Kfz/h bis ca. 3.200 Kfz/h ist dann fast kein weiterer Rückgang mehr erkennbar.

Die funktionalen Zusammenhänge für die Unfallkostenraten können direkt aus den Funktionen für die Unfallraten hergeleitet werden (23 und 24).

Der Faktor 10^{-3} ist erforderlich, da Unfallkostenraten üblicherweise "je Tsd. Kfz-km" bestimmt werden, Unfallraten dagegen "je Mio. Kfz-km". Die zugehörigen Summanden erhält man durch Transformation der Funktionen für die Unfallraten (25 bis 27).

Die beiden Funktionen für die Unfallkostenrate der Unfälle mit Personenschaden und die Unfallkostenrate der Unfälle insgesamt können auch ohne vorherige Ermittlung und Transformation der Teilfunktionen für die Raten direkt durch einfache po-

tenzielle Funktionen optimal angenähert werden: die Unfallkostenrate für Unfälle mit Personenschaden vgl. Gleichung 28 und die Unfallkostenrate für Unfälle insgesamt vgl. Gleichung 29.

4.4.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen

Der Verlauf der Unfallkostenraten der dreistreifigen Richtungsfahrbahnen ist vergleichbar mit dem

Verlauf für zweistreifige Richtungsfahrbahnen; allerdings sind die Streuungen der Werte für dreistreifige Abschnitte, insbesondere aufgrund der geringeren Fallzahlen, größer.

Die funktionalen Zusammenhänge zwischen den Unfallkostenraten und der stündlichen Verkehrsstärke werden wieder direkt aus den Funktionen für die Unfallraten dreistreifiger Abschnitte herge-

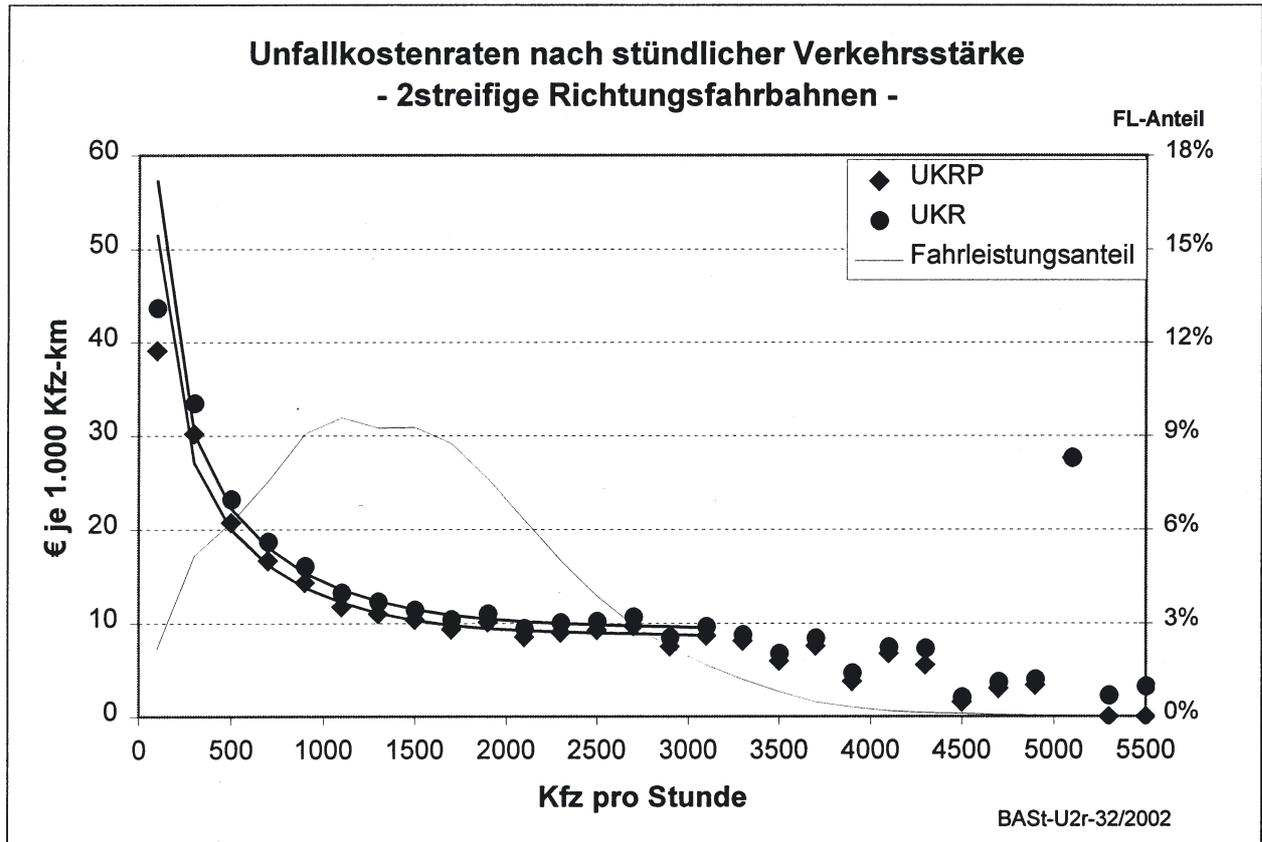


Bild 4.10: Unfallkostenraten nach der stündlichen Verkehrsstärke - zweistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$\text{UKRP}(\text{Kfz}) = \text{UKRSP}(\text{Kfz}) + \text{UKRLV}(\text{Kfz}) = (\text{URSP}(\text{Kfz}) \cdot \text{WUaSP} + \text{URLV}(\text{Kfz}) \cdot \text{WUaLV}) \cdot 10^{-3} \quad (23)$$

$$\text{UKR}(\text{Kfz}) = \text{UKRP}(\text{Kfz}) + \text{UKRSS}(\text{Kfz}) = \text{UKRP}(\text{Kfz}) + (\text{URSS}(\text{Kfz}) \cdot \text{WUaSS}) \cdot 10^{-3} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \text{UKRSP}(\text{Kfz}) &= \text{URSP}(\text{Kfz}) \cdot \text{WUaSP} \cdot 10^{-3} \\ &= (0,0357 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^{-0,636}) \cdot 300.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 10,71 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^{-0,636} \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \text{UKRLV}(\text{Kfz}) &= \text{URLV}(\text{Kfz}) \cdot \text{WUaLV} \cdot 10^{-3} \\ &= 5,698 - 6,175 \cdot (\text{Kfz} / 1000) + 3,187 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^2 - 0,459 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^3 \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \text{UKRSS}(\text{Kfz}) &= \text{URSS}(\text{Kfz}) \cdot \text{WUaSS} \cdot 10^{-3} \\ &= (0,0836 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^{-0,5886}) \cdot 18.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 1,505 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^{-0,5886} \end{aligned} \quad (27)$$

$$\text{UKRP}(\text{Kfz}) = 13,516 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^{-0,5303} \quad (28)$$

$$\text{UKR}(\text{Kfz}) = 15,027 \cdot (\text{Kfz} / 1000)^{-0,5358} \quad (29)$$

leitet (30 und 31).

Die zugehörigen Summanden erhält man durch Transformation der Funktionen für die Unfallraten (32 bis 34).

Die beiden Funktionen für die Unfallkostenrate der

Unfälle mit Personenschaden und die Unfallkostenrate der Unfälle insgesamt können auch ohne vorherige Ermittlung und Transformation der Teilfunktionen für die Raten direkt durch einfache potenzielle Funktionen optimal angenähert werden: die Unfallkostenrate für Unfälle mit Personen-

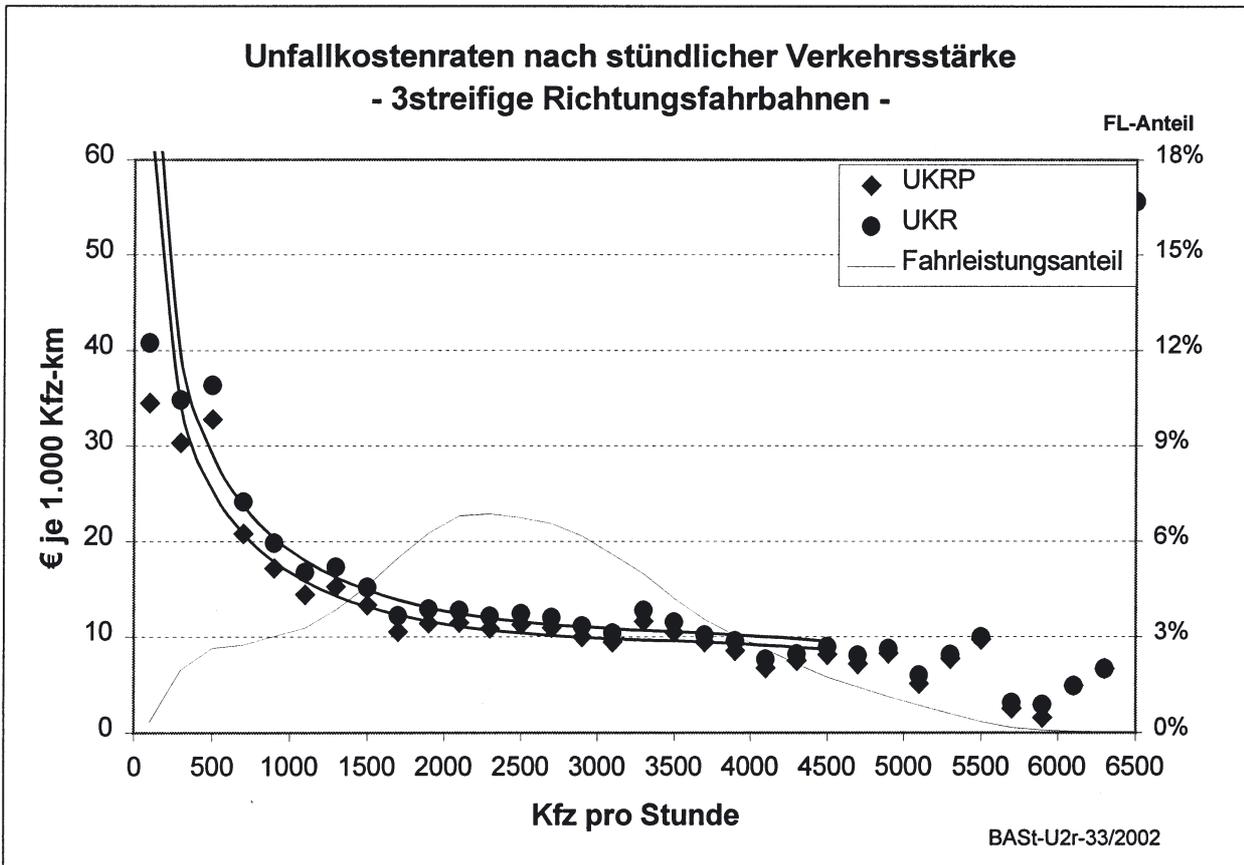


Bild 4.11: Unfallkostenraten nach der stündlichen Verkehrsstärke - dreistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$UKRP(Kfz) = UKRSP(Kfz) + UKRLV(Kfz) = (URSP(Kfz) \cdot WUaSP + URLV(Kfz) \cdot WUaLV) \cdot 10^{-3} \quad (30)$$

$$UKR(Kfz) = UKRP(Kfz) + UKRSS(Kfz) = UKRP(Kfz) + (URSS(Kfz) \cdot WUaSS) \cdot 10^{-3} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} UKRSP(Kfz) &= URSP(Kfz) \cdot WUaSP \cdot 10^{-3} \\ &= (0,0464 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6291}) \cdot 300.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 13,92 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6291} \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} UKRLV(Kfz) &= URLV(Kfz) \cdot WUaLV \cdot 10^{-3} \\ &= (0,1814 - 0,1367 \cdot (Kfz / 1000) + 0,0541 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,0061 \cdot (Kfz / 1000)^3) \\ &\quad \cdot 31.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 5,623 - 4,238 \cdot (Kfz / 1000) + 1,677 \cdot (Kfz / 1000)^2 - 0,189 \cdot (Kfz / 1000)^3 \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} UKRSS(Kfz) &= URSS(Kfz) \cdot WUaSS \cdot 10^{-3} \\ &= (0,1279 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6763}) \cdot 18.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 2,302 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,6763} \end{aligned} \quad (34)$$

$$UKRP(Kfz) = 16,82 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,4867} \quad (35)$$

$$UKR(Kfz) = 19,146 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5078} \quad (36)$$

schaden vgl. Gleichung 35 und die Unfallkostenrate für Unfälle insgesamt vgl. Gleichung 36.

4.5 Unfallkostendichte

Die Unfallkostendichte ist ein Maß für die volkswirtschaftlichen Kosten durch Straßenverkehrsunfälle (UK) innerhalb eines bestimmten Zeitraumes bezogen auf die Länge des zugrundeliegenden Straßennetzes (ggf. richtungstrennt) gemessen in km:

$$UKD = \frac{UK}{km} \cdot 10^{-3}$$

Die Unfallkostendichte wird hier in 1.000 € (Unfallkosten) pro km und Jahr angegeben. Differenziert nach den stündlichen Verkehrsstärken und unter Berücksichtigung der Anzahl der Stunden pro Jahr wird sie berechnet durch:

$$UKD^k = \frac{\sum_i UK_i^k}{\sum_i I_i^k} \cdot 8760 \cdot 10^{-3}$$

(Unfallkosten in 1.000 € pro km und Jahr)

Wie die Unfalldichte kann auch die Unfallkostendichte entsprechend der in Abschnitt 4.3 dargestellten Vorgehensweise direkt aus den Unfallkostenraten berechnet werden:

$$UKD^k \approx UKR^k \cdot \overline{Kfz}^k \cdot 8760 \cdot 10^{-6}$$

Darüber hinaus lässt sie sich auch durch Transformation der Unfalldichten (bzw. der Funktionen für die Unfalldichten) mit den entsprechenden o.g. Kostensätzen bestimmen. Beide Verfahren werden nachfolgend verwendet.

Tab. 4.4 gibt einen Überblick über die mittleren Unfallkostendichten der Jahre 1997 bis 2000 an den untersuchten Dauerzählstellen getrennt nach zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen. Aufgrund der deutlich höheren Verkehrsstärken auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen, liegen die Unfallkostendichten erwartungsgemäß auf dreistreifigen Abschnitten deutlich über denen von zweistreifigen Abschnitten.

4.5.1 Zweistreifige Richtungsfahrbahnen

Bild 4.12 zeigt die Verteilung der Kostendichten für die Unfälle mit Personenschaden (UKDP) und für die Unfälle insgesamt (UKD). Beide Reihen zeigen wieder einen ähnlichen Verlauf. Aufgrund der zahlenmäßig eher kleinen Gruppe der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden und insbesondere aufgrund ihrer geringen volkswirtschaftlichen

	Unfallkostendichten in 1.000 EURO pro km und Jahr	
	2streifige RF	3streifige RF
Unfälle mit Personensch. UKDP	103,380	180,430
Unfälle insgesamt UKD	114,970	202,690

BAST-U2F-32/2002

Tab. 4.4: Mittlere Unfallkostendichten auf zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (RF) an BAB-Dauerzählstellen (Datenjahre 1997 – 2000)

Kosten, sind die Abstände der beiden Datenreihen sehr gering. Erneut ist ab einer Verkehrsstärke von etwa 3.200 Kfz/h kein systematischer Verlauf mehr erkennbar.

Die funktionalen Zusammenhänge für die Unfallkostendichte können direkt aus den Funktionen für die Unfalldichten, die wiederum aus den Unfallraten abgeleitet wurden (vgl. Abschnitt 4.3), hergeleitet werden (37 und 38).

Die zugehörigen Summanden erhält man durch Transformation der Funktionen für die Unfalldichten (39 bis 41).

Kürzer/einfacher, d.h. ohne Ermittlung der Funktionen für die Summanden, lassen sich die Unfallkostendichten auch auf Grundlage der vereinfachten potenziellen Funktionen für die Unfallkostenraten ermitteln: die Unfallkostendichte der Unfälle mit Personenschaden vgl. Gleichung 42 und die Unfallkostendichte der Unfälle insgesamt vgl. Gleichung 43.

4.5.2 Dreistreifige Richtungsfahrbahnen

In Bild 4.13 ist die Verteilung der Unfallkostendichten nach der stündlichen Verkehrsstärke für dreistreifige Richtungsfahrbahnen dargestellt. Der Verlauf der Datenpunkte ist bei weitem nicht so systematisch wie bei den bisher betrachteten Kenngrößen, insbesondere ab Verkehrsstärken von mehr als 3.000 Kfz/h. Vergleichsweise geringe Fallzahlen im Zusammenspiel mit der Gewichtung mit den stark unterschiedlichen Kostensätzen für verschiedene Unfallkategorien führen bei den Unfallkostendichten zu größeren Streuungen.

Die dargestellten funktionalen Zusammenhänge für die Unfallkostendichten dreistreifiger Richtungsfahrbahnen wurden wiederum aus den entsprechenden Unfalldichten hergeleitet (44 und 45).

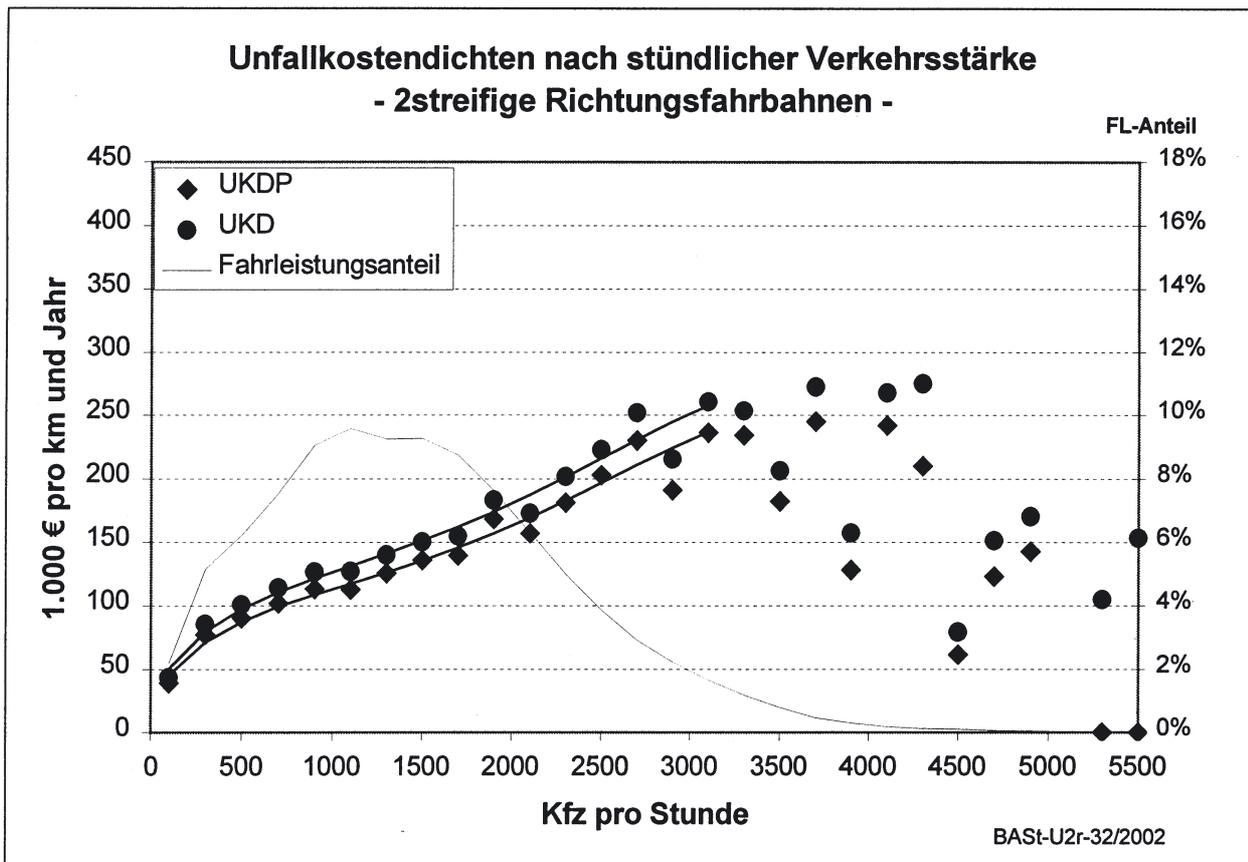


Bild 4.12: Unfallkostendichten nach der stündlichen Verkehrsstärke - zweistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$UKDP(Kfz) = UKDSP(Kfz) + UKDLV(Kfz) = (UDSP(Kfz) \cdot WUaSP + UDLV(Kfz) \cdot WUaLV) \cdot 10^{-3} \quad (37)$$

$$UKD(Kfz) = UKDP(Kfz) + UKDSS(Kfz) = UKDP(Kfz) + (UDSS(Kfz) \cdot WUaSS) \cdot 10^{-3} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} UKDSP(Kfz) &= UDSP(Kfz) \cdot WUaSP \cdot 10^{-3} \\ &= 0,3127 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3640} \cdot 300.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 93,81 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3640} \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} UKDLV(Kfz) &= UDLV(Kfz) \cdot WUaLV \cdot 10^{-3} \\ &= (1,6101 \cdot (Kfz / 1000) - 1,7450 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 0,9005 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,1296 \cdot (Kfz / 1000)^4) \\ &\quad \cdot 31.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 49,913 \cdot (Kfz / 1000) - 54,095 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 27,916 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 4,018 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (40)$$

$$\begin{aligned} UKDSS(Kfz) &= UDSS(Kfz) \cdot WUaSS \cdot 10^{-3} \\ &= 0,7323 \cdot (Kfz / 1000)^{0,4114} \cdot 18.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 13,18 \cdot (Kfz / 1000)^{0,4114} \end{aligned} \quad (41)$$

$$\begin{aligned} UKDP(Kfz) &= UKRP(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 13,516 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5303} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 118,4 \cdot (Kfz / 1000)^{0,4697} \end{aligned} \quad (42)$$

$$\begin{aligned} UKD(Kfz) &= UKR(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 15,027 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5358} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 131,6 \cdot (Kfz / 1000)^{0,4642} \end{aligned} \quad (43)$$

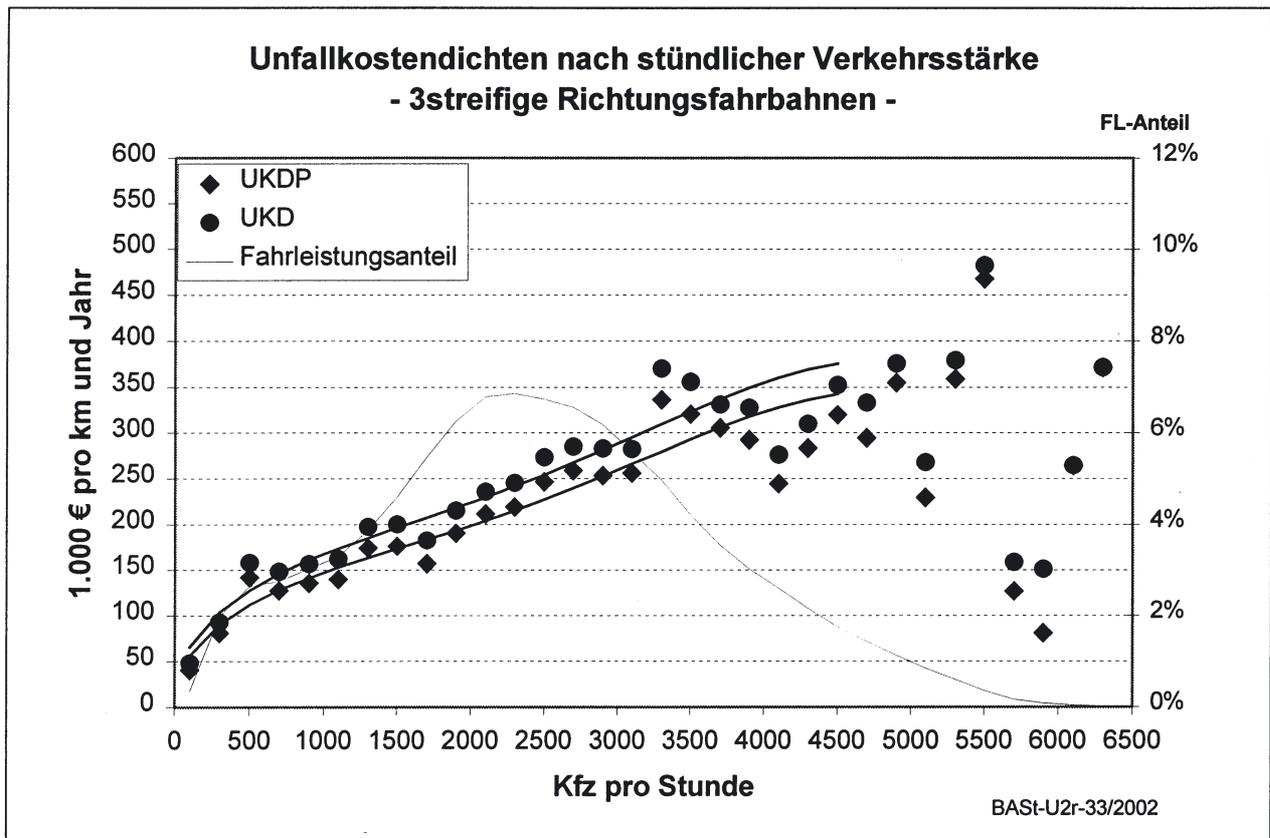


Bild 4.13: Unfallkostendichten nach der stündlichen Verkehrsstärke - dreistreifige Richtungsfahrbahnen -

$$UKDP(Kfz) = UKDSP(Kfz) + UKDLV(Kfz) = (UDSP(Kfz) \cdot WUaSP + UDLV(Kfz) \cdot WUaLV) \cdot 10^{-3} \quad (44)$$

$$UKD(Kfz) = UKDP(Kfz) + UKDSS(Kfz) = UKDP(Kfz) + (UDSS(Kfz) \cdot WUaSS) \cdot 10^{-3} \quad (45)$$

$$\begin{aligned} UKDSP(Kfz) &= UDSP(Kfz) \cdot WUaSP \cdot 10^{-3} \\ &= 0,4065 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3709} \cdot 300.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 121,95 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3709} \end{aligned} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} UKDLV(Kfz) &= UDLV(Kfz) \cdot WUaLV \cdot 10^{-3} \\ &= (1,5891 \cdot (Kfz / 1000) - 1,1975 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 0,4739 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 0,0534 \cdot (Kfz / 1000)^4) \\ &\quad \cdot 31.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 49,262 \cdot (Kfz / 1000) - 37,123 \cdot (Kfz / 1000)^2 + 14,691 \cdot (Kfz / 1000)^3 - 1,655 \cdot (Kfz / 1000)^4 \end{aligned} \quad (47)$$

$$\begin{aligned} UKDSS(Kfz) &= UDSS(Kfz) \cdot WUaSS \cdot 10^{-3} \\ &= 1,1204 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3237} \cdot 18.000 \cdot 10^{-3} \\ &= 20,167 \cdot (Kfz / 1000)^{0,3237} \end{aligned} \quad (48)$$

$$\begin{aligned} UKDP(Kfz) &= UKRP(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 16,82 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,4867} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 147,34 \cdot (Kfz / 1000)^{0,5133} \end{aligned} \quad (49)$$

$$\begin{aligned} UKD(Kfz) &= UKR(Kfz) \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 19,146 \cdot (Kfz / 1000)^{-0,5078} \cdot (Kfz / 1000) \cdot 8760 \cdot 10^{-3} \\ &= 167,72 \cdot (Kfz / 1000)^{0,4922} \end{aligned} \quad (50)$$

Die zugehörigen Summanden erhält man durch Transformation der Funktionen für die Unfalldichten (46 bis 48).

Ohne separate Ermittlung der Funktionen für die einzelnen Summanden, lassen sich die Unfallkostendichten auch auf Grundlage der vereinfachten potenziellen Funktionen für die Unfallkostenraten ermitteln: die Unfallkostendichte der Unfälle mit Personenschaden vgl. Gleichung 49 und die Unfallkostendichte der Unfälle insgesamt vgl. Gleichung 50.

4.6 Zusammenfassung

Für spezielle Fragestellungen, insbesondere detaillierte Untersuchungen des Unfallgeschehens auf einzelnen BAB-Abschnitten sind Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Unfallgeschehen von grundsätzlicher Bedeutung.

Die Analyse der mit den entsprechenden Unfalldaten verknüpften Daten der stündlichen Verkehrsstärken von Dauerzählstellen an BAB (Datenjahre 1997 bis 2000) zeigt deutliche funktionale Zusammenhänge zwischen Kenngrößen des Unfallgeschehens (Unfallraten, -dichten, -kostenraten, -kostendichten) und Verkehrsstärke zum Unfallzeitpunkt. Dabei unterscheiden sich zwei- und dreistreifige Richtungsfahrbahnen in der Größenordnung der Funktionsparameter, nicht jedoch in den funktionalen Grundformen.

Ausgehend von der statistischen Ermittlung von Funktionen für die Unfallraten werden die Funktionen für die weiteren Unfallkenngrößen analytisch abgeleitet. Für die grundsätzlichen funktionalen Zusammenhänge ergaben sich zwei Funktionstypen. Kenngrößen für Unfälle mit schwerem Personenschaden und die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden lassen sich optimal durch potenzielle Funktionen annähern. Für die Kenngrößen der Unfälle mit Leichtverletzten kann eine optimale Kurvenanpassung allerdings nur durch komplexere Polynome dritten (Unfallraten) bzw. vierten Grades (Unfalldichten) erreicht werden, um den Verlauf der Beobachtungswerte hinreichend gut zu beschreiben.

Die höchsten Unfallraten sind grundsätzlich bei extrem niedrigen stündlichen Verkehrsstärken zu verzeichnen. Mit zunehmender Verkehrsstärke sinken die Raten dann deutlich bis etwa der Verkehrsstärkebereich erreicht wird, in dem die höchsten Fahrleistungsanteile erbracht werden. Ab

diesem Wert unterscheidet sich dann der Verlauf der Raten für die Unfälle mit Leichtverletzten und die Unfälle mit schwerem Personenschaden bzw. für die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden. Während die Rate für die Unfälle mit Leichtverletzten wieder zunimmt, ist für die anderen Raten ein weiterer – wenn auch schwächer werdender – Rückgang zu verzeichnen.

Der Verlauf der Unfallraten mit Personenschaden insgesamt und der Unfälle insgesamt (UPS + USS) wird wesentlich von der zahlenmäßig größten Teilgruppe, den Unfällen mit Leichtverletzten, bestimmt und folgt daher einer kubischen Funktion. Dagegen wird der Verlauf der Unfallkostenraten wesentlich von den zahlenmäßig zwar eher kleinen, bezüglich der volkswirtschaftlichen Folgekosten aber gewichtigen Unfällen mit schwerem Personenschaden bestimmt und folgt daher einer potenziellen Funktion.

5 Zeitliche Verteilung der Verkehrsstärke und der Unfallrate

In Abschnitt 4 wird der Zusammenhang zwischen der stündlichen Verkehrsstärke und dem Unfallgeschehen untersucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Reihe von Einflussgrößen wie z.B. Lkw-Anteile und bauliche Besonderheiten bei der Schätzung der funktionalen Zusammenhänge nicht einfließen, da entsprechende Daten nicht oder nur unvollständig vorliegen. Einen großen Einfluss auf die Verkehrsstärke und das Unfallgeschehen hat die Tageszeit. Neben dem typischen Tagesverlauf (vgl. Bild 5.1) unterliegt die mittlere stündliche Verkehrsstärke ebenfalls einem typischen Wochentags- und Monatsverlauf. Hierzu liegen entsprechende Informationen vor und werden im Folgenden ausgewertet. Die mittlere stündliche Verkehrsstärke wurde für jede betrachtete zeitliche Ausprägung aufgrund der registrierten Kraftfahrzeuge und der zugrundeliegenden Messstunden berechnet.

Die Betrachtung nach der Tageszeit zeigt, dass die mittlere stündliche Verkehrsstärke tagsüber und in den frühen Abendstunden (zwischen 7.00 und 20.00 Uhr) Werte zwischen 1.500 und 2.000 Kfz je Stunde aufweist. Im gleichen Zeitraum weist die Unfallrate fast konstante Werte von unter 0,2 U/Mrd.Fz*km auf. Erst zu den verkehrsschwächeren Zeiten steigt die Unfallrate bis auf mehr als 0,5 U/Mrd.Fz*km an.

Während den Tages- und frühen Abendstunden zeigt die Unfallrate keine Abhängigkeit von der mittleren stündlichen Verkehrsstärke. Während dieser Zeit werden rund 82% der Fahrleistung erbracht und 71% der Unfälle registriert.

Die Verteilung nach Wochentagen (Bild 5.2) zeigt, dass im Mittel am Wochenende mit rund 1.000 Kfz/h die geringste stündliche Verkehrsbelastung vorliegt, dass jedoch hier das höchste Unfallrisiko besteht. Die Unfallrate weist am Wochenende mit

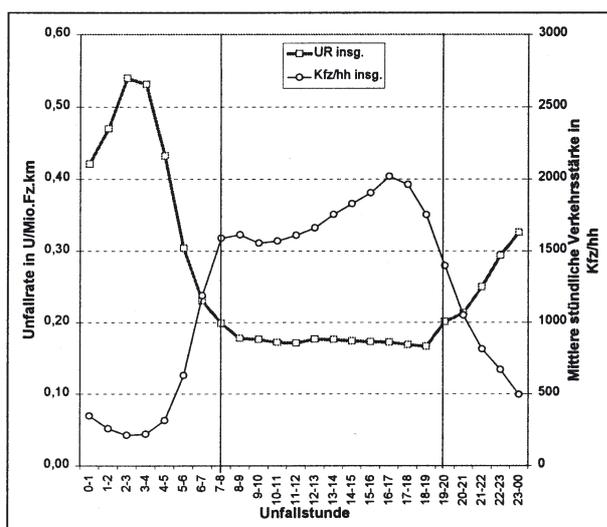


Bild 5.1: Mittlere stündliche Verkehrsstärke und Unfallrate auf BAB nach der Tageszeit

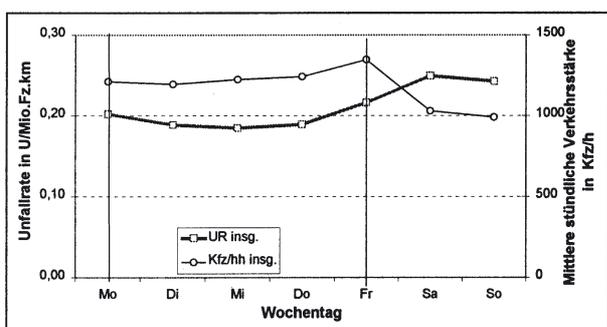


Bild 5.2: Mittlere stündliche Verkehrsstärke und Unfallrate auf BAB nach Wochentagen

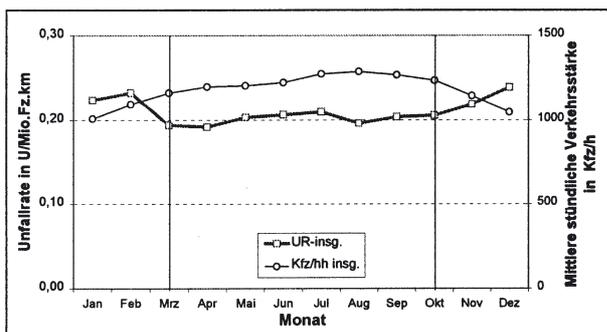


Bild 5.3: Mittlere stündliche Verkehrsstärke und Unfallrate auf BAB nach Monaten

rund 0,25 U/Mrd.Fz*km etwas erhöhte Werte auf.

Zwischen den Monaten (Bild 5.3) März und Oktober liegt das Unfallrisiko fast konstant um 0,2 U/Mrd.Fz*km. Die mittlere stündliche Verkehrsstärke schwankt in diesem Zeitintervall zwischen 1.150 und 1.300 Kfz/h. Während dieser Zeit werden rund 71% der Fahrleistung erbracht und 68% der Unfälle registriert.

Um den deutlichen Einfluss der o.g. Zeitbereiche auszuschließen, wurden diejenigen Unfälle und Bezugsgrößen selektiert, die sich im Zeitbereich: März bis Oktober an den Tagen Montag bis Freitag in der Zeit von 7.00 bis 19.59 Uhr ereigneten.

Im Vergleich zu den Unfallraten aller Unfälle zeigen die Unfallraten des selektierten Zeitbereichs immer noch einen ausgeprägten funktionalen Zusammenhang mit der stündlichen Verkehrsstärke (vgl. Bild 5.).

Die Analysen belegen die grundsätzliche Bedeutung der Verkehrsstärke auf das Unfallrisiko. Sie zeigen jedoch auch, dass bei detaillierten abschnittsbezogenen Untersuchungen durch Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren, wie zeitliche Verteilung oder auch Schwerverkehrsanteil, die Aussagekraft der Ergebnisse verbessert werden könnte. Die Gründe für die im vorangestellten Abschnitt dargestellten funktionalen Verläufe könnten darüber hinaus durch ergänzende Untersuchungen zu Veränderungen der Unfallstruktur, z.B. Anteil der Alleinunfälle, weiter geklärt werden.

6 Fahrtrichtungsgetrennte DTV-Werte und Unfallkenngrößen

Im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen werden Unfallkenngrößen nach Fahrrichtungen getrennt für alle Abschnitte des BAB-Netzes ausgewiesen. Wie in Abschnitt 2.4.2 beschrieben, stehen für alle BAB-Abschnitte jedoch lediglich querschnittsbezogene DTV-Werte zur Verfügung. Da keine Angaben über deren Verteilung auf die Fahrrichtungen vorliegen, werden diese Querschnitts-DTV gleichmäßig auf beide Fahrrichtungen aufgeteilt und somit ein Richtungs-DTV berechnet.

Bei der Betrachtung der - für Abschnitte mit Dauerzählstelle verfügbaren - richtungsgetrennten Verkehrsstärken zeigt sich, dass auf einem Abschnitt teilweise sehr unterschiedliche Tagesganglinien vorliegen können (vgl. Bild 6.1), die sich auch im mittleren Richtungs-DTV niederschlagen. Als Er-

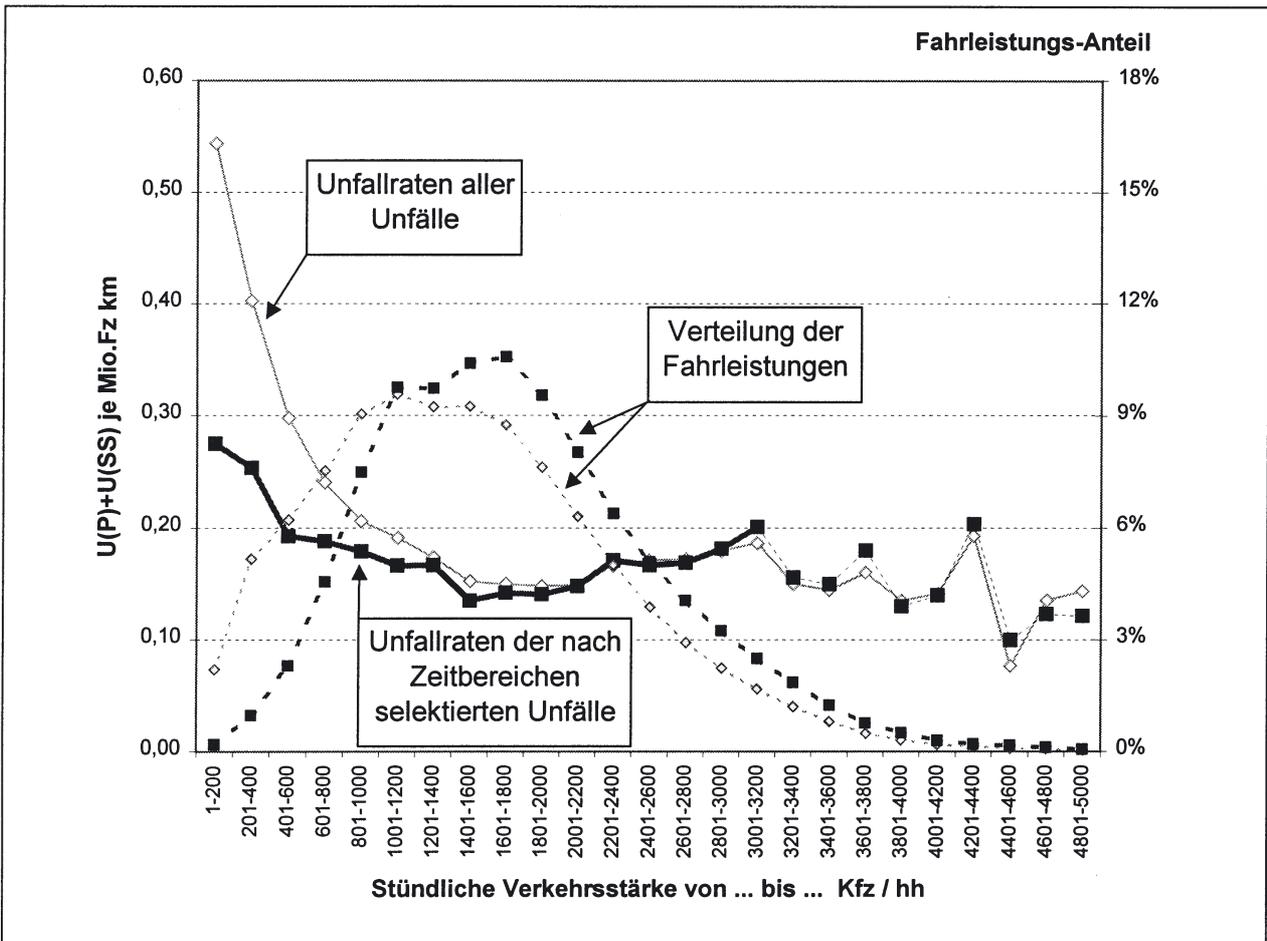


Bild 5.4: Unfallraten insgesamt und für die selektierten Zeitbereiche nach stündlicher Verkehrsstärke - 2streifige Richtungsfahrbahnen -

gebnis weichen beide Richtungs-DTV Werte stark vom halben Querschnitts-DTV ab (im Beispiel fast +/-20%). Somit können möglicherweise nennenswerte Verzerrungen bei den berechneten Unfallraten entstehen.

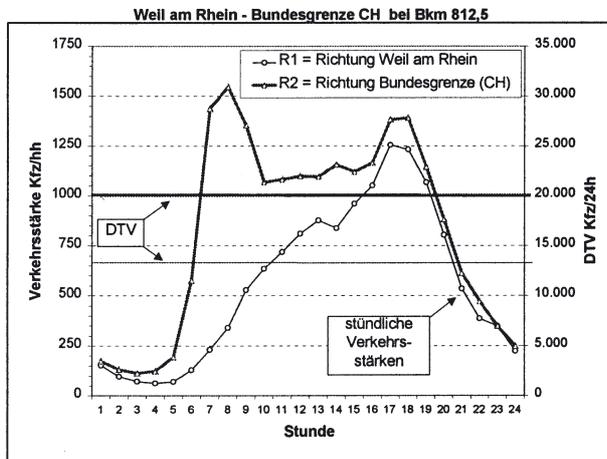


Bild 6.1: Tagesganglinien und DTV der Richtungsfahrbahnen der Zählstelle 8099

Daher wurden die für den 4jährigen Untersuchungszeitraum vorliegenden 1.196 richtungsgetrenten DTV-Werte der Dauerzählstellen mit dem halben Querschnitts-DTV verglichen. In Bild 6.2 und Tab. 6.1 sind die in Fahrtrichtung "1" ermittelten Abweichungen in % dokumentiert (für die Fahrtrichtung "2" ergeben sich identische Werte mit anderem Vorzeichen). Bei 54% der Zählstellen lag die Abweichung des richtungsgenaue DTV vom halben Querschnitts-DTV zwischen +/-1%. Abweichungen von mehr als +/-10% wurden lediglich bei 13 Zählstellen (1%) registriert (5 unterschiedliche Zählstellen in 4 Jahren). Von den 13 hohen Abweichungen entfallen alleine 7 Werte auf 2 Zählstellen an der Bundesgrenze zu Polen und der Schweiz. In Tab. 6.1 sind alle Abschnitte mit Dauerzählstelle aufgelistet, für die im Untersuchungszeitraum 1997 bis 2000 eine Abweichung von +/-10% und mehr vorlag.

Diese Abweichungen wirken sich bei der Berechnung der Unfallraten aus. Für UR_R (Unfallrate aufgrund des fahrtrichtungsgenaue DTV) und $UR_{1/2}$

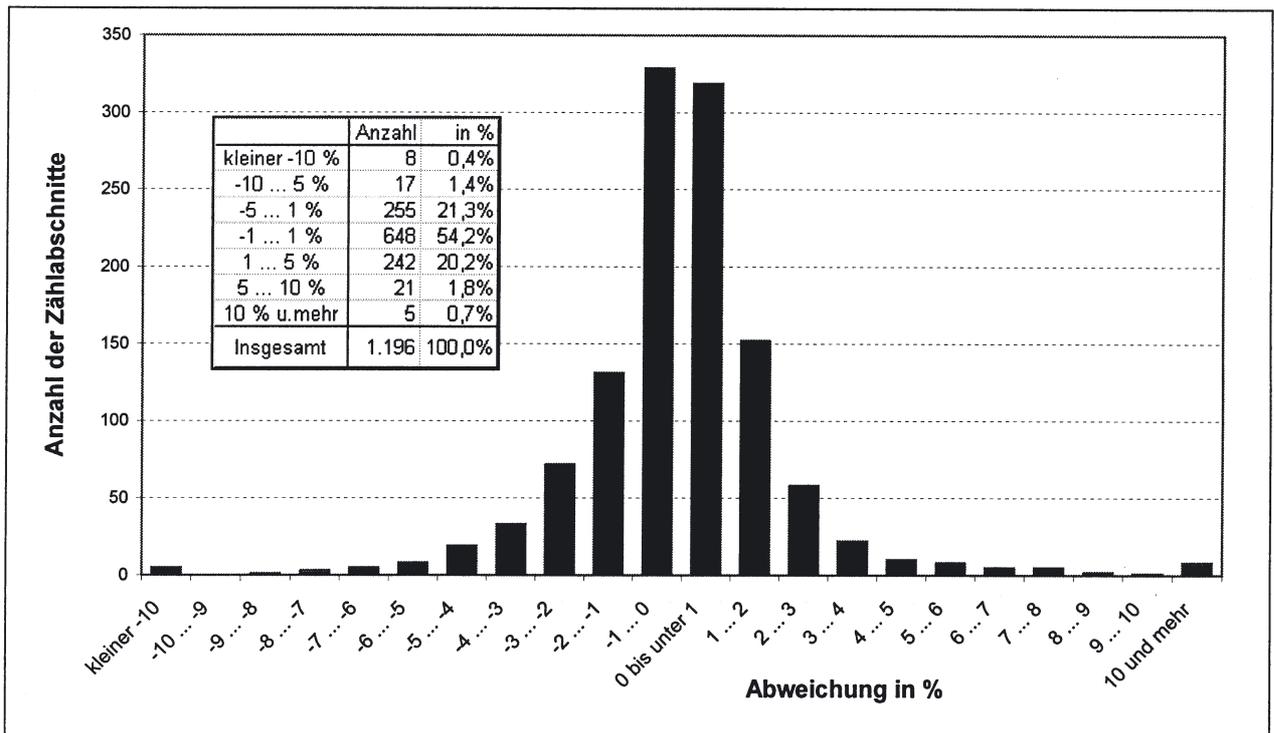


Bild 6.2: Abweichung des richtungsgenauen DTV vom halben Querschnitts-DTV in % (Fahrtrichtung "1")

(Unfallrate aufgrund des halben Querschnitts-DTV) ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$UR_R = \frac{U_R \cdot 10^6}{DTV_R \cdot l \cdot t \cdot 365}$$

Stellt man diese Gleichung nach U_R um, setzt sie in die Gleichung für $UR_{1/2}$ (Unfallrate aufgrund des halben Querschnitts-DTV) ein

$$UR_{1/2} = \frac{U_R \cdot 10^6}{DTV_{1/2} \cdot l \cdot t \cdot 365}$$

und vereinfacht diese:

$$UR_{1/2} = UR_R \cdot \frac{DTV_R}{DTV_{1/2}}$$

ergibt sich, dass das DTV-Verhältnis einen unmittelbaren Einfluss auf die Unfallrate hat.

Somit sind die oben ermittelten Abweichungen unmittelbar auf die mit dem halben Querschnitts-DTV berechneten Unfallraten übertragbar. Bei 95% der Zählstellen bleibt die Abweichung des richtungsgenauen DTV vom halben Querschnitts-DTV unter +/-5%. Bis auf wenige Ausnahmen führt somit die Halbierung des Querschnitts-DTV bei der Berechnung fahrtrichtungsgetrennter Unfallraten zu geringen Fehlern.

Die im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen praktizierte gleichmäßige Aufteilung des Querschnitts-DTV auf beide Fahrrichtungen kann somit unverändert beibehalten werden.

Zählstelle	JAHR	BAB-Nr	Land	Nahziel R1	Hkm-R1	Nahziel R2	Hkm-R2	Länge	DTV-FR1	DTV-FR2	DTV	DTV/2	Abweichung in %
9082	2000	8	9	AS München-Perlach	530.700	AS München-Ramersdorf	530.000	700	13.192	24.019	37.211	18.606	-29,1%
8099	1999	5	8	AS Weil a. Rhein/Hünlingen	810.300	Bundesgrenze (CH)	812.200	1.900	13.433	19.926	33.359	16.680	-19,5%
8099	1998	5	8	AS Weil a. Rhein/Hünlingen	810.300	Bundesgrenze (CH)	812.200	1.900	13.264	19.454	32.718	16.359	-18,9%
3630	2000	12	12	Bundesgrenze (PL)	58.200	AS Frankfurt (Oder)	54.100	4.100	4.693	3.253	7.946	3.973	18,1%
8099	1997	5	8	AS Weil a. Rhein/Hünlingen	810.300	Bundesgrenze (CH)	812.200	1.900	13.196	18.855	32.051	16.026	-17,7%
1153	1997	23	1	AS Itzehoe-Süd	43.100	AS Lägerdorf	39.200	3.900	3.890	2.987	6.877	3.439	13,1%
1153	2000	23	1	AS Itzehoe-Süd	43.100	AS Lägerdorf	39.200	3.900	4.024	3.091	7.115	3.558	13,1%
3630	1998	12	12	Bundesgrenze (PL)	58.200	AS Frankfurt (Oder)	54.100	4.100	4.912	3.786	8.698	4.349	12,9%
1153	1998	23	1	AS Itzehoe-Süd	43.100	AS Lägerdorf	39.200	3.900	4.042	3.146	7.189	3.594	12,5%
1153	1999	23	1	AS Itzehoe-Süd	43.100	AS Lägerdorf	39.200	3.900	4.107	3.204	7.311	3.656	12,4%
3630	1997	12	12	Bundesgrenze (PL)	58.200	AS Frankfurt (Oder)	54.100	4.100	4.925	3.888	8.813	4.407	11,8%
3630	1999	12	12	Bundesgrenze (PL)	58.200	AS Frankfurt (Oder)	54.100	4.100	4.356	3.460	7.816	3.908	11,5%
7104	1999	650	7	AS Oggersheim-Süd	3.200	Oggersheimer Kreuz	4.500	1.300	29.015	35.761	64.776	32.388	-10,4%

Tab. 6.1: BAB-Abschnitte mit prozentualen Abweichungen von +/-10% und mehr zwischen dem richtungsgenauen DTV (Fahrtrichtung 1) und dem halben Querschnitts-DTV

7 Identifikation von signifikanten Unfallhäufungen

In diesem Abschnitt wird das im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen angewendete statistische Verfahren zur Identifikation von Unfallhäufungen auf BAB-Abschnitten dargestellt. Die Ergebnisse für das Jahr 2000 sind in Karte 1 dargestellt:

Eine Unfallhäufung liegt vor, wenn auf einem BAB-Abschnitt die beobachtete Unfallanzahl statistisch signifikant größer ist als die erwartete Unfallanzahl.

Beobachtete Unfallanzahlen treten zufällig verteilt um einen zugehörigen Erwartungswert auf; Unfallanzahlen sind im allgemeinen poissonverteilt. Mittels eines Testverfahrens kann geprüft werden, ob die beobachtete Unfallanzahl mit einer bestimmten Irrtumswahrscheinlichkeit α den Erwartungswert $E(U)$ überschreitet. Für Untersuchungsabschnitte mit bekannter Abschnittslänge sowie bekanntem DTV können mittels der mittleren Unfallrate (UR_m für BAB insgesamt) Erwartungswerte der Unfallanzahlen $E(U)$ ermittelt werden. $E(U)$ ist der aufgrund der mittleren und der örtlichen Verkehrsbelastung angenommene "angepasste" Erwartungswert. Dieses Verfahren basiert auf der Annahme, dass die berechnete Unfallkenngröße unabhängig von der verwendeten Expositionsgröße (hier: DTV) ist; die Linearitätsbedingung muss zutreffen. Die Prüfung der Linearitätsbedingung erfolgt am Ende dieses Abschnitts.

Erwartungswerte der Unfallanzahlen $E(U)$

Für Untersuchungsabschnitte mit bekannter Abschnittslänge sowie bekanntem DTV können mittels der mittleren Unfallrate (UR_m) Erwartungswerte der Unfallanzahlen $E(U)$ ermittelt werden. $E(U)$ ist hier der aufgrund der Verkehrsbelastung angenommene "angepasste" Erwartungswert.

$$E(U) = \frac{UR_m \cdot DTV \cdot L \cdot t \cdot 365}{10^6} \quad (\text{Unfälle})$$

Erwartungswerte der Unfallanzahlen können nach der o.g. Formel sowohl für die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden oder die Anzahl der Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden als auch für die Summe dieser beiden Unfallkategorien berechnet werden.

$U_{krit\alpha}$	E(U) bei			
	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,001$
3	1,80	1,36	0,82	0,42
4	2,50	1,97	1,27	0,73
5	3,20	2,61	1,78	1,10
6	3,90	3,28	2,33	1,52
7	4,70	3,98	2,90	1,97
8	5,50	4,69	3,50	2,45
9	6,30	5,42	4,13	2,96
10	7,10	6,16	4,77	3,49
11	7,90	6,92	5,42	4,04
12	8,70	7,68	6,09	4,61
13	9,50	8,46	6,78	5,19
14	10,30	9,24	7,47	5,79
15	11,20	10,03	8,18	6,40
16	12,00	10,83	8,89	7,02
17	12,90	11,63	9,61	7,66
18	13,70	12,44	10,34	8,30
19	14,60	13,25	11,08	8,95
20	15,40	14,07	11,82	9,61
21	16,30	14,89	12,57	10,28
22	17,20	15,71	13,32	10,96
23	18,00	16,54	14,08	11,64
24	18,90	17,38	14,85	12,33
25	19,80	18,21	15,62	13,03
26	20,60	19,05	16,39	13,73
27	21,50	19,89	17,17	14,44
28	22,40	20,74	17,95	15,15
29	23,30	21,59	18,73	15,86
30	24,20	22,44	19,52	16,59

Tab. 7.1: $U_{krit\alpha}$ für unterschiedliche Erwartungswerte $E(U)$ bei $\alpha=0,1$, $\alpha=0,05$, $\alpha=0,01$ und $\alpha=0,001$

Testverfahren für Unfallanzahlen bis zu 30

Für Unfallanzahlen ≤ 30 wird geprüft, ob die beobachtete örtliche Unfallanzahl (U) den Schwellwert $U_{krit\alpha}$ überschreitet. $U_{krit\alpha}$ ist die Unfallanzahl, die aufgrund der Poissonverteilung und dem Erwartungswert $E(U)$ höchstens mit einer Wahrscheinlichkeit α überschritten wird (vgl. Brühning, Völker; 1982).

Der Aufbau des Testverfahrens lautet:

Nullhypothesen:	$H_0 : U \leq E(U)$
Alternativhypothese:	$H_1 : U > E(U)$ [einseitiger Test]
Prüfwert:	$U > U_{krit\alpha}$
Prüfverteilung:	Poissonverteilung
Schwellwert:	$U_{krit\alpha}$
(für:	$\alpha = 0,10; \alpha = 0,05;$ $\alpha = 0,01; \alpha = 0,001)$

Für ein vorgegebenes α wird ein Erwartungswert berechnet. Für diesen Erwartungswert kann aus Tab. 7.1 eine entsprechende Unfallanzahl $U_{krit\alpha}$ entnommen werden. Liegt die beobachtete Unfallanzahl U über $U_{krit\alpha}$, so wird die Hypothese H_0 abgelehnt und die Hypothese H_1 angenommen:

Die Unfallanzahl des BAB-Abschnitts weicht signifikant vom Erwartungswert $E(U)$ ab, so dass angenommen werden muss, dass die tatsächlich beobachtete Unfallanzahl auf dem betrachteten Abschnitt - nicht zufällig - über der bei dieser Fahrleistung im Durchschnitt zu erwartenden Unfallanzahl liegt. Auf diesem Abschnitt liegt dann eine Unfallhäufung vor. Dabei steigt die (statistische) Sicherheit der Entscheidung für das Vorliegen einer Unfallhäufung mit kleiner gewählten Irrtumswahrscheinlichkeiten α .

In Tab. 7.1 sind bis $U_{krit\alpha} = 30$ die entsprechenden Werte für $E(U)$ angegeben. Dabei sind diejenigen Erwartungswerte berücksichtigt, für die sich ganzzahlige Werte für $U_{krit\alpha}$ ergeben. Liegt ein berechneter $E(U)$ zwischen zwei angegebenen Werten, so ist als $U_{krit\alpha}$ der größere Wert zu wählen.

Testverfahren für Unfallanzahlen größer 30

Bei großen Fallzahlen kann die Poissonverteilung durch die Normalverteilung angenähert werden. Dadurch vereinfacht sich das Verfahren. Für Unfallanzahlen > 30 kann die der Unfallanzahl im Untersuchungsabschnitt zugrundeliegende Unfallrate UR mit einem festen Vergleichswert z.B. der

mittleren Unfallrate UR_m im BAB-Netz verglichen werden.

Der Aufbau des Testverfahrens lautet:

Nullhypothese: $H_0 : UR \leq UR_m$
 Alternativhypothese: $H_1 : UR > UR_m$
 [einseitiger Test]

Prüfwert:

$$UR = \frac{U \cdot 10^6}{DTV \cdot L \cdot 365} > UR_{krit\alpha}$$

Prüfverteilung: näherungsweise
Standardnormalverteilung

Schwellwert:

$$UR_{krit\alpha} = UR_m + z_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{UR_m \cdot 10^6}{DTV \cdot L \cdot 365} + \frac{1}{2 \cdot DTV \cdot L \cdot 365}}$$

(für: $\alpha = 0,10: z = 1,282$
 $\alpha = 0,05: z = 1,645$
 $\alpha = 0,01: z = 2,326$
 $\alpha = 0,001: z = 3,090$)

Liegt die beobachtete Unfallrate UR über dem Schwellwert $UR_{krit\alpha}$, so wird die Hypothese H_0 abgelehnt und die Hypothese H_1 angenommen.

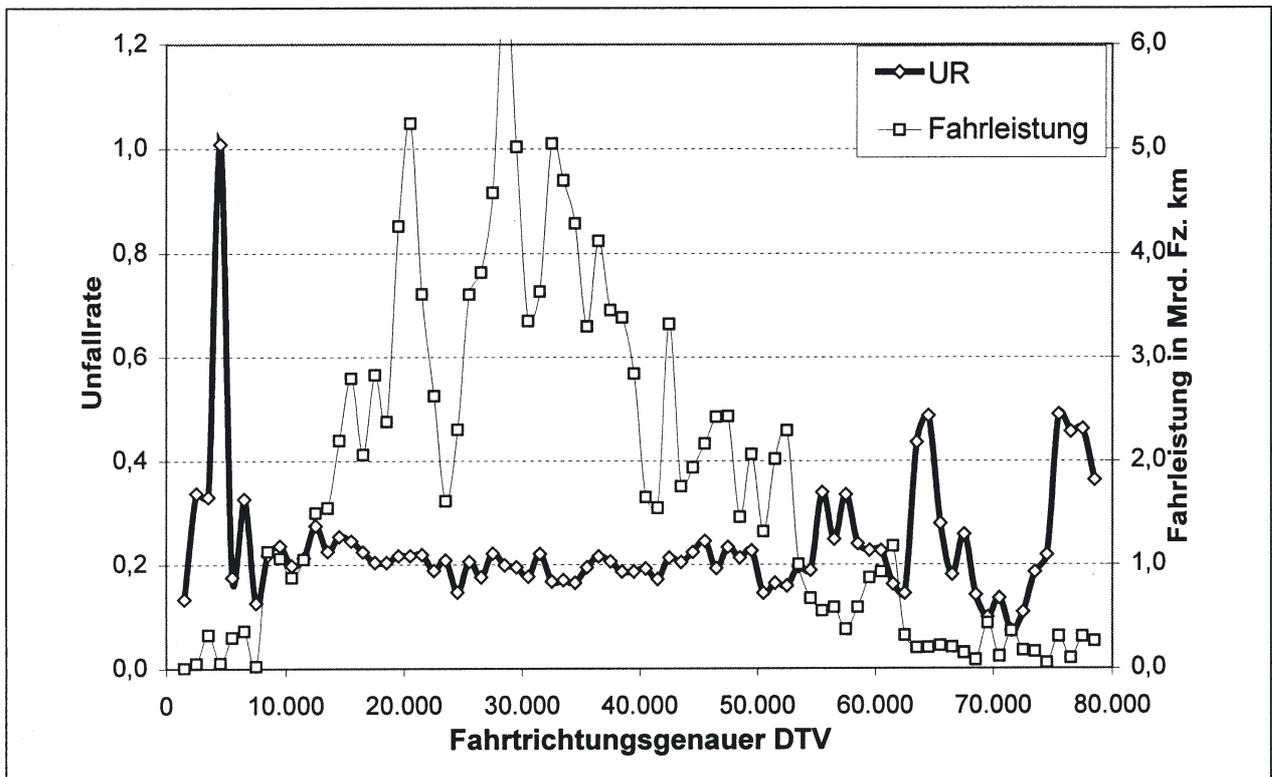


Bild 7.1: Unfallraten nach dem Fahrtrichtungs-DTV

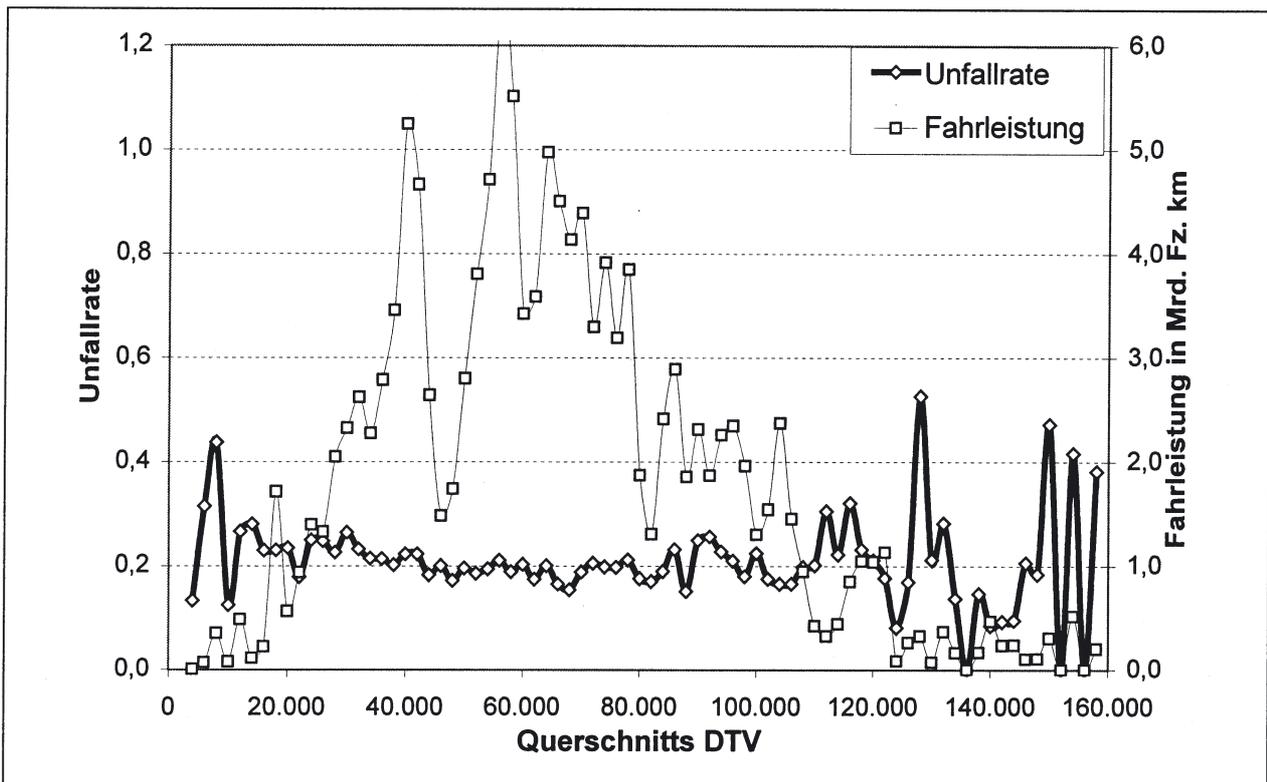


Bild 7.2: Unfallraten nach dem Querschnitts-DTV

Prüfung der Linearitätsbedingung

Während bei den Unfallraten, die aufgrund stündlicher Verkehrsstärkedaten berechnet wurden, deutliche funktionale Zusammenhänge erkennbar werden (vgl. Abschnitt 4), zeigt sich bei Verwendung von DTV-Werten, als Jahresmittelwerten, als Berechnungsgrundlage kein ausgeprägter Zusammenhang (vgl. Bild 7.1 und Bild 7.2). Dies gilt sowohl bei fahrtrichtungsgetrennter Betrachtung als auch bei Betrachtung des Gesamtquerschnitts.

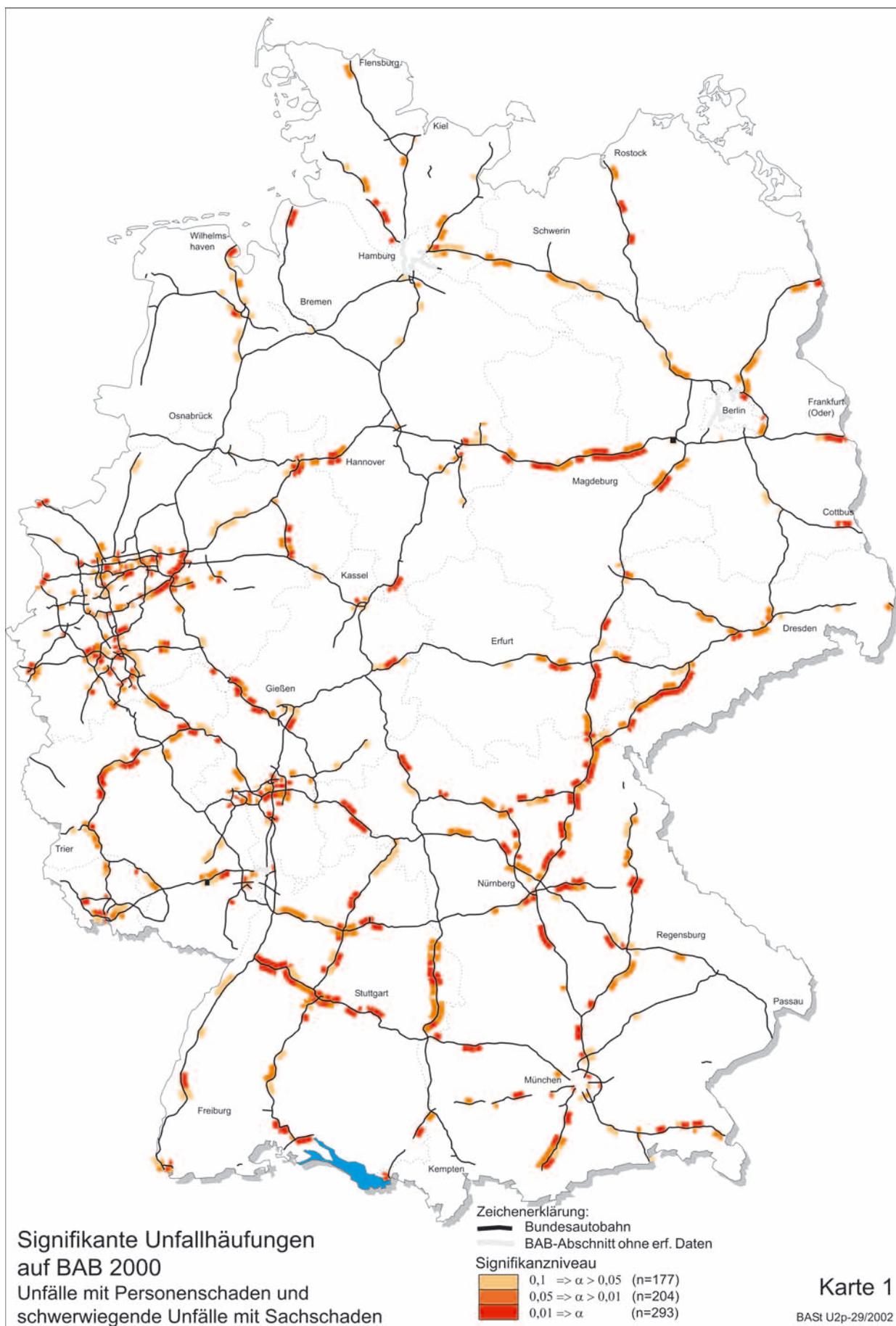
Lediglich die Verkehrsstärkeklassen mit niedrigen und sehr hohen DTV-Werten und einem geringen Fahrleistungsanteil zeigen ausgeprägte Schwankungen. Bei fahrtrichtungsbezogenen DTV-Werten zwischen 8.000 und 55.000 Kfz/24h pendeln die Unfallraten um den Mittelwert von 0,2 U/Mio.Fz.km. In diesem DTV-Bereich werden jeweils mehr als 90% der Unfälle registriert und 92% der Fahrleistung erbracht.

Somit kann die Linearitätsbedingung für ein weites DTV-Intervall als erfüllt betrachtet werden.

8 Identifikation von Sicherheitspotentialen

Das in den Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen-ESN beschriebenen Verfahren (FGSV, 2003) basiert auf der Berechnung von Sicherheitspotentialen von Straßenabschnitten. Nachfolgend werden erstmals Sicherheitspotentiale bundesweit für BAB berechnet und zum anderen ein Vergleich mit den in Abschnitt 7 ermittelten "Signifikanten Unfallhäufungen" durchgeführt.

Das Sicherheitspotential (SIPO) errechnet sich aus der Differenz zwischen der tatsächlichen Unfallkostendichte (UKD) und der Grundunfallkostendichte (gUKD) eines Netzabschnitts. Die Grundunfallkostendichte stellt diejenigen zu erwartenden jährlichen Unfallkosten je Kilometer dar, die bei Gestaltung entsprechend den Entwurfsrichtlinien bei der beobachteten mittleren Verkehrsstärke (DTV) des untersuchten Netzabschnitts erreicht werden kann. Die Grundunfallkostendichte errechnet sich als Produkt aus Grundunfallkostenrate (gUKR) und der mittleren Verkehrsstärke des Netzabschnitts. Es wird eine vom DTV unabhängige Grundunfallkostenrate von 11 €/1.000*Fz*km



angesetzt. Durch die Berücksichtigung der abschnittsbezogenen Verkehrsstärke wird somit eine für jeden Abschnitt individuelle Grundunfallkostendichte berechnet.

$SIPO = UKD - gUKD \quad (\text{Tsd. € je km})$ <p>mit:</p> $UKD = \frac{UK}{L}$ $UK = WUa(SP) \cdot U(SP) + WUa(LV) \cdot U(LV) + WUS(SS) \cdot U(SS)$ $WUa(SP) = 305,0 \text{ Tsd.€}/U$ $WUa(LV) = 31,0 \text{ Tsd.€}/U$ $WUS(SS) = 18,5 \text{ Tsd.€}/U$ $gUKD = gUKR \cdot DTV \cdot 365$ $gUKR = 11 \text{ €}/\text{Tsd. Fz} \cdot \text{km}$
--

Die verwendeten Unfallkostensätze $WUa(SP)$ und $WUa(LV)$ wurden zum Preisstand 2000 aufgrund der Unfallstruktur der Jahre 1999 und 2000 angepasst und in € ausgewiesen (FGSV, 2003).

Das ESN-Verfahren hat den Vorteil, dass sowohl die Anzahl als auch die Schwere der Unfälle (durch Bewertung mit Kostensätzen) in die Berechnungen einbezogen werden. Da jedoch der Kostensatz für einen Unfall mit schwerem Personenschaden beim 10fachen eines Unfalls mit Leichtverletzten liegt, können einzelne schwere Unfälle insbesondere kurze Abschnitte stark in den Vordergrund heben. Daher wird empfohlen, einen Mindestzeitraum von 3 Jahren zu betrachten.

Beim folgenden Vergleich der Verfahren zur Ermittlung von Unfallhäufungen mit dem ESN-Verfahren wurde der jeweils empfohlene bzw. praktizierte Untersuchungszeitraum verwendet. Für die Analysen nach dem ESN-Ansatz wurde daher der 3-Jahres-Zeitraum 1998 bis 2000 ausgewertet und für die Ermittlung der signifikanten Unfallhäufungen das Jahr 2000 herangezogen.

Von den 4.508 betrachteten richtungsgetrennten BAB-Abschnitten weisen im Untersuchungszeitraum 61% ($n=2.763$) der Richtungsfahrbahnen Sicherheitspotentiale auf (vgl. Tab. 8.1).

Vergleicht man die Sicherheitspotentiale einer jeden Richtungsfahrbahn mit den signifikanten Unfallhäufungen des Jahres 2000, so zeigt sich, dass mit zunehmendem Sicherheitspotential der Anteil der Abschnitte, die eine signifikante Unfallhäufung aufweisen, zunimmt (Tab. 8.1 und Bild 8.1).

Im Mittel weisen 23% der Abschnitte mit vorhandenem Sicherheitspotential eine signifikante Unfallhäufung auf. Hier zeigen sich die unterschiedlichen Bewertungskriterien beider Verfahren. Durch den Einbezug der Unfallschwere als Bewertungskriterium werden beim ESN-Ansatz viele Abschnitte durch ein hohes Sicherheitspotential auffällig, auf denen jedoch keine signifikanten Unfallhäufungen vorliegen. Auf diesen Abschnitten haben sich überproportional mehr schwere Unfälle ereignet.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Ermittlung von Unfallhäufungen lediglich auf einem 1-Jahres-Zeitraum beruht und somit nur die Unfallhäufungen ausweist, die in diesem Zeitraum statistisch signifikant über dem Erwartungswert liegen. Bei Ausweitung dieser Analyse auf 3 Jahre (entsprechend ESN-Verfahren) würde die Anzahl signifikanter Häufungsstellen höher liegen.

Weiterhin fällt auf, dass auch Abschnitte ohne Sicherheitspotential signifikante Unfallhäufungen aufweisen können. Diese Fälle treten dann auf, wenn sich auf einem Abschnitt viele "leichte" Unfälle ($U(LV)$ oder $U(SS)$) ereignen. Die Anzahl der Unfälle liegt dann zwar über den erwarteten Unfallanzahlen, durch die geringe Unfallschwere (in Verbindung mit den entsprechenden Kostensätzen) berechnet sich jedoch kein positives Sicherheitspotential.

Bei der Bildung einer Rangfolge nach der Höhe des Sicherheitspotentials treten viele Abschnitte hervor, auf denen zwar ein hohes Sicherheitspotential $SIPO \geq 0,5 \cdot UKD$ vorliegt auf denen jedoch weniger als 4 $U(SP)$ registriert wurden. Nach ESN sind für diese Abschnitte auf den jeweiligen Ein-

SIPO	Signifikanzniveau					Insgesamt	davon mit $\alpha < 0,1$
	leer	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,001$		
ohne Angabe	44					44	
-300-250	5					5	0%
-250-200	16					16	0%
-200-150	31					31	0%
-150-100	130					130	0%
-100-50	420	2	1			423	1%
-50-0	1.068	14	7	7		1.096	3%
0-50	1.183	48	54	27	7	1.319	10%
50-100	566	54	48	38	29	735	23%
100-150	195	25	42	22	26	310	37%
150-200	75	14	18	18	24	149	50%
200-250	45	6	17	12	25	105	57%
250-300	22	5	6	2	9	44	50%
300-350	6	3	3	4	7	23	74%
350-400	7	3	3	2	10	25	72%
400-450	5	2	1	3	1	12	58%
450-500	3		2	2	2	9	67%
500 und mehr	13	1	2	3	13	32	59%

Tab. 8.1: Sicherheitspotential in Abhängigkeit vom Signifikanzniveau

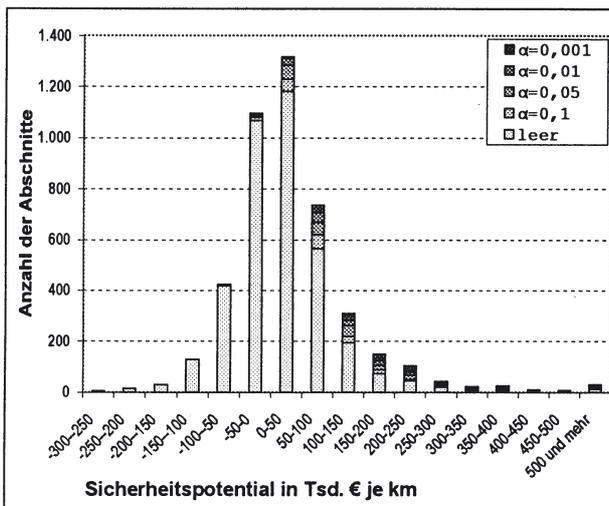


Bild 8.1: BAB-Abschnitte nach Sicherheitspotential und Signifikanz als Unfallhäufungsstelle

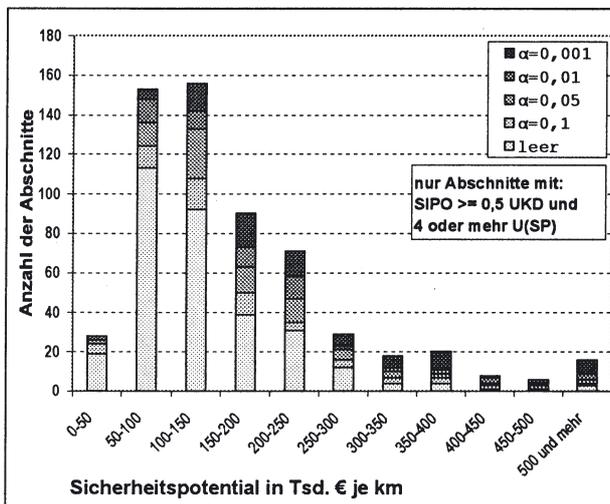


Bild 8.2: BAB-Abschnitte nach vermeidbarer Unfallkostendichte und Signifikanz als Unfallhäufungsstelle ($U(SP) \geq 4$)

zelfall bezogene weitere Prüfungen erforderlich, die hier nicht weiter ausgeführt werden. Insgesamt weisen von 865 Abschnitten mit einem Sicherheitspotential von $SIPO \geq 0,5 \cdot UKD$ 270 Abschnitte weniger als 4 $U(SP)$ in 3 Jahren auf. Diese Abschnitte wären weiter zu untersuchen.

Die Betrachtung der Abschnitte mit hohem Sicherheitspotential und jeweils mindestens 4 $U(SP)$ (Bild 8.2) zeigt eine bessere Übereinstimmung beider Verfahren. Der Anteil der Abschnitte mit signifikanten Unfallhäufungen liegt im Mittel bei 46%.

In Karte 2 sind diejenigen BAB-Abschnitte dargestellt, auf denen sich ein Sicherheitspotential ergab. Insgesamt sind dies 2.763 von den insgesamt 4.508 betrachteten BAB-Abschnitten. In dieser Darstellung wurde keine Abschnittsselektion nach o.g. Kriterien durchgeführt. D.h. es wurden viele

Abschnitte dargestellt, die zwar ein hohes Sicherheitspotential $SIPO \geq 0,5 \cdot UKD$ aufweisen, auf denen sich jedoch weniger als 4 $U(SP)$ in 3 Jahren ereignet haben. Weiterführende Darstellungen sollten eine entsprechende Selektion berücksichtigen.

Vergleich der methodischen Grundlagen beider Verfahren:

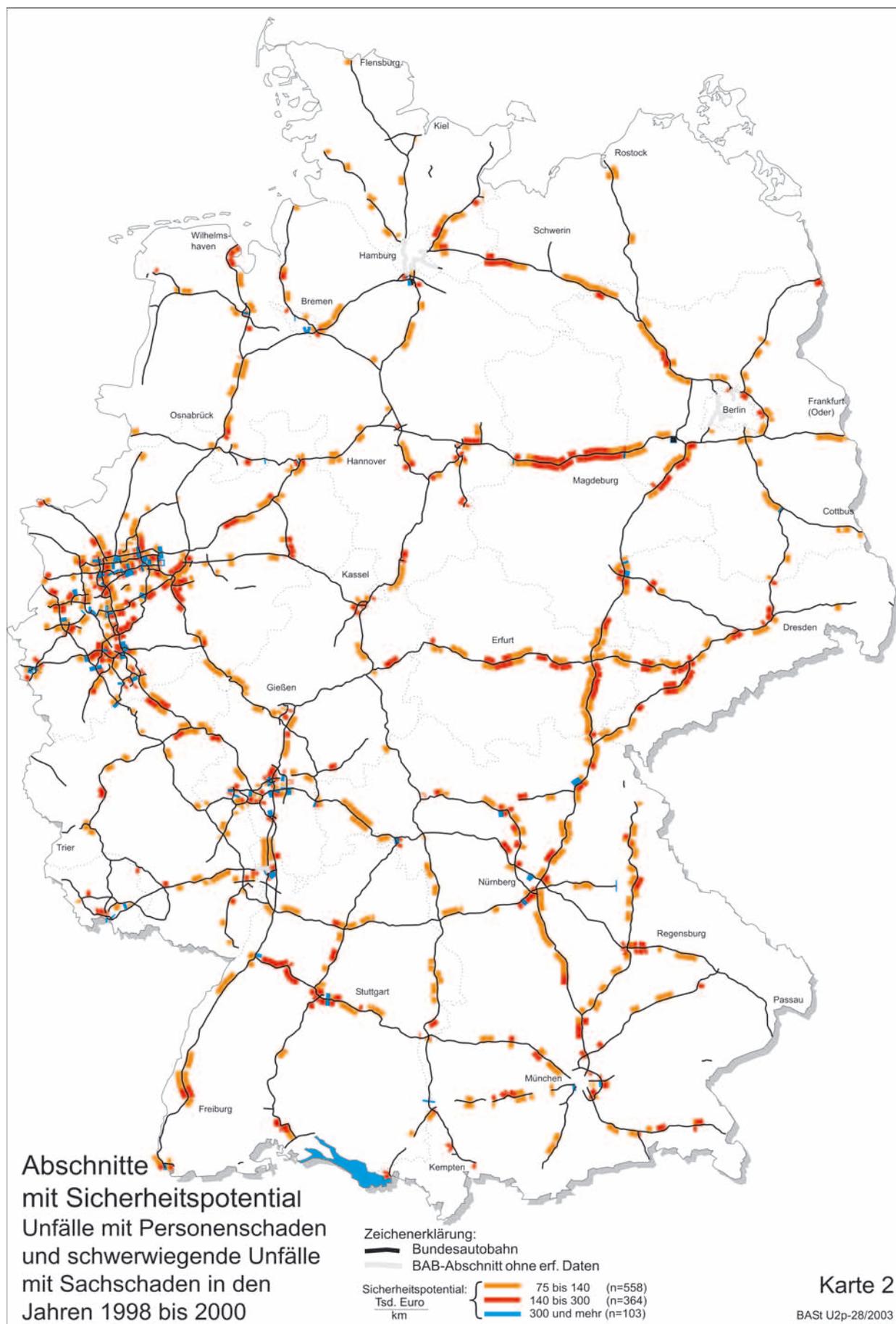
Ausgehend von einer Basisbewertungsgröße (ESN-Verfahren: Grundunfallkostenrate, BAST: mittlere Unfallrate, vgl. Tab. 9.1) und der abschnittsbezogenen Fahrleistung berechnen beide Verfahren eine erwartete Unfall-Kenngröße. Diese wird mit der tatsächlich registrierten Kenngröße verglichen und eine Ergebnisvariable ermittelt (ESN-Verfahren: Sicherheitspotential, Unfallhäufungen: Signifikanzniveau).

Für die relativ geringe Übereinstimmungsquote beider Verfahren sind folgende Gründe mitverantwortlich:

- durch die Bewertung der Unfälle mit Kostensätzen wird die Schwere der Unfälle als Gewichtungsgröße einbezogen,
- die Grundunfallkostenrate liegt deutlich unter der aktuellen mittleren Unfallkostenrate auf BAB. Durch das im Vergleich zur mittleren Rate niedrigere Niveau werden beim ESN-Verfahren mehr Abschnitte auffällig als bei Verwendung einer mittleren Rate wie beim Signifikanztest,
- durch Betrachtung eines Einjahreszeitraums werden Abschnitte oftmals nicht als Unfallhäufung identifiziert, da wegen der kleinen Fallzahlen die berechneten Erwartungswerte statistisch nicht signifikant sind. Durch eine Verlängerung des Untersuchungszeitraumes würde die Anzahl der signifikanten Unfallhäufungen ansteigen.

Insgesamt gesehen ist dieser neue Ansatz ein praktikables Verfahren für die Identifikation von möglichen Problembereichen im BAB-Netz. Von Nachteil in Bezug auf die Aktualität ist jedoch der 3-Jahres-Zeitraum. Hierdurch können aktuelle Tendenzen möglicherweise verloren gehen.

Bei der Bildung von Rangfolgen, ist die Höhe der Grundunfallkostenrate von untergeordneter Bedeutung. Bei einer Aktualisierung der Grundunfallkostenrate auf neue Preisstände würde sich zwar das Sicherheitspotential ändern.



	Sicherheitsbewertung aufgrund:	
	des Sicherheitspotentials	von signifikanten Unfallhäufungen
Untersuchungszeitraum	3 Jahre (empfohlen)	1 Jahr (praktiziert)
Basisbewertungsgröße	Grundunfallkostenrate	mittlere Unfallrate
Gewichtungsgröße	DTV	Fahrleistung
Erwartungswert	Grundunfallkostendichte	Anzahl Unfälle
Vergleichswert (registriert)	Unfallkostendichte	Anzahl Unfälle
Ergebnisgröße	Sicherheitspotential	Signifikanzniveau bei Unfallhäufungen
Ergebnisdarstellung (Ranking)	Rangfolge	keine
Visualisierung	kartografisch	kartografisch

Tab. 9.1: Vergleich der methodischen Grundlagen zur Ermittlung von Sicherheitspotentialen und Unfallhäufungsstellen

Da sich diese Änderung jedoch gleichermaßen auf alle Untersuchungsabschnitte auswirkt, bleibt die Rangfolge der Untersuchungsabschnitte nahezu identisch. Ähnliches gilt bei der Aktualisierung der angepassten Unfallkostensätze WUa(SP), WUa(LV) und WU(SS) auf neue Preisstände. Solange die Unfallstruktur keine wesentlichen Veränderungen erfährt, wirken sich Änderungen der Basiskostensätze gleichermaßen auf alle angepassten Unfallkostensätze - und somit auch auf das Sicherheitspotential - aus.

9 Zusammenfassung

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen führt die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) "Streckenbezogene Unfallanalysen auf BAB" durch. Für detaillierte Unfallanalysen einzelner BAB-Abschnitte sind Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen (stündlicher) Verkehrsstärke und Unfallgeschehen von grundsätzlicher Bedeutung. Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung steht die Analyse des Zusammenhangs zwischen der Verkehrsstärke und dem Unfallgeschehen. Zum besseren Verständnis werden zusätzlich die Daten- und Berechnungsgrundlagen sowie Rahmenbedingungen (z.B. zeitliche Einflüsse) thematisiert. Diese Punkte sind wesentliche Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen.

Ausgehend von der Beschreibung der verwendeten Datengrundlagen wie Unfalldaten und Verkehrsstärkedaten (vgl. Abschnitt 2) wird die Be-

rechnung der verwendeten Unfallkenngrößen erläutert (vgl. Abschnitt 3).

Der Zusammenhang zwischen (stündlicher) Verkehrsstärke und Unfallgeschehen wurde unter Zuhilfenahme von stündlich und richtungsgetrennt vorliegenden Verkehrsstärkedaten der Dauerzählstellen auf BAB analysiert. Bei Verwendung von stündlichen Verkehrsstärken als Berechnungsgrundlage für die Unfallraten ergaben sich deutliche funktionale Zusammenhänge. Die höchsten Unfallraten ergeben sich grundsätzlich bei extrem niedrigen stündlichen Verkehrsstärken. Mit zunehmender Verkehrsstärke sinken die Raten deutlich, bis etwa der Verkehrsstärkebereich erreicht wird, in dem die höchsten Fahrleistungsanteile erbracht werden. Ab diesem Wert unterscheidet sich dann der Verlauf der Raten für die Unfälle mit Leichtverletzten und die Unfälle mit schwerem Personenschaden bzw. für die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden. Während die Rate für die Unfälle mit Leichtverletzten wieder zunimmt, ist für die anderen Raten ein weiterer Rückgang zu verzeichnen (Abschnitt 4).

Neben der Verkehrsstärke zeigen sich weitere Einflussfaktoren wie z.B. die zeitliche Verteilung der Unfälle. Besonders im Tagesverlauf nach der Unfallstunde ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Unfallrate zu beobachten. Zwischen 7.00 und 20.00 Uhr liegt die Unfallrate fast konstant unter 0,2 U/Mio.Fz*km. In den Nachtstunden steigt die Unfallrate auf über 0,5 U/Mio.Fz*km an. Um den zeitlichen Einfluss auf die Unfallrate auszuschließen, wurden Unfälle in Zeitbereichen mit annähernd konstanten Unfallra-

ten selektiert und diese als Funktion der stündlichen Verkehrsstärke betrachtet. Auch bei dieser Selektion zeigt sich ein deutlicher funktionaler Zusammenhang zwischen Unfallrate und stündlicher Verkehrsstärke (Abschnitt 5).

Im Rahmen der streckenbezogenen Unfallanalysen wird für die Berechnung von Raten der für alle Abschnitte verfügbare Querschnitts-DTV auf beide Fahrrichtungen aufgeteilt. Dies erfolgt unter der Annahme, dass sich der Verkehr im Jahresmittel gleichmäßig auf beide Fahrrichtungen verteilt. Durch Auswertung der fahrtrichtungsgenau vorliegenden DTV-Werte der Dauerzählstellen konnte nachgewiesen werden, dass bei 95% der Dauerzählstellen die Abweichung des fahrtrichtungsgenauen vom halben Querschnitts-DTV unter +/-5% liegt (Abschnitt 6) und somit die Unfallrate nur geringfügig verzerrt wird. Besonders hohe Abweichungen von +/-10% und mehr zeigten sich lediglich an 5 Zählstellen.

In Abschnitt 7 werden die Grundlagen der Ermittlung signifikanter Unfallhäufungen beschrieben. Eine Voraussetzung für die statistische Ermittlung von Unfallhäufungen ist die Annahme, dass die berechneten Unfallraten weitestgehend unabhängig vom DTV sind. Diese Annahme wurde unter Zuhilfenahme richtungsgetreuer vorliegender Verkehrsstärkedaten der Dauerzählstellen auf BAB geprüft. Bei Verwendung von DTV-Werten (als Jahresmittelwerten) war eine Abhängigkeit zwischen Unfallraten und DTV lediglich bei sehr geringen DTV-Werten zu beobachten. Die geforderte Linearitätsbedingung ist bei Verwendung von DTV-Werten damit erfüllt.

Ein weiteres Verfahren für die Ermittlung von auffälligen Bereichen im Straßennetz ist in den "Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen-ESN" beschrieben. Neben der Fahrleistung wird bei diesem Verfahren zusätzlich die Schwere der Unfälle einbezogen, indem die Unfälle mittels Unfallkostensätzen bewertet werden. Als Ergebnis werden Abschnitte mit hohem Sicherheitspotential identifiziert. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Verfahren erstmals bundesweit angewendet und mit den Ergebnissen der Ermittlung "Signifikanter Unfallhäufungen" verglichen. Erwartungsgemäß führen die unterschiedlichen Zielsetzungen der beiden Ansätze zu Unterschieden bei den identifizierten BAB-Abschnitten, die in den differierenden methodischen Ansätzen begründet liegen (Abschnitt 8).

Literatur

BAST, 1997:

Bundesanstalt für Straßenwesen:
Straßenverkehrszählungen 1995
Ergebnisse für die Bundesfernstraßen.
Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen,
Verkehrstechnik (1997) V47

BAST, 2001:

Bundesanstalt für Straßenwesen:
Gesamtwirtschaftliche Unfallkosten für
Personenschäden in Deutschland 2000
Bundesanstalt für Straßenwesen

BMVBW, 2001:

**Bundesministerium für Verkehr, Bau- und
Wohnungswesen:**
Autobahnverzeichnis 2000
Bundesanstalt für Straßenwesen, (im Auftrag
des Bundesministeriums für Verkehr)

FGSV, 1991:

**Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen (FGSV):**
Hinweise zur Methodik von
Unfalluntersuchungen.
Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen, Arbeitsgruppe:
"Verkehrsführung und Verkehrssicherheit",
Ausgabe 1991

FGSV, 1998:

**Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen (FGSV):**
Merkblatt für die Auswertung von
Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und
Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten
Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen, Arbeitsgruppe:
"Verkehrsführung und Verkehrssicherheit",
Ausgabe 1998

FGSV, 2003:

**Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen (FGSV):**
Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von
Straßennetzen (ESN)
Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen, Arbeitsgruppe:
"Verkehrsführung und Verkehrssicherheit",
Ausgabe 2003

HBS, 2001:

Handbuch für die Bemessung von
Straßenverkehrsanlagen
Forschungsgesellschaft für Straßen- und

Verkehrswesen, Kommission KV6: "Bemessung
von Straßenverkehrsanlagen", Ausgabe 2001

StBA, 2001:

Statistisches Bundesamt :

Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle 2000

Statistisches Bundesamt; Wiesbaden 2001

Metzler-Poeschel Verlag, Stuttgart

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

- M 1: Verkehrssicherheitsaktivitäten auf lokaler Ebene**
D. Wagner, P. G. Jansen
124 Seiten, 1993
- M 2: Identifikation und Ursachenuntersuchung von innerörtlichen Unfallstellen**
L. Neumann, B. Schaaf, H. Sperber
136 Seiten, 1993
- M 3: Sicherheit von Fußgängern außerorts bei eingeschränkten Sichtverhältnissen**
G. Ruwenstroth, E. C. Kuller, F. Radder
91 Seiten, 1993
- M 4: Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit**
A. Bartmann, D. Reiffenrath, A. M. Jacobs, H. Leder, M. Walkowiak, A. Szymkowiak
94 Seiten, 1993
- M 5: Straßenverkehrsunfälle von Gefahrguttransportfahrzeugen 1989 bis 1991**
M. Pöppel, M. Kühnen
62 Seiten, 1993
- M 6: Möglichkeit/Realisierbarkeit eines Sicherheitsinformationssystems**
E. Hörnstein
64 Seiten, 1993
- M 7: Sicherheitsanalyse im Straßengüterverkehr**
J. Grandel, F. Berg, W. Niewöhner
298 Seiten, 1993
- M 8: Effektivität des Rettungsdienstes bei der Versorgung von Traumapatienten**
B. Bouillion
38 Seiten, 1993
- M 9: Faktor Mensch im Straßenverkehr**
Referate des Symposiums '92 der BAST und Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 1992 des Bundesministers für Verkehr am 3. Dezember 1992 in Bergisch Gladbach
79 Seiten, 1993
- M 10: Verkehrssicherheit im vereinten Deutschland**
E. Brühning, M. A. Kühnen, S. Berns
66 Seiten, 1993
- M 11: Marketing für Verkehrssicherheit in der Praxis**
Expertengruppe der OECD
76 Seiten, 1993
- M 12: Ausbildungssystem für Fahrlehrer**
Arbeitsgruppe „Fahrschulen, Fahrlehrer“
24 Seiten, 1993
- M 13: Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschaden**
H. Hautzinger, H. Dürholt, E. Hörnstein, B. Tassaux-Becker
70 Seiten, 1993
- M 14: Kommunikation im Rettungsdienst**
R. Schmiedel, M. Unterkofler
174 Seiten, 1993
- M 15: Öffentlichkeitsarbeit für die Erste Hilfe**
V. Garms-Homolová, D. Schaefer, M. Goll
19 Seiten, 1993
- M 16: Auswirkungen des Stufenführerscheins**
B. v. Hebenstreit, Ch. Ostermaier, H. D. Utzelmann, G. Kajan, D. M. DeVol, W. Schweflinghaus, D. Wobben, H. J. Voss
156 Seiten, 1993
- M 17: Zur Sicherheit von Reiseomnibussen**
A. Schepers
52 Seiten, 1993
- M 18: Methadonsubstitution und Verkehrssicherheit**
G. Berghaus, M. Staak, R. Glazinski, K. Höher
34 Seiten, 1993
- M 19: Lernklima und Lernerfolg in Fahrschulen**
H. Ch. Heinrich
68 Seiten, 1993
- M 20: Fahrleistungserhebung 1990**
H. Hautzinger, D. Heidemann, S. Krämer
30 Seiten, 1993
- M 21: Fahrerhaltensbeobachtung im Raum Berlin**
K. Reker, E. Buss, F. Zwiulich
203 Seiten, 1993
- M 22: Lehrpläne zur schulischen Verkehrserziehung**
H. Ch. Heinrich, A. Seliger
414 Seiten, 1993
- M 23: Verkehrssoziologische Forschung in Deutschland**
Ch. Seipel
36 Seiten, 1994
- M 24: Psychische Erste Hilfe für Laien**
R. Bouraueil
44 Seiten, 1994
- M 25: Verkehrsunfallfolgen schwerstverletzter Unfallopfer**
S. Busch
204 Seiten, 1994
- M 26: Nachalarmierung von Notärzten im Rettungsdienst**
Th. Puhan
36 Seiten, 1994
- M 27: Psychologische Untersuchungen am Unfallort**
B. Pund, W.-R. Nickel
111 Seiten, 1994
- M 28: Erfahrungsaustausch über Länder-Verkehrssicherheitsprogramme**
Referate der Arbeitstagung der Bundesanstalt für Straßenwesen am 1. Dezember 1993 in Berlin
64 Seiten, 1994
- M 29: Drogen- und Medikamentennachweis bei verkehrsauffälligen Kraftfahrern**
M.R. Möller
31 Seiten, 1994
- M 30: Fahrleistung und Unfallrisiko von Kraftfahrzeugen**
H. Hautzinger, D. Heidemann, B. Krämer, B. Tassaux-Becker
340 Seiten, 1994
- M 31: Neuere Entwicklungen und Erkenntnisse in der Fahrer-eignungsbegutachtung**
M. Weinand
74 Seiten, 1994
- M 32: Leistungen des Rettungsdienstes 1992/93**
W. Siegner, Th. Rödelstab
96 Seiten, 1994
- M 33: Kenngrößen subjektiver Sicherheitsbewertung**
H. Holte
168 Seiten, 1994
- M 34: Deutsch-polnisches Seminar über Straßenverkehrssicherheit**
Referate des Seminars 1993 der Bundesanstalt für Straßenwesen am 26. und 27. Oktober 1993 in Görlitz
174 Seiten, 1994
- M 35: Massenunfälle**
Presseseminar des Bundesministeriums für Verkehr am 14. und 15. September 1994 in Kassel
72 Seiten, 1995
- M 36: Mobilität der ostdeutschen Bevölkerung**
Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre - Band 1
H. Hautzinger, B. Tassaux-Becker
126 Seiten, 1995
- M 37: Sicher fahren in Europa**
Referate des 2. ADAC/BAST-Symposiums am 7. und 8. Juni 1994 in Baden-Baden
182 Seiten, 1995
- M 38: Regionalstruktur nächtlicher Freizeitunfälle junger Fahrer**
M. A. Kühnen, M. Pöppel-Decker
71 Seiten, 1995
- M 39: Unfälle beim Transport gefährlicher Güter in Verpackungen 1987 bis 1992**
M. Pöppel-Decker
58 Seiten, 1995
- M 40: Sicherheit im Reisebusverkehr**
B. Färber, H. Ch. Heinrich, G. Hundhausen, G. Hütter, H. Kamm, G. Mörl, W. Winkler
124 Seiten, 1995
- M 41: Drogen und Verkehrssicherheit**
Symposium der Bundesanstalt für Straßenwesen und des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Köln am 19. November 1994 in Bergisch Gladbach
84 Seiten, 1995
- M 42: Disco-Busse**
Sicherheitsbeitrag spezieller nächtlicher Beförderungsangebote
R. Hoppe, A. Tekaatt
211 Seiten, 1995
- M 43: Biomechanik der Seitenkollision**
Validierung der Verletzungskriterien TTI und VC als Verletzungsprädiktoren
R. Mattern, W. Härdle, D. Kallieris
134 Seiten, 1995
- M 44: Curriculum für die Fahrlehrerausbildung**
B. Heilig, W. Knörzer, E. Pommrenke
192 Seiten, 1995
- M 45: Telefonieren am Steuer**
St. Becker, M. Brockmann, E. Bruckmayr, O. Hofmann, R. Krause, A. Mertens, R. Niu, J. Sonntag
188 Seiten, 1995
- M 46: Fahrzeugwerbung, Testberichte und Verkehrssicherheit**
M. Wachtel, K.-P. Ulbrich, St. Schepper, G. Richter, J. Fischer
160 Seiten, 1995
- M 47: Kongreßbericht 1995 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.**
28. Jahrestagung Leipzig, 23. bis 25. März 1995
216 Seiten, 1995
- M 48: Delegierte Belohnung und intensivierter Verkehrsüberwachung im Vergleich**
Eine empirische Untersuchung zur Beeinflussung des Geschwindigkeitsverhaltens
E. Machemer, B. Runde, U. Wolf, D. Büttner, M. Tücke
104 Seiten, 1995

- M 49: Fahrausbildung in Europa**
Ergebnisse einer Umfrage in 29 Ländern
N. Neumann-Opitz, H. Ch. Heinrich
184 Seiten, 1995
- M 50: Eignung von Pkw-Fahrsimulatoren für Fahrausbildung und Fahrerlaubnisprüfung**
G. v. Bressendorf, B. Heilig, H. Ch. Heinrich, H. Kamm, W. D. Käßler, M. Weinand
88 Seiten, 1995
- M 51: Unfallgeschehen auf Autobahnen - Strukturuntersuchung**
M. A. Kühnen, E. Brühning, A. Schepers, M. Schmid
118 Seiten, 1995
- M 52: Junge Fahrer und Fahrerinnen**
Referate der Ersten Interdisziplinären Fachkonferenz vom 12. bis 14. Dezember 1994 in Köln
466 Seiten, 1995
- M 53: Methodik zur Beurteilung der Ausbildungslehrgänge in Erster Hilfe**
K. Clemens, S. Zolper, B. Kuschinsky, B. Koch
136 Seiten, 1996
- M 54: Außerschulische Verkehrserziehung in Ländern Europas**
N. Neumann-Opitz
59 Seiten, 1996
- M 55: Mobilität der westdeutschen Bevölkerung**
Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre - Band 2
H. Hautzinger, R. Hamacher, B. Tassaux-Becker
100 Seiten, 1996
- M 56: Lebensstil und Verkehrsverhalten junger Fahrer und Fahrerinnen**
H. Schulze
123 Seiten, 1996
- M 57: Gesetzmäßigkeiten des Mobilitätsverhaltens**
Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre - Band 4
H. Hautzinger, M. Pfeiffer
66 Seiten, 1996
- M 58: Verkehrsunfallrisiko in Deutschland**
Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre - Band 5
H. Hautzinger, B. Tassaux-Becker, R. Hamacher
131 Seiten, 1996
- M 59: Mobilität der ausländischen Bevölkerung**
Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre - Band 3
H. Hautzinger, B. Tassaux-Becker, M. Pfeiffer
142 Seiten, 1996
- M 60: Medikamenten- und Drogennachweis bei verkehrsunfallfälligen Fahrern**
Roadside Survey
H.-P. Krüger, E. Schulz, Hj. Magerl
72 Seiten, 1996
- M 61: Inländerfahrleistung 1993**
H. Hautzinger, D. Heidemann, B. Krämer
186 Seiten, 1996
- M 62: Unfallrisiko von Pkw unterschiedlicher Fahrzeugtypen**
A. Schepers, M. Schmid
56 Seiten, 1996
- M 63: Schlafbezogene Atmungsstörungen und Verkehrssicherheit**
P. v. Wichert, J.H. Peter, W. Casse, Th. Ploch
52 Seiten, 1996
- M 64: Kombinationswirkung von Medikamenten und Alkohol**
Literaturübersicht
H.-P. Krüger
191 Seiten, 1996
- M 65: Sehstörungen als Unfallursache**
B. Lachenmayr, A. Buser, O. Keller, J. Berger
75 Seiten, 1996
- M 66: Verkehrssicherheitsprobleme infolge Zuwanderung**
G. Dostal, A. W. T. Dostal
131 Seiten, 1996
- M 67: Polizeiliche Verkehrsüberwachung**
Literaturübersicht unter Berücksichtigung der kommunalen Verkehrsüberwachung
I. Koßmann
64 Seiten, 1996
- M 68: Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko 1993**
H. Hautzinger, D. Heidemann, B. Krämer
40 Seiten, 1996
- M 69: Vergleich des Verkehrsordnungsrechts in Europa**
D. Ellinghaus, K. Seidenstecher, J. Steinbrecher
116 Seiten, 1997
- M 70: Schwachstellenanalyse Gefahrguttransport**
P. R. Pautsch, S. Steiningner
68 Seiten, 1997
- M 71: Legalbewährung von Fahranfängern**
E. Hansjosten, F.-D. Schade
64 Seiten, 1997
- M 72: Leistungen des Rettungsdienstes 1994/95**
Zusammenstellung von Ausstattungs- und Leistungsdaten zum Rettungswesen 1994 und Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 1994 und 1995
R. Schmiedel
102 Seiten, 1997
- M 73: Verbesserung des Schutzes von Kindern in Pkw**
K. Langwieder, P. Stadler, Th. Hummel, W. Fastenmeier, F. Finkbeiner
238 Seiten, 1997
- M 74: Personale Kommunikation in Berufsbildenden Schulen**
Programmevaluation
R. Hoppe, A. Tekaat
142 Seiten, 1997
- M 75: Verbesserung der Kommunikation bei der Notfallmeldung**
U. Smentek, V. Garms-Homolová
94 Seiten, 1997
- M 76: Charakteristische Merkmale der Kraffahrttauglichkeit von Methadonpatienten**
J. Kubitzki
82 Seiten, 1997
- M 77: Kompensationsmöglichkeiten bei älteren Krafffahrern mit Leistungsdefiziten**
M. Weinand
56 Seiten, 1997
- M 78: Situationsbezogene Sicherheitskenngrößen im Straßenverkehr**
K. Dahmen-Zimmer, A. Zimmer
76 Seiten, 1997
- M 79: Kommunale Überwachung von Kfz-Geschwindigkeiten in Tempo 30-Zonen**
R. Luthmann, U. Potthoff, St. Wachs, B. Reich, Th. Dietrich
90 Seiten, 1997
- M 80: Neuere Entwicklung bei Fahrsimulatoren**
Dokumentation
H. Chr. Heinrich, M. Weinand
66 Seiten, 1997
- M 81: Fahruntüchtigkeit durch Cannabis, Amphetamine und Cocain**
E. Schulz, M. Vollrath, C. Klimesch, A. Szegedi
88 Seiten, 1997
- M 82: Verbesserung der Verkehrssicherheit durch Versicherungsanreize**
H. Baum, T. Kling
198 Seiten, 1997
- M 83: Sicher fahren in Europa**
Referate des 3. ADAC/BAST-Symposiums am 11. und 12. Juni 1997 in Baden-Baden
184 Seiten, 1997
- M 84: Auswirkungen neuer Technologien im Fahrzeug auf das Fahrverhalten**
Ch. Chaloupka, R. Risser, A. Antoniadis, U. Lehner, M. Praschl
172 Seiten, 1998
- M 85: Auswirkungen des grenzüberschreitenden Verkehrs in Deutschland auf die Verkehrssicherheit**
D. Heidemann, R. Hamacher, H. Hautzinger, A. Müller
38 Seiten, 1998
- M 86: Opiathaltige Schmerzmittel und Verkehrssicherheit**
M. Lakemeyer
50 Seiten, 1998
- M 87: Qualitätskontrolle für quantitative Analysen von Betäubungsmitteln im Blut**
R. Aderjan, M. Herbold
62 Seiten, 1998
- M 88: Soziales Umfeld, Alkohol und junge Fahrer**
H.-P. Krüger, P. Braun, J. Kazenwadel, J. Reiß, M. Vollrath
123 Seiten, 1998
- M 89: Telefonieren am Steuer und Verkehrssicherheit**
E. Brühning, I. Haas, H. Mäder, I. Pfafferott, M. Pöppel-Decker
67 Seiten, 1998
- M 90: Anspracheformen der Verkehrsaufklärung älterer Menschen**
H. J. Kaiser, S. Teichmann, J. Myllymäki-Neuhoff, K. Schüssel, W. D. Oswald, P. Jaensch
192 Seiten, 1998
- M 91: Nächtliche Freizeitunfälle junger Fahrerinnen und Fahrer**
H. Schulze
43 Seiten, 1998
- M 92: Kongreßbericht 1997 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.**
29. Jahrestagung
Münster, 19. bis 22. März 1997
368 Seiten, 1998
- M 93: Driver Improvement - 6. Internationaler Workshop**
Referate des Workshops 1997, veranstaltet von Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Kuratorium für Verkehrssicherheit, Wien, Schweizer Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern, vom 20. bis 22. Oktober 1997 in Berlin
472 Seiten, 1998

- M 94: Der Konflikt „Alkohol und Fahren“: Normative Orientierungen und Verhaltensmuster**
Eine empirische Untersuchung in Deutschland zum Wandel im Westen und zum Ost-West-Vergleich
E. Kretschmer-Bäumel
150 Seiten, 1998
- M 95: Risikoanalyse des Gefahrguttransportes**
Unfallstatistische Risikoanalyse auf der Basis typischer Transportketten
A. Brenck, S. Mondry
108 Seiten, 1998
- M 96: Drogenerkennung im Straßenverkehr**
Schulungsprogramm für Polizeibeamte
Expertengruppe unter Leitung von M.R. Möller
151 Seiten, 1998
- M 97: Leistungen des Rettungsdienstes 1996/97**
Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 1996 und 1997
R. Schmiedel
61 Seiten, 1998
- M 98: Attraktivität des Berufes Rettungsassistent/Rettungsassistentin**
Th. Bals, K. Runggaldier
121 Seiten, 1998
- M 99: Die Aktion „Darauf fahr ich ab: Trinken und Fahren könnt ihr euch sparen“**
Evaluation einer Verkehrsaufklärungsmaßnahme für Jugendliche
M. Emsbach
69 Seiten, 1998
- M 100: Analyse organisatorischer Strukturen im Rettungsdienst**
Teil I: Entwicklung bedarfsgerechter Dispositionsbereiche von Rettungsleitstellen
Teil II: Die Organisation des Notarztdienstes im Zusammenhang mit den Mitwirkungsmöglichkeiten niedergelassener Ärzte (KV-Ärzte)
Teil III: Konzeption eines Anforderungsprofils an den „Leiter Rettungsdienst“
R. Schmiedel
232 Seiten, 1998
- M 101: Straßenverkehrsunfälle beim Transport gefährlicher Güter 1992 bis 1995**
M. Pöppel-Decker
34 Seiten, 1998
- M 102: Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr**
H. Baum, K.-J. Höhnscheid
84 Seiten, 1999
- M 103: Lebensstil, Freizeitstil und Verkehrsverhalten 18- bis 34jähriger Verkehrsteilnehmer**
H. Schulze
67 Seiten, 1999
- M 104: Telematik-Systeme und Verkehrssicherheit**
B. Färber, B. Färber
96 Seiten, 1999
- M 105: Zweites Forschungsprogramm „Sicherheit in der Gefahrgutbeförderung“**
H. Beck, K.-H. Bell, E. Bruckmayer, R. Damzog, W. Förster, T. Heilandt, G. Hundhausen, W. Kachel, A. Lauer, R. Lütke-meyer, K. E. Wieser
120 Seiten, 1999
- M 106: Marktstudie des Reisebusverkehrs in Europa**
G. Dostal, A. W. T. Dostal
232 Seiten, 1999
- M 107: Konfrontierende Stilmittel in der Verkehrssicherheitsarbeit**
Confrontational Methods in Road Safety Campaigns
Vorträge, gehalten auf dem Europäischen Kongress - veranstaltet von der Bundesanstalt für Straßenwesen und dem Deutschen Verkehrssicherheitsrat e.V. am 19. und 20. April 1999 in Bonn
176 Seiten, 1999
- M 108: Mobilität und Raumeignung von Kindern**
J. Krause, M. Schömann, I. Böhme, H. Schäfer, S. Lässig
149 Seiten, 1999
- M 109: Kenngrößen für Fußgänger- und Fahrradverkehr**
W. Brög, E. Erl
39 Seiten, 1999
- M 110: Unfall- und Unfallkostenanalyse im Reisebusverkehr**
L. Neumann, P. Hofmann, B. Schaaf, F.A. Berg, W. Niewöhner
64 Seiten, 1999
- M 111: Kongressbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.**
30. Jahrestagung
Berlin, 10. bis 13. März 1999
199 Seiten, 1999
- M 112: Ältere Menschen als Radfahrer**
U. Steffens, K. Pfeiffer, N. Schreiber, G. Rudinger, H. Groß, G. Hübner
147 Seiten, 1999
- M 113: Umweltbewußtsein und Verkehrsmittelwahl**
P. Preisendörfer, F. Wächter-Scholz, A. Franzen, A. Diekmann, H. Schad, St. Rommerskirchen
153 Seiten, 1999
- M 114: ÖPNV-Nutzung von Kindern und Jugendlichen**
H. Dürholt, M. Pfeifer, G. Deetjen
73 Seiten, 1999
- M 115: Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung**
Gemeinsamer Beirat für Verkehrsmedizin beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und beim Bundesministerium für Gesundheit
95 Seiten, 2000
- M 116: Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten**
Methoden für den Entwicklungsprozeß
Referate des gemeinsamen Symposiums der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) und der Bundesanstalt für Straßenwesen am 1. Juli 1999 in Bergisch Gladbach
84 Seiten, 2000
- M 117: Erleben der präklinischen Versorgung nach einem Verkehrsunfall**
E. Nyberg, M. Mayer, U. Frommberger
34 Seiten, 2000
- M 118: Leistungen des Rettungsdienstes 1998/99**
R. Schmiedel, H. Behrendt
59 Seiten, 2000
- M 119: Volkswirtschaftliche Kosten der Sachschäden im Straßenverkehr**
H. Baum, K.-J. Höhnscheid, H. Höhnscheid, V. Schott
21 Seiten, 2000
- M 120: Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Determinanten bis zum Jahr 2010**
R. Ratzberger
133 Seiten, 2000
- M 121: Sicher fahren in Europa**
Referate des 4. ADAC/BAST-Symposiums am 6. und 7. Juni 2000 in Baden-Baden
187 Seiten, 2000
- M 122: Charakteristika von Unfällen auf Landstraßen**
Analyse aus Erhebungen am Unfallort
D. Otte
66 Seiten, 2000
- M 123: Mehr Verkehrssicherheit für Senioren – More Road Safety for Senior Citizens**
Beiträge zur Europäischen Konferenz, veranstaltet von der Bundesanstalt für Straßenwesen und dem Deutschen Verkehrssicherheitsrat e.V.
vom 2. bis 4. Mai 2000 in Köln
242 Seiten, 2000
- M 124: Fahrerverhaltensbeobachtungen auf Landstraßen am Beispiel von Baumalleen**
F. Zwieli, K. Reker, J. Flach
51 Seiten, 2001
- M 125: Sachschadenschätzung der Polizei bei unfallbeteiligten Fahrzeugen**
D. Heidemann, B. Krämer, H. Hautzinger
33 Seiten, 2001
- M 126: Auswirkungen der Verkehrsüberwachung auf die Befolgung von Verkehrsvorschriften**
M. Pfeiffer, H. Hautzinger
80 Seiten, 2001
- M 127: Verkehrssicherheit nach Einnahme psychotroper Substanzen**
Workshop veranstaltet von der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin vom 31.03. bis 01.04.2000 in Heidelberg
87 Seiten, 2001
- M 128: Auswirkungen neuer Arbeitskonzepte und insbesondere von Telearbeit auf das Verkehrsverhalten**
W. Vogt, St. Denzinger, W. Glaser, M. O. Glaser, Th. Kuder
134 Seiten, 2001
- M 129: Regionalstruktur nächtlicher Freizeitunfälle junger Fahrer in den Jahren 1997 und 1998**
H. Mäder, M. Pöppel-Decker
45 Seiten, 2001
- M 130: Informations- und Steuerungssystem für die Verkehrssicherheitsarbeit für Senioren**
R. Meka, S. Bayer
39 Seiten, 2001
- M 131: Perspektiven der Verkehrssicherheitsarbeit für Senioren**
Teil A: Erster Bericht der Projektgruppe zur Optimierung der Zielgruppenprogramme für die Verkehrsaufklärung von Senioren
Teil B: Modellprojekt zur Erprobung von Maßnahmen der Verkehrssicherheitsarbeit mit Senioren
S. Becker, R. Berger, M. Dumbs, M. Emsbach, N. Erlemeier, H. J. Kaiser, U. Six

- Unter Mitwirkung von
A. Bergmeier, D. Ernst, M. Mohrhardt, S. Pech, M. Schafhausen, S. Schmidt, A. Zehnpfennig
124 Seiten, 2001
- M 132: Fahrten unter Drogen- einfluss – Einflussfaktoren und Gefährdungspotenzial**
M. Vollrath, R. Löbmann, H.-P. Krüger, H. Schöch, T. Widera, M. Mettke
172 Seiten, 2001
- M 133: Kongressbericht 2001 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V.**
31. Jahrestagung
Frankfurt a. Main,
22. bis 24. März 2001
186 Seiten, 2001
- M 134: Ältere Menschen im künftigen Sicherheitssystem Straße/Fahrzeug/Mensch**
E. Jansen, H. Holte, C. Jung, V. Kahmann, K. Moritz, Ch. Rietz, G. Rudinger, Ch. Weidemann
276 Seiten, 2001
- M 135: Nutzung von Inline-Skates im Straßenverkehr**
D. Alrutz, D. Gündel, H. Müller
Unter Mitwirkung von
Th. Brückner, K. Gnielka,
M. Lerner, H. Meyhöfer
103 Seiten, 2002
- M 136: Verkehrssicherheit von ausländischen Arbeitnehmern und ihren Familien**
W. Funk, A. Wiedemann,
B. Rehm, R. Wasilewski,
H. Faßmann, F. Kabakci,
M. Dorsch, St. Klapproth,
St. Ringleb, J. Schmidt-pott
171 Seiten, 2002
- M 137: Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Motorradfahrern**
K. Assing
83 Seiten, 2002
- M 138: Beteiligung, Verhalten und Sicherheit von Kindern und Jugendlichen im Straßenverkehr**
W. Funk, H. Faßmann, G. Büschges, R. Wasilewski, M. Dorsch, A. Ehret, St. Klapproth, E. May, St. Ringleb, G. Schießl, A. Wiedemann, R. Zimmermann
251 Seiten, 2002
- M 139: Verkehrssicherheitsmaßnahmen für Kinder**
Eine Sichtung der Maßnahmenlandschaft
W. Funk, A. Wiedemann,
G. Büschges, R. Wasilewski,
St. Klapproth, St. Ringleb,
G. Schießl
125 Seiten, 2002
- M 140: Optimierung von Rettungseinsätzen**
Praktische und ökonomische Konsequenzen
R. Schmiedel, H. Moecke, H. Behrendt
231 Seiten, 2002
- M 141: Die Bedeutung des Rettungsdienstes bei Verkehrsunfällen mit schädel-hirn-traumatisierten Kindern**
Eine retrospektive Auswertung von Notarzteinsatzprotokollen in Bayern
M. G. Brandt, P. Sefrin
47 Seiten, 2002
- M 142: Rettungsdienst im Großschadensfall**
P. M. Holle, U. Pohl-Meuthen
97 Seiten, 2002
- M 143: Zweite Internationale Konferenz „Junge Fahrer und Fahrerinnen“**
Referate der Zweiten Internationalen Konferenz vom 29. bis 30. Oktober 2001 in Wolfsburg
216 Seiten, 2002
- M 144: Internationale Erfahrungen mit neuen Ansätzen zur Absenkung des Unfallrisikos junger Fahrer und Fahranfänger**
Voraussetzungen einer Übertragbarkeit auf Deutschland
G. Willmes-Lenz
40 Seiten, 2002
- M 145: Drogen im Straßenverkehr**
Fahrsimulationstest, ärztliche und toxikologische Untersuchung bei Cannabis und Amphetaminen
M. Vollrath, H. Sachs, B. Babel, H.-P. Krüger
88 Seiten, 2002
- M 146: Standards der Geschwindigkeitsüberwachung im Verkehr**
Vergleich polizeilicher und kommunaler Überwachungsmaßnahmen
M. Pfeiffer, R. Wiebusch-Wothge
72 Seiten, 2002
- M 147: Leistungen des Rettungsdienstes 2000/01**
Zusammenstellung von Infrastrukturdaten zum Rettungsdienst 2000 und Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2000 und 2001
R. Schmiedel, H. Behrendt
84 Seiten, 2002
- M 148: Moderne Verkehrssicherheitstechnologie - Fahrdatenspeicher und Junge Fahrer**
H.-J. Heinzmann, F.-D. Schade
66 Seiten, 2003
- M 149: Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrerverhalten**
B. Färber, B. Färber
108 Seiten, 2003
- M 150: Benzodiazepine: Konzentration, Wirkprofile und Fahrtüchtigkeit**
B. Lutz, P. Strohbeck-Kühner, R. Aderjan, R. Mattern
247 Seiten, 2003
- M 151: Aggressionen im Straßenverkehr**
Chr. Maag, H.-P. Krüger, K. Breuer, A. Benmimoun, D. Neunzig, D. Ehmanns
166 Seiten, 2003
- M 152: Kongressbericht 2003 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V.**
32. Jahrestagung
Magdeburg,
20. bis 23. März 2003
204 Seiten, 2003
- M 153: Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen**
M. Pöppel-Decker, A. Schepers, I. Koßmann
61 Seiten, 2003

Die Hefte sind kostenpflichtig. Aus postalischen Gründen werden die Preise in dieser Übersicht nicht aufgeführt.

Auskünfte und Bezug durch:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 88
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

