

Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 70

bast

Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen

von

Jost Gail
Martin Pöppel-Decker
Mechthild Lorig
Andre Eggers
Markus Lerner
Uwe Ellmers

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 70

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, Stabsstelle Presse und 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, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 06510 des Arbeitsprogrammes der Bundesanstalt für Straßenwesen:

Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und 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 0943-9307
ISBN 978-3-86509-871-9

Bergisch Gladbach, Dezember 2008

Kurzfassung – Abstract

Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen

Insbesondere auf Landstraßen, d. h. außerorts ohne Bundesautobahnen, hat sich in den letzten Jahren ein deutlicher Rückgang bei den Unfällen mit Pkw gezeigt. Von 2001 bis 2005 ist die Zahl der bei Landstraßenunfällen Getöteten von 4.481 auf ca. 3.230 zurückgegangen. Als eine wesentliche Ursache für diese positive Entwicklung wird die stetige Verbesserung der aktiven und passiven Sicherheit von Fahrzeugen angesehen. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit sich in der amtlichen Unfallstatistik Belege für diese Vermutung finden lassen. Ob die Wirkung straßeninfrastrukturseitiger Maßnahmen auf Landstraßenunfälle mit dem gewählten Ansatz analog nachweisbar ist, wurde ebenfalls betrachtet.

Der Einfluss fahrzeugseitiger Maßnahmen auf das Unfallgeschehen wurde zum einen für drei Systeme der aktiven Fahrzeugsicherheit – Fahrdynamikregelungen (ESP), Bremsassistenten (BAS) und Gasentladungsscheinwerfer (XENON) – ermittelt. Zum anderen wurden Verbesserungen der passiven Fahrzeugsicherheit, wie Airbags oder auch die Einführung von Vorschriften für z. B. Frontal- und Seitenaufprall, als Gesamtpaket betrachtet. Darüber hinaus wurden Einflussmöglichkeiten verbesserter Straßeninfrastruktur bzw. -ausstattung erörtert.

Für die ausgewählten Sicherheitseinrichtungen wurden geeignete Teilmengen aus dem Unfallgeschehen ausgewählt, bei denen sich der Einfluss der Fahrzeugtechnik erwarten lässt. Diese wurden dann mit Unfallsituationen verglichen, in denen die Maßnahmen keine Wirkung zeigen sollten.

Im Einzelnen konnten folgende Ergebnisse aus den Auswertungen des Unfallgeschehens abgeleitet werden:

Die Zahl der Unfälle in ESP-relevanten Situationen ist bei neuen Fahrzeugen, in denen ESP zu einem hohen Anteil verbaut ist, deutlich und überproportional zurückgegangen. Hier ist zwischen den Jahren 2000 und 2005 ein Rückgang der Landstraßenunfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden in Höhe von 28 % eingetreten.

Der positive Effekt des ESP zeigt sich auch an der Zahl der schweren Personenschäden (Getötete und Schwerverletzte). Insgesamt ergibt sich für den Rückgang der schweren Personenschäden in ESP-relevanten Situationen auf Landstraßen unter Berücksichtigung der Unfälle älterer Pkw sowie der Unfälle in Vergleichssituationen ein Wert von 13 %.

Das Unfallgeschehen in BAS-relevanten Situationen hat sich sowohl für Neufahrzeuge als auch für ältere Fahrzeuge gleichermaßen, aber überproportional verbessert (-31 % Unfälle für BAS-relevante Situationen gegenüber -20 % für nicht BAS-relevante). Ein Sicherheitsvorteil allein durch BAS lässt sich mit den vorliegenden Zahlen somit nicht eindeutig nachweisen. Dass auch ältere Fahrzeuge in der BAS-Situation einen starken Rückgang aufweisen, deutet darauf hin, dass es neben dem BAS weitere Faktoren gibt, die diese Situation positiv beeinflussen, die aber nicht identifiziert sind. Hier könnte ABS, das in der gleichen Situation wirkt wie BAS und auch noch bei älteren Fahrzeugen wachsende Ausstattungsquoten zeigt, eine Rolle spielen.

Rückgänge in den Unfallzahlen fallen für Neufahrzeuge in den XENON-relevanten Situationen etwas stärker aus als bei älteren Pkw (-34 % gegenüber -28 %). Daraus lassen sich, vermutlich bedingt durch die geringen Änderungen der Ausstattungsquote, jedoch in dieser Untersuchung keine Sicherheitsvorteile durch Gasentladungslicht ableiten, da der Rückgang gleichermaßen auch in der Vergleichssituation auftritt. Gleichzeitig deutet die Unfallentwicklung in Abhängigkeit vom Fahrzeugalter jedoch darauf hin, dass auch in der XENON-Situation andere Maßnahmen, die z. B. der passiven Fahrzeugsicherheit zuzuordnen sind, wirksam sein müssen.

Die Rückgänge der Unfallschwere (Anzahl der Getöteten und Schwerverletzten je 100 Pkw-Fahrer bei Unfällen mit Personenschaden) in Unfällen mit entgegenkommenden Fahrzeugen (relevante Situation für die passive Sicherheit) sind bei Fahrern von Neufahrzeugen am größten (-42 % gegenüber -14 % bei älteren Fahrzeugen). Dies zeigt eindeutig die Wirkung verbesserter Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit wie Airbags, Gurtstraffer und -kraftbegrenzer sowie optimierte Fahrzeugstruktur bzw. Fahrgastzelle.

Deutliche Rückgänge in der Unfallschwere bei den sonstigen Unfällen von Neufahrzeugen zeigen, dass sich die ständig weiterentwickelte passive Sicherheit auch in anderen Unfallkonstellationen, wie z. B. seitlichen Kollisionen, bewährt.

Im Straßeninfrastrukturbereich besteht das Problem, dass die wesentlichen Informationen für den hier gewählten Ansatz zur Ermittlung des Einflusses von Maßnahmen auf das Unfallgeschehen nicht verfügbar sind. Dafür müssten zum einen Daten über die Menge der umgesetzten Maßnahmen im Zeitverlauf vorliegen; zum anderen müsste es eine Vergleichsgruppe geben (Unfälle, die durch die Maßnahme nicht beeinflusst wurden). Maßnahmen und Nicht-Maßnahmen müssten dabei räumlich und/oder zeitlich abgrenzbar sein. Es zeigt sich, dass diese Daten für die meisten Maßnahmen im Infrastrukturbereich nicht vorliegen, sodass mit Hilfe der amtlichen Unfallstatistik keine Untersuchungen zur Wirksamkeit durchgeführt werden können. Hier sind demnach andere Untersuchungsansätze anzuwenden.

Impact of improved vehicle safety on the development of accidents of cars on rural roads

In the last years there has been a decline in accident figures in Germany especially on rural roads. There the number of fatalities decreased from 4,767 in the year 2000 to about 3.230 in 2005. This positive development is mainly based on improved primary and secondary vehicle safety. However, the impact of automotive engineering on accidents of passenger cars on rural roads has not been quantified yet. For that purpose the national accident statistics was examined to determine the impact of modern safety systems on the reduction of accidents and accident severity. Aspects of road infrastructure related measures were considered as well.

For three systems of active vehicle safety namely vehicle stability control (VSC), brake assisting systems (BAS) and gas discharge light (XENON) the influence on accident figures was determined. Improvements of passive safety were considered together.

For the selected safety systems suitable accident configurations were selected. The development since 2000 was compared with that of a control group of accidents not influenced by the safety features of the measure.

The results of the study can be summarised as follows:

For VSC an overall effectiveness of 28% for the decline of the number of accidents on rural roads

between 2000 and 2005 could be determined. Vehicles equipped with VSC definitely benefit from this technology. The effect of VSC can also be observed at the number of fatalities and severe injuries. Here the overall effectiveness of VSC amounts to a reduction of about 13%.

For accidents relevant for BAS like rear end accidents accident figures decreased for both newer and older vehicles stronger than in the reference situation (-31% for BAS situation vs. -20% for reference situation). It was not possible to trace back the positive effect solely to BAS. On the one hand there is still a low and slowly growing equipment rate with BAS. On the other hand the accident figures which are also decreasing for older vehicles indicate that besides BAS there are other measures influencing the situation positively. ABS which works in the same situation like BAS and shows increasing equipment rates is of course such a factor.

For gas discharge lighting accident figures for newer vehicles decrease stronger than for older vehicles (-34% vs. -28%). Assumably due to the low equipment rates it was not possible to prove safety gains caused by Xenon light by means of the national accident statistics. However, the low number of accidents for new vehicles displays that in the Xenon situation also other measures of automotive engineering like such of passive safety must have been effective.

To investigate the passive safety of vehicles accidents with oncoming traffic were regarded. Here significant decreases were found for fatally and severely injured participants per 100 drivers involved (-42% for new vehicles vs. -14% for older vehicles). This shows clearly that there are essential effects due to improved secondary safety like airbags, seat belt pretensioners, seat belt force limiters and optimised vehicle structure. Reductions could also be observed for other accidents of newer vehicles indicating that progress in secondary safety also positively effects other constellations like side impacts.

For road infrastructure measures essential information is missing to derive effects on accident figures by means of the approach selected within this study. Therefore the measure and the control group should be separated by time and space. But data on the number and location of infrastructure measures taken during the time span considered and referring to the road network of Germany are not available.

Inhalt

1	Einleitung	7	4.1.2.1	Definition der ESP-Situation	21
2	Entwicklung der Fahrzeug- technik	8	4.1.2.2	Entwicklung der ESP-Unfälle	21
2.1	Sicherheitssysteme	8	4.1.2.3	Fazit für das Unfallgeschehen in ESP-Situationen	23
2.1.1	Systeme der aktiven Fahrzeug- sicherheit	8	4.1.2.4	Schwere Personenschäden bei Unfällen in ESP-Situationen	23
2.1.2	Gesetze und Verbraucherschutz- tests zur passiven Fahrzeug- sicherheit	10	4.1.2.5	Fazit für die Entwicklung der schweren Personenschäden bei Unfällen in ESP-Situationen	24
2.1.3	Systeme und Komponenten der passiven Fahrzeugsicherheit	11	4.1.2.6	Unfallschwere bei Unfällen in ESP-Situationen	24
2.2	Ausstattungsdaten	13	4.1.2.7	Diskussion und Fazit zur Schwere von Unfällen in ESP-Situationen und zum Rückgang der schweren Personenschäden	25
3	Entwicklung des Unfall- geschehens auf Landstraßen	15	4.1.3.	BAS-Situationen	26
3.1	Allgemeiner Überblick	15	4.1.3.1	Definition der BAS-Situation	26
3.2	Datengrundlage	15	4.1.3.2	Entwicklung der BAS-Unfälle	26
3.3	Unfallbeteiligung von Pkw	16	4.1.3.3	Fazit zu Unfällen in BAS- Situationen	28
3.4	Beteiligte und Hauptverursacher nach dem Alter des Pkw und des Fahrers	17	4.1.3.4	Unfallschwere von Unfällen in BAS-Situationen	28
3.4.1	Alter der Pkw	17	4.1.4	XENON-Situationen	28
3.4.2	Lebensalter des Hauptver- ursachers nach dem Alter des Pkw	18	4.1.4.1	Definition der XENON- Situationen	28
3.5	Unfallfolgen von Pkw-Unfällen	18	4.1.4.2	Entwicklung der XENON-Unfälle ...	28
3.5.1	Unfallschwere von Pkw-Unfällen ...	19	4.1.4.3	Unfallschwere von Unfällen in XENON-Situationen	29
3.6	Bestand an Pkw	19	4.2	Zusammenstoß von Pkw mit entgegenkommenden Pkw als Indikator für verbesserte passive Sicherheitsausstattung (Fahrzeug- struktur, Airbag)	30
3.7	Beteiligtenbelastung als Risiko- größe	20	4.2.1	Entwicklung der Anzahl der Beteiligten an Unfällen mit entge- genkommenden Pkw	30
4	Auswertung des Unfallgesche- hens in Bezug auf fahrzeug- technische Aspekte	20	4.2.2	Fazit zur Unfallbeteiligung	32
4.1	Aktive Fahrzeugsicherheit	20	4.2.3	Unfallschwere von Unfällen mit entgegenkommenden Pkw	32
4.1.1	Unfälle mit Personenschaden sowie schwerwiegende Unfälle mit Sach- schaden nach „Technik-Situation“ im Überblick	21	4.2.4	Fazit zur Unfallschwere	33
4.1.2	ESP-Situationen	21			

5	Infrastrukturmaßnahmen	33
5.1	Verfügbarkeit von Informationen über zeitliche und räumliche Abgrenzung von Maßnahmenumsetzungen und Vergleichskollektiven	34
5.1.1	Zusätzliche Überholmöglichkeiten	34
5.1.2	Ortsfeste Anlagen zur Geschwindigkeitsüberwachung	35
5.1.3	Linienführung	35
5.1.4	Knotenpunktgestaltung	35
5.1.5	Separation des nicht-motorisierten vom motorisierten Verkehr	36
5.1.6	Straßenausstattung und Fahrzeugrückhaltesysteme	36
5.1.6.1	Absturzsicherungen	36
5.1.6.2	Schutz vor Baumanprall	36
5.1.6.3	Anpralldämpfer	37
5.2	Zusammenfassung zu Infrastrukturmaßnahmen	38
6	Zusammenfassung und Fazit	38
7	Literatur	40

Abkürzungen

ABS	Anti-Blockier-System
BAS	Bremsassistent
Bet.	Beteiligte
DAT	Deutsche Automobil Treuhand
ECE	Economic Commission for Europe
ESP	Elektronisches-Stabilitäts-Programm
EuroNCAP	European New Car Assessment Programme
Fz	Fahrzeug(e)
GT	Getötete
HV	Hauptverursacher
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeuge
LV	Leichtverletzte
SP	Schwerer Personenschaden (Getötete und Schwerverletzte)
SV	Schwerverletzte
U	Unfälle mit Personenschaden- und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden
U(LS)	Unfälle mit leichtem Sachschaden
U(LV)	Unfälle mit Leichtverletzten
U(P)	Unfälle mit Personenschaden
U(SP)	Unfälle mit schwerem Personenschaden
U(SS)	Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden (im engeren Sinne)
VDA	Verband der Automobilindustrie

1 Einleitung

In Deutschland hat sich in den letzten Jahren ein deutlicher Verkehrssicherheitsgewinn in Form von rückläufigen Unfallzahlen gezeigt. Herausragend ist dabei die Entwicklung des Unfallgeschehens auf Landstraßen (= außerorts ohne Bundesautobahnen (BAB)). Von 2001 bis 2005 ist die Zahl der bei Landstraßenunfällen Getöteten von 4.481 auf ca. 3.230 zurückgegangen. Eine wesentliche Ursache für diese positive Entwicklung ist in der stetigen Verbesserung der aktiven und passiven Sicherheit von Fahrzeugen und straßenseitigen Maßnahmen an unfallträchtigen Punkten zu sehen. Der Einfluss der fahrzeugseitigen Maßnahmen auf das Unfallgeschehen wurde bisher jedoch nicht quantifiziert. Aus diesem Grund wurde eine Untersuchung durchgeführt, mit der geprüft werden sollte, inwieweit der Rückgang der Unfallzahlen und die Milderung der Unfallfolgen auf Landstraßen auf den Fortschritt in der Fahrzeugtechnik zurückzuführen sind. Wie weitere, z. B. straßeninfrastrukturseitige, Maßnahmen sich auf Landstraßenunfälle deutlich positiv ausgewirkt haben, sollte ebenfalls untersucht werden. Die Ergebnisse der Untersuchung geben einen Anhaltspunkt, welche der Sicherheitsausstattungen von Fahrzeugen besonders effektiv sind, sodass diese gezielt gefördert werden können, um weiteres Potenzial zur Reduktion der Unfallzahl und -schwere zu nutzen. Eine Maßnahme kann jedoch auch dann förderungswürdig sein, wenn ihre Wirksamkeit im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht nachweisbar war.

Um den Einfluss fahrzeugseitiger Maßnahmen auf das Unfallgeschehen bestimmen zu können, wurden zunächst Sicherheitssysteme wie Bremsassistenten (BAS), Fahrdynamikregelungen (ESP¹), verbesserte Scheinwerfer, Airbags oder auch die Einführung von Vorschriften für z. B. Frontal- und Seitenaufprall ausgewählt, die bestimmte Unfallkonstellationen positiv beeinflusst haben können. Für die Systeme bzw. strukturellen Veränderungen an den Fahrzeugen wurden zeitliche Verläufe der Ausstattungs- bzw. Umsetzungsdaten ermittelt. Parallel dazu wurden auch Maßnahmen bei der Straßeninfrastruktur wie das Anlegen von Radwegen und Kreisverkehren mit in Betracht gezogen.

Für die ausgewählten Sicherheitsfeatures und -maßnahmen wurden geeignete Teilmengen aus dem Unfallgeschehen ausgewählt, bei denen sich der Einfluss der Fahrzeugtechnik und Infrastruktur (= Hypothese) erwarten lässt. Fahrzeug- und Unfallmerkmale wurden dabei ebenso wie Nebeneffekte (Alter von Fahrer und Fahrzeug, Verkehrsbeteiligung etc.), die die abzuleitenden Zusammenhänge beeinflussen, entsprechend mit berücksichtigt.

Um die Entwicklung des Unfallgeschehens und den Einfluss von fahrzeugseitigen Sicherheitsmaßnahmen auf diese Entwicklung zu beurteilen, wurden nur Neufahrzeuge bzw. Gruppen gleich alter Fahrzeuge betrachtet. Zum einen finden sich die betrachteten technische Sicherheitssysteme überwiegend in Neufahrzeugen, zum anderen sollen auf diese Weise Effekte ausgeschlossen werden, die vom Alter des Fahrzeugs abhängig sind, wie z. B. Fahrleistung oder Nutzergruppe. Als Vergleichsfahrzeuggruppe können dann Fahrzeuge einer festgelegten höheren Altersstufe dienen.

Es wurde versucht, die oben genannten Annahmen, ob Fahrzeuge mit gewisser Ausstattung in bestimmten Unfallkonstellationen im Vergleich zu Kontrollgruppen weniger häufig auftreten bzw. geringere Unfallschwere aufweisen, zu be- bzw. widerlegen. Es wurde dabei auch gegenübergestellt, ob zwischen den ermittelten Ausstattungsdaten und dem Unfallgeschehen Zusammenhänge bestehen.

Im Einzelnen wurden folgende Vermutungen näher beleuchtet:

- ESP beeinflusst Fahrunfälle positiv.
- BAS (und ABS) mildert insbesondere Auffahrunfälle (Zusammenstoß mit Fahrzeug, das anfährt/anhält/steht oder vorausfährt/wartet, oder Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn), wobei die Wirkung von ABS zeitlich in den 1990er Jahren einsetzt und die von BAS nach 2000.
- Gasentladungsscheinwerfer und Kurvenlicht beeinflussen Dunkelheitsunfälle mit Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger oder Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn positiv.
- Vorschriften zu Frontal- und Seitenaufprall, Airbags sowie von EuroNCAP initiierte Maßnahmen wirken sich bei Unfällen, bei denen insbesondere die Struktur des Fahrzeugs beansprucht wird, positiv aus.

¹ ESP ist ein eingetragenes Warenzeichen der Robert Bosch GmbH. Für Fahrdynamikregelungen gibt es – je nach Fahrzeughersteller – 8 weitere Bezeichnungen [1]. Im Sprachgebrauch hat sich der Begriff ESP durchgesetzt, daher wird auf diese Abkürzung im Folgenden zurückgegriffen.

- Infrastrukturmaßnahmen, wie z. B. Schutzplanen, Anpralldämpfer, Neubau von Radwegen und Kreisverkehren, wirken sich insgesamt positiv auf das Unfallgeschehen auf Landstraßen aus.

2 Entwicklung der Fahrzeugtechnik

2.1 Sicherheitssysteme

Seit der Erfindung des Automobils ging die Tendenz hin zu immer schnelleren und leistungsfähigeren Fahrzeugen. Auf Grund der steigenden Anzahl von Fahrzeugen war auch beim Verkehrsaufkommen ein ständiger Anstieg zu verzeichnen. Die wachsende Mobilität brachte jedoch auch steigende Unfallzahlen mit sich. Dadurch ergab sich für die Konstrukteure die Notwendigkeit, die Sicherheit der Fahrzeuge ständig zu verbessern, um die Pkw-Insassen sowie die übrigen Verkehrsteilnehmer besser zu schützen. So wurde beispielsweise bereits 1928 über Vorläufer des heutigen ABS nachgedacht. Mit Einzug der Elektronik ins Kraftfahrzeug ergaben sich auf diesem Feld völlig neue Möglichkeiten, sodass die aktive und passive Sicherheit der Fahrzeuge entscheidend verbessert werden konnte. Dadurch konnten die Anzahl und die Schwere der Verkehrsunfälle in den vergangenen Jahren trotz steigenden Verkehrsaufkommens gesenkt werden.

Im Folgenden werden aktive und passive Sicherheitssysteme aufgeführt und erläutert, von denen anzunehmen ist, dass sie die Unfallbilanz bei Landstraßenunfällen positiv beeinflusst haben.

2.1.1 Systeme der aktiven Fahrzeugsicherheit

Anti-Blockier-System (ABS)

Im Jahr 1966 wurde erstmals ein Pkw mit einem – damals noch mechanischen – ABS auf dem amerikanischen Markt angeboten. Ein elektronisches ABS wird seit 1978, zunächst noch optional, angeboten, 1985 wurde der erste Pkw serienmäßig mit diesem System ausgestattet. Bei den heute im Pkw verbauten ABS messen Sensoren ständig die Radrehzahlen an allen vier Rädern. Dadurch kann bei Fahrten auf Fahrbahnoberflächen mit niedrigem Reibwert bzw. unterschiedlicher Griffigkeit oder bei starken Bremsmanövern erkannt werden, ob einzelne oder mehrere Räder anfangen zu blockieren.

In diesem Fall wird der Bremsdruck kurzzeitig vermindert und das Fahrzeug bleibt in der Spur bzw. bleibt bei erforderlichen Ausweichmanövern lenkbar, ohne dass der Fahrer den Fuß vom Bremspedal nehmen muss. Da ABS die gleichen Unfälle wie der BAS adressiert, wird ABS im Folgenden zusammen mit dem BAS diskutiert.

Bis auf Situationen, in denen die Fahrbahnoberfläche aus frischem Schnee oder losem Schotter besteht, sind mit ABS kürzere Bremswege zu erzielen [23]. Für trockene Fahrbahn werden mit ABS um 12 % höhere Verzögerungen berichtet als ohne ABS [24]. Studien zur Wirkung von ABS auf das Unfallgeschehen zeigen jedoch keine klare Tendenz [25-30]. Zum einen wird von rückläufigen Unfallzahlen bei Unfällen mit zwei und mehr Beteiligten berichtet, wogegen zum anderen Alleinunfälle gleichzeitig zunehmen. FARMER konnte für die Jahre 1996 bis 1998 positive Effekte bei mit ABS ausgestatteten Fahrzeugen beobachten, kommt jedoch zu dem Schluss, dass durch ABS nur bescheidene Rückgänge bei den Getötetenzahlen zu erwarten sind [31].

Fahrdynamikregelungen (ESP = Elektronisches-Stabilitäts-Programm)

Mit Einführung des ESP konnte die Fahrstabilität weiter verbessert werden. Die ersten Fahrzeugtypen wurden 1995 serienmäßig mit ESP ausgerüstet. Aufbauend auf den Daten des ABS, der Fahrzeuggierate und des Lenkwinkels ermöglicht das ESP, ein Unter- oder Übersteuern eines Fahrzeugs zu erkennen und einzelne Räder so abzubremesen, dass das Fahrzeug im Rahmen der physikalischen Grenzen stabilisiert wird und auf dem vom Fahrer gewünschten Kurs bleibt (siehe Bild 1). Dass der Einsatz von Fahrdynamikregelungen dazu beiträgt, die Zahl der Unfälle zu verringern sowie die Verletzungsschwere zu reduzieren, wurde in verschiedenen Studien nachgewiesen [2-9]. Fahrzeughersteller, die Fahrdynamikregelungen in ihren Fahrzeugen einbauen, bestätigen einen massiven Rückgang von Fahr- bzw. Alleinunfällen um bis zu 42 % (bei Schleuderunfällen sogar 80 %). Eine schwedische Studie kommt zu der Abschätzung, dass Fahrdynamikregelungen für Unfälle mit Personenschaden, bei denen ESP eine Rolle spielen kann, eine Effektivität von 22 % besitzen. Der Effekt ist bei nasser oder glatter Fahrbahn noch einmal deutlich höher. Weiterhin wird in der Literatur insbesondere auf den positiven Effekt einer Fahrdynamikregelung bei Sport Utility Vehicles hingewiesen.

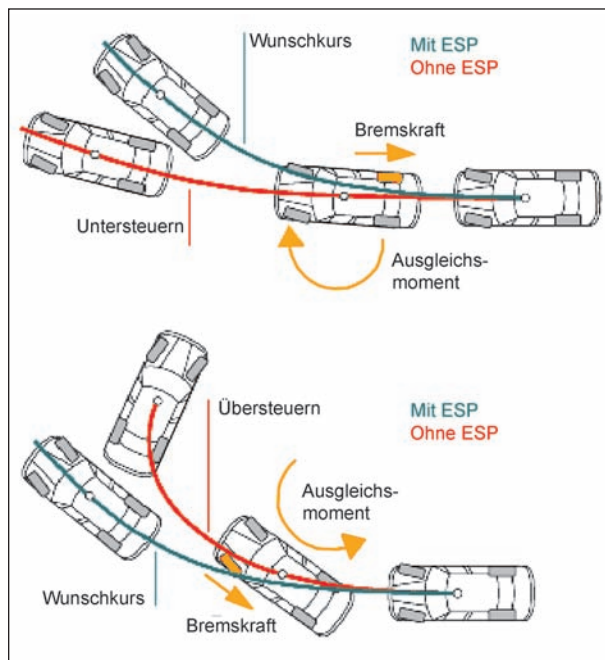


Bild 1: Eingriff des ESP bei Unter- bzw. Übersteuern des Fahrzeugs [10]

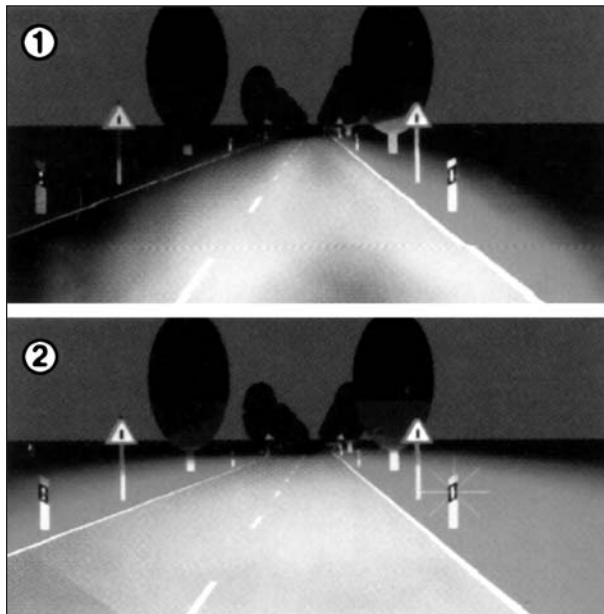


Bild 2: Schematische Darstellung der Lichtausbeute mit herkömmlichen Scheinwerfern (1) und Xenonlicht (2) [13]

Bremsassistent (BAS)

Die ersten Fahrzeuge mit BAS kamen 1996 auf den Markt. Wenn in einer Gefahrensituation eine Notbremsung erforderlich wird, betätigen viele Autofahrer das Bremspedal zwar mit hoher Antrittsgeschwindigkeit, aber nicht mit maximalem Kraftaufwand. Daher verlängert sich der Bremsweg gegenüber einer optimal durchgeführten Vollbremsung. In Abhängigkeit von Pedalantrittsge-

schwindigkeit und -druck bewirkt der BAS einen schnelleren und höheren Druckaufbau im Bremsystem bis in den Regelbereich von ABS/ESP. Studien zur Wirksamkeit des Bremsassistenten wurden vor allem im Zusammenhang mit Fußgängerschutzmaßnahmen durchgeführt. L. HANNAWALD [11] hat auf Basis von GIDAS (German- In-Depth-Accident-Study) Unfalldaten dargestellt, inwieweit sich Kollisionsgeschwindigkeiten und die Wahrscheinlichkeiten für verschiedene Verletzungsgrade mit Hilfe des BAS in Fußgängerunfällen reduzieren lassen.

BUSCH et al. [12] haben ebenfalls auf Basis von GIDAS-Daten und mit Hilfe von Computersimulationen die Wirkung eines BAS abgeschätzt. Im Ergebnis werden für Deutschland bei einer flächendeckenden Verwendung von BAS ein Rückgang der Getöteten um ca. 3 %, ein Rückgang der Schwerverletzten um ca. 4 % und ein Rückgang der Leichtverletzten um ca. 6 % erwartet. Insbesondere tritt die starke Wirkung des BAS beim Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer zutage: Es ergeben sich Reduktionen bei getöteten bzw. schwerverletzten Radfahrern von 13 % bzw. 5 % und ebenso bei Fußgängern (7 % bzw. 14 %).

Gasentladungsscheinwerfer (Xenonlicht)

Scheinwerfer mit Xenonlicht wurden 1991 erstmals für das Abblendlicht angeboten. Seit 2001 wurde auch das Fernlicht im so genannten Bi-Xenon-Scheinwerfer integriert. Bei Gasentladungslampen wird in einem Glaskolben ein Lichtbogen zwischen zwei Elektroden erzeugt. Dadurch ist die Lichtausbeute hier wesentlich höher als bei herkömmlichen Scheinwerfern (siehe Bild 2).

Kurvenlicht

Die ersten Fahrzeuge mit Kurvenlicht kamen im Jahr 2002 auf den Markt. Zu unterscheiden sind hier zwei Systeme: Beim einfachen statischen Kurvenlicht wird bei Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers eine weitere Glühlampe zugeschaltet, die den Kurvenbereich besser ausleuchten soll. Beim komfortableren dynamischen Kurvenlicht wird das Abblendlicht in Abhängigkeit vom Lenkwinkel über Schrittmotoren in die gewünschte Richtung gelenkt (siehe Bild 3).

Keines der betrachteten Systeme der aktiven Fahrzeugsicherheit ist bisher durch Vorschriften verpflichtend eingeführt worden.

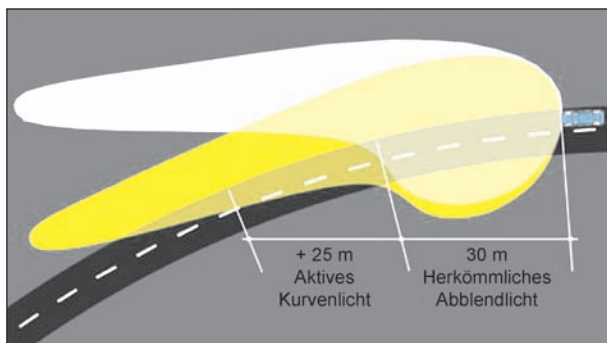


Bild 3: Ausleuchtung des Kurvenbereichs mit herkömmlichem Abblendlicht und Kurvenlicht [13]

2.1.2 Gesetze und Verbraucherschutztests zur passiven Fahrzeugsicherheit

Gesetzliche Vorschriften

Die entscheidenden gesetzlichen Vorschriften zur passiven Fahrzeugsicherheit, die in Europa jedes neu zugelassene Fahrzeug erfüllen muss, sind in den ECE-Regelungen festgelegt, wobei die ECE-Regelungen wiederum im Wortlaut nahezu identisch mit entsprechenden EU-Richtlinien sind. Die Regelung für den Frontalaufprall ist die ECE R-94 und für den Seitenaufprall die ECE R-95. Die ab Oktober 1998 geltenden Versionen der Regelungen für den Frontal- und Seitenaufprall haben zu einer deutlichen Verbesserung der passiven Fahrzeugsicherheit geführt. Im Folgenden werden die beiden Vorschriften kurz beschrieben.

ECE R-94

Diese Regelung stellt einen Mindestschutz für die Insassen im Frontalaufprall sicher. Das zu testende Fahrzeug trifft mit einer Geschwindigkeit von 56 km/h eine deformierbare Barriere. Auf den vorderen Sitzplätzen befinden sich zwei Dummies. Aus Dummymesswerten werden Verletzungskennzahlen berechnet, die definierte Werte nicht überschreiten dürfen.

ECE R-95

Die Erfüllung dieser Richtlinie soll eine ausreichende Schutzfunktion des Fahrzeugs im Seitenaufprall garantieren. Das Fahrzeug wird von einer auf 50 km/h beschleunigten Barriere seitlich in einem Winkel von 90° getroffen. Auf dem Vordersitz befindet sich auf der gestoßenen Seite ein Dummy. Anhand der aus Dummymesswerten ermittelten Verletzungskennzahlen wird ermittelt, ob das Fahrzeug den Test bestanden hat.

EuroNCAP

Um die Fahrzeugindustrie dahingehend zu beeinflussen, neue Fahrzeuge durch zusätzliche Maßnahmen und Technologien noch sicherer zu machen, als es durch die gesetzlichen Vorschriften erreicht wird, und dem Fahrzeugkäufer einen Vergleich des Sicherheitsniveaus verschiedener Neufahrzeuge zu ermöglichen, wurde 1996 das europäische „New Car Assessment Programme“ (EuroNCAP) eingeführt. Eine Sternbewertung für den Insassenschutz eines Fahrzeugs von zurzeit ein bis fünf Sternen ermöglicht dem Verbraucher, die Sicherheit zu bewerten und dies beim Fahrzeugkauf zu berücksichtigen.

Beim Frontalaufpralltest von EuroNCAP trifft das Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 64 km/h eine verformbare Barriere mit 40 % Überdeckung zwischen Fahrzeugfront und Barriere. Auf dem Fahrer- und Beifahrersitz befindet sich jeweils ein Dummy. Anhand der Dummymesswerte werden Verletzungswerte berechnet. Das Verletzungsrisiko einzelner Körperregionen wird anhand von Farben für den Verbraucher anschaulich dargestellt (Bild 4).

Der EuroNCAP-Seitenaufpralltest wird mit einer Barriere durchgeführt, die das zu testende Fahrzeug seitlich mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h trifft. Die Belastungswerte des Dummys werden ebenfalls durch Farben für die verschiedenen Körperregionen veranschaulicht (Bild 5).

Zunächst erreichten die meisten Neufahrzeuge Bewertungen von ein bis drei Sternen. Der Volvo S70 und S40 war das erste Fahrzeug, das im EuroNCAP 1997 die damalige Höchstwertung von 4 Sternen erhielt. Der Renault Laguna erreichte 2001 als erstes Fahrzeug überhaupt den fünften Stern. Inzwischen sind vier bis fünf Sterne für den Insassenschutz Standard. Die EuroNCAP-Test- und Bewertungsverfahren werden laufend aktualisiert. Die entscheidenden Prüfbedingungen zum Frontal und Seitenaufprall wurden im Jahr 1999 wirksam. Seitdem hat sich die passive Sicherheit der Neufahrzeuge deutlich verbessert und einen hohen Stand erreicht.

Im Jahr 2001 wurde der Pfahlaufprall-Test dem EuroNCAP-Testprogramm hinzugefügt. Durch einen Pfahl, der das Fahrzeug seitlich mit 29 km/h trifft, soll ein Baumunfall simuliert werden (siehe Bild 6). Dies ist eine häufige Unfallkonfiguration auf Landstraßen. Prinzipiell kann man sagen, dass diese Testanforderungen nur durch Fahrzeuge er-

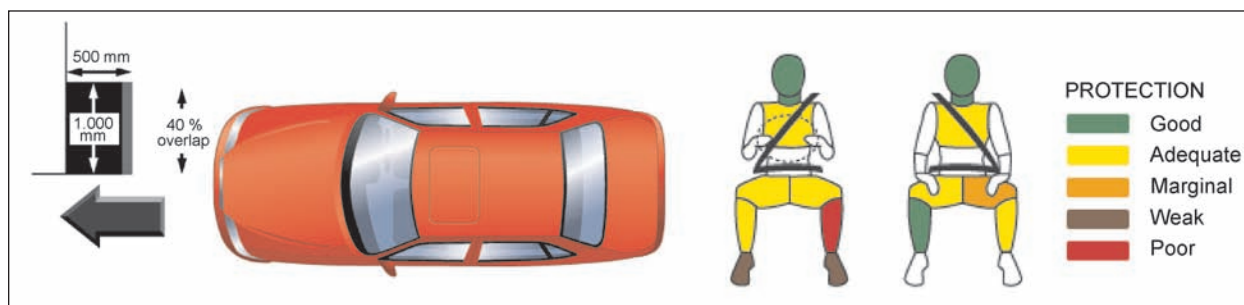


Bild 4: EuroNCAP-Frontalaufprall: Testkonfiguration und Beispiel für Veranschaulichung der Bewertungsergebnisse [14]

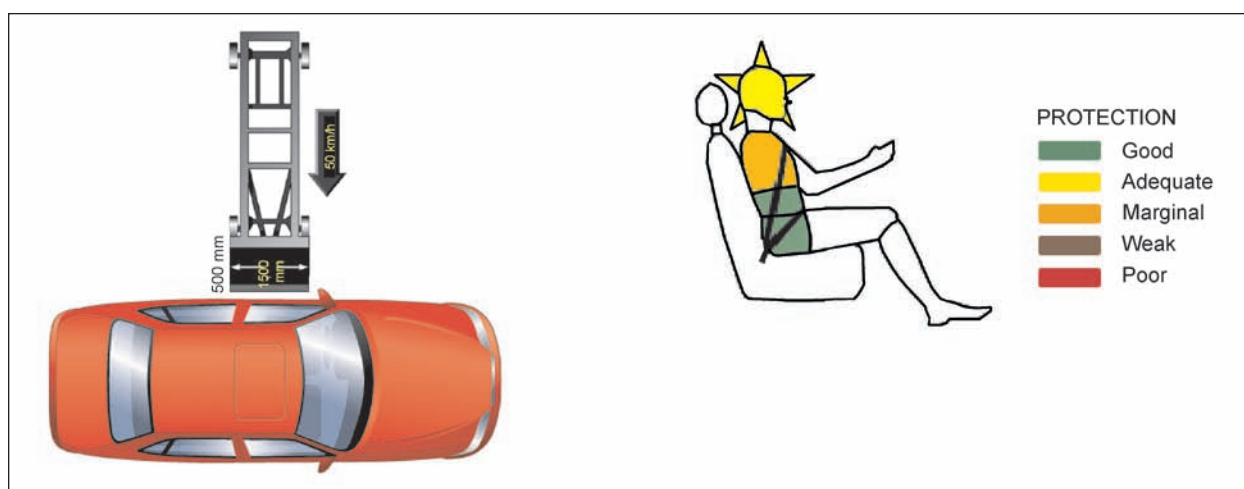


Bild 5: EuroNCAP-Seitenaufprall: Testkonfiguration und Beispiel für Veranschaulichung der Bewertungsergebnisse [14]

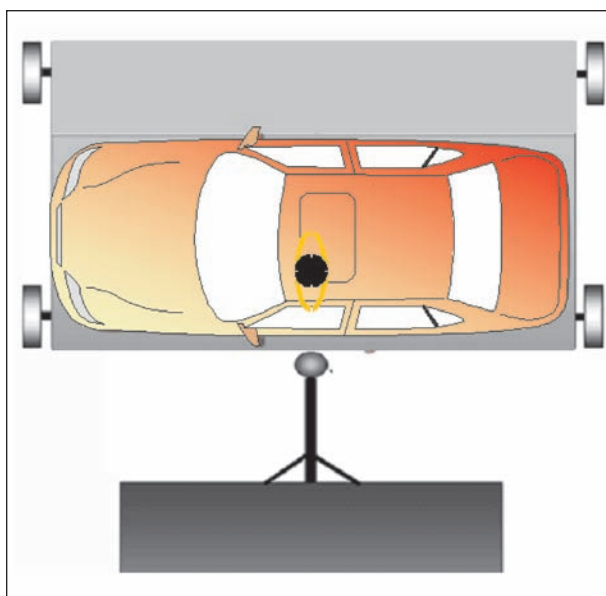


Bild 6: EuroNCAP-Seitenaufprall: Testkonfiguration [14]

füllt werden können, die über einen Kopfairbag verfügen, der im nächsten Kapitel beschrieben wird. Der Pfahlaufpralltest ist ein vom Hersteller finanziert freiwillig und zusätzlich absolvierter Test, durch den die gesamte Insassenschutzbewertung verbessert werden kann.

2.1.3 Systeme und Komponenten der passiven Fahrzeugsicherheit

Karosserie

Die Karosserie spielt eine wichtige Rolle für den passiven Schutz der Fahrzeuginsassen. Schon im Jahr 1951 wurde die so genannte Sicherheitsfahrzelle von Daimler-Benz zum Patent angemeldet. Die Karosserie hat im Falle einer Kollision prinzipiell zwei Aufgaben zu erfüllen: Sie muss eine ausreichende Steifigkeit aufweisen, um für die Fahrzeuginsassen einen ausreichenden Überlebensraum zu gewährleisten und vor Verletzungen durch eindringende Teile zu schützen. Andererseits muss durch Deformationen der Karosserie ein möglichst hoher Anteil der kinetischen Aufprallenergie absorbiert werden, sodass die crash-bedingte Verzögerung für den Fahrzeuginsassen ertragbar ist. Die Weiterentwicklung der Karosserie, um diese Anforderungen im Frontal- und Seitenaufprall zu erfüllen, wurde vor allem durch die oben beschriebenen ECE-Regelungen R-94 und R-95 sowie die entsprechenden EuroNCAP-Testverfahren sichergestellt.

Sicherheitsgurt

Der Sicherheitsgurt für Fahrzeuge wurde bereits 1903 erfunden. Jedoch erst seit 1974 müssen alle Neuwagen in Deutschland mit 3-Punkt-Gurt für Frontsitze ausgerüstet sein, ab 1978 auch die Rücksitze. 1976 wurde die Gurtanlegepflicht eingeführt. Doch erst mit der Bußgeld-Bewehrung für das Nicht-Angurten im August 1984 stieg die Gurt-Anlegequote sprunghaft von etwa 60 % auf über 90 % an. Die Schutzfunktion des Gurtes beruht auf der Rückhaltung des Fahrzeuginsassen. Dadurch wird ein Aufprall auf harte Teile im Fahrzeuginnenraum vermieden. Man kann mit Sicherheit sagen, dass keine andere Einzelkomponente der passiven Fahrzeugsicherheit zu einer ähnlich hohen Verbesserung der Sicherheit der Fahrzeuginsassen im Unfallgeschehen beigetragen hat.

Gurtstraffer

Die Effektivität des Gurtes wurde durch Einführung des Gurtstraffers weiter erhöht. Der erste serienmäßigen Gurtstraffer wurde 1981 in der Mercedes Benz S-Klasse eingeführt. Die Aufgabe des Gurtstraffers ist es, loses Gurtband zu straffen und damit die so genannte „Gurtlose“ um bis zu 100 mm zu reduzieren. Im optimalen Fall wird das Gurtband dadurch sogar schon um bis zu 2 kN im Schulterbereich vorgespannt, bevor die crash-bedingte Vorverlagerung des Fahrzeuginsassen einsetzt. Dies ermöglicht einen früheren und damit effektiveren Abbau der Bewegungsenergie auf ein niedrigeres und damit verletzungsreduzierendes Kraftniveau. Eine Straffung des Gurtes ist prinzipiell an drei Punkten möglich: am Gurtaufroller, am Gurtschloss (Bild 7) oder am Endbeschlag.

Gurtkraftbegrenzer

1995 wurde der erste Gurtstraffer mit integriertem Gurtkraftbegrenzer vorgestellt. Die Aufgabe des Gurtkraftbegrenzers ist es, nach crash-bedingter Vorverlagerung des Fahrzeuginsassen und einer dadurch verursachten hohen Gurtkraft, wieder einen gewissen Anteil Gurtband freizugeben. Dies geschieht durch definierte Verformung z. B. eines Torsionsstabes im Gurtaufroller (Bild 8). Damit ist es möglich, die Gurtkraft auf ein ertragbares Niveau zu begrenzen. Heutige Insassenrückhaltesysteme sind so ausgelegt, dass man das Gurtkraftniveau im Brustgurtbereich auf unter 3 kN begrenzen kann und trotzdem durch effektive Kombination von Gurtstraffer, Airbag und Sitzstruktur den Kontakt des

Fahrzeuginsassen mit harten Innenraumteilen vermeiden kann.

Front-Airbag (Fahrer- und Beifahrer-Airbag)

Erste Patente für Airbag-Systeme in Kraftfahrzeugen wurden bereits in den 50er Jahren in den USA beantragt. Ein funktionsfähiger in einen Pkw integrierter Fahrerairbag wurde jedoch erst 1967 von Mercedes-Benz vorgestellt. Der weltweit erste Fahrerairbag als Sonderausstattung wurde 1981 von Mercedes-Benz in der S-Klasse angeboten. Der erste Beifahrerairbag war 1988 als Sonderausstattung ebenfalls für die S-Klasse verfügbar. Ab 1992 wurden alle Mercedes-Benz-Pkw serienmäßig mit einem Fahrerairbag ausgestattet. Die Schutzwirkung des Airbags basiert darauf, dass ein meist pyrotechnisch erzeugter Gasstrom innerhalb weniger Millisekunden einen Luftsack aufbläst (Bild 9). Dieser verzögert den Fahrzeuginsassen und baut dessen Verzögerungsenergie gleichmäßig ab und



Bild 7: Pyrotechnische Gurtstraffer. Links: in den Gurtaufroller integrierter Straffer. Rechts: Gurtschlossstraffer [15]

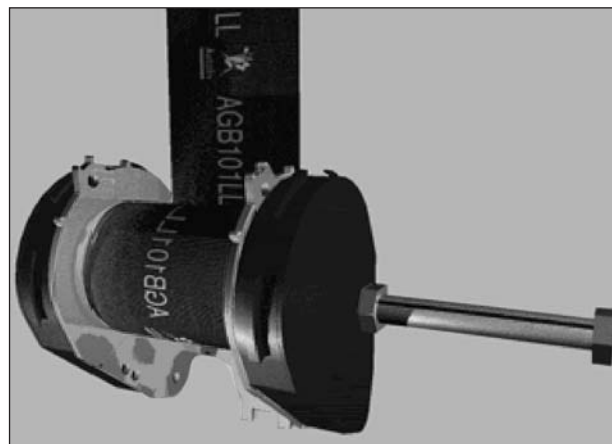


Bild 8: Gurtkraftbegrenzer. Eine Torsionswelle (rechts) deformiert ab einem definierten Torsionsmoment, resultierend aus einer entsprechenden Gurtkraft, und gibt Gurtband frei [15]

verhindert so den Aufprall von Kopf und Brustkorb gegen die Lenksäule bzw. die Frontkonsole.

Seitenairbag

1994 wurde der Seitenairbag für Fahrer und Beifahrer durch Volvo eingeführt. Seitenairbags werden entweder im Sitz oder in der Türverkleidung verbaut (Bild 10). Das Prinzip ist das gleiche wie bei

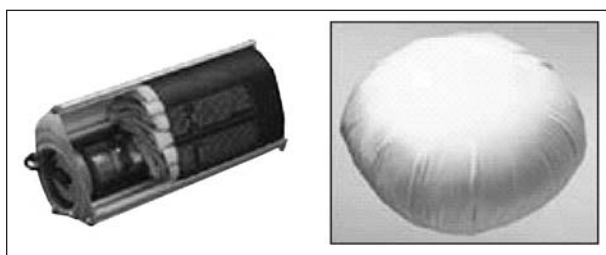


Bild 9: Beifahrer-Airbagmodul (links) und entfalteter Fahrerairbag (rechts) [15]

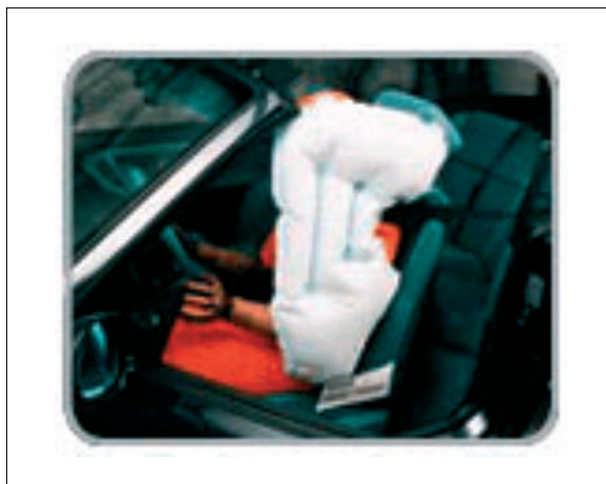


Bild 10: Kopf-/ Seitenairbag [15]



Bild 11: Kopfairbagsystem ITS „Inflatable Tubular Structure“ [15]

dem Frontairbag. Durch den aufgeblasenen Luftsack soll der direkte Kontakt von Kopf und Brustkorb des Fahrzeuginsassen mit Seitenstrukturen des Fahrzeugs verhindert werden. Auf Grund des geringeren Abstandes zur Seitenstruktur sind eine wesentlich schnellere Auslösung und Entfaltung des Airbags notwendig.

Kopfairbag

Erstmals im Jahr 2000 wurde von BMW ein Kopfairbag mit der Bezeichnung „Inflatable Tubular Structure“ im 7er BMW vorgestellt (Bild 11). Dieser schützt den Kopf sehr effektiv in seitlichen Kollisionen, insbesondere mit Bäumen oder ähnlichen Hindernissen. Diese Kollisionen treten besonders häufig auf Landstraßen auf und resultieren dort oft in tödlichen Kopfverletzungen. 2001 wurde das EuroNCAP-Testprogramm um den oben beschriebenen Pfahlaufprall-Test erweitert, der ein solches Schutzsystem durch eine höhere Wertung belohnt. Seitdem verfügen immer mehr Neufahrzeuge über ein Kopfairbagsystem.

2.2 Ausstattungsraten

Um zu untersuchen, ob ein Sicherheitssystem einen signifikanten Beitrag zur Verbesserung des Unfallgeschehens auf Landstraßen leisten konnte, muss nicht nur bekannt sein, wann das System eingeführt wurde, es müssen auch Informationen über die Marktdurchdringung vorliegen. Die Ermittlung dieser Daten erwies sich jedoch als schwierig. Bisher gibt es keine amtliche Statistik über den Ausstattungsgrad der Fahrzeuge. Wenn in der Literatur entsprechende Zahlenwerte genannt werden, beruhen diese letztendlich auf Schätzungen. Daher können die angegebenen Ausstattungsgrade – je nach Quelle – zum Teil erheblich voneinander abweichen.

Weiterhin ist bei der Ermittlung von Ausstattungsquoten zu berücksichtigen, dass für einige Ausstattungen auch Nachrüstlösungen angeboten werden und dass jährlich ein unbestimmter Anteil der ausgerüsteten Fahrzeuge nach Unfällen oder Verkäufen ins Ausland aus dem Gesamtbestand herausfällt.

Da die Fahrzeugausstattung für den Wiederverkaufswert eines Fahrzeugs eine wichtige Rolle spielt, führt die Deutsche Automobil Treuhand (DAT) jährlich eine umfangreiche Befragung unter

allen einschlägigen Fahrzeugherstellern und Fahrzeughändlern durch. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden im DAT-Report veröffentlicht und auch an anderen Stellen (z. B. im VDA-Jahresbericht) zitiert. Diese Abfrage berücksichtigt jedoch nicht alle relevanten Sicherheitssysteme.

Die in den Bildern 12, 13 und Tabelle 1 dargestellten Ausstattungsquoten für ABS, ESP, Xenonlicht

und Fahrer-Airbag basieren auf Angaben der DAT [16], die Werte für den Bremsassistenten wurden der BASf von einem Zulieferer für Bremssysteme zur Verfügung gestellt [17]. Diese Daten bilden die Grundlage für die nachfolgenden Betrachtungen. Für Kurvenlicht ließen sich keine Ausstattungsquoten ermitteln, sodass dieses System der aktiven Sicherheit bei der Betrachtung des Unfallgeschehens nicht einbezogen wurde.

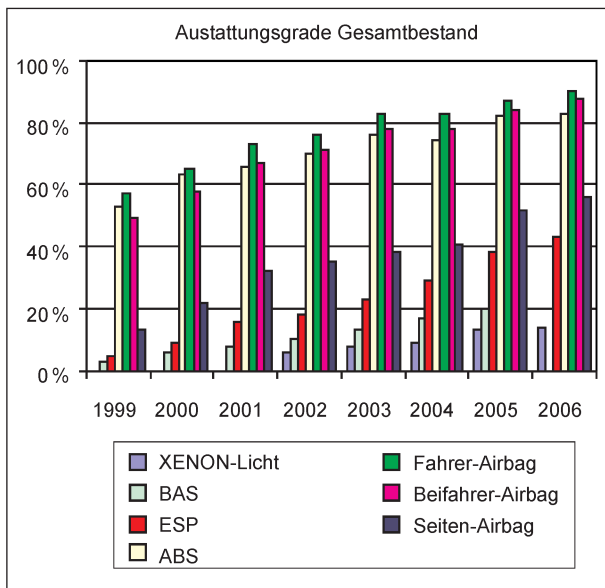


Bild 12: Ausstattungsgrad verschiedener Sicherheitssysteme im Gesamtbestand [16, 17]

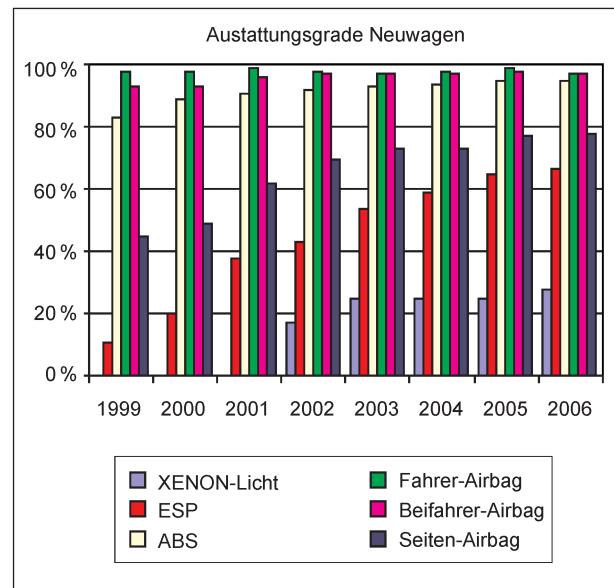


Bild 13: Ausstattungsgrad verschiedener Sicherheitssysteme bei Neuwagen [16, 17]

Ausstattung		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ABS	Bestand	53 %	63 %	66 %	70 %	76 %	74 %	82 %	83 %
	Neuwagen	83 %	89 %	91 %	92 %	93 %	94 %	95 %	95 %
ESP	Bestand	5 %	9 %	16 %	18 %	23 %	29 %	38 %	43 %
	Neuwagen	11 %	20 %	38 %	43 %	54 %	59 %	65 %	67 %
BAS	Bestand	3 %	6 %	8 %	10 %	13 %	17 %	20 %	
	Neuwagen								
Xenon-Licht	Bestand				6 %	8 %	9 %	13 %	14 %
	Neuwagen				17 %	25 %	25 %	25 %	28 %
Fahrer-Airbag	Bestand	57 %	65 %	73 %	76 %	83 %	83 %	87 %	90 %
	Neuwagen	98 %	98 %	99 %	98 %	97 %	98 %	99 %	97 %
Beifahrer-Airbag	Bestand	49 %	58 %	67 %	71 %	78 %	78 %	84 %	88 %
	Neuwagen	93 %	93 %	96 %	97 %	97 %	97 %	98 %	97 %
Seiten-Airbag	Bestand	13 %	22 %	32 %	35 %	38 %	41 %	52 %	56 %
	Neuwagen	45 %	49 %	62 %	70 %	73 %	73 %	77 %	78 %

Tab. 1: Ausstattungsgrade verschiedener Sicherheitssysteme [16, 17]

3 Entwicklung des Unfallgeschehens auf Landstraßen

3.1 Allgemeiner Überblick

Von den insgesamt 2,25 Mio. polizeilich registrierten Unfällen in Deutschland wurden rund 21 % (n = 469.000) auf Landstraßen (Straßen außerhalb von Ortschaften ohne Bundesautobahnen) registriert. Betrachtet man nur Unfälle mit Personenschaden U(P), so steigt die Bedeutung der Landstraßen für die Verkehrssicherheit bereits an; rund 27 % der U(P) wurden auf Landstraßen registriert. Noch deutlicher wird dies bei Unfällen mit schwersten Unfallfolgen. Rund 60 % der Unfälle mit Getöteten ereignen sich auf Landstraßen.

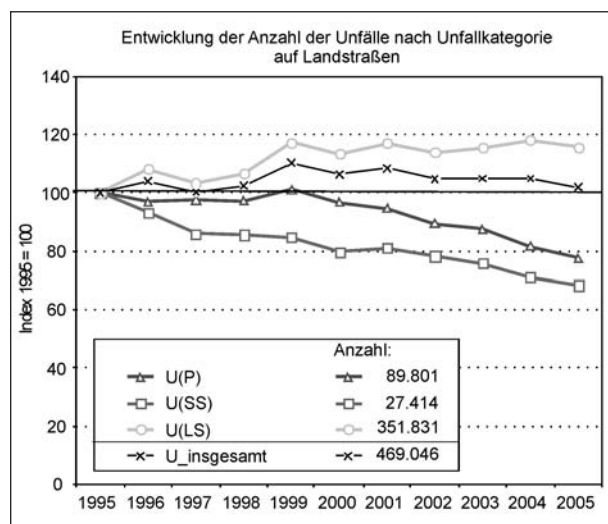


Bild 14: Entwicklung des Unfallgeschehens auf Landstraßen nach Unfallkategorien

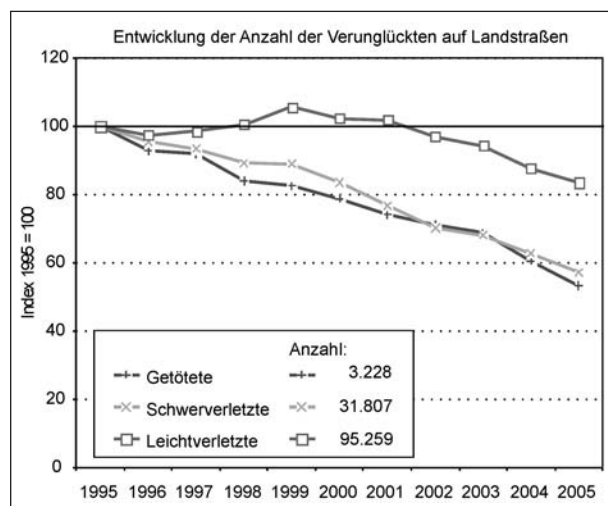


Bild 15: Entwicklung der Anzahl der Verunglückten auf Landstraßen

Bis zum Jahr 1999 stiegen insbesondere die Unfälle mit leichtem Sachschaden (Bild 14) auf Landstraßen an, während die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nahezu unverändert blieb. Ab 2000 zeigt sich ein stetiger Rückgang der Unfälle mit Personenschaden.

Obwohl die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden erst ab 2000 nennenswerte Rückgänge aufweist, hat sich die Anzahl der Getöteten sowie Schwerverletzten bereits ab 1995 stark rückläufig entwickelt (Bild 15).

Für Unfälle mit leichtem Sachschaden U(LS) werden nicht alle Merkmale der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik polizeilich erhoben. Daher sind tieferegehende Analysen für diese Unfallkategorie nicht möglich. Für die folgenden Analysen werden daher Unfälle mit Personenschaden U(P) sowie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden im engeren Sinne U(SS) ausgewertet. Da fahrzeugtechnische Aspekte von Pkw und deren Auswirkung auf das Unfallgeschehen im Vordergrund stehen, werden nur solche Unfälle betrachtet, an denen mindestens ein Pkw beteiligt war.

3.2 Datengrundlage

Grundlage für die tieferegehenden Untersuchungen sind die Einzeldaten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik, die auf Grund der polizeilichen Aufzeichnungen von den Statistischen Landesämtern erhoben und der BAST für Zwecke der Unfallforschung übermittelt werden.

Für die Ermittlung des Pkw-Alters ist das fahrzeugtechnische Merkmal „Jahr der Erstzulassung“ die entscheidende Größe. Dieses Merkmal wird zusammen mit weiteren Merkmalen vom Kraftfahrtbundesamt auf Grund des Kfz-Kennzeichens ergänzt. Daher können nur deutsche Pkw in die Analyse einbezogen werden, bei denen das Kfz-Kennzeichen bekannt ist. Die Ergänzungsquote gibt an, wie groß der Anteil unfallbeteiligter Pkw ist, bei denen fahrzeugbezogene Merkmale vom KBA in der Statistik ergänzt wurden. Bild 16 zeigt die Ergänzungsquote bei deutschen Pkw nach der Verletzungsschwere des Pkw-Fahrers. Der bis 1999 sichtbare Einfluss der Verletzungsschwere beim Fahrer auf die Ergänzungsquote ist bedingt durch interne Verfahrensabläufe beim Datenabgleich. Diese Abläufe wurden im Jahre 2000 umgestellt. Hierdurch konnte eine Ergänzungsquote für alle

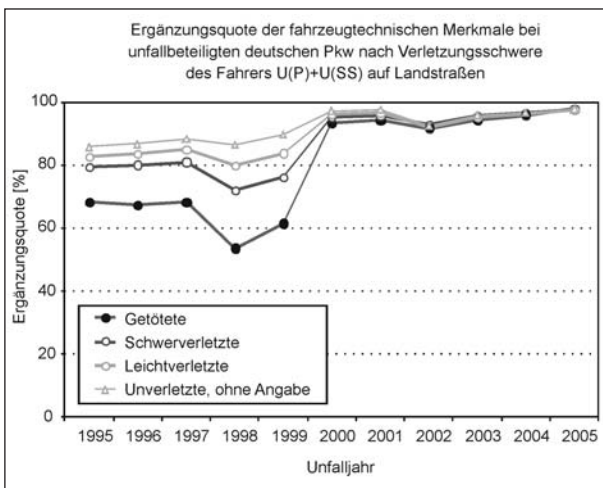


Bild 16: Ergänzungsquote der fahrzeugtechnischen Merkmale von deutschen Pkw nach Verletzungsschwere des Fahrers

Grade der Verletzungsschwere von über 96 % erreicht werden.

Um Fehlbeurteilungen auf Grund geringer und schwankender Ergänzungsquoten zu vermeiden, kann die Betrachtung von fahrzeugtechnischen Merkmalen somit erst ab dem Jahr 2000 erfolgen, insbesondere wenn die Unfallschwere bewertet werden soll. Untersucht werden somit im Folgenden die Unfalldaten der Jahre 2000 bis 2005.

3.3 Unfallbeteiligung von Pkw

Hier erfolgt zunächst ein allgemeiner Überblick über die Struktur der Unfälle unter Beteiligung von Pkw. Ein wesentliches Kriterium ist die Unterscheidung von Alleinunfällen und Unfällen mit 2 Beteiligten, an denen mindestens ein Pkw beteiligt war, sowie die Betrachtung der Hauptverursacher.

Im Mittel werden 80 % der U(P) und U(SS) auf Landstraßen von einem Pkw verursacht. Dieser Anteil hat sich seit 2000 nicht wesentlich verändert.

Bild 17 zeigt die Entwicklung der Anzahl der Unfälle, bei denen der Pkw als Hauptverursacher eingestuft wurde; es ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Mit 31.457 Unfällen hat sich die Anzahl der Alleinunfälle im Vergleich zum Jahr 2000 weniger stark verringert (-14 %) als die Anzahl der Unfälle mit 2 Beteiligten (n = 43.874, -21 %). Damit haben sich insbesondere diejenigen Unfälle, die durch eine Konfliktsituation mit einem anderen Verkehrsteilnehmer verursacht wurden, verringert.

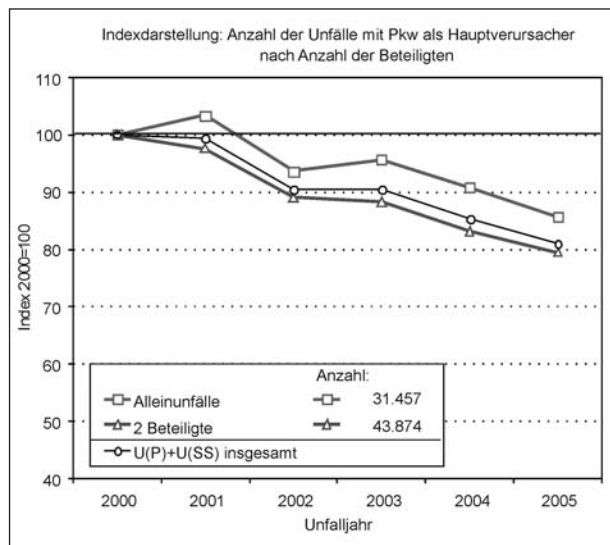


Bild 17: Indexdarstellung: Unfälle (U(P) + U(SS)) nach Anzahl der Beteiligten auf Landstraßen (der Pkw war Hauptverursacher)

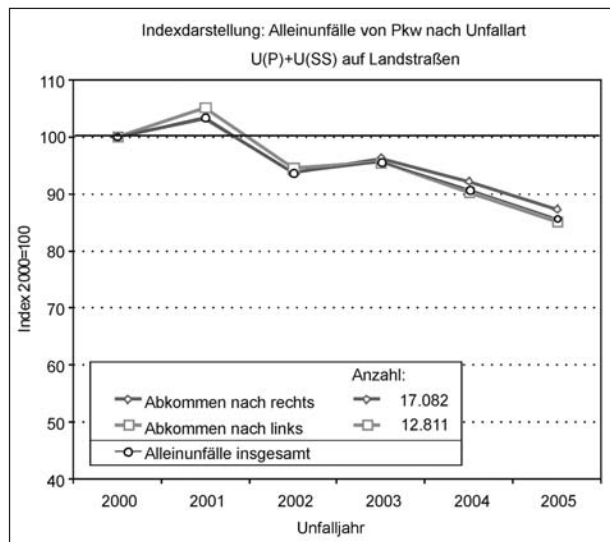


Bild 18: Indexdarstellung: Alleinunfälle von Pkw nach Unfallart auf Landstraßen (U(P) + U(SS))

Bild 18 zeigt die Entwicklung der Anzahl der Alleinunfälle nach Unfallart. Über 95 % der 31.457 Alleinunfälle weisen die Unfallart „Abkommen von der Straße nach rechts bzw. links“ auf.

Bild 19 zeigt die Entwicklung der Anzahl der Unfälle mit 2 Beteiligten nach Unfallart. Fast 50 % der 43.874 Unfälle mit 2 Beteiligten im Jahre 2005 waren Kollisionen beim „Einbiegen-Kreuzen“ (n = 18.787) gefolgt von „Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen“ (n = 10.557). Als drittgrößte Gruppe werden Unfälle mit „Auffahren auf fahrendes Fahrzeug“ genannt (n = 7.012). Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn spielen immer dann,

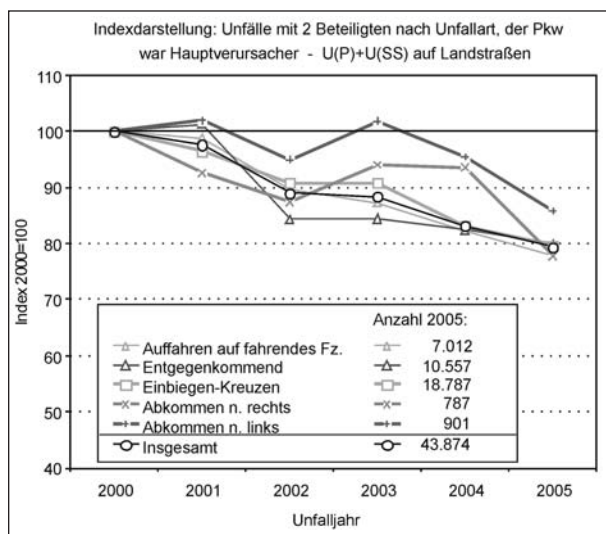


Bild 19: Indexdarstellung: Unfälle (U(P) und U(SS)) mit 2 Beteiligten nach Unfallart auf Landstraßen, der Pkw war Hauptversacher

wenn mehrere Beteiligte in einen Unfall verwickelt sind, keine bedeutende Rolle.

3.4 Beteiligte und Hauptversacher nach dem Alter des Pkw und des Fahrers

3.4.1 Alter der Pkw

Nennenswerte Ausstattungsraten der technischen Systeme zeigen sich überwiegend nur bei Neufahrzeugen. Daher werden in den Analysen zur Fahrzeugtechnik Neufahrzeuge, die im ersten und zweiten Jahr der Zulassung verunfallten, untersucht ($n = 11.117$ Pkw; dies entspricht knapp 9 % aller beteiligten Pkw, vgl. Bild 20). Zum Vergleich werden ältere Pkw mit einem Alter von 5 bis einschließlich 14 Jahren gegenübergestellt. Auf diese Gruppe entfallen rund 69 % aller beteiligten Pkw. Durch die Größe der Vergleichsgruppe sind hier stabile Ergebnisse zu erwarten.

FARMER und LUND [18] benutzen ebenfalls die Methode der Betrachtung von Gruppen gleich alter Fahrzeuge, um die Wirkung fahrzeugtechnischer Maßnahmen wie die Verbesserung der Fahrzeugstruktur im Unfallgeschehen zu zeigen. Damit werden Effekte, die z. B. durch Änderung des Nutzerverhaltens mit steigendem Fahrzeugalter entstehen, eliminiert. Sie konnten auf diese Weise zeigen, dass der Rückgang im Unfallgeschehen in den USA im Jahr 1993 wieder in einen Anstieg übergegangen wäre, wenn Maßnahmen zur Fahrzeugsicherheit diese Entwicklung nicht überkompensiert hätten.

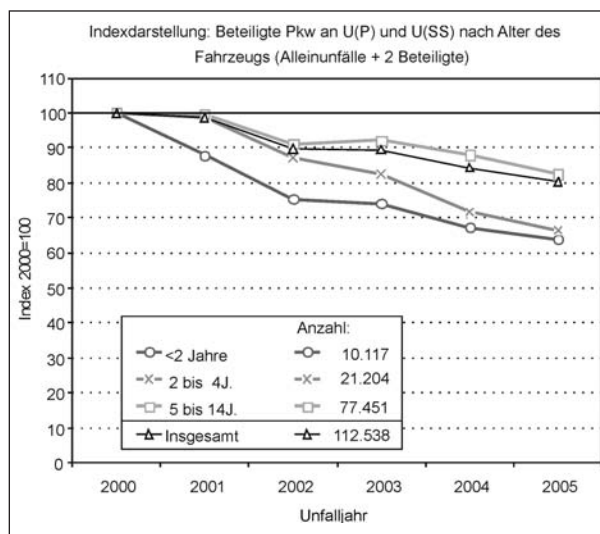


Bild 20: Indexdarstellung: Beteiligte Pkw nach Alter des Fahrzeugs an U(P) und U(SS) auf Landstraßen (Alleinunfälle und Unfälle mit 2 Beteiligten)

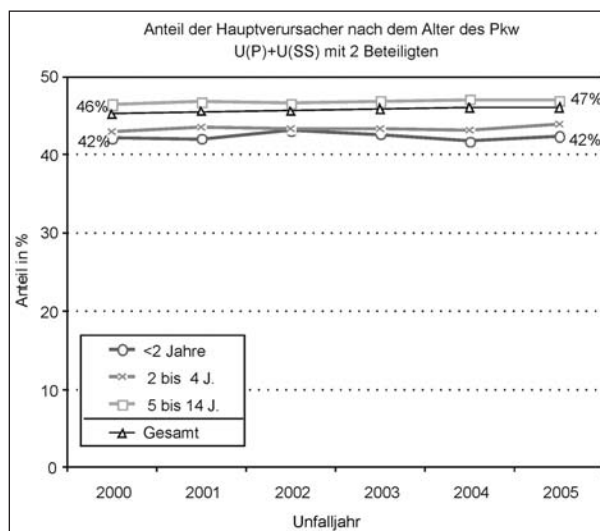


Bild 21: Anteil der Hauptversacher nach dem Alter des Pkw (U(P) und U(SS) auf Landstraßen mit 2 Beteiligten)

Die Anzahl der beteiligten Pkw-Neufahrzeuge ist im Untersuchungszeitraum deutlich stärker zurückgegangen als Pkw im Alter von 5 bis 14 Jahren (vgl. Bild 20), was eindeutig für einen Einfluss fahrzeugtechnischer Maßnahmen spricht. Der stärkere Rückgang der Unfallbeteiligung bei Neufahrzeugen zeigt sich auch beim Bezug auf die Bestandszahlen (vgl. Kapitel 3.7)

Rund 58 % aller an Alleinunfällen und Unfällen mit 2 Beteiligten beteiligten Pkw wurden nach erster Einschätzung der Polizei als Hauptversacher des Unfalls eingestuft.

Bei Alleinunfällen wird der Unfallbeteiligte immer als Hauptversacher eingeordnet. Bei Unfällen mit

genau 2 Beteiligten werden im Mittel 46 % der beteiligten Pkw als Hauptverursacher benannt (Bild 21). Bei Pkw-Neufahrzeugen liegt der Anteil der Hauptverursacher grundsätzlich etwas niedriger (42 %). Der Anteil der Hauptverursacher bei älteren Pkw liegt mit 47 % knapp über dem Durchschnitt.

In der zeitlichen Entwicklung sind keine wesentlichen Veränderungen bezüglich der Unfallverursachung eingetreten.

3.4.2 Lebensalter des Hauptverursachers nach dem Alter des Pkw

Das Lebensalter eines Pkw-Nutzers hat einen erheblichen Einfluss auf das Unfallgeschehen. Ausgehend von einem hohen Anfangsrisiko zu Beginn einer Fahrerkarriere sinkt das Unfallrisiko mit zunehmendem Alter. Erst bei Pkw-Nutzern jenseits der 65 Jahre zeigt sich eine erneute Zunahme des Unfallrisikos.

Bei einem Vergleich unterschiedlicher Pkw-Gruppen muss somit sichergestellt sein, dass das Lebensalter keine wesentlichen Strukturänderungen innerhalb der Untersuchungsgruppen und dem Untersuchungszeitraum aufweist. Wie in Bild 22 dargestellt, unterscheidet sich das mittlere Lebensalter der Pkw-Nutzer zwischen Neufahrzeugen (41 Jahre in 2005) und älteren Pkw (36 Jahre) deutlich. Weiterhin ist in allen Pkw-Altersgruppen eine Zunahme des mittleren Lebensalters zu beobachten. Diese Zunahme (3,5 % gegenüber dem Jahr 2000) fällt etwas stärker aus als der Anstieg des mittleren Lebensalters in der Bevölkerung insgesamt (3,0 %).

Große Unterschiede bezüglich des Fahreralters ergeben sich bei der Differenzierung von Alleinunfällen und Unfällen mit 2 Beteiligten. So waren z. B. im Jahre 2005 die Fahrer von Neufahrzeugen, die einen Alleinunfall verursachten, im Mittel 35 Jahre alt. Demgegenüber waren die Verursacher eines Unfalls mit 2 Beteiligten mit 44 Jahren deutlich älter. In der zeitlichen Entwicklung ändern sich diese Strukturunterschiede jedoch nicht.

Der beschriebene Anstieg des mittleren Fahreralters wirkt sich jedoch auf Neufahrzeuge und ältere Pkw gleichermaßen aus, sodass hier keine Verzerrungen der Untersuchungsergebnisse zu erwarten sind. Durch das höhere mittlere Lebensalter der Nutzer von Neufahrzeugen wird diese Gruppe grundsätzlich ein etwas geringeres Unfallrisiko aufweisen.

Die Unfallbeteiligung von einzelnen Gruppen ist jedoch immer in Zusammenhang mit einer entspre-

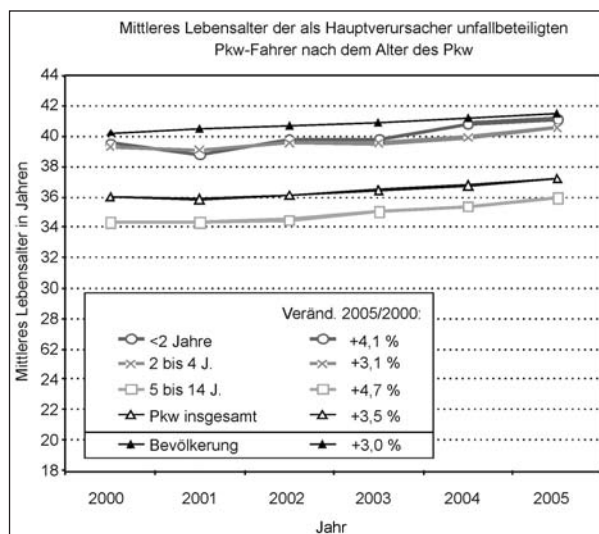


Bild 22: Mittleres Lebensalter der unfallbeteiligten Pkw-Fahrer nach Fahrzeugalter

chenden Expositionsgröße, wie z. B. der Verkehrsteilnahme, zu sehen. Die dafür erforderlichen Fahrleistungsangaben liegen jedoch nicht vor. Daher wird in Kapitel 3.6 die Bestandsentwicklung betrachtet.

3.5 Unfallfolgen von Pkw-Unfällen

Für die Abschätzung der Unfallfolgen wird die Unfallschwere (Anzahl der getöteten und schwerverletzten Personen bezogen auf die Anzahl der beteiligten Pkw) berechnet. Die Anzahl der verunglückten Personen je Pkw hängt jedoch stark von der Anzahl der Mitfahrer ab. Insbesondere bei einer Betrachtung mehrerer Jahre muss sichergestellt sein, dass die durchschnittliche Anzahl der Mitfahrer innerhalb des Untersuchungszeitraums konstant ist. Dies ist im vorliegenden Zeitraum 2000 bis 2005 nicht der Fall. Die mittlere Anzahl der Mitfahrer je Pkw hat sich sowohl bei Neufahrzeugen als auch bei älteren Pkw um rund 9 % verringert.

Weiterhin liegt die mittlere Anzahl der Mitfahrer bei Pkw-Neufahrzeugen im Mittel unter derjenigen älterer Pkw (maximal 7 % niedriger, in 2004 jedoch um 2 % darüber).

Bild 23 zeigt die Anzahl der getöteten und schwerverletzten Pkw-Fahrer im Vergleich zur Anzahl aller schweren Personenschäden bei Landstraßenunfällen. Um von der Besetzungsquote (der Anzahl der Mitfahrer) unabhängig zu sein und dennoch die Unfallschwere beurteilen zu können, wurden ausschließlich die Unfallfolgen der Pkw-Fahrer in ihrer Entwicklung betrachtet.

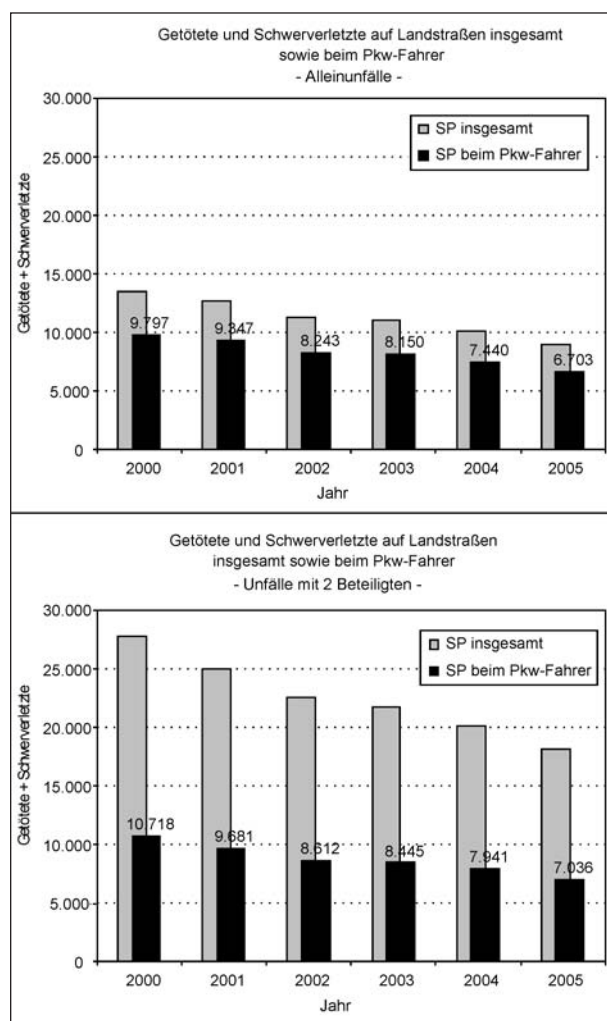


Bild 23: Getötete und Schwerverletzte auf Landstraßen insgesamt sowie bei Pkw-Fahrern

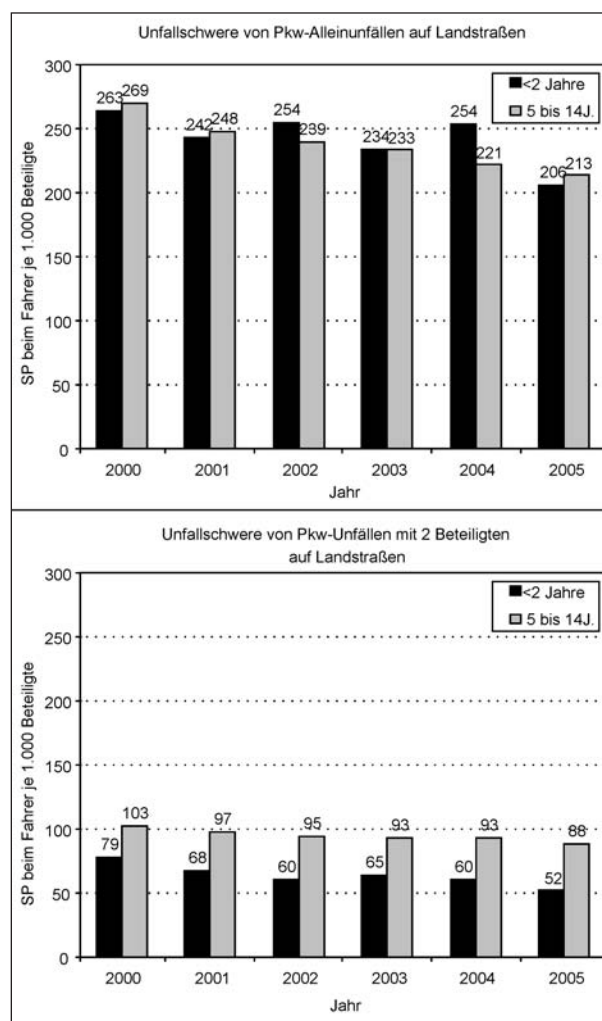


Bild 24: Unfallschwere (beim Pkw-Fahrer) von Landstraßenunfällen nach dem Fahrzeualter

3.5.1 Unfallschwere von Pkw-Unfällen

In der Tendenz treten bei Alleinunfällen keine nennenswerten Unterschiede in der Unfallschwere zwischen Neufahrzeugen und älteren Pkw auf. Auch die zeitliche Entwicklung zeigt hier keine Sicherheitsvorteile bei Neufahrzeugen (Bild 24).

Alleinunfälle ziehen jedoch in der Regel deutlich schwerere Folgen für den beteiligten Pkw-Fahrer nach sich, als dies bei Unfällen mit 2 Beteiligten der Fall ist. Während von 1.000 an Alleinunfällen beteiligten Pkw-Fahrern rund 200 schwere Personenschäden davontragen, sind dies bei Unfällen mit 2 Beteiligten lediglich 52 (Fahrzeualter < 2 Jahre) bzw. 88 (Fahrzeualter 5-14 Jahre) Personen.

Bei Unfällen mit 2 Beteiligten treten jedoch deutliche Unterschiede nach dem Fahrzeualter auf. Hier weisen Neufahrzeuge grundsätzlich eine geringere Unfallschwere auf. Die Differenz zwischen

neuen und älteren Pkw hat sich im Vergleich zum Jahre 2000 zunehmend vergrößert, was auf einen Einfluss der passiven Fahrzeugsicherheit schließen lässt.

3.6 Bestand an Pkw

Mit knapp 46,1 Mio. Pkw im Jahre 2005 (Stichtag jeweils 01.01. des Folgejahres) ist der Bestand an Pkw um rund 5 % seit 2000 gestiegen. Der Bestand an Neufahrzeugen (< 2 Jahre) ist von 2000 auf 2001 stark gesunken (dieser Rückgang zeigt möglicherweise die Auswirkung der Umstellung des zugrunde liegenden Stichtags vom 01.07. auf den 01.01. des Jahres) und liegt bis 2005 nahezu konstant bei knapp 6,6 Mio. Pkw. In der Tendenz sind 2005 leichte Zuwächse zu verzeichnen. Bei älteren Fahrzeugen im Alter von 5 bis einschließlich 14 Jahren hingegen zeigt sich seit 2000 eine ste-

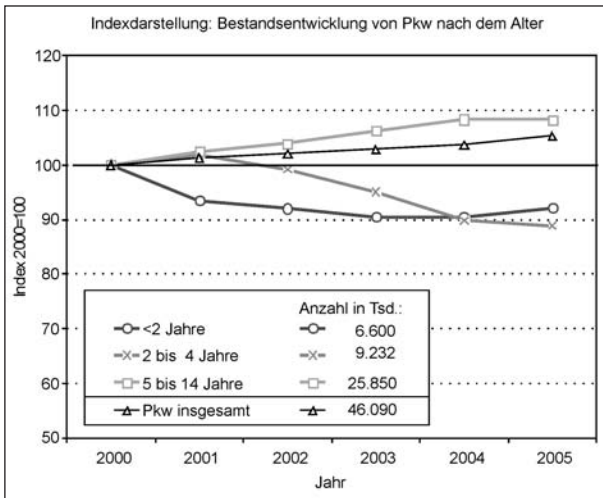


Bild 25: Indexdarstellung: Bestandsentwicklung von Pkw nach Fahrzeugalter

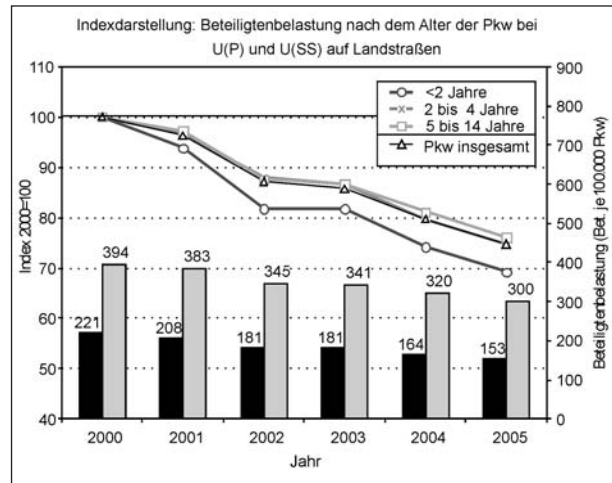


Bild 27: Indexdarstellung: Beteiligtenbelastung nach Alter des beteiligten Pkw bei U(P) und U(SS) auf Landstraßen

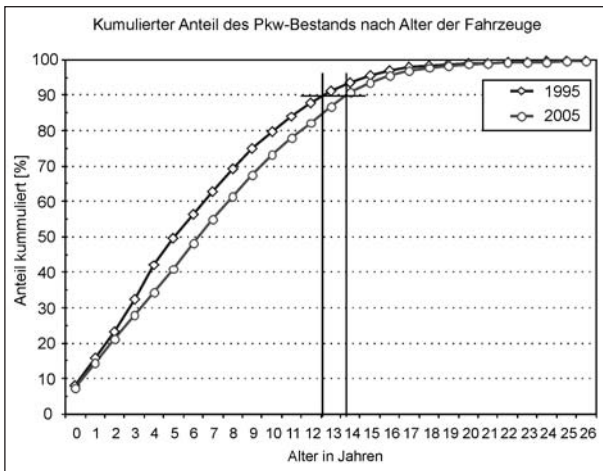


Bild 26: Kumulierter Anteil des Pkw-Bestands nach Alter der Fahrzeuge

tige Bestandszunahme auf 25.580 Pkw (+8 %) (Bild 25).

Die starken Rückgänge bei der Unfallbeteiligung von Neufahrzeugen lassen sich somit nicht durch die Bestandsentwicklung erklären.

In der Summe zeigt sich eine Zunahme des mittleren Pkw-Alters. Nach Angaben des KBA ist das Durchschnittsalter der Pkw von 7,1 Jahren im Jahre 2000 auf 8,0 Jahre in 2005 gestiegen. Insgesamt waren 90 % der Fahrzeuge unter 15 Jahren alt (vgl. Bild 26).

3.7 Beteiligtenbelastung als Risikogröße

Auf Landstraßen liegt die Beteiligtenbelastung (unfallbeteiligte Pkw je 100.000 zugelassene Pkw) der

Neufahrzeuge deutlich unter derjenigen älterer Pkw (Bild 27, 2005: 153 vs. 300 Beteiligte je 100.000 Pkw). Auch in der zeitlichen Entwicklung der Beteiligtenbelastung ergeben sich bei Neufahrzeugen stärkere Rückgänge als bei älteren Pkw (-30 % im Vergleich zu -26 %). Unter der Voraussetzung, dass die Einstellung und das Verhalten der Fahrzeugführer im Straßenverkehr seit dem Jahr 2000 unverändert geblieben sind, könnte der überproportionale Rückgang der Beteiligtenbelastung bei Neufahrzeugen bereits auf Sicherheitsvorteile dieser Fahrzeuge hindeuten.

4 Auswertung des Unfallgeschehens in Bezug auf fahrzeugtechnische Aspekte

4.1 Aktive Fahrzeugsicherheit

Im Folgenden wird für die drei ausgewählten Systeme der aktiven Fahrzeugsicherheit, ESP, BAS und Gasentladungsscheinwerfer (Xenonlicht), die sich zum heutigen Zeitpunkt sinnvoll untersuchen lassen, das Unfallgeschehen näher beleuchtet. Dazu wurden – mittels der im Rahmen der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik zur Verfügung stehenden Unfallmerkmale – auf die technischen Systeme zugeschnittene Unfallsituationen sowie die Vergleichssituation abgegrenzt, um Wirkungen der Systeme zu erfassen. Wegen der bisher geringen Verbreitung von Kurvenlicht wurde diese Sicherheitsausstattung nicht weiter betrachtet.

Grundgesamtheit

Die Grundgesamtheit sind die als Hauptverursacher an U(P) und U(SS) auf Landstraßen beteiligten Pkw-Fahrer/innen mit Angaben zum Alter des Fahrzeugs. In der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik zählt derjenige als Hauptverursacher, der nach Einschätzung der Polizei die Hauptschuld am Unfall trägt. Jeder Unfall weist daher genau einen Hauptverursacher auf.

Untersucht wurden Alleinunfälle und Unfälle mit 2 Beteiligten der Jahre 2000 bis 2005.

Die an diesen Unfällen beteiligten Hauptverursacher werden nach Unfallmerkmalen in drei „Technik-Situationen“ und eine Vergleichssituation eingeteilt:

ESP-Situation: Unfalltyp: Fahrrunfall,

BAS-Situation: Unfälle mit max. 2 Beteiligten (der Pkw war Hauptverursacher) **und**
Straßenzustand: Nass bzw. feucht **und**

Unfallart: Zusammenstoß mit Fz., das anfährt/anhält/steht **oder** vorausfährt/wartet, **oder** Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn **oder**

Unfallursache: Aufprall auf Hindernis,

XENON-Situation: Unfälle mit max. 2 Beteiligten (der Pkw war Hauptverursacher) **und**

Lichtverhältnisse: Dunkelheit **und**

Charakteristik der Unfallstelle: Kreuzung/Einmündung **oder**

Unfallart: Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger **oder**

Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn **oder**

Unfallursache: Aufprall auf Hindernis,

Vergleichssituation: Unfälle, die sich in keine der vorherigen Technik-Situationen einordnen lassen (ohne Einbiegen/Kreuzen). Einbiegen-/Kreuzenunfälle wurden nicht in die Vergleichssituation einbezogen, da bei diesen Unfällen insbesondere Maßnahmen der passiven Fahrzeugsicherheit wirken.

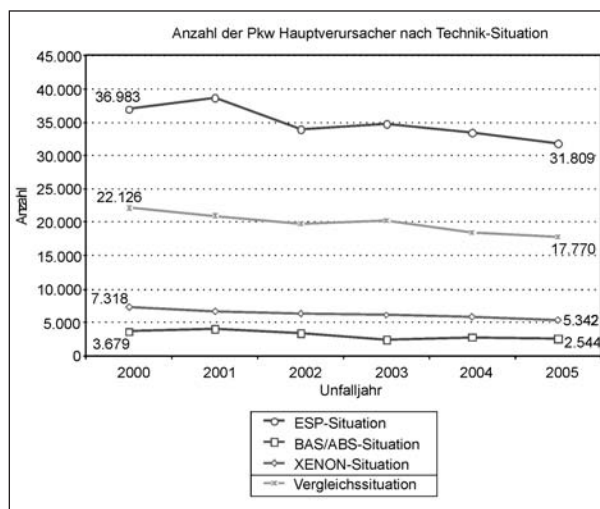


Bild 28: Anzahl der beteiligten Pkw als Hauptverursacher nach Technik-Situation des Unfalls, U(P) und U(SS) auf Landstraßen

4.1.1 Unfälle mit Personenschaden sowie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden nach „Technik-Situation“ im Überblick

Unfälle in ESP-Situationen stellen die größte Gruppe der Technik-Situationen. Im Jahre 2005 wurden knapp 32.000 U(P) und U(SS) in ESP-Situationen registriert (Bild 28). Es folgen Unfälle in XENON- sowie BAS-Situationen mit 5.342 bzw. 2.544 Unfällen.

4.1.2 ESP-Situationen

4.1.2.1 Definition der ESP-Situation

Unfalltyp: Fahrrunfall

Dabei ist Fahrrunfall wie folgt definiert:

„Der Unfall wurde ausgelöst durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug (wegen nicht angepasster Geschwindigkeit oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufs, des Straßenzustands o. a.), ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben. Infolge unkontrollierter Fahrzeugbewegungen kann es dann aber zum Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern kommen.“ [32]

4.1.2.2 Entwicklung der ESP-Unfälle

Tabelle 2 zeigt die Entwicklung des Unfallgeschehens anhand der beteiligten Pkw-Hauptverursacher von U(P) und U(SS) für die ESP-Situation und die Vergleichssituation. Zusätzlich aufgeführt sind die Bestandsentwicklung sowie die Ausstattungsquoten mit ESP.

Unfälle mit Pkw als Hauptverursacher sind in ESP-Situationen gegenüber den Unfällen in Vergleichssituationen (die sich in keine Technik-Situation einordnen lassen) seit dem Jahr 2000 unterproportional zurückgegangen (-14 %, vgl. Bild 29).

Betrachtet man jedoch speziell das Kollektiv der Neufahrzeuge (Pkw-Alter unter 2 Jahre), das überproportional mit ESP ausgestattet ist, stellt sich eine deutlich günstigere Entwicklung der Unfälle in ESP-Situationen ein (-48 %), d. h., die deutlichsten Rückgänge sind bei Neufahrzeugen in ESP-Situationen festzustellen (Bild 30). In der Vergleichssituation beträgt der Rückgang bei Neufahrzeugen nur 31 %. Die Entwicklung des Unfallgeschehens zeigt damit klar, dass Fahrzeuge mit ESP wesentlich von dieser Technik profitieren.

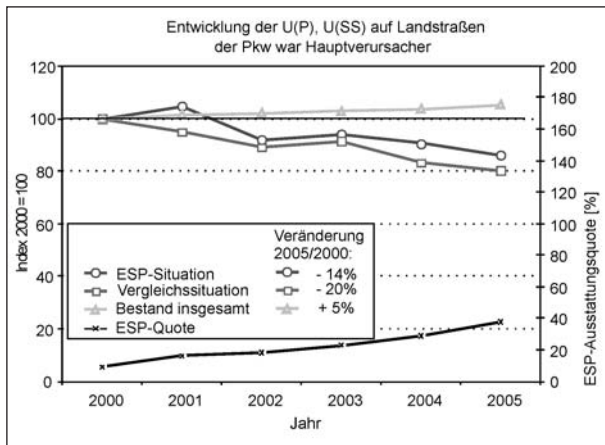


Bild 29: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: alle beteiligten Pkw-Hauptverursacher

Vor dem Hintergrund der Bestandszunahme der 5- bis 14-jährigen Pkw fällt die Unfallentwicklung dieser Gruppe älterer Fahrzeuge insgesamt entsprechend weniger günstig aus. Gerade in ESP-Situationen zeigt sich bei dieser Gruppe nur ein unwesentlicher Rückgang in den Unfallzahlen (-9 %). Dieser beträgt nur die Hälfte des Rückgangs der Vergleichssituation (-20 %) (Bild 31).

Die o. g. Entwicklung führt zu einem überproportionalen Rückgang des Anteils der Neufahrzeuge an allen beteiligten Pkw-Hauptverursachern bei Unfällen in ESP-Situationen von 8,4 % in 2000 auf 5,1 % in 2005 (Bild 32).

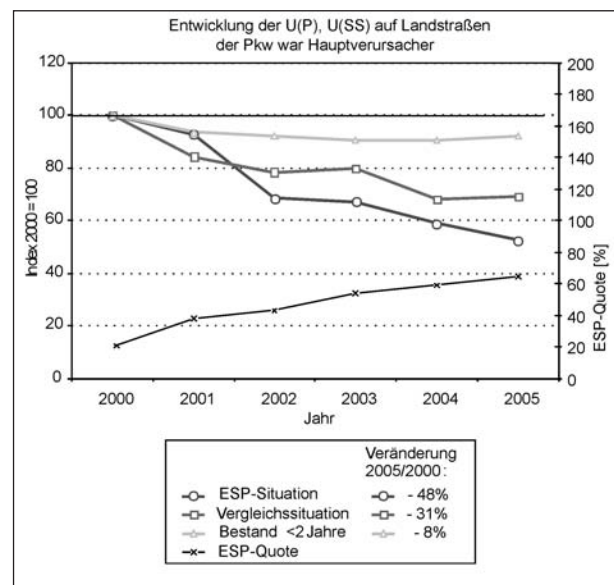


Bild 30: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: Pkw-Hauptverursacher mit Pkw-Alter < 2 Jahre

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005/2000
ESP-Situation	Insgesamt	36.983	38.686	33.984	34.808	33.458	31.809	-14 %
Fahrzeualter	< 2 Jahre	3.098	2.868	2.114	2.078	1.826	1.623	-48 %
	5-14 Jahre	25.165	26.404	23.768	24.682	24.110	22.862	-9 %
Vergleichssituation	Insgesamt	22.126	20.956	19.692	20.244	18.444	17.770	-20 %
Fahrzeualter	< 2 Jahre	2.401	2.026	1.886	1.916	1.634	1.666	-31 %
	5-14 Jahre	14.143	13.495	12.688	13.233	12.094	11.300	-20 %
Bestand	Insgesamt	43.772.260	44.383.323	44.657.303	45.022.926	45.375.526	46.090.303	5,3 %
	< 2 Jahre	7.165.905	6.705.341	6.596.713	6.490.253	6.491.578	6.599.765	-7,9 %
	5-14 Jahre	23.856.221	24.460.516	24.803.035	25.368.669	25.855.222	25.850.242	8,4 %
Ausstattungsquote ESP im Bestand		9 %	16 %	18 %	23 %	29 %	38 %	
Ausstattungsquote ESP bei Neufahrz.		20 %	38 %	43 %	54 %	59 %	65 %	

Tab. 2: Beteiligte Pkw-Hauptverursacher an U(P) und U(SS) auf Landstraßen für die ESP- und Vergleichssituation

Ein Signifikanztest für den Rückgang der Unfälle in ESP-Situationen zeigt, dass die Entwicklung signifikant ist.

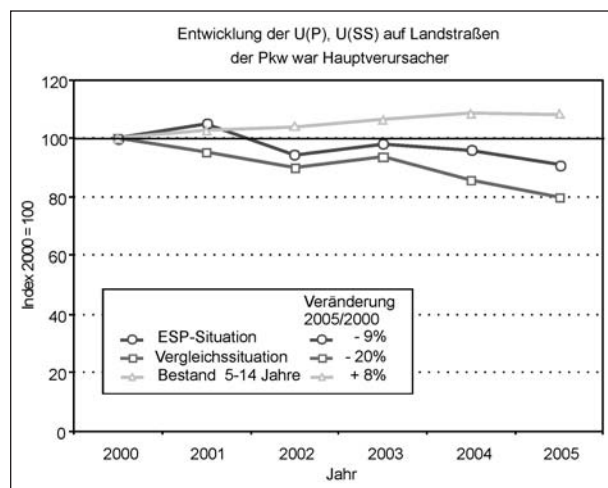


Bild 31: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: Pkw-Hauptverursacher mit Pkw-Alter 5 bis 14 Jahre

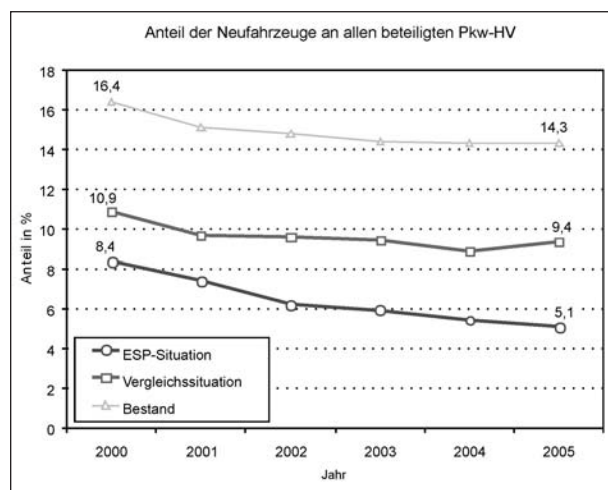


Bild 32: Anteil der Neufahrzeuge an allen beteiligten Pkw-Hauptverursachern bei U(P) und U(SS) auf Landstraßen

4.1.2.3 Fazit für das Unfallgeschehen in ESP-Situationen

Die Zahl der Unfälle in ESP-Situationen ist bei Neufahrzeugen deutlich und überproportional zurückgegangen (-48 %). Unter Berücksichtigung der Entwicklung der Unfälle älterer Pkw sowie der Unfälle in Vergleichssituationen (bei denen ebenfalls Rückgänge zu beobachten sind) ist 2005 ein Rückgang der U(P) und U(SS) auf Landstraßen gegenüber 2000 in den ESP-relevanten Situationen um 28 % eingetreten. Dieser Rückgang ist signifikant.

4.1.2.4 Schwere Personenschäden bei Unfällen in ESP-Situationen

Neben der Zahl der Unfälle stellen die schweren Personenschäden (SP = Getötete und Schwerverletzte) ein Maß für die Entwicklung des Unfallgeschehens dar. Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der schweren Personenschäden für die ESP- und Vergleichssituation sowie für neue und ältere Pkw. Wegen der teilweise bereits kleinen Anzahlen werden für die folgenden Betrachtungen jeweils 2 Jahre zusammengefasst und die Situation in 2004/05 dem Zeitraum 2000/01 gegenübergestellt.

Die Zahl der schweren Personenschäden ist 2004/05 gegenüber 2000/01 sowohl in der ESP- als auch in der Vergleichssituation um rund 25 % zurückgegangen. Es zeigt sich aber, dass die Zahl der schweren Personenschäden in der ESP-Situation und bei Neufahrzeugen, in denen ESP vorwiegend verbaut ist, überproportional zurückgegangen ist (-47 %). Für neue Fahrzeuge in der Vergleichssituation beträgt der Rückgang lediglich 43 %. Für ältere Fahrzeuge fallen die Rückgänge deutlich geringer aus (-22 % in der ESP-Situation, -26 % in der Vergleichssituation). Der positive Effekt des ESP, der oben bereits für die Zahl der Unfälle nachge-

		Getötete und Schwerverletzte (SP beim Pkw-HV nach Fz.-Alter auf Landstraßen)						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2004/05 vs. 2000/01
ESP-Situation	Insgesamt	9.957	9.533	8.378	8.222	7.648	6.882	-25 %
Fahrzeugalter	Neue Pkw < 2 Jahre	804	673	558	484	457	325	-47 %
	Ältere Pkw 5-14 Jahre	6.811	6.562	5.843	5.871	5.493	4.971	-22 %
Vergleichssituation	Insgesamt	3.002	2.680	2.374	2.435	2.220	2.003	-26 %
Fahrzeugalter	Neue Pkw < 2 Jahre	263	212	175	164	151	122	-43 %
	Ältere Pkw 5-14 Jahre	2.073	1.852	1.651	1.706	1.540	1.368	-26 %

Tab. 3: Getötete und Schwerverletzte (SP) beim Pkw-Fahrer in der ESP- und Vergleichssituation

wiesen werden konnte, zeigt sich hier nun auch für die schweren Personenschäden.

4.1.2.5 Fazit für die Entwicklung der schweren Personenschäden bei Unfällen in ESP-Situationen

Die absolute Anzahl der schweren Personenschäden in ESP-Situationen ist bei Neufahrzeugen deutlich und überproportional zurückgegangen (-47 %). Da jedoch auch in den Vergleichsgruppen Rückgänge zu beobachten sind, wurden diese mit in die Wirksamkeitsbetrachtung einbezogen.

Insgesamt ergibt sich für den Rückgang der schweren Personenschäden (Getötete und Schwerverletzte) in ESP-relevanten Situationen auf Landstraßen unter Berücksichtigung der Unfälle älterer Pkw sowie der Unfälle in Vergleichssituationen ein Wert von -13 %. Zieht man weiterhin in Betracht, dass die ESP-Ausstattungsquote für Neufahrzeuge im Zeitraum 2000/01 bis 2004/05 nur von 29 % auf 62 % angestiegen ist, so kann man abschätzen, dass bei Vollausstattung der Neufahrzeuge mit ESP ein Rückgang der schweren Personenschäden um 28 % zu beobachten wäre (insgesamt kann ESP somit auf Basis des Vergleichs zwischen 100 %- und 0%-Ausstattung eine Wirksamkeit von ca. 40 % zugeordnet werden).

Der Einfluss des ESP auf die schweren Personenschäden auf Grund seiner unfallvermeidenden Wirkung zeigt sich ebenfalls deutlich bei einer tiefergehenden Betrachtung der absoluten Zahlen der

getöteten und schwerverletzten Pkw-Fahrer (vgl. Tabelle 4). Die beobachteten Rückgänge bei neuen Pkw entsprechen denen, die im Rahmen anderer Studien ermittelt wurden.

Für die schweren Unfallfolgen zeigt das Kollektiv der neuen Pkw, das überproportional mit ESP ausgestattet ist, in der ESP-Situation große Rückgänge von 44 % bei den Getöteten und 47 % bei den Schwerverletzten. Ältere Fahrzeuge weisen dagegen nur Rückgänge von 21 % (GT) bzw. 22 % (SV) auf.

Betrachtet man zusätzlich die Entwicklung in der Vergleichssituation, ist allerdings festzustellen, dass hier ebenfalls, wenn auch nicht so große, Rückgänge zu verzeichnen sind (-38 % GT bei den jüngeren Pkw, -18 % bei den älteren).

Die absoluten Zahlen an leicht- und unverletzten Pkw-Fahrern sind ebenfalls in Tabelle 4 dargestellt. Bei den leichten Unfallfolgen zeigen sich deutliche Rückgänge insbesondere bei Neufahrzeugen in ESP-Situationen. Hier wird der unfallvermeidende Effekt von ESP besonders deutlich.

4.1.2.6 Unfallschwere von Unfällen in ESP-Situationen

Neben der absoluten Zahl der schweren Personenschäden (Getötete und Schwerverletzte) werden als Kenngröße für die Unfallschwere die getöteten und schwerverletzten Pkw-Fahrer auf die Anzahl der beteiligten Pkw-Fahrer bezogen und die Kenn-

Unfallfolge beim Pkw-Fahrer		2002/2001		2004/2005		Veränderung in %	
		< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre
ESP-Situation	GT	163	1.538	92	1.218	-44 %	-21 %
	SV	1.314	11.835	690	9.246	-47 %	-22 %
	LV	2.495	19.709	1.424	19.435	-43 %	-1 %
	UV; o. A.	1.994	18.487	1.243	17.073	-38 %	-8 %
Gesamt		5.966	51.51569	3.449	46.972	-42 %	-9 %
Vergleichssituation	GT	55	441	34	361	-38 %	-18 %
	SV	420	3.484	239	2.547	-43 %	-27 %
	LV	997	6.719	687	5.997	-31 %	-11 %
	UV; o. A.	2.955	16.994	2.340	14.489	-21 %	-15 %
Gesamt		4.427	27.638	3.300	23.394	-25 %	-15 %

Tab. 4: Veränderung der Unfallfolgen (GT, SV, LV, UV) beim Pkw-Fahrer in ESP- und Vergleichssituationen innerhalb von 4 Jahren (2 Jahrgänge werden jeweils zusammengefasst)

größe SP je 1.000 Pkw-Fahrer berechnet. Damit wird das Risiko eines Pkw-Fahrers (einen schweren Personenschaden zu erleiden) bestimmt, wenn er als Hauptverursacher an einem Unfall auf Landstraßen beteiligt ist. Tabelle 5 zeigt die Entwicklung der Unfallschwere für die ESP- und Vergleichssituation sowie für neue und ältere Pkw.

Die Unfallschwere beim Pkw-Fahrer von Neufahrzeugen (SP je 1.000 Pkw-Fahrer) unterscheidet sich bei ESP-Situationen nur leicht von derjenigen für Fahrer älterer Pkw: Wie in Tabelle 5 dargestellt, fällt neben einer geringeren Unfallschwere (rund 200 SP je 1.000 Pkw-Fahrer im Jahr 2005 bei neuen Fahrzeugen) die zeitliche Entwicklung etwas ungünstiger aus (Rückgang 2004/05 vs. 2000/01 bei Neufahrzeugen 9 %, bei älteren Fahrzeugen 14 %).

Im Gegensatz zur ESP-Situation sind Unfälle in Vergleichssituationen bei Neufahrzeugen weniger schwer (73 SP je 1.000 Pkw-Fahrer) und zudem ist hier ein deutlicher Rückgang der Unfallschwere gegenüber den Jahren 2000/01 festzustellen (-23 %). Dies zeigt klar, dass ESP hauptsächlich der Vermeidung von Unfällen dient; wenn der Unfall dennoch passiert, dient es jedoch nur bedingt der Reduzierung der Schwere (vgl. Kapitel 4.1.2.5). Zur Erklärung des Rückgangs in der Vergleichssituation kann die verbesserte passive Fahrzeugsicherheit herangezogen werden.

4.1.2.7 Diskussion und Fazit zur Schwere von Unfällen in ESP-Situationen und zum Rückgang der schweren Personenschäden

Die Entwicklung der Unfallschwere (SP je 1.000 Pkw-Fahrer) bei ESP-Situationen zeigt nur geringe Unterschiede zwischen neuen und älteren Pkw (vgl. Bild 33). Neufahrzeuge scheinen hier nur leichte Sicherheitsvorteile zu haben. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anzahl der Unfälle von Neufahrzeugen in ESP-Situationen deutlich stärker zurückgegangen ist (vgl. Bild 30 und Tabelle 2). Es zeigt sich also überwiegend ein Unfallvermeidungseffekt, der sich jedoch auch auf die schweren Unfallfolgen auswirkt.

Im Vergleich der Zeiträume 2004/05 zu 2000/01 sind rund 42 % weniger neue Pkw an ESP-Situationen beteiligt (ältere: -9 %) sowie 44 % weniger Fahrer neuer Pkw in ESP-Situationen getötet worden (Ältere: -21 %). Insgesamt ergibt sich für den Rückgang der schweren Personenschäden (Getötete und Schwerverletzte) in ESP-relevanten Situationen auf Landstraßen unter Berücksichtigung der Unfälle älterer Pkw sowie der Unfälle in Vergleichssituationen ein Wert von -13 %.

Eine tiefergehende Betrachtung der Verletzungsschwere des Pkw-Fahrers zeigt, dass bei den leichten Unfallfolgen (leichtverletzt sowie unverletzt) Rückgänge insbesondere in ESP-Situationen und bei Neufahrzeugen festzustellen sind (grau hinterlegt in Tabelle 4). Der deutliche Rückgang bei den

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2004/05 vs. 2000/01
ESP-Situation	Insgesamt	269	246	247	236	229	216	-14 %
Fahrzeugalter	< 2 Jahre	260	235	264	233	250	200	-9 %
	5-14 Jahre	271	249	246	238	228	217	-14 %
Vergleichssituation	Insgesamt	136	128	121	120	120	113	-12 %
Fahrzeugalter	< 2 Jahre	110	105	93	86	92	73	-23 %
	5-14 Jahre	147	137	130	129	127	121	-12 %
Bestand	Insgesamt	43.772.260	44.383.323	44.657.303	45.022.926	45.375.526	46.090.303	3,8 %
	< 2 Jahre	7.165.905	6.705.341	6.596.713	6.490.253	6.491.578	6.599.765	-5,6 %
	5-14 Jahre	23.856.221	24.460.516	24.803.035	25.368.669	25.855.222	25.850.242	7,0 %
Ausstattungsquote ESP im Bestand		9 %	16 %	18 %	23 %	29 %	38 %	
Ausstattungsquote ESP bei Neufahrz.		20 %	38 %	43 %	54 %	59 %	65 %	

Tab. 5: Unfallschwere (SP je 1.000 beteiligte Pkw-Fahrer) für die ESP- und Vergleichssituation

leichten Unfallfolgen von Neufahrzeugen in ESP-Situationen im Vergleich zu älteren Fahrzeugen lässt sich auch durch Charakteristika des ESP deuten. ESP ist in der Lage, instabile Fahrsituationen im Rahmen der physikalischen Grenzen abzufangen und in Unfällen, die sonst leichte Verletzungen zur Folge gehabt hätten, zu wirken. In extremen Situationen, bei denen der Reibwert deutlich zu klein ist oder der Straßenraum für korrigierende Eingriffe wegen z. B. sehr hoher Geschwindigkeiten nicht zur Verfügung steht, kann auch ESP nicht mehr helfen und die Unfallschwere bleibt bei dieser Art Unfälle trotz ESP hoch. Durch die überproportionale Vermeidung von leichten Unfallfolgen in ESP-Situationen von Neufahrzeugen erlangen die verbleibenden schweren Folgen ein stärkeres Gewicht. Somit wird bei der Berechnung der Kenngröße SP je Pkw-Fahrer der Nenner überproportional kleiner, d. h., die Kenngröße Unfallschwere in ESP-Situationen sinkt langsamer als die für die Vergleichssituation.

Dieser Effekt hat zu der in Tabelle 5 dargestellten ungünstigeren Entwicklung der Unfallschwere von Neufahrzeugen in ESP- gegenüber Vergleichssituationen (-9 % gegenüber -23 %) beigetragen.

Insgesamt ist zu beachten, dass einer Analyse des Unfallgeschehens mit Hilfe der nationalen Unfallstatistik Grenzen gesetzt sind. Es lassen sich z. B. keine Aussagen dazu ableiten, welche Fahrzeugsicherheitssysteme beim Unfall oder vermiedenen Unfall tatsächlich wirksam geworden sind. So werden in der Vergleichssituation verstärkt Effekte der passiven Fahrzeugsicherheit zum Tragen kommen.

Weiterhin besitzen nicht 100 % der betrachteten Gruppe der Neufahrzeuge ESP, sodass die Potenziale höher sind als die hier für den Untersuchungszeitraum festgestellten Rückgänge. Betrachtungen auf der Basis von Unfällen einzelner Fahrzeuge mit und ohne ESP könnten daher spezifischere Aussagen ermöglichen. Solche Auswertungen waren jedoch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht möglich.

4.1.3 BAS-Situationen

4.1.3.1 Definition der BAS-Situation

Kollektiv: Unfälle mit max. 2 Beteiligten (der Pkw war Hauptverursacher) **und**

Straßenzustand: nass bzw. feucht **und**

Unfallart: Zusammenstoß mit Fz., das anfährt/anhält/steht **oder**

vorausfährt/wartet, **oder**
Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn **oder**

Unfallursache: Aufprall auf Hindernis.

Für die BAS-Situation wurde bewusst eine nasse Straßenoberfläche als einschränkende Bedingung gewählt, obwohl die technischen Vorteile eines BAS, nämlich das sofortige zur Verfügungstellen der vollen Bremskraft, sowohl bei trockener als auch bei nasser Fahrbahn zum Tragen kommen. In den Unfallzahlen wird sich jedoch insbesondere dann ein Effekt zeigen, wenn die Bremswege auf Grund der Straßenzustände ohne dem Fahrer helfende Technik wie BAS oder ABS besonders lang wären. Unter trockenen Bedingungen sind die Fahrer, auch ohne technische Unterstützung, häufig selbst noch in der Lage, ihr Fahrzeug rechtzeitig zum Stehen zu bringen. Diese Annahme wird durch eine Auswertung der Unfallzahlen gestützt, bei der die BAS-Situation um den Fall trockener Fahrbahn erweitert wurde. In diesem Fall ließen sich mit Hilfe der Unfallstatistik keine Reduktionen in Unfallzahl und -schwere nachweisen, die sich dem BAS oder auch ABS zuordnen ließen. Aus diesem Grund wird im Folgenden die BAS-Situation auf nasse Straßenoberflächen bezogen.

4.1.3.2 Entwicklung der BAS-Unfälle

Tabelle 6 zeigt die Entwicklung des Unfallgeschehens für die BAS-Situation und die Vergleichssituation anhand der beteiligten Pkw-Hauptverursacher von U(P) und U(SS). Zusätzlich aufgeführt sind die Bestandsentwicklung sowie die Ausstattungsquoten mit BAS.

Unter allen Unfällen mit Pkw als Hauptverursacher sind Unfälle in BAS-Situationen gegenüber den Unfällen in Vergleichssituationen (die sich in keine Technik-Situation einordnen lassen) seit dem Jahr 2000 überproportional zurückgegangen (-31 % gegenüber -20 %) (Bild 33).

Dieser überproportionale Rückgang zeigt sich sowohl bei den Neufahrzeugen als auch bei älteren Pkw. Dabei fallen die Rückgänge bei Neufahrzeugen, die eher mit BAS ausgestattet sind, insgesamt größer aus (-41 % gegenüber -31 %), was auf eine Wirkung des BAS im Unfallgeschehen schließen lässt (Bild 34, Bild 35).

Dass auch ältere Fahrzeuge, in denen in der Regel kein BAS verbaut ist, in der BAS-Situation

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005/ 2000/1	2004/05 vs 2000/01
BAS-Situation	Insgesamt	3.679	4.018	3.367	2.468	2.829	2.544	-31 %	-30 %
Fahrzeualter	< 2 Jahre	279	289	249	169	184	164	-41 %	-39 %
	5-14 Jahre	2.567	2.845	2.387	1.754	2.013	1.783	-31 %	-30 %
Vergleichssituation	Insgesamt	22.126	20.956	19.692	20.244	18.444	17.770	-20 %	-16 %
Fahrzeualter	< 2 Jahre	2.401	2.026	1.886	1.916	1.634	1.666	-31 %	-25 %
	5-14 Jahre	14.143	13.495	12.688	13.233	12.094	11.300	-20 %	-15 %
Bestand	Insgesamt	43.772.260	44.383.323	44.657.303	45.022.926	45.375.526	46.090.303	5,3 %	4 %
	< 2 Jahre	7.165.905	6.705.341	6.596.713	6.490.253	6.491.578	6.599.765	-7,9 %	-6 %
	5-14 Jahre	23.856.221	24.460.516	24.803.035	25.368.669	25.855.222	25.850.242	8,4 %	7 %
Ausstattungsquote BAS im Bestand		6 %	8 %	10 %	13 %	17 %	20 %		

Tab. 6: Beteiligte Pkw-Hauptverursacher an U(P) und U(SS) auf Landstraßen für die BAS- und Vergleichssituation

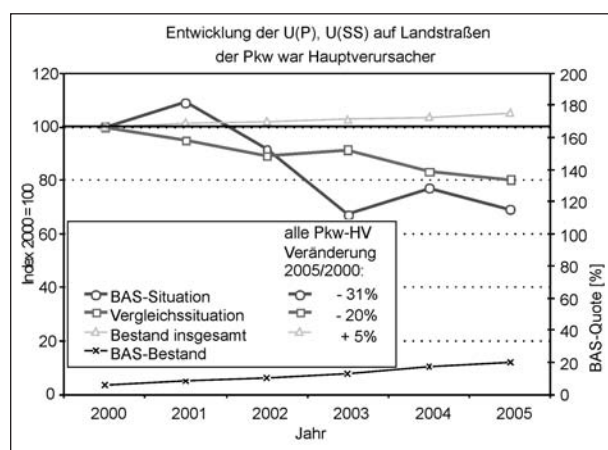


Bild 33: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: alle beteiligten Pkw-Hauptverursacher

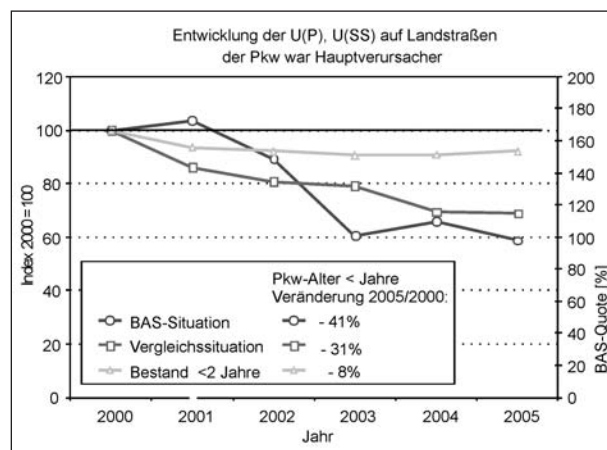


Bild 34: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: Pkw-Hauptverursacher mit Pkw-Alter < 2 Jahre

einen starken Rückgang aufweisen, der auch größer als in der Vergleichssituation ist, deutet darauf hin, dass es neben dem BAS weitere Faktoren gibt, die diese ausgewählte Situation positiv beeinflussen, die jedoch nicht bekannt sind (z. B. könnte ABS, das in der gleichen Situation wirkt wie ein BAS und auch für ältere Fahrzeuge eine höhere Ausstattungsquote besitzt, eine Rolle spielen).

Ein Signifikanztest hat gezeigt, dass sowohl bei Neufahrzeugen als auch bei älteren Pkw der Rückgang der Unfälle in BAS-Situationen signifikant ist.

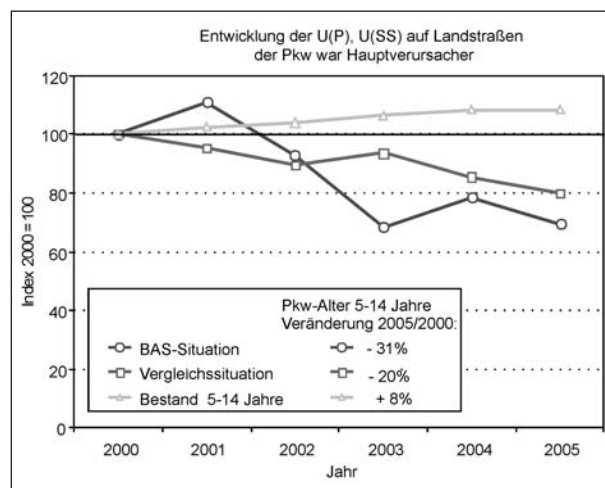


Bild 35: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: Pkw-Hauptverursacher mit Pkw-Alter 5 bis 14 Jahre

4.1.3.3 Fazit zu Unfällen in BAS-Situationen

Unter Berücksichtigung der Unfallentwicklung in den Vergleichssituationen hat sich das Unfallgeschehen sowohl bei Neufahrzeugen als auch bei älteren Pkw in BAS-Situationen gleichermaßen verringert. Somit lässt sich auf Grund der geringen Ausstattungsquoten mit BAS kein Sicherheitsvorteil speziell von Neufahrzeugen in BAS-Situationen mit den Unfallzahlen nachweisen. Möglicherweise ist deshalb kein Sicherheitsvorteil bei Neufahrzeugen zu erkennen, weil die Ausstattungsquote mit ABS in der Gruppe der älteren Fahrzeuge von 60 % auf 80 % ansteigt und dadurch in dieser Gruppe ebenfalls Sicherheitsvorteile eingetreten sind.

4.1.3.4 Unfallschwere von Unfällen in BAS-Situationen

Die registrierten Unfallfolgen beim Pkw-Fahrer sind in Tabelle 7 dargestellt. Vor dem Hintergrund der kleinen Fallzahlen ist eine Bewertung der Entwicklung der Anzahl der Getöteten und Schwerverletzten bei Unfällen in BAS-Situationen nicht sinnvoll.

4.1.4 XENON-Situationen

4.1.4.1 Definition der XENON-Situationen

Kollektiv: Unfälle mit max. 2 Beteiligten (der Pkw war Hauptverursacher) **und**

Lichtverhältnisse: Dunkelheit **und**

Charakteristik der Unfallstelle: Kreuzung/Einmündung **oder**

Unfallart: Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger **oder**
Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn **oder**

Unfallursache: Aufprall auf Hindernis.

4.1.4.2 Entwicklung der XENON-Unfälle

Tabelle 8 zeigt die Entwicklung des Unfallgeschehens anhand der beteiligten Pkw-Hauptverursacher von U(P) und U(SS) für die XENON-Situation und die Vergleichssituation. Zusätzlich aufgeführt sind die Bestandsentwicklung sowie die Ausstattungsquoten mit Gasentladungsscheinwerfern.

Unter allen Unfällen mit Pkw als Hauptverursacher sind Unfälle in XENON-Situationen gegenüber den Unfällen in Vergleichssituationen (die sich in keine Technik-Situation einordnen lassen) seit dem Jahr 2000 etwas stärker zurückgegangen (-27 % gegenüber -20 %) (Bild 36).

Auch zeigt sich, dass die Rückgänge bei Neufahrzeugen in den XENON-Situationen etwas stärker ausfallen als bei älteren Pkw (-35 % gegenüber -28 %) (Bild 37, Bild 38). Daraus lassen sich jedoch keine Sicherheitsvorteile bei den Neufahrzeugen auf Grund der Ausstattung mit Gasentladungsscheinwerfern ableiten, da der Rückgang gleichermaßen in XENON- wie auch den Vergleichssituationen auftritt. Ursache dafür ist möglicherweise der geringe Anstieg in der Ausstattungsquote. Gleich-

Unfallfolge beim Pkw-Fahrer		2002/2001		2004/2005		Veränderung in %	
		< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre
BAS-Situation	GT	0	5	0	6	-	-
	SV	25	227	11	164	-	-28 %
	LV	2.107	1.254	68	906	-36 %	-28 %
	UV; o. A.	1.436	3.926	269	2.720	-38 %	-31 %
Gesamt		568	5.412	348	3.796	-39 %	-30 %
Vergleichssituation	GT	55	441	34	361	-38 %	-18 %
	SV	420	3.484	239	2.547	-43 %	-27 %
	LV	997	6.719	687	5.997	-31 %	-11 %
	UV; o. A.	2.955	16.994	2.340	14.489	-21 %	-15 %
Gesamt		4.427	27.638	3.300	23.394	-25 %	-15 %

Tab. 7: Unfallfolgen beim beteiligten Pkw-Fahrer in BAS- und Vergleichssituation

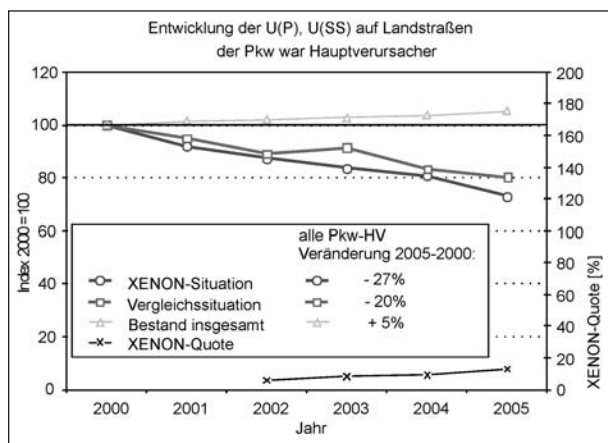


Bild 36: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: alle beteiligten Pkw-Hauptverursacher

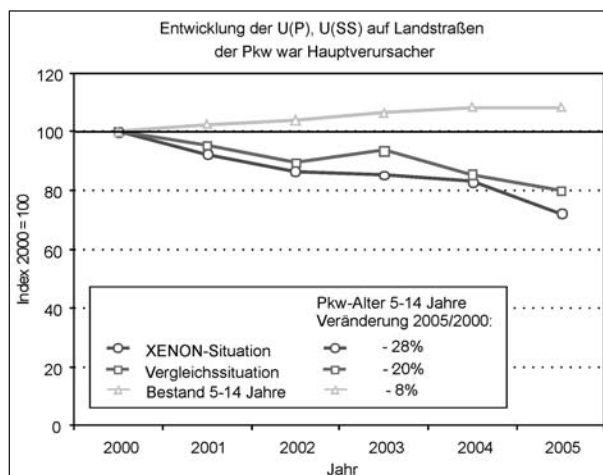


Bild 38: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: Pkw-Hauptverursacher mit Pkw-Alter 5 bis 14 Jahre

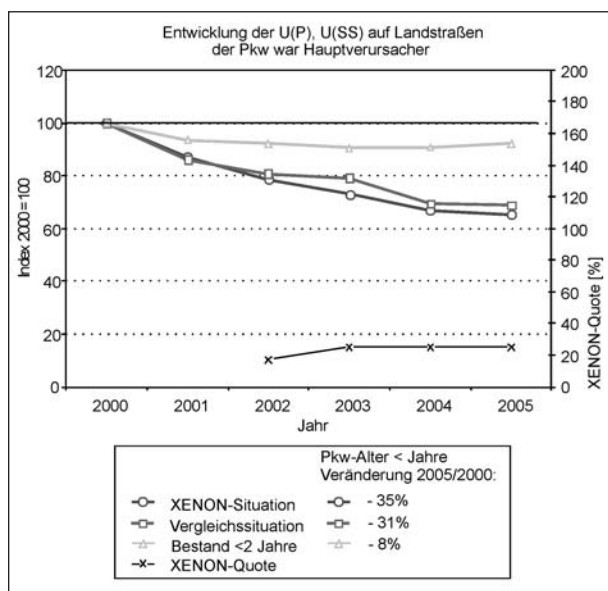


Bild 37: Entwicklung der U(P) und U(SS) auf Landstraßen, hier: Pkw-Hauptverursacher mit Pkw-Alter < 2 Jahre

zeitig deutet die Unfallentwicklung in Abhängigkeit vom Fahrzeugalter darauf hin, dass auch in der XENON-Situation andere Maßnahmen, wie z. B. solche aus dem Bereich der passiven Fahrzeugsicherheit, wirksam sein müssen.

4.1.4.3 Unfallschwere von Unfällen in XENON-Situationen

Die registrierten Unfallfolgen beim Pkw-Fahrer sind in Tabelle 9 dargestellt. Wegen der kleinen Fallzahlen in XENON-Situationen schwanken die Jahreswerte der Unfallschwere sehr stark. Es erfolgt daher keine Bewertung der Schwere von Unfällen in XENON-Situationen. Die Jahre 2000 und 2001 sowie 2004 und 2005 wurden zusammengefasst, um zu größeren Fallzahlen zu gelangen.

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005/ 2000	2004/05 vs. 2000/01
XENON-Situation	Insgesamt	7.318	6.733	6.389	6.126	5.915	5.342	-27 %	-20 %
	Fahrzeugalter								
	< 2 Jahre	797	695	627	582	532	520	-35 %	-29 %
	5-14 Jahre	4.687	4.329	4.053	3.997	3.894	3.377	-28 %	-19 %
Vergleichssituation	Insgesamt	22.126	20.956	19.692	20.244	18.444	17.770	-20 %	-16 %
	Fahrzeugalter								
	< 2 Jahre	2.401	2.026	1.886	1.916	1.634	1.666	-31 %	-25 %
	5-14 Jahre	14.143	13.495	12.688	13.233	12.094	11.300	-20 %	-15 %
Bestand	Insgesamt	43.772.260	44.383.323	44.657.303	45.022.926	45.375.526	46.090.303	5,3 %	4 %
	< 2 Jahre	7.165.905	6.705.341	6.596.713	6.490.253	6.491.578	6.599.765	-7,9 %	-6 %
	5-14 Jahre	23.856.221	24.460.516	24.803.035	25.368.669	25.855.222	25.850.242	8,4 %	7,0 %
Ausstattungsquote XENON im Bestand				6 %	8 %	19 %	13 %		
Ausstattungsquote XENON im Neufahrz.				17 %	25 %	25 %	17 %		

Tab. 8: Beteiligte Pkw-Hauptverursacher an U(P) und U(SS) auf Landstraßen für die XENON- und Vergleichssituation

Unfallfolge beim Pkw-Fahrer		2002/2001		2004/2005		Veränderung in %	
		< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre
Xenon-Situation	GT	6	47	4	28	-	-40 %
	SV	89	743	56	572	-37 %	-23 %
	LV	319	2.115	238	1.854	-25 %	-12 %
	UV; o. A.	1.078	6.111	754	4.817	-30 %	-21 %
Gesamt		1.492	9.016	1.052	7.271	-29 %	-19 %
Vergleichssituation	GT	55	441	34	361	-38 %	-18 %
	SV	420	3.484	239	2.547	-43 %	-27 %
	LV	997	6.719	687	5.997	-31 %	-11 %
	UV; o. A.	2.955	16.994	2.340	14.489	-21 %	-15 %
Gesamt		4.427	27.638	3.300	23.394	-25 %	-15 %

Tab. 9: Unfallfolgen beim beteiligten Pkw-Fahrer in XENON- und Vergleichssituation

4.2 Zusammenstoß von Pkw mit entgegenkommenden Pkw als Indikator für verbesserte passive Sicherheitsausstattung (Fahrzeugstruktur, Airbag)

Um Aussagen zur Wirkung von Elementen der passiven Sicherheit treffen zu können wurden als relevante Situation Unfälle zwischen zwei entgegenkommenden Pkw betrachtet, da diese direkt von verbesserter passiver Sicherheitsausstattung profitieren sollten.

Die passive Fahrzeugsicherheit beim frontalen Zusammenstoß zweier Pkw hat sich in den letzten zehn Jahren deutlich verbessert. Die in Kapitel 2.1.2 beschriebenen gesetzlichen Vorschriften und EuroNCAP-Testverfahren haben dazu geführt, dass die Fahrzeugstruktur insbesondere für den frontalen Zusammenstoß weiter optimiert wurde. Der Zusammenstoß mit einer deformierbaren Barriere mit 40 % Überdeckung in den Testverfahren simuliert einen typischen Unfall mit einem entgegenkommenden Fahrzeug, sodass eine Optimierung der Fahrzeuge entsprechend dieser Testverfahren einen Verletzungsrückgang für diese Unfallkonfiguration erwarten lässt. Weiterhin haben auch die anderen sicherheitsrelevanten Komponenten wie Airbag, Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzer (vgl. Kapitel 2.1.3) einen weiteren Beitrag zur Reduktion der Verletzungsschwere im frontalen Pkw-Pkw-Zusammenstoß geleistet.

4.2.1 Entwicklung der Anzahl der Beteiligten an Unfällen mit entgegenkommenden Pkw

Tabelle 10 zeigt die Entwicklung des Unfallgeschehens anhand der Beteiligten an U(P) und U(SS) mit genau zwei Pkw.

Die Unfallbeteiligung von Pkw an Unfällen mit entgegenkommenden Pkw hat sich im Untersuchungszeitraum analog zu allen sonstigen Unfällen entwickelt (Bild 39).

Die Unterscheidung nach dem Alter der beteiligten Pkw zeigt, dass die Anzahl der beteiligten Pkw-Neufahrzeuge an Kollisionen mit entgegenkommenden Pkw stärker zurückgegangen ist (Bild 40, -36 %) als die Anzahl der beteiligten älteren Pkw (-14 %).

Auch unter Berücksichtigung der Bestandszahlen (Bild 41) zeigt sich bei Neufahrzeugen ein stärkerer Rückgang der Unfallbeteiligung bei Kollisionen mit entgegenkommendem Pkw. Die Beteiligtenbelastung, d. h. die Anzahl der beteiligten Pkw-Fahrer je 100.000 zugelassene Pkw, hat im Jahre 2002 fast sprunghaft abgenommen; bei Neufahrzeugen noch stärker als bei älteren Pkw; eine Erklärung hierfür konnte aus den verfügbaren Daten nicht gefunden werden.

In der Vergleichsgruppe der „sonstigen Unfälle“ unterscheiden sich Neufahrzeuge von älteren Pkw nur unwesentlich. Beide Gruppen zeigen einen ähnlichen Rückgang, der bei Neufahrzeugen mit -26 % etwas stärker ausgeprägt ist als bei älteren Pkw (-23 %) (Bild 42).

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005/ 2000
... an Kollision mit entgegenkommendem Pkw								
Fahrzeugalter	Insgesamt	20.034	20.124	16.112	16.508	16.282	15.930	-20 %
	darunter: < 2 Jahre	2.183	1.982	1.366	1.532	1.445	1.398	-36 %
	5-14 Jahre	13.467	13.814	11.363	11.729	11.732	11.577	-14 %
... an sonstigen Unfällen								
Fahrzeugalter	Insgesamt	59.836	57.354	51.316	52.166	48.722	46.646	-22 %
	darunter: < 2 Jahre	6.816	5.800	5.200	5.193	4.734	4.620	-32 %
	5-14 Jahre	39.730	38.771	34.918	35.954	34.574	33.094	-17 %
Bestand	Insgesamt	43.772.260	44.383.323	44.657.303	45.022.926	45.375.526	46.090.303	5,3 %
	darunter: < 2 Jahre	7.165.905	6.705.341	6.596.713	6.490.253	6.491.578	6.599.765	-7,9 %
	5-14 Jahre	23.856.221	24.460.516	24.803.035	25.368.669	25.855.222	25.850.242	8,4 %

Tab. 10: Beteiligte an U(P) und U(SS) mit genau 2 Pkw auf Landstraßen

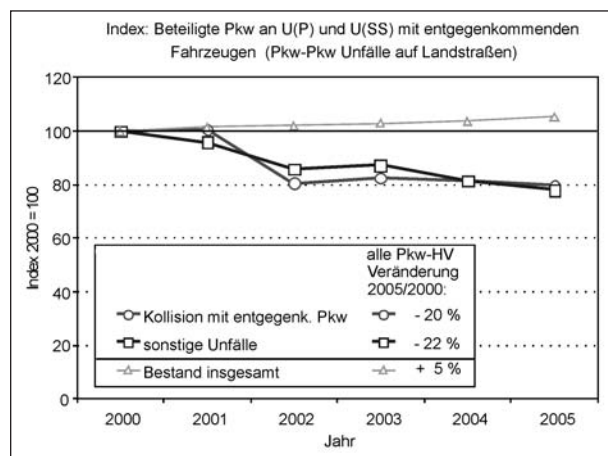


Bild 39: Entwicklung der Anzahl beteiligter Pkw an Unfällen mit entgegenkommenden Pkw sowie an sonstigen Unfällen (U(P) und U(SS) mit genau zwei beteiligten Pkw)

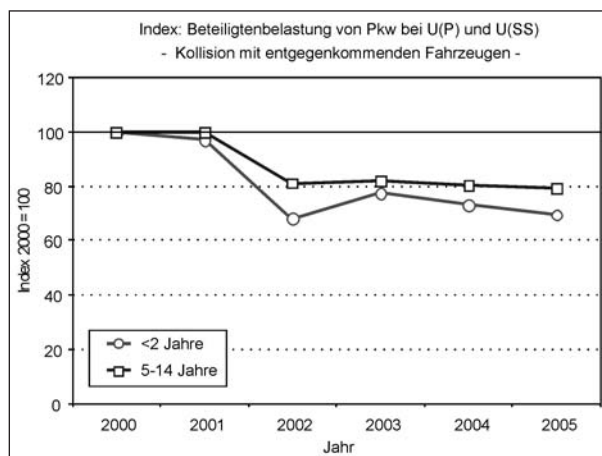


Bild 41: Entwicklung der Beteiligtenbelastung von Pkw (beteiligte Pkw je 100.000 Pkw im Bestand) (U(P) und U(SS) mit genau zwei beteiligten Pkw), Kollision mit entgegenkommenden Pkw

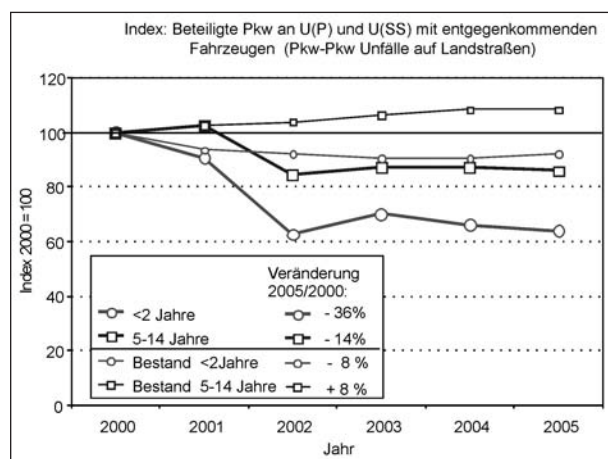


Bild 40: Entwicklung der Anzahl der beteiligten Pkw an Unfällen mit entgegenkommenden Pkw in Abhängigkeit vom Fahrzeugalter, (U(P) und U(SS) mit genau zwei beteiligten Pkw)

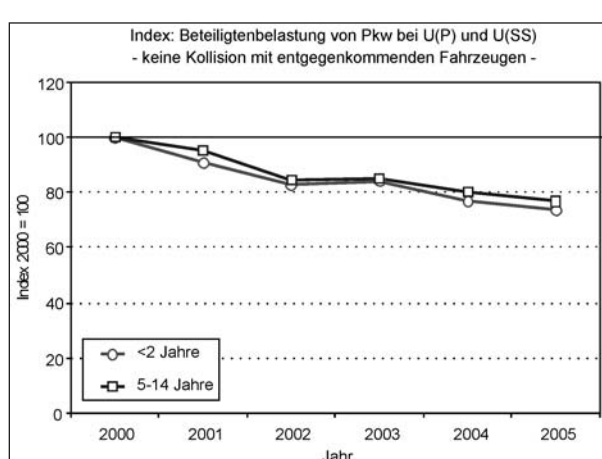


Bild 42: Entwicklung der Beteiligtenbelastung von Pkw (beteiligte Pkw je 100.000 Pkw im Bestand), (U(P) und U(SS) mit genau zwei beteiligten Pkw), keine Kollision mit entgegenkommenden Pkw

4.2.2 Fazit zur Unfallbeteiligung

Bei Pkw-Neufahrzeugen zeigen sich in der Situation „Kollision mit entgegenkommenden Pkw“ lediglich leicht stärkere Rückgänge in der Unfallbeteiligung als bei älteren Pkw und in der Vergleichssituation zeigen sich nahezu keine Unterschiede, so dass die ausgewählten Unfallkollektive für die Analyse zur passiven Fahrzeugsicherheit geeignet sind.

4.2.3 Unfallschwere von Unfällen mit entgegenkommenden Pkw

Bild 43 zeigt die Unfallschwere beim Pkw-Fahrer für U(P) und U(SS) als Anzahl der Getöteten und Schwerverletzten je 100 Fahrer. Im Vergleich mit den „sonstigen Unfällen“ wird die besonders hohe Unfallschwere der „Kollisionen mit entgegenkommenden Pkw“ deutlich. Die Unfallschwere beim Fahrer des Pkw liegt bei Neufahrzeugen (im Jahre 2005: ca. 9 Getötete und Schwerverletzte je 100 Pkw-Fahrer) generell niedriger als bei älteren Pkw (ca. 17). Dies lässt sich eindeutig auf die verbesserten Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit in neuen Fahrzeugen zurückführen, die, wie oben beschrieben, insbesondere in Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen verbesserten Schutz bieten, wogegen ältere Fahrzeuge noch nicht über diese Systeme verfügen.

Die Rückgänge der Unfallschwere sind bei Fahrern von Neufahrzeugen in Kollisionen mit entgegenkommenden Pkw am größten (-42 % gegenüber -14 % bei älteren Fahrzeugen). Deutliche Rückgänge in der Unfallschwere zeigen sich auch bei den sonstigen Unfällen (-30 % bei Neufahrzeugen gegenüber -15 % bei älteren Pkw) (Bild 44).

Die Verteilung der Verletzungsschwere ist in Bild 45 dargestellt. Hier zeigen sich ab 2003 Verschiebungen hin zu leicht- und unverletzten Fahrern. Der Anteil der leicht- und unverletzten Fahrer nimmt zu, weil die schwereren Verletzungen stärker zurückgehen als die leichten Unfallfolgen (vgl. Tabelle 11 für die absoluten Zahlen und prozentualen Änderungen). Dieser Trend zeigt sich insbesondere bei Neufahrzeugen. Bei älteren Pkw ist der Anteil der unverletzten Pkw-Fahrer relativ konstant. Hier zeigt sich tendenziell nur eine Zunahme des Anteils der leichtverletzten Fahrer.

Tabelle 11 zeigt die Veränderung der Verletzungsschwere bei U(P) und U(SS) beim Pkw-Fahrer in Unfällen mit entgegenkommenden Fahrzeugen

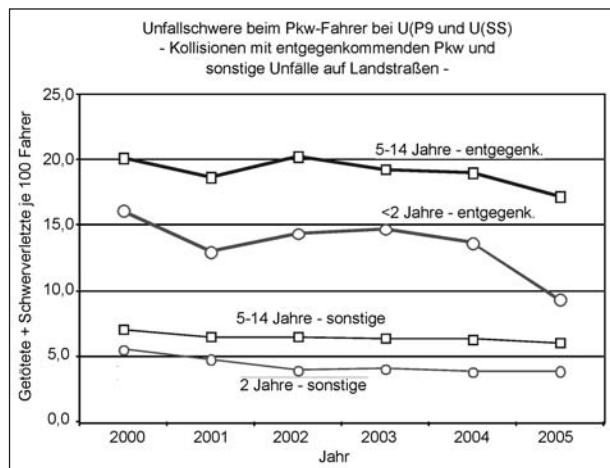


Bild 43: Unfallschwere beim Pkw-Fahrer bei U(P) und U(SS), Getötete + Schwerverletzte je 100 Fahrer

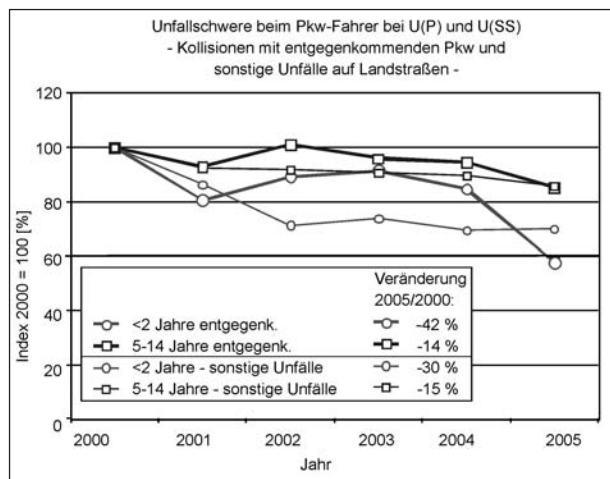


Bild 44: Entwicklung der Unfallschwere beim Pkw-Fahrer bei U(P) und U(SS) (Indexdarstellung), Getötete und Schwerverletzte je 100 Fahrer

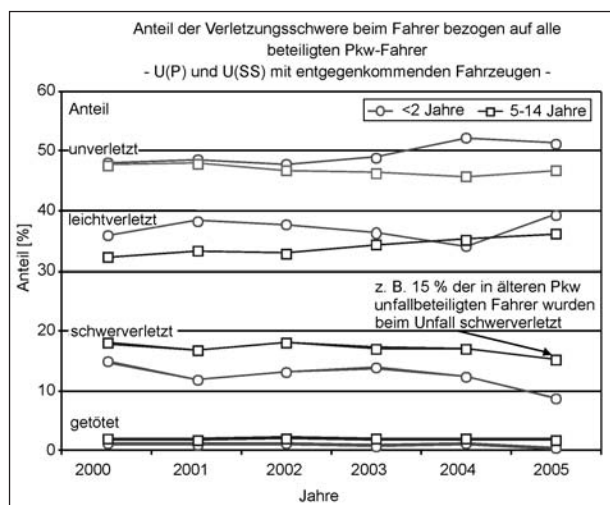


Bild 45: Verteilung der Verletzungsschwere beim Pkw-Fahrer bei U(P) und U(SS) auf Landstraßen

sowie sonstigen Unfällen. Um jährliche Schwankungen auszugleichen, wurden jeweils 2 Jahre des

Pkw-Pkw Unfälle		2002/2001		2004/2005		Veränderung in %	
		< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre	< 2 Jahre	5-14 Jahre
Unfälle mit entgegenkommenden Pkw	GT	48	534	24	438	-50 %	-18 %
	SV	560	4.748	303	3.773	-46 %	-21 %
	LV	1.544	8.952	1.044	8.321	-32 %	-7 %
	UV; o. A.	2.013	13.047	1.472	10.777	-27 %	-17 %
Insgesamt = Anzahl Pkw-Fahrer		4.165	27.281	2.843	23.309	-32 %	-15 %
sonstige	GT	26	236	8	190		-19 %
	SV	625	5.077	351	3.990	-44 %	-21 %
	LV	3.944	25.593	2.958	23.143	-25 %	-10 %
	UV; o. A.	8.021	47.595	6.037	40.345	-25 %	-15 %
Insgesamt = Anzahl Pkw-Fahrer		12.616	78.501	9.354	67.668	-26 %	-14 %

Tab. 11: Verletzungsschwere beim Pkw-Fahrer bei U(P) und U(SS) mit entgegenkommenden Fahrzeugen sowie sonstigen Unfällen

Untersuchungszeitraumes zusammengefasst und als Vorher- und Nachher-Zeitraum gegenübergestellt. Hier wird der stärkere Rückgang bei den schweren Unfallfolgen bestätigt, der insbesondere bei Neufahrzeugen stark ausgeprägt ist (50 % Rückgang der Getöteten und 46 % Rückgang der Schwerverletzten Pkw-Fahrer).

4.2.4 Fazit zur Unfallschwere

Im Untersuchungszeitraum hat die Unfallschwere (Getötete und Schwerverletzte je 100 Pkw-Fahrer) bei den Fahrern von Neufahrzeugen stärker abgenommen als bei Fahrern von älteren Pkw. Dies zeigt sich sowohl bei den Unfällen mit entgegenkommenden Pkw als auch bei allen sonstigen Unfällen mit zwei beteiligten Pkw. Der stärkere Rückgang der Unfallschwere bei Neufahrzeugen im Vergleich zu älteren Fahrzeugen ist durch die verbesserte passive Fahrzeugsicherheit zu erklären, die sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt und einen hohen Stand erreicht hat. Insbesondere in Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen bieten heutige Fahrzeuge mit für Frontalunfälle optimierter Fahrgastzelle und Rückhaltesystemen ein hohes Schutzniveau. Doch auch für andere Unfallkonfigurationen, wie z. B. seitliche Kollisionen, hat sich die passive Sicherheit der Neufahrzeuge stetig verbessert. Dadurch ist auch zu erklären, dass die Unfallschwere von allen sonstigen Unfällen mit zwei beteiligten Pkw ebenfalls einen Rückgang erfährt. Durch die überproportionalen Rückgänge bei den schweren Unfallfolgen (GT + SV) hat

sich der Anteil der unverletzten und leichtverletzten Pkw-Fahrer erhöht.

5 Infrastrukturmaßnahmen

Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Infrastrukturbereich können unterschieden werden in aktive und passive Maßnahmen. Die in diesem Projekt mitbetrachtete Straßenausstattung wird hier unter Infrastruktur subsummiert. Passive Maßnahmen sind solche, die im Falle eines Unfalles dazu beitragen, dass die Unfallfolgen für die Unfallbeteiligten selbst oder aber für Dritte oder Sachen möglichst gering bleiben, also im weitesten Sinne zur Verletzungsverminderung beitragen (z. B. sind die Unfallfolgen bei Anprall an Schutzplanken i. d. R. geringer verglichen mit den Folgen bei einem Anprall an einen Baum). Aktive Maßnahmen dagegen sollen zur Unfallvermeidung beitragen, also im besten Falle den Unfall ganz verhindern oder aber auch die Unfallfolgen mildern. Dabei können sie auf die Vermeidung von Fehlern zielen (z. B. Überholverbote oder bauliche Fahrtrichtungstrennung zur Vermeidung von Überholunfällen) oder aber die Korrektur von Fahr- bzw. Entscheidungsfehlern ermöglichen (z. B. Rüttelstreifen).

Für den Bereich der Straßeninfrastruktur wurden in den letzten Jahren vielfältige Maßnahmenvorschläge erarbeitet, um die Verkehrssicherheit auf Landstraßen zu verbessern und letztendlich um Unfälle zu verhindern bzw. Unfallfolgen abzumildern.

Neben Verfahren des Infrastruktursicherheitsmanagements wie z. B. dem Sicherheitsaudit und den örtlichen Unfalluntersuchungen zum Erkennen von Gefahrenstellen kommt bauliche und straßenverkehrstechnische Maßnahmen bei der Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Landstraßen eine große Bedeutung zu. Im Einzelnen haben sich folgende Maßnahmen als geeignet erwiesen:

- zusätzliche Überholmöglichkeiten zur Beseitigung von Pulkbildung und „Überholdruck“, z. B. durch 2+1-Strecken, wo dies nicht möglich oder angebracht ist,
- Verhinderung des Überholens in ungeeigneten Bereichen durch Anordnung von Überholverbotszonen und bauliche Unterstützung der Überholverbotszonen,
- Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten durch verstärkte Überwachung; z. B. durch ortsfeste Anlagen zur Geschwindigkeitsüberwachung,
- verkehrssichere, vor allem hindernisfreie Gestaltung der Seitenräume,
- Absicherung von Gefahrenstellen mit Schutzeinrichtungen,
- Einsatz von speziellen Fahrzeugrückhaltesystemen an ausgewählten kritischen Stellen,
- Verbesserung der Linienführung,
- Anlage von planfreien Knotenpunkten im Zuge hoch belasteter einbahniger Fernverbindungen,
- Sicherung plangleicher Kreuzungen durch verkehrsabhängige Lichtsignalanlagen oder Umbau in Kreisverkehre,
- Separierung von Kfz-, Fußgänger- und Radverkehr durch Bau von Geh- und Radwegen an Bundesfernstraßen mit hohen Kfz-Belastungen und hohem Geschwindigkeitsniveau.

5.1 Verfügbarkeit von Informationen über zeitliche und räumliche Abgrenzung von Maßnahmenumsetzungen und Vergleichskollektiven

Bei der hier vorliegenden Untersuchungsmethodik zur Ermittlung der Einflüsse auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen soll nun global untersucht werden, welche Maßnahmen in der Rückschau ge-

eignet erscheinen, den Rückgang des Unfallgeschehens zu erklären.

Für diese Vorhaben müssen zweierlei Bedingungen erfüllt bzw. Kenngrößen bekannt sein:

1. Um einen bestimmten Maßnahmentyp bzw. eine bestimmte Maßnahme überhaupt in Relation zu Unfalldaten zu bringen, müssen Daten zur Quantifizierung der Maßnahmenumsetzung verfügbar sein, also z. B. Entwicklung der Radwegelängen an Bundesfernstraßen, Entwicklung der Anzahl der Kreisverkehre oder die Anzahl neu eingesetzter Fahrzeugrückhaltesysteme.
2. Um eine Aussage über die Wirksamkeit von Maßnahmen hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung der Unfall- bzw. Verunglücktenzahlen treffen zu können, muss jeweils eine Vergleichsgruppe herangezogen werden, um die Wirkung der Maßnahme gegen die allgemeine Entwicklung des Unfallgeschehens abgrenzen zu können. Dafür müssen einerseits sowohl die betreffenden Maßnahmen als auch die Nicht-Maßnahmen räumlich eingrenzbar sein. Andererseits ist zusätzlich eine zeitliche Abgrenzung bzw. Entwicklung der Maßnahmenumsetzung notwendig.

5.1.1 Zusätzliche Überholmöglichkeiten

Es liegt der BAST keine bundesweite Statistik mit Informationen über die Länge bzw. den Anteil der Straßenlänge mit zusätzlichen Überholmöglichkeiten (2+1-Strecken, siehe Bild 46) oder baulicher Trennung der Fahrtrichtungen vor. Inwieweit dabei im Zeitraum 2000 bis 2006 Änderungen eingetreten sind, ist gleichfalls nicht bekannt.



Bild 46: Beispiel für alternierende Überholfahrstreifen bei 2+1-Strecken

5.1.2 Ortsfeste Anlagen zur Geschwindigkeitsüberwachung

Über ortsfeste Anlagen zur Geschwindigkeitsüberwachung (siehe Bild 47) liegen der BAST ebenfalls keine Statistiken vor. Allerdings existieren verschiedene Internetseiten, auf denen Informationen zu ortsfesten Geschwindigkeitsanlagen gesammelt und laufend aktualisiert werden. Danach gibt es in Deutschland etwa 2.500 ortsfeste Anlagen zur Geschwindigkeitsüberwachung. Davon liegen etwa 20 % außerhalb bebauter Gebiete, ca. 50 auf BAB. Die Angaben liegen klassifiziert nach der Höhe der überwachten zulässigen Höchstgeschwindigkeit vor. Allerdings sind keine Informationen über die zeitliche Entwicklung der Zahlen verfügbar. Ebenso gibt es keine nach zulässigen Höchstgeschwindigkeiten gegliederten Angaben zum Anteil des nicht durch ortsfeste Anlagen überwachten Straßennetzes.

5.1.3 Linienführung

Die Linienführung von Landstraßen hat einen erheblichen Einfluss auf die Verkehrssicherheit dieser Straßen. Insbesondere Parameter wie die Radienrelation, Kuppen- und Wannenhalmesser wirken sicherheitsrelevant auf die Erkennbarkeit der Linienführung für den Fahrer sowie die sich daraus ergebenden Sichtweiten. Mit der hier angewandten Vorgehensweise können jedoch keine Aussagen zur Wirksamkeit von Maßnahmen, die sich auf die Linienführung beziehen, gemacht werden. Eine Änderung der Linienführung ergibt sich in der Regel nur im Zusammenhang von Neubaumaßnahmen (z. B. Bau einer Ortsumgehung) oder der grundhaften Erneuerung einer Straße oder eines Straßenabschnitts. Bezogen auf das Gesamtstraßennetz ergeben sich erkennbare Änderungen



Bild 47: Anlage zur ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung

dadurch erst über sehr lange Zeiträume, in denen Änderungen im Unfallgeschehen durch vielerlei andere Faktoren beeinflusst sind und dadurch nicht zuzuordnen sind.

5.1.4 Knotenpunktgestaltung

In den Straßenbauverwaltungen der Länder werden i. d. R. keine Statistiken über die Entwicklung der Anzahl der Knotenpunkte nach Grundform und verkehrstechnischer Regelung der Knotenpunkte geführt. Die Zahl beispielsweise der planfreien Knotenpunkte im Zuge der Bundesstraßen ist somit nicht bekannt. Lediglich aus Bayern ist eine Zusammenstellung der Kreisverkehre mit Angaben zur Ortslage und zum Jahr der Fertigstellung des Kreisverkehrs bekannt. Demnach stieg die Anzahl der außerörtlichen Kreisverkehre (inkl. Ortsrandlage) an Bundes- und Staatsstraßen von 26 im Jahre 1996 auf über 340 im Jahre 2005 [20]. In einer Untersuchung aus dem Jahre 2005 wurden das Unfallgeschehen an den 340 außerörtlichen Kreisverkehren sowie das Unfallgeschehen an den 377 lichtzeichengeregelten Knotenpunkten an Bundes- und Staatsstraßen analysiert [19]. Die Ergebnisse zeigten, dass an einbahnigen Straßen Kreisverkehre sicherer sind als Knotenpunkte mit Lichtzeichenanlage und insbesondere die Unfallschwere bei Kreisverkehren deutlich niedriger liegt (vgl. Bild 48).

Um dieses Ergebnis auch anhand der Gesamtzahlen des Unfallgeschehens in Bayern nachzuvollziehen, müssten die Unfälle an Knotenpunkten in Beziehung zu den Anzahlen der Knotenpunktarten im betrachteten Straßennetz gesetzt werden. Um die Entwicklung der Knotenpunktunfälle bewerten zu können, müsste also die Entwicklung der Zahl aller Knotenpunkte differenziert nach der baulichen Gestaltung und der verkehrstechnischen Regelung vorliegen.

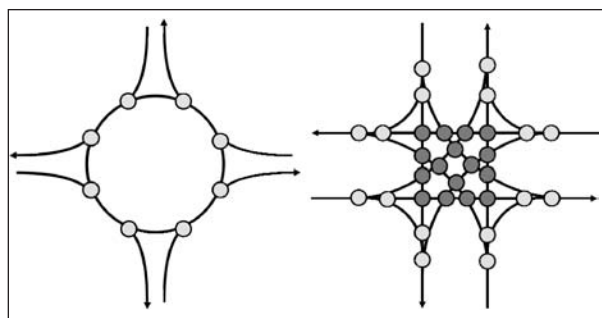


Bild 48: Mögliche Konfliktpunkte an einem Kreisverkehr im Vergleich zu einer Kreuzung [22]

5.1.5 Separation des nicht-motorisierten vom motorisierten Verkehr

Die Entwicklung des Unfallgeschehens mit Pkw- und Radfahrerbeteiligung auf Landstraßen in Deutschland zeigt in den Jahren 2000-2005 einen Rückgang um knapp 9 %. Gleichzeitig wurden in vielen Bundesländern verstärkt straßenbegleitende Radwege an Bundesfernstraßen gebaut [21]. Die Betrachtung der einzelnen Bundesländer zeigt jedoch ein uneinheitliches Bild. Zwar sind die Entwicklungen der Radwegelängen an Landstraßen durchweg positiv, ein Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen kann jedoch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Dies kann u. a. darauf zurückzuführen sein, dass der Radwegbau insbesondere in touristisch attraktiven Regionen in Verbindung mit touristischen Radrouten vorangetrieben wurde. In diesem Sinne schaffte der Radwegbau erst ein Angebot, wo vorher Radverkehr gar nicht oder nur vereinzelt auftrat.

5.1.6 Straßenausstattung und Fahrzeugrückhaltesysteme

Unter Straßenausstattung werden alle Elemente verstanden, die dauerhaft oder zeitweilig auf oder neben der Straße angebracht sind und dem Straßenverkehr im Sinne der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs dienen.

Fahrzeugrückhaltesysteme sollen von der Fahrbahn abkommende Fahrzeuge abweisen und aufhalten. Sie gehören somit zu den passiven Sicherheitseinrichtungen. Zu den Fahrzeugrückhaltesystemen gehören vor allem Stahlschutzplanken, Betonschutzwände, transportable Schutzwände für Arbeitsstellen und Anpralldämpfer. Die Systeme werden in Deutschland nach den „Richtlinien für passive Schutzseinrichtungen an Straßen“ (RPS) in Mittelstreifen zur Trennung der Richtungsfahrbahnen und am Fahrbahnrand zum Schutz vor Abstürzen und Kollisionen mit Gegenständen im Seitenraum eingesetzt. Während Stahlschutzplanken oder Betonschutzwände eingesetzt werden, wenn Gefahren über längere Strecken bestehen, werden Anpralldämpfer singulär vor einem einzelnen Hindernis platziert.

In Deutschland werden Elemente der Straßenausstattung seit vielen Jahren eingesetzt. Mittlerweile wurde in Quantität und Qualität ein hoher Stand erreicht. Dieser hat sich im Laufe von Jahrzehnten kontinuierlich aufgebaut. Bezieht man die Fragestellung des Projektes auf die Straßenausstat-

tung, können drei Ansätze betrachtet werden, bei denen u. U. die Möglichkeit besteht, deren Einfluss auf die Reduzierung der Unfälle mit Personenschäden zu ermitteln. Dies sind:

- Absturzsicherungen auf Brücken,
- Schutz vor dem Anprall an Bäumen durch Schutzseinrichtungen,
- Einsatz von Anpralldämpfern.

5.1.6.1 Absturzsicherungen

Auf Grund mehrerer Abstürze schwerer Lkw von Brücken in zeitlich naher Folge hat der Bund eine Initiative gestartet, auf bestimmten Brücken Systeme einzusetzen, die die höchste in Europa festgelegte Aufhaltstufe erfüllen können. Jedoch hat die Entwicklung durch die Industrie und Prüfung der Systeme und demzufolge auch die Umsetzung in die Praxis sehr lange gedauert, sodass zum heutigen Zeitpunkt nur sehr wenige Brücken tatsächlich mit solchen Systemen ausgerüstet sind (z. B. Wiehltalbrücke auf der A 4). Dadurch liegen insbesondere für Landstraßen für diesen Ansatz keine ausreichenden Daten vor.

5.1.6.2 Schutz vor Baumanprall

Die Frage, in welchem Maße der Einsatz von Schutzseinrichtungen in Ländern mit auffälligem Unfallgeschehen an Bäumen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beigetragen hat, könnte vor diesem Hintergrund eher beantwortet werden. Hier erschweren andere Einflüsse belastbare Aussagen.

In Betracht kommt für eine Untersuchung das Bundesland Brandenburg. Die Entwicklung der Unfälle mit dem Merkmal „Baum“ ist in Bild 49 für Deutschland sowie das ausgewählte Bundesland dargestellt. Daraus ist erkennbar, dass die Zahl der Getöteten bei Baumunfällen in Brandenburg im Zeitraum von 2000 bis 2005 auf Landstraßen sowie insgesamt um ca. 47 % zurückgegangen ist.

Als eine wirksame Maßnahme ist hier unbestritten der Einsatz von Schutzseinrichtungen allgemein sowie speziell entwickelten Systemen (s. Bild 50) im Besonderen zu nennen. Eine Aussage, welchen Anteil diese Systeme am Rückgang der Baumunfälle haben, ist jedoch nicht möglich. Hierfür wäre es notwendig gewesen, neben dem Bestand auch die Art der Schutzseinrichtungen vorher und nachher zu kennen. Leider bauen die Länderverwaltungen erst jetzt eine Bestandsdatenbank der Straßenaus-

stattung auf. Darüber hinaus wäre es nötig gewesen, Informationen über die genaue örtliche Zuordnung der Unfallstelle und der dort vorhandenen Schutzeinrichtungen zu erhalten. Dies ist mit den

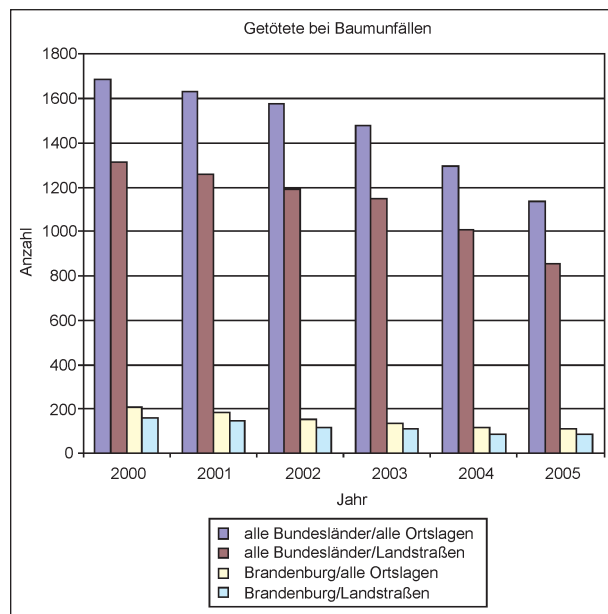


Bild 49: Entwicklung der Anzahl Getöteter bei Baumunfällen



Bild 50: Spezielle Schutzeinrichtung vor Bäumen

vorliegenden Daten nicht auswertbar. Es ist geplant, diesen Gedanken weiterzuverfolgen und in entsprechende Projekte einzubringen.

5.1.6.3 Anpralldämpfer

Ein Element, das in den letzten Jahren quasi neu auf dem Markt erschienen ist und punktuell an kritischen Stellen eingesetzt wird, sind so genannte Anpralldämpfer. Als auffangende Schutzeinrichtungen werden sie dort eingesetzt, wo die Gefahr eines senkrechten Aufpralls an ein massives und damit gefährliches Hindernis besteht und sie wirksam vor schweren Folgen schützen können. Gefährliche Hindernisse können einzeln stehende Masten von Verkehrszeichenbrücken, Brückenpfeiler, Widerlager, Tunnelportale, Trennselspitzen mit Hindernissen oder Zahlstationen sein (s. Bild 51). Besondere Beachtung gebührt auch dem Beginn von Wänden wie Betonschutzwänden oder Lärmschutzwänden.

Anpralldämpfer wandeln die kinetische Energie anprallender Fahrzeuge in der Regel durch Verformung um und wirken so als Stoßdämpfer. Sie sind für Pkw-Anprallsituationen konstruiert. Der technische Entwicklungsstand ist so weit gediehen, dass die heutigen Systeme in der Lage sind, Pkw der gehobenen Mittelklasse mit einer Geschwindigkeit von 110 km/h so aufzufangen, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass die Insassen keine lebensbedrohenden Verletzungen erleiden. Größere Fahrzeuge, insbesondere Lkw, können nicht von Anpralldämpfern aufgehalten werden.

Die Anzahl der in den letzten Jahren eingesetzten Anpralldämpfer ist stetig gestiegen. Leider gibt es auch hier keine Bestandszahlen. Es lässt sich aber sicher sagen, dass Anpralldämpfer über die ganze Bundesrepublik verteilt eingesetzt werden. Eine Ab-



Bild 51: Beispiel eines Anpralldämpfers vor einem Brückenpfeiler (Foto: SPS)

schätzung geht von 700-800 eingebauten Anpralldämpfern in Deutschland aus.

In Ermangelung genauer Zahlen kann hier nur ein Szenario dargestellt werden, anhand dessen eine Einschätzung über das Sicherheitspotenzial dieser Elemente möglich ist.

Geht man davon aus, dass jeder zweite Anpralldämpfer einmal im Jahr angefahren wird, ergibt sich eine Unfallanzahl von 350-400. Es lässt sich belegen, dass niemand bei Anfahrten an Anpralldämpfern getötet wurde. Unklar ist, wie viele Schwer- und Leichtverletzte es bei den Anfahrten gegeben hat. Auch ist nicht bekannt, wie schwer die Anfahrten im Einzelnen waren, d. h., welche Folgen entstanden wären, wenn kein Anpralldämpfer vorhanden gewesen wäre. Aber selbst wenn nur 5 % der Anfahrten an die Hindernisse für die Insassen tödlich verlaufen wären, würde die Zahl der Getöteten pro Jahr um 12-20 verringert werden. Bezieht man diese Abschätzung auf die hier durchgeführte Untersuchung für Landstraßen, kann dort von einer Verringerung um 2-5 Getötete pro Jahr infolge Anpralldämpfern ausgegangen werden.

5.2 Zusammenfassung zu Infrastrukturmaßnahmen

Es zeigt sich, dass für die Mehrheit der Maßnahmen für Straßeninfrastruktur bzw. Straßenausstattung beide in Kapitel 5.1 genannten Bedingungen für deren Wirksamkeitsermittlung mit dem gewählten Ansatz nicht zu überprüfen sind (zum einen müssten Daten über die Menge der umgesetzten Maßnahmen im Zeitverlauf vorliegen; zum anderen müsste es eine Vergleichsgruppe (d. h. Unfälle, die durch die Maßnahme nicht beeinflusst werden) geben; Maßnahmen und Nicht-Maßnahmen müssten dabei räumlich und/oder zeitlich abgrenzbar sein). Für einige wenige Maßnahmen liegen zwar Daten zu deren Umsetzung vor, oftmals jedoch nicht zur zeitlichen Entwicklung sowie zu einem Vergleichskollektiv. Somit können auf der hier angestrebten Betrachtungsebene mittels der Daten der amtlichen Unfallstatistik keine Untersuchungen zur Wirksamkeit dieser Maßnahmen durchgeführt werden; auch nicht, ob und in welchem Maße Infrastrukturmaßnahmen zum Rückgang der schweren Unfallfolgen im Zeitraum von 2000 bis 2005 beitragen konnten.

Im Gegensatz zu dem hier angewandten Untersuchungsansatz wird in dem derzeit laufenden Projekt

„AOSI – Sicherheit zweistreifiger Bundesstraßen“ durch Vorher-Nachher-Betrachtungen des Unfallgeschehens die Wirksamkeit der umgesetzten lokalen Maßnahmen untersucht.

Entsprechend den dargestellten Sicherheitsproblemen auf Landstraßen lassen sich die im Projekt AOSI untersuchten Maßnahmen folgendermaßen einteilen:

- Schaffung von sicheren und geregelten Überholmöglichkeiten,
- Durchsetzen von Überholverböten,
- Durchsetzen von angemessenen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und
- verkehrssichere Gestaltung und Schutz der Seitenräume.

Ergebnisse zur Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit sowie der Seitenraumgestaltung werden im ersten Halbjahr 2008 vorliegen, Ergebnisse zur Untersuchung von Lösungen der Überholproblematik auf Landstraßen werden im ersten Halbjahr 2010 erwartet.

6 Zusammenfassung und Fazit

Insbesondere auf Landstraßen hat sich in den letzten Jahren ein deutlicher Verkehrssicherheitsgewinn bei den Unfällen mit Pkw in Form von rückläufigen Unfallzahlen gezeigt. Als eine wesentliche Ursache für diese positive Entwicklung wird die stetige Verbesserung der aktiven und passiven Sicherheit von Fahrzeugen angesehen. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit sich in der amtlichen Unfallstatistik Belege für diese Vermutung finden lassen. Ob die Wirkung straßeninfrastrukturseitiger Maßnahmen auf Landstraßenunfälle mit dem gewählten Ansatz analog nachweisbar ist, wurde ebenfalls betrachtet.

Der Einfluss fahrzeugseitiger Maßnahmen auf das Unfallgeschehen wurde zum einen für drei Systeme der aktiven Fahrzeugsicherheit – Fahrdynamikregelungen, Bremsassistenten und Gasentladungsscheinwerfer – ermittelt. Zum anderen wurden Verbesserungen der passiven Fahrzeugsicherheit, wie Airbags oder auch die Einführung von Vorschriften für z. B. Frontal- und Seitenaufprall, als Gesamtpaket betrachtet. Darüber hinaus wurden Einflussmöglichkeiten verbesserter Straßeninfrastruktur bzw. -ausstattung auf das Unfallgeschehen erörtert.

Für die ausgewählten Sicherheitseinrichtungen und -maßnahmen wurden geeignete Teilmengen aus dem Unfallgeschehen ausgewählt, bei denen sich der Einfluss der Fahrzeugtechnik erwarten lässt. Diese wurden dann mit Unfallsituationen verglichen, in denen die Maßnahmen keine Wirkung zeigen sollten. So wurden bei ESP Fahrurfälle untersucht, bei BAS Auffahrurfälle und bei Gasentladungsscheinwerfern Dunkelheitsunfälle. Frontalunfälle mit entgegenkommenden Pkw wurden herangezogen, um Maßnahmen der passiven Fahrzeugsicherheit beurteilen zu können.

Als schwierig hat sich die Abgrenzung von auf spezielle Systeme zugeschnittenen Unfall- und entsprechende Vergleichssituationen herausgestellt, da viele Maßnahmen und Systeme in unterschiedlichen Unfallkonstellationen ihre Wirkung in unterschiedlichem Maße entfalten. Erschwerend sind ebenfalls die zum Teil noch geringen Ausstattungsraten für Systeme der aktiven Fahrzeugsicherheit. Hier sollten in Zukunft größere Effekte zu erwarten sein. Weiterhin können für spezielle Sicherheitssysteme In-depth-Unfalldaten aus dem GIDAS-Projekt von BAST und FAT eine bessere Datengrundlage als die amtliche Statistik darstellen, weil darin das Unfallgeschehen feiner differenziert werden kann.

Für eine Untersuchung der Wirkung von Infrastrukturmaßnahmen, wie z. B. Schutzplanken, Anpralldämpfer, Neubau von Radwegen und Kreisverkehren, mit Hilfe der amtlichen Unfallstatistik müssten Informationen über die Umsetzung bzw. Nichtumsetzung von Maßnahmen für das gesamte Straßennetz vorliegen, für das auch die Unfallentwicklung beschrieben wird. Diese Informationen sind jedoch nicht vorhanden. Hier dürften Vorher-Nachher-Untersuchungen der geeigneteren Ansatz für die Wirksamkeitsanalyse der punktuell eingesetzten straßeninfrastrukturseitigen Maßnahmen sein.

Der Pkw-Bestand erneuert sich innerhalb von ca. fünf Jahren zur Hälfte, wodurch neue Sicherheitssysteme in kurzer Zeit eine hohe Durchdringung der Fahrzeugflotte erreichen und ihre Wirkung auf dem gesamten Straßennetz entfalten können. Straßeninfrastrukturseitige Maßnahmen werden als punktuelle Maßnahmen gezielt an unfallkritischen Punkten im Straßennetz sukzessive und über einen längeren Zeitraum jeweils dem Unfallgeschehen angepasst notwendige Verbesserungen entfalten.

Im Einzelnen konnten folgende Ergebnisse aus den Auswertungen des Unfallgeschehens abgeleitet werden:

ESP

Die Zahl der Unfälle in ESP-relevanten Situationen ist bei neuen Fahrzeugen, in denen ESP zu einem hohen Anteil verbaut ist, deutlich und überproportional zurückgegangen. Unter Berücksichtigung der Unfälle älterer Pkw und der Unfälle in nicht ESP-relevanten Situationen ist zwischen den Jahren 2000 und 2005 ein signifikanter Rückgang der Landstraßenunfälle mit Personenschaden und mit schwerwiegendem Sachschaden in Höhe von 28 % eingetreten. Die Entwicklung des Unfallgeschehens zeigt damit klar, dass Fahrzeuge mit ESP wesentlich von dieser Technik profitieren.

In Bezug auf die Unfallschwere (schwere Personenschäden je 1.000 Pkw-Fahrer) zeigt sich bei Neufahrzeugen in ESP-Situationen ein überproportionaler Rückgang bei den leichten Unfallfolgen (Leicht- und Unverletzte).

Der positive Effekt des ESP zeigt sich auch an der Zahl der schweren Personenschäden, die in ESP-Situationen und bei Neufahrzeugen überproportional zurückgegangen ist (-47 %). Für neue Fahrzeuge in der Vergleichssituation beträgt der Rückgang lediglich 43 %. Für ältere Fahrzeuge fallen die Rückgänge deutlich geringer aus. Insgesamt ergibt sich für den Rückgang der schweren Personenschäden (Getötete und Schwerverletzte) in ESP-relevanten Situationen auf Landstraßen unter Berücksichtigung der Unfälle älterer Pkw sowie der Unfälle in Vergleichssituationen ein Wert von -13 %. Unter der Annahme, dass zum Ende des untersuchten Zeitraums 100 % der Neufahrzeuge mit ESP ausgestattet gewesen wären, wäre ein Rückgang der schweren Personenschäden um 28 % zu erwarten gewesen (insgesamt kann ESP somit auf Basis des Vergleichs zwischen 100%- und 0%-Ausstattung eine Wirksamkeit von ca. 40 % zugeordnet werden).

BAS/ABS

Das Unfallgeschehen in BAS-relevanten Situationen hat sich sowohl für Neufahrzeuge als auch für ältere Fahrzeuge gleichermaßen, aber überproportional verbessert (-31 % Unfälle für BAS-relevante Situationen gegenüber -20 % für nicht BAS-relevante). Ein Sicherheitsvorteil allein durch BAS lässt

sich mit den vorliegenden Zahlen somit nicht eindeutig nachweisen, was ggf. auf die noch geringen Ausstattungsquoten mit BAS zurückzuführen ist. Dass auch ältere Fahrzeuge, in denen in der Regel kein BAS verbaut ist, in der BAS-Situation einen starken Rückgang aufweisen, der auch größer ist als in der Vergleichssituation, deutet darauf hin, dass es neben dem BAS weitere Faktoren gibt, die diese Situation positiv beeinflussen, die aber nicht identifiziert sind. Hier könnte ABS, das in der gleichen Situation wirkt wie BAS und auch noch bei älteren Fahrzeugen im Zeitraum 2000 bis 2005 wachsende Ausstattungsquoten zeigt (Anstieg der Ausstattungsquote im Bestand von 63 % auf 82 %), eine Rolle spielen.

Gasentladungsscheinwerfer

Rückgänge in den Unfallzahlen fallen für Neufahrzeuge in den XENON-relevanten Situationen etwas stärker aus als bei älteren Pkw (-34 % gegenüber -28 %). Daraus lassen sich, vermutlich bedingt durch die geringen Änderungen der Ausstattungsquote, jedoch in dieser Untersuchung keine Sicherheitsvorteile durch Gasentladungslicht ableiten, da der Rückgang gleichermaßen auch in der Vergleichssituation auftritt. Gleichzeitig deutet die Unfallentwicklung in Abhängigkeit vom Fahrzeualter jedoch darauf hin, dass auch in der XENON-Situation andere Maßnahmen, die z. B. der passiven Fahrzeugsicherheit zuzuordnen sind, wirksam sein müssen.

Passive Sicherheitsausstattung

Die Rückgänge der Unfallschwere (Anzahl der Getöteten und Schwerverletzten je 100 Pkw-Fahrer bei Unfällen mit Personenschaden) in Unfällen mit entgegenkommenden Fahrzeugen (relevante Situation für die passive Sicherheit) sind bei Fahrern von Neufahrzeugen am größten (-42 % gegenüber -14 % bei älteren Fahrzeugen). Dies zeigt eindeutig die Wirkung verbesserter Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit wie Airbags, Gurtstraffer und -kraftbegrenzer sowie optimierte Fahrzeugstruktur bzw. Fahrgastzelle.

Deutliche Rückgänge in der Unfallschwere zeigen sich auch bei den sonstigen Unfällen von Neufahrzeugen, was darauf zurückzuführen ist, dass sich die ständig weiterentwickelte passive Sicherheit auch in anderen Unfallkonstellationen, wie z. B. seitlichen Kollisionen, bewährt.

Infrastrukturmaßnahmen und Straßenausstattung

Im Straßeninfrastrukturbereich besteht das Problem, dass die wesentlichen Informationen für den hier gewählten Ansatz zur Ermittlung des Einflusses von Maßnahmen auf das Unfallgeschehen nicht verfügbar sind. Dafür müssten Daten über die Menge der umgesetzten Maßnahmen im Zeitverlauf vorliegen; zum anderen müsste es eine Vergleichsgruppe geben (Unfälle, die durch die Maßnahme nicht beeinflusst wurden). Maßnahmen und Nicht-Maßnahmen müssten dabei räumlich und/oder zeitlich abgrenzbar sein. Es zeigt sich, dass diese Daten für die meisten Maßnahmen im Infrastrukturbereich nicht verfügbar sind, sodass alleine mit Hilfe der Daten der amtlichen Unfallstatistik keine bundesweiten Untersuchungen zur Wirksamkeit durchgeführt werden können. Hier sind demnach andere Untersuchungsansätze angezeigt. Vorher-Nachher-Untersuchungen dürften hier der geeignetere Ansatz für die Wirksamkeitsanalyse der punktuell eingesetzten straßeninfrastrukturseitigen Maßnahmen sein.

Fazit

Insgesamt lässt sich feststellen, dass mit Hilfe der Daten aus der amtlichen Unfallstatistik eine deutliche Wirkung von einzelnen Systemen der aktiven Fahrzeugsicherheit auf das Unfallgeschehen auf Landstraßen gezeigt werden konnte. Gleiches gilt für die stetige Verbesserung der passiven Fahrzeugsicherheit, die sich vor allem in einer Reduktion der Verletzungsschwere ausdrückt.

7 Literatur

- [1] BROCKMANN, S.: „ESP-Verfügbarkeit“, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), September 2006
- [2] PAPELIS, Y., BROWN, T., WATSON, G., HOLTZ, D., PAN, W.: „Study of ESC assisted driver performance using a driving simulator“, Report no. N04-003-PR. University of Iowa, Iowa City, 2004
- [3] TINGVALL, C., KRAFT, M., KULLGREN, A., LIE, A.: „The effectiveness of ESP (electronic stability program) in reducing real-life accidents“, Traffic Injury Prevention, 5, 2004, S. 37-41

- [4] DANG, J. N.: „Preliminary results analyzing the effectiveness of electronic stability control (ESC) systems”, Report no. DOT-HS-809-664. U.S. Department of Transportation, Washington, DC, 2004
- [5] FARMER, C. M.: „Effect of electronic stability control on automobile crash risk”, Traffic Injury Prevention, 5, 2004, S. 317-325
- [6] „Electronic stability control reduces deaths, especially in single-vehicle crashes”, Insurance Institute for Highway Safety Status Report, Vol. 40, No. 1, January 3, 2005
- [7] SFERCO, R., PAGE, Y., LE COZ, J.-Y., FAY, P.: „Potential effectiveness of Electronic stability programme (ESP) – what European field studies tell us” ESV paper No. 2001-S2-O-327, Amsterdam 2001
- [8] UNSELT, BREUER, ECKSTEIN, FRANK: „Avoidance of loss of control accidents through the benefits of ESP”: FISITA-paper F2004V295, FISITA conference, Barcelona, 2004
- [9] AGA, M., OKADA, A.: „Analysis of vehicle stability control (VSC)’s effectiveness from accident data”, Proceedings of the 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Nagoya, Japan, May 2003, ESV paper 541, NHTSA, DOT HS 809 543
- [10] Informationen aus dem Internet unter: www.conti-online.com
- [11] HANNAWALD, L.: „Computerized case by case analysis for evaluation of primary safety systems regarding accident prevention”, in: 1st International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research”, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F55, Bergisch Gladbach, April 2005, S. 210-215
- [12] BUSCH, S., BRUNNER, H., ZOBEL, R.: „Prognose des Sicherheitsgewinns unfallvermeidender Systeme”, ATZ 04/2006, S. 304-307
- [13] Informationen aus dem Internet unter: www.kfztech.de
- [14] Informationen aus dem Internet unter: www.euroncap.com
- [15] Informationen aus dem Internet unter: www.autoliv.com
- [16] Informationen aus dem Internet unter: www.dat.de
- [17] Daten der Robert Bosch GmbH
- [18] FARMER, C. M, LUND, A. K.: „Trends Over Time in the Risk of Driver Death: What If Vehicle Designs Had Not Improved?”, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, March 2006
- [19] Oberste Baubehörde im Bayrischen Staatsministerium des Innern: Verkehrs- und Unfallgeschehen auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Bayern, Jahresbericht 2005
- [20] Oberste Baubehörde im Bayrischen Staatsministerium des Innern: Kreisverkehre an Bundes- und Staatsstraßen in Bayern, Stand 01
- [21] BMVBS (Hrsg.): Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, 2000-2005
- [22] FGSV (Hrsg.): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, Ausgabe 2006, Köln, 2006
- [23] EDDIE, R.: „Ice, ABS, and temperature”. In: Accident and Reconstruction: Technology and Animation IV (1994), SAE Special publication SP – 1030, S. 163-168
- [24] LAMBOURN, R. F.: Braking and cornering effects with and without antilock brakes. In: Accident and Reconstruction: Technology and Animation IV (1994), SAE Special publication SP – 1030, S. 155-161
- [25] EVANS, L.: „ABS and relative crash risk under different roadway, weather, and other conditions”, SAE Technical Paper Series 950353, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 1995
- [26] EVANS, L.: „Antilock brake systems and risk of different types of crashes in traffic” (98-S2-O-12). In: Proceedings of the 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 1998, S. 445-461
- [27] FARMER, C., LUND, A., TREMPPEL, R., BRAVER, E.: „Fatal crashes of passenger vehicles before and after adding antilock braking systems”, Accident Analysis Prevention 29, 1997, S. 745-757
- [28] HERTZ, E., HILTON, J., JOHNSON, D.: „An analysis of the crash experience of passenger

cars equipped with antilock braking systems” (DOT HS-808-279), National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 1995

- [29] KAHANE, C.: „Preliminary evaluation of the effectiveness of antilock brake systems for passenger cars” (DOT HS-808-206). National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 1994
- [30] PADMANABAN, J., LAU, E.: „Accident experience of passenger vehicles with four-wheel antilock braking system.” In: Proceedings of the 40th Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine, Association for the Advancement of Automotive Medicine, Des Plaines, IL, 1996, S. 111-125
- [31] FARMER, C. M.: „New evidence concerning fatal crashes of passenger vehicles before and after adding antilock braking systems”, Accident Analysis and Prevention 33, 2001, S. 361-369
- [32] Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle 2006, Statistisches Bundesamt; Wiesbaden 2007, Metzler-Poeschel Verlag, Stuttgart

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

1994

- F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz
Bamberg, Zellmer € 11,00
- F 6: Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport
Wobben, Zahn € 12,50
- F 7: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Chmielarz, Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie
Derkum € 14,00
- F8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50
- F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen
Schmieder, Bley, Spiekermann, von Zettelman € 11,00

1995

- F 10: Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern
Damasky € 12,50
- F 11: Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-Up-Displays
Mutschler € 16,50
- F 12: Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern
Zellmer, Schmid
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern
Zellmer € 12,00
- F 13: Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen
Sander € 11,50

1996

- F 14: Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim Fußgängerunfall – Entwicklung eines Prüfverfahrens
Glaeser € 15,50
- F 15: Verkehrssicherheit von Fahrrädern
Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Fahrrädern
Heinrich, von der Osten-Sacken
Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicherheit von Fahrrädern“
Nicklisch € 22,50
- F 16: Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen
Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50
- F 17: Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen – Problem-analyse und Verfahrenskonzept
Grunow, Heuser, Krüger, Zangemeister € 17,50
- F 18: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS
Präckel € 14,50

- F 19: Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der Hauptuntersuchung
Pullwitt € 11,50
- F 20: Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße und im Prüfstand
Sander € 13,00
- F 21: Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe – Untersuchungen zum Einfluß der Profiltiefe unterschiedlich breiter Reifen auf den Kraftschluß bei Nässe
Fach € 14,00

1997

- F 22: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzeitiger Motorabschaltung
Bugsel, Albus, Sievert € 10,50
- F 23: Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfallforschung in der Pre-Crash-Phase
Berg, Mayer € 19,50

1998

- F 24: Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zweiradkonzeptes
Kalliske, Albus, Faerber € 12,00
- F 25: Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und in Fahrradanhängern
Kalliske, Wobben, Nee € 11,50

1999

- F 26: Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-Regelsysteme
Schweers € 11,50
- F 27: Betriebslasten an Fahrrädern
Vötter, Groß, Esser, Born, Flamm, Rieck € 10,50
- F 28: Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen
Kohlstruck, Wallentowitz € 13,00

2000

- F 29: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen
Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter PKW-Reifen
Glaeser
Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen
Aubel € 13,00
- F 30: Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen
Faber € 12,50
- F 31: Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen – Fahrzeugsicherheit '95 – Analyse aus Erhebungen am Unfallort
Otte € 12,50
- F 32: Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BAST – Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach € 14,00

2001

- F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00
- F 34: Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00
- F 35: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling, Richter, Gaupp € 19,00

F 36: Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern
van de Sand, Wallentowitz, Schrüllkamp € 14,00

F 37: Abgasuntersuchung - Erfolgskontrolle: Ottomotor – G-Kat
Afflerbach, Hassel, Schmidt, Sonnborn, Weber € 11,50

F 38: Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgänger-
schutzes
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

2002

F 39: Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung
von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung
Gail, Lorig, Gelau, Heuzeroth, Sievert € 19,50

F 40: Entwicklung eines Prüfverfahrens für Spritzschutzsysteme
an Kraftfahrzeugen
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

2003

F 41: Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge
Afflerbach, Hassel, Mäurer, Schmidt, Weber € 14,00

F 42: Schwachstellenanalyse zur Optimierung des Notausstieg-
systems bei Reisebussen
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00

F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kin-
derschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall
Nett € 16,50

F 44: Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge
Gail, Pastor, Spiering, Sander, Lorig € 12,00

2004

F 45: Untersuchungen zur Abgasemission von Motorrädern im
Rahmen der WMTC-Aktivitäten
Steven € 12,50

F 46: Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur
Steigerung der Fahrsicherheit
Funke, Winner € 12,00

F 47: Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformation-
ssystemen
Jahn, Oehme, Rösler, Krems € 13,50

F 48: Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und
bei der Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO
Pullwitt, Redmann € 13,50

F 49: Prüfverfahren für die passive Sicherheit motorisierter Zwei-
räder
Berg, Rücker, Bürkle, Mattern, Kallieris € 18,00

F 50: Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme
Gehre, Kramer, Schindler € 14,50

F 51: Brandverhalten der Innenausstattung von Reisebussen
Egelhaaf, Berg, Staubach, Lange € 16,50

F 52: Intelligente Rückhaltesysteme
Schindler, Kühn, Siegler € 16,00

F 53: Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag
Klanner, Ambos, Paulus, Hummel, Langwieder, Köster € 15,00

F 54: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuz-
ungen durch rechts abbiegende Lkw
Niewöhner, Berg € 16,50

2005

F 55: 1st International Conference on ESAR „Expert Symposium
on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on
3rd/4th September 2004 at Hannover Medical School € 29,00

2006

F 56: Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten durch die
Verwendung asphärischer Außenspiegel
Bach, Rüter, Carstengerdes, Wender, Otte € 17,00

F 57: Untersuchung von Reifen mit Notlaufeigenschaften
Gail, Pullwitt, Sander, Lorig, Bartels € 15,00

F 58: Bestimmung von Nutzfahrzeugemissionsfaktoren
Steven, Kleinebrahm € 15,50

F 59: Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am Unfallort
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 15,50

F 60: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme
aus Sicht der Verkehrssicherheit
Vollrath, Briest, Schießl, Drewes, Becker € 16,50

2007

F 61: 2nd International Conference on ESAR „Expert Symposium
on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on
1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School € 30,00

F 62: Einfluss des Versicherungs-Einstufungstests auf die Be-
lange der passiven Sicherheit
Rüter, Zoppke, Bach, Carstengerdes € 16,50

F 63: Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen
Marberger € 14,50

F 64: Anforderungen an Helme für Motorradfahrer zur Motor-
radsicherheit

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig
unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Schüler, Adolph, Steinmann, Ionescu € 22,00

F 65: Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Fahrzeugbe-
leuchtung im Hinblick auf ein NCAP für aktive Fahrzeugsicherheit
Manz, Kooß, Klinger, Schellinger € 17,50

2008

F 66: Optimierung der Beleuchtung von Personenwagen und
Nutzfahrzeugen
Jebas, Schellinger, Klinger, Manz, Kooß € 15,50

F 67: Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw
Weber € 20,00

F 68: Cost-benefit analysis for ABS of motorcycles
Baum, Westerkamp, Geißler € 20,00

F 69: Fahrzeuggestützte Notrufsysteme (eCall) für die Verkehrs-
sicherheit in Deutschland
Auerbach, Issing, Karrer, Steffens € 18,00

F 70: Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die
Entwicklung von Landstraßenunfällen
Gail, Pöppel-Decker, Lorig, Eggers, Lerner, Ellmers € 13,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

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

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.