

Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 54

bast

Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw

von

Walter Niewöhner
F. Alexander Berg

DEKRA AUTOMOBIL GmbH, Unfallforschung/Crashzentrum
Stuttgart

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 54

bast

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

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

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

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

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

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.171/2000:
Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw

Projektbetreuung

Frank Nicklisch

Herausgeber

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

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

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

ISSN 0943-9307

ISBN 3-86509-217-9

Bergisch Gladbach, Dezember 2004

Kurzfassung – Abstract

Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw

Zu den gefährlichsten Situationen im Straßenverkehr gehört der Konflikt zwischen einem Lkw und einem ungeschützten Verkehrsteilnehmer UVT (Radfahrer und Fußgänger). In Deutschland ereignen sich jährlich schätzungsweise 135 Unfälle mit Personenschaden, an denen nach rechts abbiegende Lkw (> 3,5 t) und UVT beteiligt sind. Die UVT geraten dabei oft unter den Lkw und werden dann von einer der Achsen überrollt. Aus der Unfallanalyse ergab sich, dass der Erstkontakt häufig (57 %) im Bereich der rechten vorderen Lkw-Ecke erfolgt. Die Hälfte der UVT gerieten noch vor oder im unmittelbaren Bereich des rechten Vorderrads unter den Lkw. Baustellen- und Kommunalfahrzeuge waren mit 46 % häufig an den Unfällen beteiligt.

Das direkte und das indirekte Sichtfeld sind zentrale Einflussgrößen für die Situation des rechts abbiegenden Lkw. Besonders die unzureichende Sicht nach vorn und nach rechts bereitet den Lkw-Fahrern erhebliche Probleme. An der Verbesserung der Information über die Verkehrssituation für den Lkw-Fahrer wird vielfach gearbeitet. Einzelne Lösungsansätze basieren auf dem Einsatz zusätzlicher Spiegel. Andere Lösungen modifizieren die bislang übliche Spiegelzahl in Form und Anbringung.

Das Versuchsprogramm umfasste neben der Nachbildung der besonders häufigen und kritischen Situationen der rechts abbiegenden Lkw mit UVT-Dummies auch statische Untersuchungen des Sichtfeldes. Neben einem Lkw mit Standardspiegeln kam dabei ein Forschungsträger mit einem durch die Frontscheibe einsehbaren Spiegelsystem zum Einsatz. Das Projekt setzte sich auch mit der Wirkung des Seitenschutzes auseinander. Die bislang als Bauvorschrift wirkende Richtlinie 89/297/EWG sollte zukünftig zu einer Wirkvorschrift unter Einbeziehung des Pkw-Anpralls geändert werden.

Das im Rahmen des Projektes erstellte Sicherheitskonzept beinhaltet Maßnahmen zur Reduzierung des Gefahrenpotenzials für UVT durch rechts abbiegende Lkw. Dazu gehören unter anderem abgesenkte Unterkanten der Front- und Seitenscheiben und zusätzliche Kamera-Monitor-Systeme. Das neuartige Spiegelsystem des MIM-Fahrzeugs von DC verbessert die indirekte Sicht für den Lkw-Fahrer deutlich und reduziert damit die Unfallgefahr. Die

in der Entwicklung befindlichen Abbiegeassistenten zeigen die zukünftige Richtung für elektronische Fahrerunterstützung (MAN Demonstrator) auf. Ein beim Rechtsabbiegen aktivierter akustischer Signalgeber am Lkw wäre zur Information der UVT hilfreich. Eine weitere Option besteht in der Nutzung der seitlichen Markierungsleuchten des Lkws als zusätzliche Fahrtrichtungsanzeiger beim Abbiegen.

Fahrbahn-Knotenpunkte können noch sicherer gestaltet werden. An ampelgeregelten Knotenpunkten würde eine vollständige Phasentrennung des Grünlichts oder ein Phasenverzug (früheres Grünlicht für UVT) Unfälle zwischen Lkw und UVT vermeiden. Weiterhin wirken sich eine versetzte Anordnung der Haltelinien und ein Verschwenken der Radfahrwege und Gehwege weg vom Knotenmittelpunkt positiv aus. Der Gesetzgeber sollte § 5 (8) StVO ändern, der des Radfahrern und Mofafahrern erlaubt, stehende Kraftfahrzeuge rechts zu überholen. 10 % der untersuchten Abbiegeunfälle sind in dieser Situation passiert. Aufklärungsarbeit bezüglich der Sichtprobleme am Lkw sowie über das Bewegungsverhalten beim Rechtsabbiegen ist dringend erforderlich.

Es ist auch zu überlegen, ob Aktivitäten von Herstellern bzw. Unternehmern anerkannt werden, die mehr tun als die gesetzlichen Vorschriften verlangen, zu einer Lockerung vorhandener Restriktionen führen können. Es gibt in innerstädtischen Bereichen für einige Fußgängerzonen vorgesehene Zeitfenster zur Anlieferung von Gütern. Solche Zeitfenster könnten für mit anerkannten zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen ausgerüstete Lkw ausgedehnt werden. Schwere Lkw aus bestimmten innerörtlichen Bereichen möglichst herauszuhalten, um UVT zu schützen, ist nicht praktikabel. Selbst wenn es gelänge, für die Belieferung mit Post und Waren akzeptable Alternativen zu bieten, bliebe nach wie vor der Baustellenverkehr und die kommunale Entsorgung. An 46 % der untersuchten Unfälle waren derartige Lkw beteiligt.

Der Originalbericht enthält verschiedene Anhänge (u. a. Vorschriften zu Spiegeln und den für die Untersuchung verwendeten Erhebungsbogen). Auf die Wiedergabe dieser Anhänge wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und sind dort einsehbar. Verweise auf die Anhänge wurden beibehalten.

Risk to pedestrians and bicyclists at crossings due to lorries turning right

One of the most dangerous situations in road traffic is an accident involving a lorry and an unprotected road user (ungeschützter Verkehrsteilnehmer – UVT) (bicyclists and pedestrians). In Germany there are an estimated 135 personal-injury accidents per year involving lorries (> 3.5 t) turning right and UVTs. The UVTs often fall under the lorry and are then run over by one of the axles. An accident analysis showed that the initial contact is often (57 %) in the front right area of the lorry. Half of the UVTs fell under the lorry in front of or in the direct vicinity of the front right wheel. Work-site and municipal vehicles were also frequently involved in the accidents (46 %).

The direct and indirect field of visibility are important factors of influence in situations where lorries turn right. The inadequate visibility to the front and right is particularly problematic for lorry drivers. There is a lot of work being carried out with regard to improving the lorry driver's information about the traffic situation. Some approaches to solving the problem are based on the use of additional mirrors. Other solutions use the conventional number of mirrors but modify their shape and position.

As well as using UVT dummies to reconstruct particularly frequent and critical situations involving lorries turning right, the test programme also covered static investigations into the field of visibility. The tests used a lorry with standard mirrors and also a research vehicle with a mirror system which could be viewed through the front windscreen. The project also investigated the effect of lateral protection. Directive 89/297/EEC, which had hitherto acted as a building regulation, should in future be amended to a regulation which stipulates the fulfilment of certain criteria but without prescribing the methods to be used, and the car crash should be included in this regulation.

The safety concept drawn up during the project contains measures to reduce risk potential for UVTs resulting from lorries turning right. These include lowering the bottom edges of the front and side windscreens and adding additional camera-monitor systems. The novel mirror system of the MIM vehicle from DC improves indirect visibility for lorry drivers significantly and consequently reduces accident risk. The turning assistants which are being developed indicate the future direction of electronic driver support (MAN Demonstrator). An acoustic signal on lorries, activated when the lorry turns right,

would be helpful for informing UVTs. A further option consists in using the lorry's side lights as an additional means of indicating the direction of travel when turning.

Roadway junctions could also be made safer. At junctions controlled by traffic lights, a complete separation of the green-light phase, or a delay in the green-light phase (earlier green light for UVTs), would prevent accidents between lorries and UVTs. Staggered stopping lines and the redirection of bicycle paths and pedestrian paths away from the middle of the junction would also have a positive effect. The legislator should amend § 5 (8) Road Traffic Act (Straßenverkehrsordnung – StVO) which permits bicyclists and moped riders to overtake stationary vehicles on the right. Ten percent of the investigated accidents involving turning manoeuvres happened in this situation. There is urgent need for instruction about visibility problems for lorries and on how lorries move when turning right.

Consideration should also be given to the question if activities by manufacturers and entrepreneurs which do more than required by the statutory regulations could result in existing restrictions being relaxed. In some pedestrian precincts in inner-city areas, there are time windows for delivering goods. Such time windows could be extended for lorries equipped with approved additional safety devices. It is not practicable to try and keep heavy lorries out of certain inner-city areas as much as possible for the purpose of protecting UVTs. Even if there were acceptable alternatives for delivering post and goods, there would still be work-site and municipal waste-disposal transport. Lorries from these two sectors were involved in 46 % of the accidents investigated.

Appendices to the original report contain among others abstracts of regulations on mirrors and the survey questionnaire used in the investigation. These appendices have been omitted from this publication. They can be consulted at the Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen). References to the appendices have been retained.

Inhalt

1	Ausgangslage und vorhandene Erkenntnisse	7	5	Einflussfaktoren beim Rechtsabbiegen und Lösungsansätze	32
2	Einleitung	8	5.1	Fahrer	32
			5.2	Fahrzeug	32
3	Literaturstudie	9	5.3	Ortsfeste Spiegel	35
3.1	Vorschriften/Ausrüstungspflicht	9	5.4	Andere Verkehrsteilnehmer	35
3.1.1	Sichtfeld des Fahrers	9	5.5	Umwelt	35
3.1.2	Seitliche Schutzeinrichtung (Seitenschutz)	12	5.6	Auffälligkeiten beim Rechtsabbiegen	36
3.2	Überblick zu Forschungsergebnissen im Themenbereich	14	6	Versuche	37
3.2.1	Sicht	14	6.1	Ziele und Aufgabe der Versuche	37
3.2.2	Seitenschutz	15	6.2	Statische Messungen	38
3.3	Neue Entwicklungen im Bereich Sichtverbesserung	16	6.2.1	Direktes Sichtfeld	38
3.4	Assistenzsysteme	17	6.2.2	Indirektes Sichtfeld über Hauptaußenspiegel	41
3.5	Vergleich neuer Entwicklungen im Bereich Sichtverbesserungen und Assistenzsysteme	20	6.2.3	Indirektes Sichtfeld über Weitwinkelspiegel	42
4	Unfallgeschehen rechts abbiegender Lkw mit Beteiligung von Fußgängern und Radfahrern	21	6.2.4	Indirektes Sichtfeld über Anfahr-/Rampenspiegel	43
4.1	Unfallgeschehen von Lkw mit Radfahrern und Fußgängern	21	6.2.5	Indirektes Sichtfeld über Fresnellinse	43
4.1.1	Amtliche Verkehrsunfallstatistik	21	6.2.6	Bemerkungen zu den Spiegeln und den Sichtfeldern	45
4.1.2	Analysen von Unfällen mit Lkw-Beteiligung	22	6.3	Dynamische Versuche	46
4.2	Unfallauswertung	24	6.3.1	Versuchskonstellationen	46
4.2.1	Allgemeine Unfalldaten	25	6.3.2	Ergebnisse der Versuchsserie mit Anstoß	47
4.2.2	Unfallbeteiligte Lkw	26	6.3.3	Ergebnisse der zweiten Versuchsserie	49
4.2.3	Beteiligte Radfahrer und Fußgänger	27	6.4	Zusammenfassung und Bewertung der Versuchsergebnisse	52
4.3	Unfallsituationen	27	6.5	Ergänzende Betrachtungen	52
4.4	Typische Unfallszenarien beim Rechtsabbiegen	30	7	Anforderungen an technische Systeme zur Unterstützung der Fahrer	53
4.4.1	Unfallszenarium 1 – Abbiegen mit Anhalten	30	7.1	Passive optische Systeme	54
4.4.2	Unfallszenarium 2 – Abbiegen ohne Anhalten	31	7.1.1	Spiegelsysteme	54
4.4.3	Vergleich der Szenarien	32	7.1.2	Kamerasysteme	56
			7.2	Aktive Assistenzsysteme	57

8	Ableitung von Anforderungen an Seitenschutz und Prüfverfahren	57
8.1	Anforderungen an den Seitenschutz	58
8.2	Prüfverfahren und Messpuppen	58
9	Evaluierung und Beurteilung administrativer Maßnahmen	60
9.1	Routenplanung	60
9.2	Bauliche Maßnahmen	60
9.3	Aufklärungsaktivitäten	61
9.4	Fördermaßnahmen	61
9.5	Gesetzliche Maßnahmen	62
10	Sicherheitskonzept	62
10.1	Maßnahmenkatalog	63
10.2	Komponenten des Sicherheitskonzepts	63
10.2.1	Lkw-Fahrer	63
10.2.2	Ungeschützter Verkehrsteilnehmer	64
10.2.3	Fahrzeug	65
10.2.4	Umwelt	69
10.2.5	Gesetzgebung	70
10.2.6	Medien	70
10.2.7	Administrative Maßnahmen	70
10.3	Forderungskatalog	70
11	Zusammenfassung	72
12	Ausblick	78
13	Literatur	79

Abkürzungen

ASA	Abbiege- und Spurwechsellasistenz
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
ECE	Economic Commission for Europe
JASIC	Japan Automobile Standards Internationalisation Centre
GkFz	Güterkraftfahrzeug
MIM	Multimediales Informationsmanagement
MoTiV	Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr
Nkw	Nutzkraftwagen
StBA	Statistisches Bundesamt
StVO	Straßenverkehrsordnung
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
UPS	Unfall mit Personenschaden
UVT	Ungeschützter Verkehrsteilnehmer
zGM	zulässige Gesamtmasse

1 Ausgangslage und vorhandene Erkenntnisse

Das Unfallgeschehen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Radfahrern und Fußgängern) kann bei den westlichen Industrienationen einen erheblichen Anteil zwischen 14 % (in Frankreich) und 46 % (in Polen) der insgesamt im Straßenverkehr der tödlich verletzten Verkehrsteilnehmer haben [44]. In Deutschland liegt der Anteil bei 21 %. Die geringeren Anteile sind bei Nationen mit einem im Straßenverkehr niedrigeren Fußgängeraufkommen zu finden. Japan weist beispielsweise einen Anteil von mehr als 40 % der getöteten Verkehrsteilnehmer für Fußgänger und Radfahrer aus, während in den USA dieser Anteil lediglich um die 15 % beträgt. Landesspezifische Schwerpunkte für bestimmte Arten der Verkehrsteilnahme beeinflussen die entsprechenden Anteile der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer am Unfallgeschehen.

Als besonders schwer wiegend ist der Unfallablauf erkannt worden, bei dem Fußgänger oder Fahrradfahrer an Kreuzungen mit rechts abbiegenden Lastkraftwagen (Lkw) zusammenstoßen. Hierbei kommt es häufig vor, dass der ungeschützte Verkehrsteilnehmer von den Hinterrädern des Lkw überfahren wird. Statistischen Auswertungen zufolge wird bei 70 % der Unfälle dieser Kategorie der ungeschützte Verkehrsteilnehmer getötet. Diese Aussage wird im Rahmen der Projektbearbeitung anhand verfügbarer Statistiken verifiziert bzw. aktualisiert.

Die Gefährlichkeit dieser Unfälle hat dazu geführt, dass nach § 32c StVZO Lkw, Zugmaschinen und deren Anhänger mit über 25 km/h bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit und über 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht bei Erstzulassung ab dem 1. Januar 1991 an beiden Seiten mit einer Schutzvorrichtung nach EU-Richtlinie 89/297 (ECE-R 73) [72] ausgerüstet sein müssen. Bis zum 1. Januar 1995 mussten alle entsprechenden Fahrzeuge mit Erstzulassung ab 1. Januar 1975 mit einer derartigen seitlichen Schutzeinrichtung nachgerüstet sein. Da nach wie vor schwere Unfälle mit Überrollen ungeschützter Verkehrsteilnehmer durch die Hinterräder abbiegender Lkw stattfinden, sind die Zweckmäßigkeit und das mögliche Weiterentwicklungspotenzial der seitlichen Schutzeinrichtungen und gegebenenfalls ergänzende Maßnahmen von besonderem Interesse.

Die gültigen Anforderungen an seitliche Unterfahrschutzeinrichtungen gehen unter anderem auf ein

Expertengespräch bei der Bundesanstalt für Straßenwesen aus dem Jahr 1985 zurück [12]. In den 80er Jahren war der Seitenschutz von Lkw bereits ein wichtiges Forschungsthema [28, 33, 34]. Im Rahmen des Projektes war zu überprüfen, ob und wie sich die praktische Umsetzung der damaligen Überlegungen und Erkenntnisse im realen Unfallgeschehen nach 1991 bzw. 1995 ausgewirkt hat.

Die fortschreitende Technik, insbesondere im Bereich der Elektronik, hat zwischenzeitlich neue Möglichkeiten zur Vermeidung solcher Unfälle bzw. zur Minderung der Folgen eröffnet. Spiegelsysteme und Videosysteme gehören dabei bereits zu den konventionellen Systemen. Sie erfordern die Zuwendung des Blickes und der Aufmerksamkeit des Fahrers zu den jeweiligen Spiegeln bzw. Monitoren. Sehr aktuell sind darüber hinaus Systeme, die mit Sensoren arbeiten, die z. B. auf der Basis von Infrarotlicht, Ultraschall oder Radar die Räume seitlich und hinter dem Fahrzeug überwachen und bei drohenden Kollisionsgefahren selbsttätig die Abgabe von akustischen und/oder optischen Warnsignalen aktivieren können. Laufende Forschungen und Entwicklungen befassen sich darüber hinaus mit weit reichenden technischen Assistenzsystemen, die bei erkannten Kollisionsgefahren den Fahrer nicht nur warnen, sondern auch unterstützen bzw. aktiv in die Führung des Fahrzeugs eingreifen [40, 41].

Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sicher derartige neue elektronische Systeme beim aktuellen Entwicklungsstand in den relevanten Situationen mit rechts abbiegendem Lkw die in Bewegung befindlichen und gegebenenfalls auch die am Straßenrand stehenden, gefährdeten ungeschützten Verkehrsteilnehmer erkennen können. Derartige Systeme könnten den konventionellen Seitenschutz in Zukunft sehr wirksam ergänzen.

Als weitere Möglichkeit zur Vermeidung von Unfällen, bei denen Fußgänger oder Fahrradfahrer an Kreuzungen mit rechts abbiegenden Lkw zusammenstoßen und im schlimmsten Fall überrollt werden, wird der Einsatz von obligatorischen Beifahrern im innerörtlichen Lkw-Verkehr diskutiert. Außerdem können die Planung und Einhaltung von besonderen Transportrouten für den innerörtlichen Lkw-Verkehr vorgeschrieben werden, auf denen das Risiko der Kollision mit Fahrradfahrern und Fußgängern beim Abbiegen nicht oder nur in sehr untergeordnetem Maße gegeben ist. Hierzu ist in-

interessant, ob und wie sich derartige Vorschläge in der Praxis umsetzen lassen. Dabei muss auch der Wegezweck des innerörtlichen Lkw-Verkehrs Beachtung finden. Neben dem reinen Lieferverkehr gibt es auch den Baustellenverkehr und den für die kommunale Entsorgung notwendigen Verkehr.

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des Projektes der Entwurf eines umfassenden Sicherheitskonzeptes unter Nutzung der bereits heute oder in naher Zukunft verfügbaren Hilfsmittel erarbeitet. Damit sollen Unfälle der geschilderten Art so weit wie möglich vermieden bzw. in ihren Folgen gemildert werden. Auf dieser Grundlage werden auch Vorschläge zur Änderung der geltenden gesetzlichen Regelungen auszuarbeiten sein. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die kritische Auseinandersetzung mit geltenden Vorfahrtsregeln, wie das Unfallgeschehen zeigt. Im Vertrauen auf diese Verkehrsregeln kann sich ein ungeschützter Verkehrsteilnehmer in große Gefahr begeben.

Der hohe Anteil von Erstkontakten am Fahrerhaus vorn rechts mit den entsprechenden Überrollvorgängen durch die Vorderachse führte während der Projektbearbeitung in Absprache mit der BASt zu einer Verlagerung des primären Projektschwerpunktes von passiver Sicherheit (Seitenschutz) zu aktiver Sicherheit (Sichtprobleme und Unfallvermeidung).

2 Einleitung

Der immer weiter zunehmende Güterkraftverkehr führt auch innerhalb geschlossener Ortschaften zu einer ansteigenden Zahl von Konflikten zwischen den Güterkraftfahrzeugen (GkFz), auch als Lastkraftwagen (Lkw) bezeichnet, und anderen Verkehrsteilnehmern. Dabei sind die ungeschützten Verkehrsteilnehmer (Fußgänger und Radfahrer) in besonderem Maße gefährdet. Von 1991 bis 2001 hat die Gesamtfahrleistung der Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen von 51,7 auf 75,9 Mrd. km zugenommen, was einer Zunahme von 42,6 % entspricht, Tabelle 1.

Eine besonders kritische Situation liegt beim Konflikt zwischen rechts abbiegenden Lkw und einem Fußgänger oder Radfahrer vor. Einerseits besteht für den Lkw-Fahrer die Problematik, den Verkehrsraum rechts neben seinem Fahrzeug nicht immer hinreichend gut einsehen zu können. Andererseits sind die Folgen für den ungeschützten Verkehrsteilnehmer besonders schwer wiegend, wenn er

Jahr	Gesamtfahrleistung von Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen [in Mrd. km]
1991	51,7
1995	62,9
1999	73,4
2001	75,9

Tab. 1: Gesamtfahrleistungen von Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen in Deutschland [43]

während des Unfallablaufes unter das Fahrzeug oder den Fahrzeugverbund gerät und dann überrollt wird. Die genannte Problematik ist unbewusst durch den Gesetzgeber durch die 1988 eingeführte Änderung der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO, § 5 Abs. 8 [58]) verstärkt worden. Ab dem Zeitpunkt dürfen Radfahrer unter bestimmten Bedingungen rechts am stehenden Lkw vorbeifahren.

Der Lkw-Fahrer hat beim Abbiegen unterschiedliche Probleme mit Radfahrern und Fußgängern zu bewältigen. Die Fußgänger sind langsamer in ihrer Bewegungsgeschwindigkeit und in ihrem Verhalten schwerer berechenbar. Ein Fußgänger kann sofort anhalten oder sich umdrehen. Bei Radfahrern ist eine Kontinuität der Bewegungsbahn gegeben, dafür weisen sie gerade aufgrund der im Vergleich zu den Fußgängern größeren Geschwindigkeit ein spezielles Problempotenzial auf. Sie können beim Einleiten des Abbiegevorgangs für den Lkw-Fahrer nicht oder noch nicht sichtbar sein. Aufgrund der größeren Geschwindigkeit haben die sich bewegenden Radfahrer beim Einleiten des Abbiegevorgangs auch eine größere Entfernung zu dem Punkt, an dem sich ihre Bewegungsbahn mit der des Lkw kreuzt.

Das Rechtsabbiegen, Bild 1, ist gerade im Nfz-Bereich eine Problematik, die bereits seit mehreren Jahrzehnten untersucht wird. Erste Arbeiten setzten sich mit Unfallkonstellationen auseinander, bei denen der ungeschützte Verkehrsteilnehmer seitlich unter den Lkw geriet und dann von den Hinterrädern überrollt wurde [21]. Diese Arbeiten trugen letztendlich auch mit zur Entstehung der Vorschriften zum Seitenschutz bei.

Beim Rechtsabbiegen gilt es, wie bei jeder anderen kritischen Situation im Straßenverkehr, grundsätzlich den Unfall zu vermeiden (aktive Sicherheit). Wichtigstes Mittel im Bereich aktive Sicherheit beim Rechtsabbiegen ist zurzeit immer noch das System der vorhandenen Spiegel. Ergänzt werden können die Spiegel zukünftig durch die gerade in der Entwicklung befindlichen Fahrerassistenzsysteme.

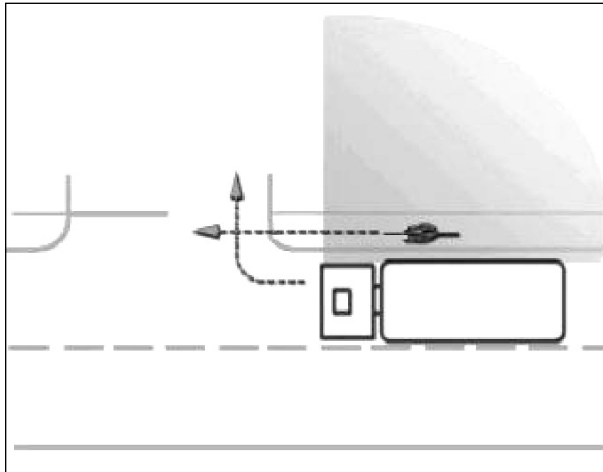


Bild 1: Beispiel einer Konfliktsituation beim rechts abbiegenden Lkw [1]

Falls die Maßnahmen zur Unfallvermeidung nicht greifen können, müssen die Unfallfolgen so gering wie möglich gehalten werden (passive Sicherheit). Zu den Maßnahmen im Bereich passive Sicherheit gehört der bereits erwähnte Seitenschutz.

3 Literaturstudie

Basis der wissenschaftlichen Untersuchungen für das Projekt war eine Literaturstudie. Die so gewonnenen Erkenntnisse dokumentieren den aktuellen Sachstand und bildeten die Grundlage für die weiteren durchgeführten Aktivitäten.

Für diese Untersuchung waren die Regelungen und Vorschriften von besonderer Bedeutung, die im Wesentlichen die Themengebiete Sichtfeld, Spiegel und Seitenschutz umfassen. Die Regelungen basieren teilweise auf den in der Vergangenheit durchgeführten Untersuchungen im Bereich des Unfallgeschehens mit Lkw. Die heute publizierten Arbeiten im Themenbereich zeigen den aktuellen Forschungsstand, der mit in die aktuellen Entwicklungen zur Verbesserung der Sichtverhältnisse und der Assistenzsysteme einfließt.

3.1 Vorschriften/Ausrüstungspflicht

Zur Verringerung des Gefährdungspotenzials von Fußgängern und Radfahrern durch abbiegende Lkw sind von Seiten des Gesetzgebers diverse Gesetze und Vorschriften erlassen worden. Neben den allgemeinen Vorgaben des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) und der StVO bestehen Regelungen zur Gestaltung von Fußgängerüberwegen. Vorgaben an die Ausrüstung von Fahrzeugen enthalten

aktive Sicherheit	
71/127/EWG	„Rückspiegel von Kraftfahrzeugen“ (alt)
77/649/EWG	„Fahrersichtfeld in Kfz“
2003/97/EG	„Rückspiegel von Kraftfahrzeugen“ (neu)
ECE-R 46	„Rückspiegel von Kfz hinsichtlich ihrer Anbringung“
passive Sicherheit	
89/297/EWG	„Seitenschutz“
ECE-R 73	„Lkw, Anhänger und Sattelanhänger Seitenschutz“

Tab. 2: Vorhandene ECE-Regelungen und durch Genehmigungsbehörden akkreditierte EG-Richtlinien zum Sichtfeld und zur Ausrüstung von Fahrzeugen mit Seitenschutz

die Europäischen Richtlinien und Regelungen, die in Tabelle 2 aufgeführt sind.

Sinn und Zweck dieser Regelungen sind in erster Linie nicht die Verringerung der beim Rechtsabbiegen entstehenden Problematik, vielmehr sind sie auf den Längsverkehr ausgelegt. In den nachfolgenden Abschnitten wird dargestellt, welche Bereiche abgedeckt sind und an welchen Stellen weiterer Handlungsbedarf besteht.

3.1.1 Sichtfeld des Fahrers

Die große von rechts abbiegenden Lkw ausgehende Gefahr für Fußgänger und Radfahrer resultiert vor allem aus dem eingeschränkten Sichtbereich des Lkw-Fahrers. Bedingt durch die hohe Sitzposition, die Breite des Fahrzeugs und die aufbaubedingt eingeschränkte Sicht nach hinten kann rechts des Fahrzeugs nur ein relativ kleiner Bereich eingesehen werden. Gesetzlich vorgeschriebene Spiegelsysteme vergrößern diesen zwar, der so genannte „tote Winkel“, wie der nicht einsehbare Sichtschatten auch genannt wird, bleibt dennoch relativ groß. Hieraus wird deutlich, dass sich das Sichtfeld des Kraftfahrzeugführers aus der direkten und indirekten Sicht zusammensetzt. Der direkte Sichtbereich beinhaltet alle Bereiche, die der Fahrer ohne den Einsatz von Hilfsmitteln wie Spiegel oder Kameras einsehen kann. Der indirekte Sichtbereich beinhaltet diejenigen Bereiche, die vom Fahrer nur mittels Hilfsmitteln eingesehen werden können. Hierzu zählen neben den oben genannten auch ortsfeste, wie beispielsweise Verkehrsüberwachungsspiegel an unübersichtlichen Kreuzungen, Einfahrten und Kurven. Das Sichtfeld ist von folgenden Parametern abhängig:

- anthropometrische Merkmale des Fahrers (resultierende Lage des Augenpunkts),

- Fahrzeuggröße und -form,
- Fensterfläche des Fahrzeugs,
- Anordnung der Fahrzeugfenster,
- Zahl der Fahrzeugspiegel,
- Anbringungsorte der Fahrzeugspiegel,
- Spiegelfläche und Spiegelart,
- Fahrzeugstellung (z. B. abgeknickter Sattelaufleger),
- Lokale Umgebungseinflüsse (Topografie),
- Helligkeits- und Witterungseinflüsse.

Entsprechend § 56 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) [58] müssen „Kraftfahrzeuge ... Spiegel haben, die so beschaffen und angebracht sind, dass der Fahrzeugführer nach rückwärts und seitwärts – auch beim Mitführen von Anhängern – alle für ihn wesentlichen Verkehrsvorgänge beobachten kann“. Dafür werden neben dem linken Außenspiegel für Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse (zGM) von mehr als 7,5 t rechtsseitig ein großwinkliger Rückspiegel sowie ein Anfahrspiegel vorgeschrieben. Besteht aus dem Innenraum eine Sichtmöglichkeit nach hinten, so ist ein Innenspiegel erforderlich. § 66 StVZO schreibt für Lkw einen Spiegel zur Beobachtung der rückwärtigen Fahrbahn vor, so es die Fahrzeuggestaltung erlaubt. Die Anforderungen an die Sichtfelder, die Spiegel und deren Anbringung sind in der Richtlinie 71/127/EWG [5] genannt.

Während die Richtlinie 71/127/EWG Grundlage zur Angleichung der nationalen Rechtsvorschriften im Bereich der Europäischen Union ist, wird in der Re-

Gruppe I ¹	Innenspiegel mit definiertem Sichtfeld. Da diese Spiegelgruppe bei Lkw nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt, wird sie hier nicht weiter betrachtet.
Gruppe II	Hauptaußenspiegel für Fahrzeuge der Klassen M ₂ , M ₃ , N ₂ und N ₃ (siehe auch Tabelle 4), die das in Kapitel 14.1.1 (s. Anhang) beschriebene Sichtfeld vermitteln.
Gruppe III ¹	Hauptaußenspiegel für Fahrzeuge der Klassen M ₁ und N ₁ (siehe auch Tabelle 4) mit einer maximalen Masse von 2 t. Diese Spiegel werden hier nicht weiter betrachtet.
Gruppe IV	So genannte Weitwinkelspiegel, die das in Kapitel 14.1.2 (s. Anhang) beschriebene Sichtfeld vermitteln.
Gruppe V	So genannte Nahbereichs- oder Anfahrspiegel, die das in Kapitel 14.1.3 (s. Anhang) beschriebene Sichtfeld vermitteln.

Tab. 3: Einteilungen von Spiegeln nach 71/127/EWG (April 1996)

gelung ECE-R 46 [3] der Rahmen für die typrechtliche Genehmigung der Spiegel und deren Anbringungsorte geschaffen. Inhaltlich sind beide Werke nahezu identisch. Einige Begriffe sind mit unterschiedlichem Wortlaut definiert, vom Sinn her ergeben sich aber keine Unterschiede.

Eine Grobunterteilung der Spiegel erfolgt nach 71/127/EWG [5] in die Hauptgruppen Innen- und Außenspiegel, die Außenspiegel werden weiteren Untergruppen zugeordnet, Tabelle 3.

Das in den Bildern 2, 3 und 4 dargestellte Sichtfeld darf bis zu einem gewissen Grad durch Fahrzeugkomponenten wie Türgriffe, Aufbauteile und Ähnliches eingeschränkt werden, insgesamt aber nicht zu mehr als 10 %. Befindet sich die Unterkante

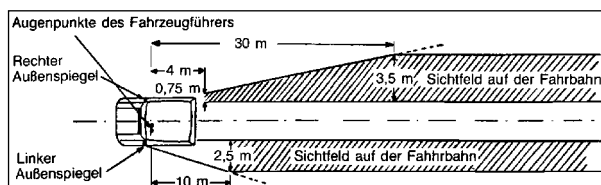


Bild 2: Auf der Fahrbahn vorgeschriebenes Sichtfeld des Haupt-Außenspiegels (Gruppe II) nach ECE-R 46 für Fahrzeuge der Klassen N₂ und N₃ [3]

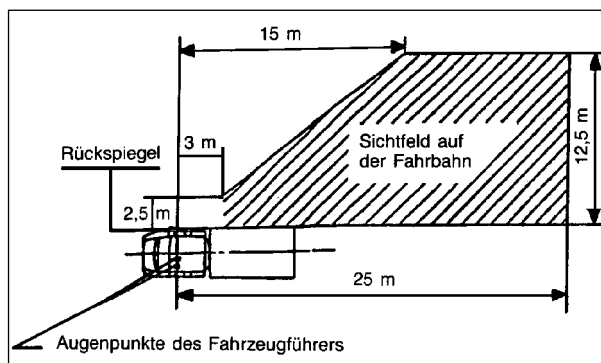


Bild 3: Auf der Fahrbahn vorgeschriebenes Sichtfeld des großwinkligen Außenspiegels (Gruppe IV) nach ECE-R 46 [3]

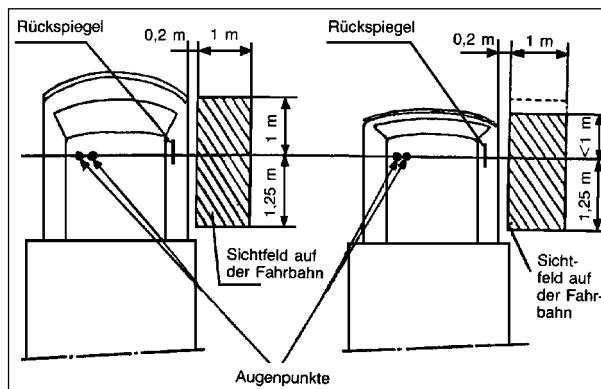


Bild 4: Auf der Fahrbahn vorgeschriebenes Sichtfeld des Nahbereichs- oder Anfahrspiegels (Gruppe V) für unterschiedliche Fahrzeugfronten nach ECE-R 46 [3]

eines Spiegels bei beladenem Fahrzeug in einer Höhe von weniger als 2 m über der Fahrbahnoberfläche, so darf dieser Spiegel nicht mehr als 0,2 m über die maximale Fahrzeugbreite hinausragen.

Gerade die Problematik des Rechtsabbiegens ist besonders vom direkten Sichtfeld des Fahrers und von dem durch die Rückspiegel an Kfz (71/127/EWG und ECE-R 46) erzeugten indirekten Sichtfeld geprägt, [3, 5]. Die EG-Richtlinie zum Sichtfeld der Fahrer von Kfz (77/649/EWG) [6] ist ausgelegt für Fahrzeuge der Klasse M₁ also Pkw bis 3,5 t (Tabelle 4). Die direkte Sicht beinhaltet alles, was der Fahrer direkt, also ohne weitere Hilfen, sehen kann. Die indirekte Sicht beinhaltet alles, was der Fahrer erst durch unterstützende Systeme sehen kann. Dies schließt neben den Spiegeln unter anderem auch Kamera-/Monitorsysteme ein.

In der ECE-R 46 [3] (wie 71/127/EWG [5]), Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Rückspiegeln und der Kraftfahrzeuge hinsichtlich der Anbringung von Rückspiegeln, wird grundsätzlich zwischen Innen- und Außenspiegeln in fünf verschiedenen Gruppen unterschieden. Der Innen Spiegel (Gruppe I) ist für Nutzfahrzeuge mit Aufbauten zum Gütertransport nur in Ausnahmefällen vorhanden. Hauptaußenspiegel der Gruppe III¹ sind grundsätzlich für Fahrzeuge der Klassen M₁ und N₁ vorgesehen. Daher wird im Folgenden nur auf die Außenspiegel der Gruppen II, IV und V (Bilder 2 bis 4) eingegangen.

¹ Die Spiegel der Gruppe I und der Gruppe III werden nachfolgend nicht weiter betrachtet.

Klasse M Kfz zur Personenbeförderung, min. vier Räder		
M1	max. acht Sitzplätze neben dem Fahrersitz	
M2	mehr als acht Sitzplätze neben dem Fahrersitz	zGM ≤ 5 t
M3		zGM > 5 t
Klasse N Kfz zur Güterbeförderung, min. vier Räder		
N1	zGM ≤ 3,5 t	
N2	3,5 t < zGM ≤ 12 t	
N3	zGM > 12 t	
Klasse O Anhängen (einschließlich Sattelanhänger)		
O1	zGM ≤ 0,75 t	
O2	0,75 t < zGM ≤ 3,5 t	
O3	3,5 t < zGM ≤ 10 t	

Tab. 4: Einteilung der Fahrzeugklassen nach 70/156/EWG (Dezember 2000)

Auf jeder Seite für Fahrzeuge der Klassen N₂ und N₃ ist ein Haupt-Außenspiegel (Gruppe II) vorgeschrieben. Zusätzlich ist ein großwinkliger Außenspiegel (Gruppe IV) für Länder mit Rechtsverkehr (Linksverkehr) auf der rechten (linken) Seite vorgeschrieben. Der Nahbereichs- oder Anfahrspiegel (Gruppe V, auch Rampenspiegel genannt) ist Pflicht für Fahrzeuge der Klassen N₂ (> 7,5 t) und N₃. Diese Gruppe-V-Spiegel sind nur dann vorgeschrieben, wenn sichergestellt ist, dass sich bei einem beladenen Fahrzeug immer (bei jeder Spiegeleinstellung) alle Spiegelteile mindestens 2,0 m über der Fahrbahn befinden. Ist dies aufgrund einer zu geringen Fahrerhaushöhe nicht möglich, darf kein Spiegel der Gruppe V montiert werden. Befindet sich die Unterkante eines Spiegels (Gruppe I, II, III oder IV) bei beladenem Fahrzeug in einer Höhe von weniger als 2,0 m über der Fahrbahn, so darf dieser Spiegel nicht weiter als 0,2 m über die maximale Fahrzeugbreite hinausragen.

Seitens der Arbeitsgruppe Kraftfahrzeuge der Europäischen Union wurde erkannt, dass die bestehenden Regelungen nicht genügen, dem Fahrer ein ausreichendes Sichtfeld zu verschaffen. Hieraus wurde die Notwendigkeit abgeleitet, die Richtlinien 70/156/EWG [57] sowie 71/127/EWG [5] zu überarbeiten und dem Stand der Technik anzupassen. Die Überarbeitung der Richtlinie 71/127/EWG ist abgeschlossen und wurde von der EU-Kommission im November 2003 als Richtlinie 2003/97/EG verabschiedet [63]. Mit ersten Auswirkungen an neuen Fahrzeugmodellen ist ab 2005 zu rechnen. Neben der Vergrößerung der bisher vorgeschriebenen Mindestsichtfelder (Bild 5 und 6) wird die Spiegelgruppe VI neu eingeführt. Hierbei handelt es sich um einen Frontspiegel, der einen indirekten Blick unmittelbar vor das Fahrzeug ermöglicht, Bild 7. Dieser soll für Fahrzeuge der Klassen N₂ (nur bei zGM > 7,5 t) und N₃ vorgeschrieben werden. In Tabelle 5 sind die vorgesehenen Spiegelvorschriften für die untersuchten Fahrzeugkategorien N₂ und N₃ aufgeführt, die Gesamttabelle für alle Fahrzeugkategorien befindet sich im Anhang. Als komplette

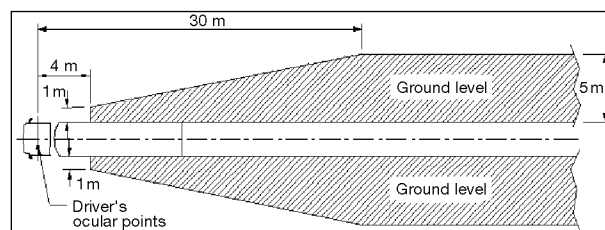


Bild 5: Auf der Fahrbahn vorgeschriebenes Sichtfeld des Außenspiegels (Gruppe II) nach 2003/97/EG [63]

Fahrzeugkategorie	Innenspiegel		Außenspiegel			
	Gruppe I* (Innenspiegel)	Gruppe II* (Hauptaußenspiegel für M ₂ , M ₃ , N ₂ und N ₃)	Gruppe III* (Hauptaußenspiegel für M ₁ und N ₁)	Gruppe IV* (großwinkliger Außenspiegel)	Gruppe V* (Rampen-/Anfahrspiegel)	Gruppe VI* (Frontspiegel)
N ₂ ≤ 7,5 t	Optional (keine Anforderungen an das Sichtfeld)	Auf beiden Seiten vorgeschrieben	Unzulässig	Je einer pro Seite optional	Je einer pro Seite optional	Optional
N ₂ > 7,5 t	Optional (keine Anforderungen an das Sichtfeld)	Auf beiden Seiten vorgeschrieben	Unzulässig	Auf beiden Seiten vorgeschrieben	Beifahrerseitig vorgeschrieben, Fahrerseitig optional	Vorgeschrieben
N ₃	Optional (keine Anforderungen an das Sichtfeld)	Auf beiden Seiten vorgeschrieben,	Unzulässig	Auf beiden Seiten vorgeschrieben	Beifahrerseitig vorgeschrieben Fahrerseitig optional	Vorgeschrieben

* siehe auch Tabelle 3

Tab. 5: In der Richtlinie 2003/97/EG vorgesehene Spiegelausrüstung für Fahrzeuge der Kategorien N₂ und N₃ [63]

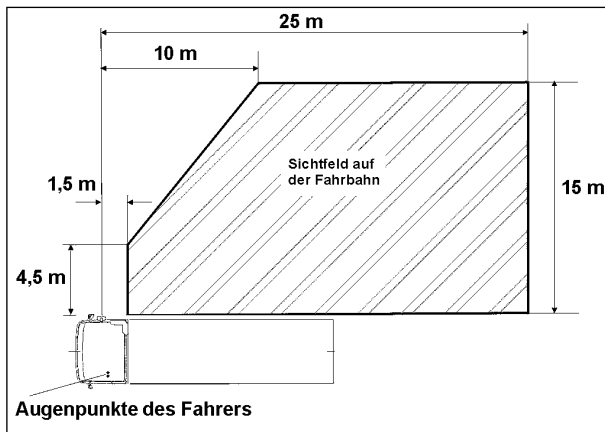


Bild 6: Auf der Fahrbahn vorgeschriebenes Sichtfeld des Weitwinkelaußenspiegels (Gruppe IV) nach 2003/97/EG [63]

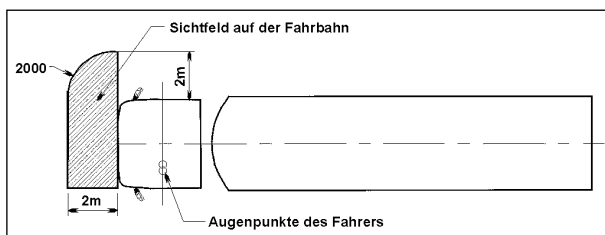


Bild 7: Auf der Fahrbahn vorgeschriebenes Sichtfeld des Frontspiegels (Gruppe VI) nach 2003/97/EG [63]

Neuerung wird der Einsatz von Kamera-Monitor-Kombinationen beschrieben. Hier werden die Funktionsfähigkeit bei Dunkelheit und die Kontrastdarstellung vorgegeben.

3.1.2 Seitliche Schutzeinrichtung (Seitenschutz)

Die im vorhergegangenen Abschnitt beschriebenen Spiegel sind ein Teilaspekt aus dem Bereich der aktiven Sicherheit. Für die passive Sicherheit der ungeschützten Verkehrsteilnehmer spielen seitliche Schutzeinrichtungen eine bedeutende Rolle. Diese Anbaukomponenten sollen dafür sorgen, dass

Fußgänger, Rad- oder Kraftradfahrer bei Unfällen nicht seitlich unter das Fahrzeug geraten und anschließend von den Rädern erfasst werden können.

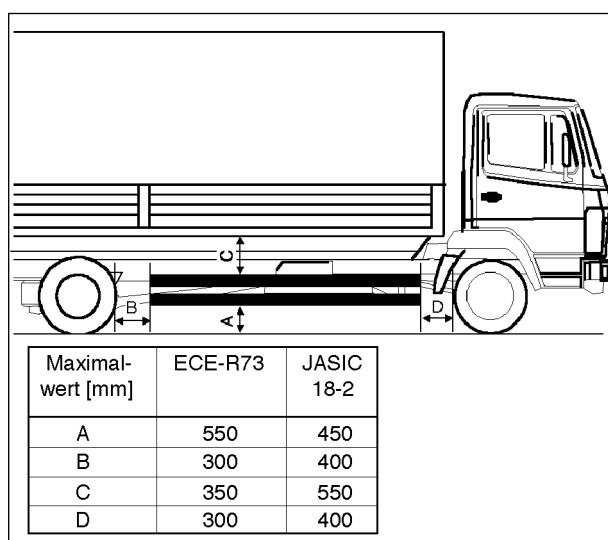
Für die passive Sicherheit hinsichtlich der ungeschützten Verkehrsteilnehmer ist die seitliche Schutzeinrichtung (Seitenschutz) im Nutzfahrzeugbereich (ECE-R 73) die wichtigste Maßnahme [4].

In Deutschland müssen nach § 32c StVZO Lkw, Zugmaschinen und deren Anhänger mit über 25 km/h bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit und über 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht bei Erstzulassung ab dem 1. Januar 1991 an beiden Seiten mit einer seitlichen Schutzeinrichtung nach EU-Richtlinie 89/297 (ECE-R 73) ausgerüstet sein. Ältere Fahrzeuge mit Erstzulassung ab 1. Januar 1975 mussten bis zum 1. Januar 1995 mit seitlichen Schutzeinrichtungen nachgerüstet werden.

Die ECE-R 73 gilt für die Fahrzeuge der Klassen N₂ und N₃ (Gütertransport) sowie O₃ und O₄ (Personentransport, siehe auch Tabelle 4). Die einzuhaltenen maximalen Freiräume können Tabelle 6 entnommen werden. Besonders der hier mit A gekennzeichnete Abstand zur Fahrbahn wurde vor der gesetzlichen Einführung kontrovers diskutiert. Während die Hersteller einen Abstand Fahrbahnoberfläche – Unterkante Seitenschutz von 550 mm befürworteten, forderten Unfallforscher ein Maximum von 400 mm [12]. Neben dieser europäischen Vorschrift für den seitlichen Unterfahrschutz existiert in Japan eine Vorschrift JASIC 18-2 [10], die ebenso für den Schutz der Radfahrer und Fußgänger sorgen soll. Die Unterschiede der japanischen Regelung bestehen in dem geringeren Abstand zum Boden, aber größeren Abständen zur Vorder- und Hinterachse sowie zum Aufbau. Der Abstand zum Boden darf in Japan lediglich maximal 450 mm betragen, Tabelle 6.



Bild 8: Typischer europäischer seitlicher Unterfahrerschutz in offener Ausführung [49]



Tab. 6: Abmessungen des Seitenschutzes nach ECE-R 73 [4] und JASIC 18-2 [10]

Sowohl die japanischen als auch die europäischen Vorschriften lassen zwei Bauformen zu: die offene,

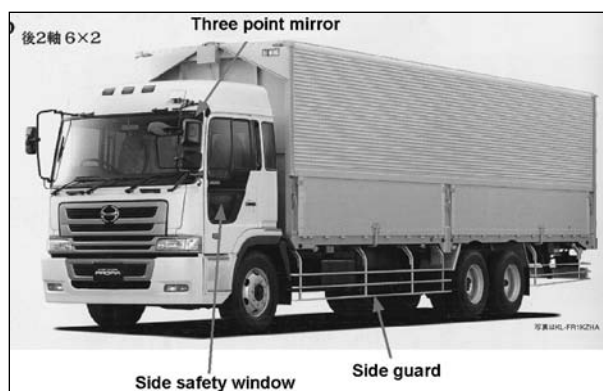


Bild 9: Japanischer Lkw mit seitlichem Unterfahrerschutz in offener Ausführung und vorgeschriebenen Spiegeln [48]



Bild 10: Seitenschutz in geschlossener Ausführung (Eller)



Bild 11: Integrierter Seitenschutz in geschlossener Ausführung (Safeliner von Krone [15])

wie in den Bildern 8 und 9 abgebildet, und die geschlossene, wie sie in Bild 10 und Bild 11 dargestellt ist. Bild 12 zeigt eine Prinzipskizze der in Japan zulässigen Seitenschutz-Ausführungen.

In den USA und in Australien laufende Entwicklungen zielen auf einen Schutz für anführende Pkw, [42]. Damit gehen diese Regelungen über die europäische ECE-R 73 und die japanische JASIC 18-2 hinaus, die nur für den Anstoß von Fußgängern und Radfahrern ausgelegt sind. Die Diskussion über eine Modifikation des Seitenschutzes, der auch auf den Pkw-Anprall ausgelegt ist, gibt es

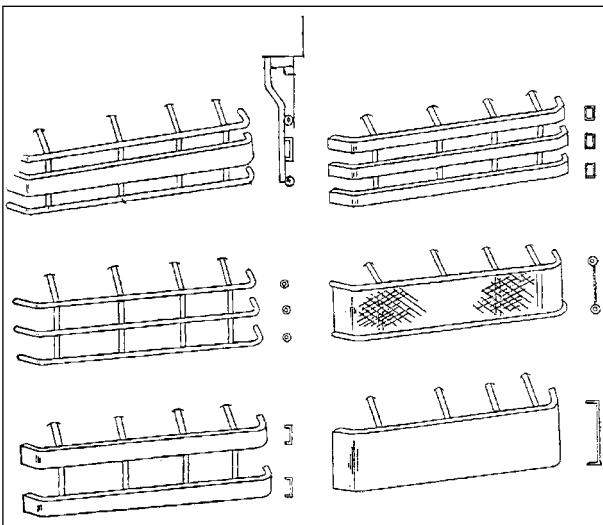


Bild 12: Mögliche Ausführungsformen des Seitenschutzes in Japan [10]

auch in Europa [20]. Bedingt durch den hohen Anteil der Pkw-Kollisionen ist ein wesentlich größerer Gesamtnutzen zu erwarten. Ein Beispiel für die Umsetzung dieser Idee ist der Safeliner von Krone (Bild 11), der eine als Plankenrahmen bezeichnete Neukonstruktion des Fahrzeugunterbaus aufweist.

3.2 Überblick zu Forschungsergebnissen im Themenbereich

Die durchgeführte Literaturanalyse dokumentiert den Sachstand bei den Vorschriften und den Kenntnisstand der aktuellen Forschungsergebnisse. Insbesondere die Forschungsergebnisse umfassen einen wesentlich größeren Bereich als den, bei dem der Ordnungsgeber bereits Handlungsbedarf für eine Vorschrift hatte. Dies ist teilweise durch die Aktualität dieser Ergebnisse begründet, so dass noch keine Vorschrift erstellt werden konnte. Abgesehen davon ist es grundsätzlich positiv, wenn Vorgänge ohne eine staatliche Verordnung im Rahmen der marktwirtschaftlichen Prozesse eigenverantwortlich geregelt werden.

Im Folgenden ist eine Zusammenfassung der in der Literatur beschriebenen Kenntnisse und Ergebnisse aufgeführt.

3.2.1 Sicht

Der Fahrer eines Kraftfahrzeugs benötigt zur Bewältigung seiner Fahraufgabe ein hinreichend großes Sichtfeld. Dieses Sichtfeld wird primär durch die Größe und die Anordnung der Fenster bestimmt (direkte Sicht). Die direkte Sicht aus dem

Kraftfahrzeug wird durch die indirekte Sicht über verschiedene Spiegel ergänzt. Die am Kraftfahrzeug angebrachten Spiegel ermöglichen dem Fahrer den Blick auf direkt gar nicht oder nur schlecht sichtbare Objekte. Neben den Fahrzeugspiegeln kommen vereinzelt auch so genannte ortsfeste Verkehrsspiegel zum Einsatz, die dem Fahrer an besonders unübersichtlichen Stellen zusätzliche Informationen über die aktuelle Situation im nicht direkt einsehbaren relevanten Verkehrsbereich liefern. Sehr nützlich sind diese Spiegel an besonders unübersichtlichen Stellen wie Einmündungen oder Hofeinfahrten, bei denen die direkte Sicht auf den gefährdeten oder gefährdenden Verkehr erst aus der eigentlichen Gefahrenzone heraus möglich ist.

Die Sichtfelder der verschiedenen Kraftfahrzeugtypen unterscheiden sich voneinander. Das Sichtfeld eines Pkw wird grundsätzlich durch die das Dach tragenden Holme eingeschränkt. Bei einem üblichen Lkw vergrößert sich der Sichtschatten zusätzlich durch den Aufbau, Bild 13, und die höhere Sitzposition des Lkw-Fahrers gegenüber dem Pkw-Fahrer. Aus der Sicht des Lkw-Fahrers bewegen sich die anderen Verkehrsteilnehmer in einer tiefer liegenden Ebene. Objekte, die sich unterhalb der durch das Armaturenbrett und den Unterkanten der Seitenfenster vorgegebenen Sichtkanten befinden, sind ohne Spiegel nicht sichtbar.

Ein 1,6 m hoher Radfahrer, der sich nicht mehr als drei Meter entfernt von einem Pkw-Fahrer befindet, ist für den Pkw-Fahrer immer sichtbar, Bild 14. Bei einem Lkw ergeben sich allein aus der erhöhten Sitzposition und dem Sichtfeld einige Positionen, in denen ein in gleicher Entfernung befindlicher Verkehrsteilnehmer für den Fahrer nicht direkt sichtbar ist. Diese Sichtschatten werden durch die vorgeschriebenen Spiegel am Nutzfahrzeug zwar reduziert, aber nicht beseitigt.

Der Haupt-Außenspiegel vermittelt ein unverzerrtes, aber schmales Sichtfeld direkt neben dem Fahrzeug. Der großwinklige Außenspiegel (Weitwinkelspiegel) gibt dem Fahrer Informationen aus einem räumlich größeren Sichtfeld, das aber verzerrt dargestellt wird. Das im Nahbereichs- oder Anfahrspiegel (Rampenspiegel) erkennbare Sichtfeld ist räumlich eng begrenzt neben der rechten Seite des Fahrerhauses.

Die Einflüsse der Sichtverhältnisse auf das Unfallgeschehen sind auf der Grundlage von Großzahl-Unfallstatistiken schwer einzuschätzen. Schlechte Sicht wird in keiner dieser Statistiken als Unfallur-

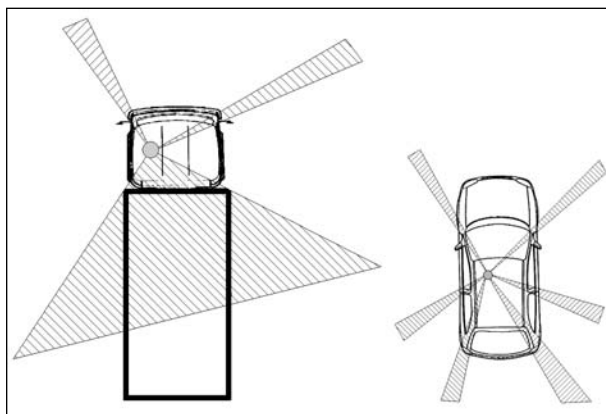


Bild 13: Durch Holme und Aufbau verursachte Pkw- und Lkw-Sichtschatten

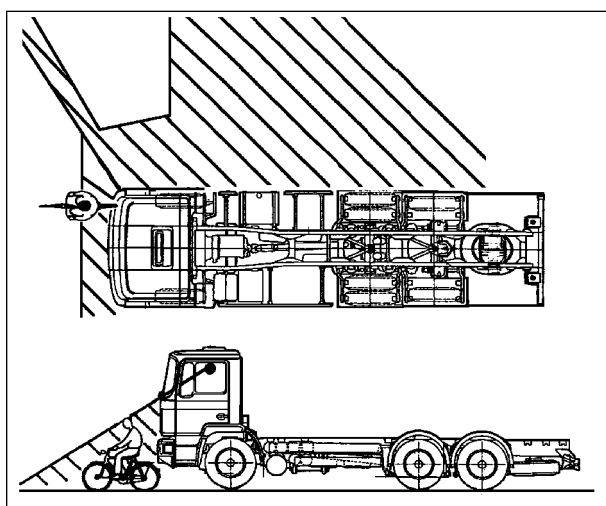


Bild 14: Beispiele von Sichtschatten der direkten Sicht in der Seitenansicht und als Draufsicht (Objektgröße bis 1,6 m)



Bild 15: Simulierte seitliche Kollisionsposition zwischen Fahrrad und Nutzfahrzeug mit tief heruntergezogenem Seitenschutz (Safeliner von Krone [16])

sache angegeben. Daher sind Abschätzungen über den Anteil der Fälle mit Sichtproblemen hieraus nur indirekt über andere Merkmale (z. B. die Unfallursachen Abbiegen/Wenden/Rückwärtsfahren) möglich. Bei den kleineren Stichproben kann aufgrund einer systematisch verzerrten Vorauswahl die Allgemeingültigkeit fraglich sein [20].

Eine Analyse von 71 Unfällen mit Beteiligung von Lkw mit mindestens 3,5 t zul. Gesamtmasse ergab einen Anteil von 25 %, bei dem eine verbesserte Sicht den Unfall vermieden hätte [26]. Eine Analyse der direkten und indirekten Sichtfelder von drei verschiedenen Lkw [45] vor und nach der Optimierung der Sichtverhältnisse ergab unter anderem folgende als günstig eingestufte Maßnahmen: ein Spiegelsystem (Periskopsystem) zur Verbesserung der Sicht vor und rechts neben dem Fahrzeug und eine Reduzierung der Fensterunterkante in den Seitentüren zur Verbesserung der Sicht im Nahbereich. Diese Ergebnisse werden gestützt durch Angaben von befragten Fahrern, die eine Verbesserung der Sichtverhältnisse rechts neben dem Fahrzeug als notwendig erachteten.

Die Vergrößerung des indirekten Sichtfelds durch weitere und größere Spiegel kann zu Problemen im Bereich des direkten Sichtfelds führen, wenn die Spiegel diese einschränken. Ein weiterer Zielkonflikt entsteht daraus, dass eine möglichst vollständige Sicht durch den Einsatz rein konvexer oder asphärischer Spiegel ermöglicht wird. Das entspricht nicht der Forderung nach einer verzerrungsfreien Sicht [45]. Verkleinerte Abbildungen können zu Fehlern beim Schätzen von Entfernungen und Abständen führen. Verzerrungen verschlechtern zusätzlich die räumliche Orientierung.

3.2.2 Seitenschutz

Vor Einführung des Seitenschutzes bestand für Radfahrer und Fußgänger prinzipiell eine größere Gefahr, bei einer Kollision mit einem Lkw zwischen den Achsen unter das Fahrzeug/den Fahrzeugverbund zu geraten und dann überrollt zu werden. Mit der Einführung des Seitenschutzes ist diese Gefahr reduziert. Der ungeschützte Verkehrsteilnehmer wird hierdurch abgewiesen, Bild 15.

Die geschlossene Bauweise des Seitenschutzes hat gegenüber der offenen Bauweise den Vorteil, dass sich angefahrene Fußgänger und Radfahrer nicht verhaken können. In [21, 32, 33, 34] wird auf den Mehrfachnutzen von geschlossenen Seitenverkleidungen hingewiesen. Neben der Reduzie-

rung der Unfallfolgen durch die verbesserte passive Sicherheit ergeben sich auch günstigere Sichtverhältnisse bei Nässe durch eine geringere Menge an aufgewirbeltem Wasser. Zusätzlich wird durch die verbesserte Aerodynamik des Nutzfahrzeuges weniger Kraftstoff verbraucht, was die Mehrkosten amortisieren kann. Weiterhin kommt es bei einer entsprechenden Oberflächengestaltung zu einer Vergrößerung der seitlichen für Werbung nutzbaren Flächen.

3.3 Neue Entwicklungen im Bereich Sichtverbesserung

Auch im Bereich der Spiegelsysteme gibt es eine Evolution. Einerseits ist die Tendenz erkennbar, dass bei Neuentwicklungen von Lkw die Spiegel, ähnlich wie bei Kraftomnibussen (Korn) üblich, hängend oberhalb der Fenster angebracht werden, Bild 16. Daraus ergeben sich einige Vorteile. Die Position des Spiegels ist freier wählbar und es können mehrere oder gegebenenfalls sogar alle Spiegel in einer



Bild 16: Sichtfeld über die Flügelspiegel im MIM-Fahrzeug von DaimlerChrysler [9]

größeren Baugruppe zusammengefasst werden. Für den Fahrer ergibt sich durch die andere Position der Spiegel und die geänderten Spiegel ein besseres Sichtfeld bei gleichzeitig geringerem Bedarf an Kopfdrehung. Diese auch als Flügelspiegel bezeichnete Bauform kann die in der neuen Richtlinie 2003/97/EG rechts und vor dem Lkw geforderten Sichtfelder mit drei Spiegeln abdecken. Bei konventionellen Spiegeln wären vier Spiegel notwendig.

Das Spiegelsystem beim MIM-Fahrzeug beinhaltet auf der rechten Seite neben dem Haupt- und dem Weitwinkelspiegel (Gruppe II und Gruppe IV) einen Frontspiegel (Gruppe VI). Das vorgeschriebene Sichtfeld für den Anfahrspiegel (Gruppe V) kann durch den Weitwinkelspiegel und den Frontspiegel mit abgedeckt werden. Dies ist nach der Richtlinie 2003/97/EG zulässig. Ebenso hat das MIM-Fahrzeug, wie in 2003/97/EG vorgeschrieben, auf der Fahrerseite einen Weitwinkelspiegel.

Weitere Entwicklungen gehen dahin, die Probleme im Bereich des Abbiegens durch weitere Spiegel, Kameras oder Assistenzsysteme zu reduzieren. In Holland wurde ein Zusatzspiegel entwickelt, der so genannte Dobl[®]-Spiegel, Bild 17. Dieser erweitert



Bild 17: Vergleich Sichtfeld Standard zu Dobl[®]-Spiegel, vorgeschriebener Standardspiegel (dunkles Dreieck im Piktogramm), Sichtfeld im Dobl[®]-Spiegel (helles Dreieck) dargestellt [46]

das Sichtfeld des Fahrers neben dem Lkw, so dass bis zur Vorderkante der Stoßstange rechtsseitig kein toter Winkel mehr vorhanden ist. Ein anderes System, genannt TOWISPICK[®], Bild 18, ergänzt das Sichtfeld des Fahrers vorne rechts vor dem Fahrzeug [23, 61]. Dieses System wurde für



Bild 18: Anbau und Sichtfeld TOWISPICK[®]-Spiegel [23]

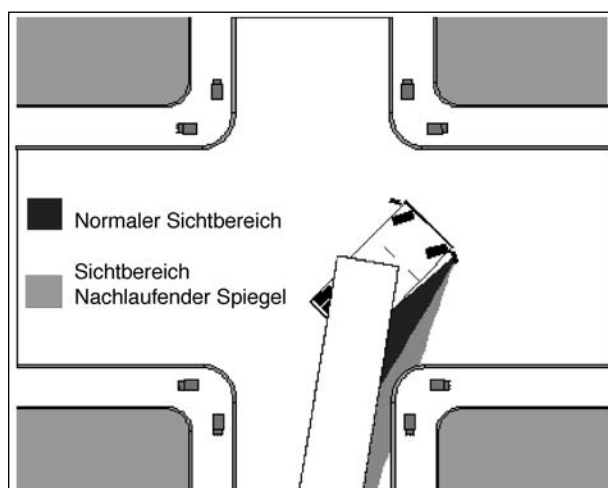


Bild 19: MEKRA Nachlaufspiegel [13]



Bild 20: Volvos Zukunftsmodell eines fußgängerfreundlichen Lkw [14]

schweizerische Fahrzeuge vom schweizerischen Nutzfahrzeugverband ASTAG, unterstützt vom SFV (Schweizer Fonds für Verkehrssicherheit), in einer begrenzten Stückzahl zu einem Preis von 50,- SFr (Ladenpreis 254,- SFr) verkauft. Der Nutzfahrzeug-Spiegelhersteller MEKRA bietet einen Nachlaufspiegel [13] an, der beim Abbiegevorgang automatisch eine entsprechende Anpassung des Sichtbereichs vornimmt, Bild 19. Das Blickfeld dieses Nachlaufspiegels wird bei einem entsprechenden Knickwinkel zwischen Zugmaschine und Anhänger nach außen geschwenkt. Damit erhält der Fahrer ein für den jeweiligen Fahrzustand optimiertes Sichtfeld.

Volvo hat ein Zukunftsmodell eines Lkw entwickelt, bei dem durch tief heruntergezogene Seitenverkleidungen und eine abgerundete Fahrzeugfront eine fußgängerfreundliche Gestaltung realisiert wurde [14], Bild 20. Bei der Firma DaimlerChrysler existiert ein so genanntes MIM-Fahrzeug (Multimediales-Informationen-Management) [9], das dem Fahrer generell eine verbesserte Rundumsicht durch Spiegel und Kameras ermöglicht, Bild 16.

Auf der Beifahrerseite ist ein durch die Frontscheibe sichtbarer Flügelspiegel montiert. Der Flügelspiegel besteht aus einem Haupt-, einem Weitwinkel- und einem Frontspiegel. Der auf der Beifahrerseite vorgesehene Rampenspiegel ist überflüssig, siehe auch Bild 16. Auf der Fahrerseite ist ein zusätzlicher Weitwinkelspiegel befestigt.

Im Heckbereich des Aufliegers sind oben drei Kameras installiert. Eine befindet sich an der Rückseite, die beiden anderen je links und rechts an der hinteren Seitenwand. Die Bilder werden je nach Fahrsituation auf einen Monitor, der sich in der Fahrerhausmitte im Dachbereich befindet, gesendet.

3.4 Assistenzsysteme

Durch die im Bereich der Elektronik und hier speziell der Sensortechnik fortschreitende Technik ist die Entwicklung neuartiger Systeme zur Fahrerunterstützung überhaupt erst möglich geworden. Diese als Assistenzsysteme bezeichneten Baugruppen sind auf spezielle im Straßenverkehr als problematisch eingestufte Situationen wie z. B. der Spurwechsel ausgerichtet. Der Fahrer erhält durch das System Unterstützung in der jeweiligen Situation und wird dadurch bei seiner Fahraufgabe entlastet. Für die Assistenzsysteme gibt es eine

Reihe von Automatisierungsstufen [68], Bild 21. In der einfachsten Ausführung informiert das Assistenzsystem den Fahrer lediglich über eine vorliegende Situation. Ein vollständig automatisiertes Assistenzsystem führt eine Aktion selbstständig ohne Eingriffsmöglichkeit des Fahrers aus.

Bei der Firma MAN entstand im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes „Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr“ (MoTiV) (Teilprojekt ASA Abbiege- und Spurwechselassistent) ein mit einem Laser-Sensor ausgestatteter Abbiegeassistent [2], Bild 22. Sensoren zur Erkennung von Objekten beim Abbiegen werden auch an japanischen

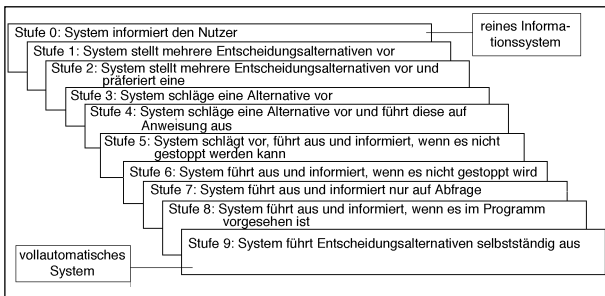


Bild 21: Automatisierungsstufen von Assistenzsystemen [68]



Bild 22: MAN-Abbiegeassistent [47]

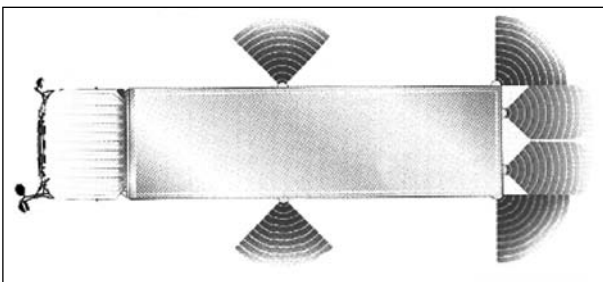


Bild 23: Sensorenanordnung zur Hinderniserkennung an einem Lkw (Hino Motors, Japan) als Schutz beim Abbiegen und Rückwärtsfahren [48]

Lkw eingesetzt, Bilder 23, 24. In Japan herrscht, wie auch in Großbritannien, Linksverkehr. Deshalb tritt die entsprechende Problematik dort nur beim Linksabbiegen des Lkw auf.

Bislang sind die genannten Lkw zum Teil als reine Modelle und zum Teil bereits weit gehend serien-nah als Versuchsträger ausgeführt.

Die Abbiegeassistentensysteme müssen wie andere Assistenzsysteme die Verkehrssituation erfassen. Dazu benötigen sie ein geeignetes Sensorsystem, das die Objekte detektiert, klassifiziert und ihre Bewegungsrichtung ermittelt. Die Auswahl eines geeigneten Sensors hängt von den Anforderungen an die Sensierung ab. Die mikrowellenbasierten Systeme sind am aussichtsreichsten für die Pre-Crash-Sensierung, weil sie sehr präzise und schnell sowohl die Annäherungsgeschwindigkeit als auch den verbleibenden Abstand messen können, Tabelle 7 [64]. Ihre Robustheit gegen Umwelteinflüsse und äußere Einwirkungen sind weitere positive Eigenschaften.

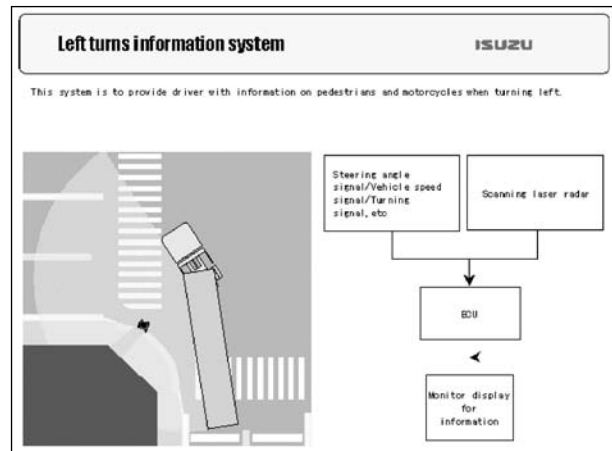


Bild 24: Lkw-Fahrer-Informations-System für Abbiegevorgänge (Isuzu, Japan) [62]

Messgröße	Ultraschall	Infrarotstrahl	Videobild	Radarstrahl
Relative Geschwindigkeit	mäßig	nein	mäßig	sehr gut
Größe/Breite	mäßig	gut	sehr gut	gut
Kollisionsrichtung	mäßig	gut	sehr gut	gut
Anstoßpunkt	mäßig	gut	sehr gut	gut
Zeit bis Crash	gut	gut	mäßig	sehr gut
Relativer Abstand	sehr gut	sehr gut	mäßig	sehr gut
Winkelauflösung	gut	gut	sehr gut	gut
Reichweite	mäßig	gut	gut	sehr gut
Wiederholrate	mäßig	sehr gut	gut	sehr gut
Objekterfassung/ Klassifizierung	schlecht	schlecht	sehr gut	gut

Tab. 7: Qualitativer Vergleich der Messgrößenerfassung verschiedener Sensorprinzipien [64]

Intensiv untersucht werden auch videobasierte Systeme mit direkter Erkennung der ungeschützten Verkehrsteilnehmer durch das System [70]. Dabei ist aktuell noch eine Reihe von Problemen zu lösen. Dazu gehören unter anderem der gegenüber stationären Anlagen immer wieder wechselnde Hintergrund sowie die unterschiedliche Form und Größe der Personen. Diese Systeme werden voraussichtlich erst mittelfristig zur Serienreife gelangen.

Die Aktivitäten im Bereich der Assistenzsysteme haben gezeigt, dass es sinnvoll ist, mehrere auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien basierende Sensoren zu verwenden. Damit ist es möglich, die Schwachstellen der Einzelsysteme zu überdecken.

Im Idealfall kann ein Assistenzsystem die voraussichtliche Anstoßkonstellation prognostizieren. Im Rahmen des europäischen Projektes CHAMELEON sind auf unterschiedlichen Technologien basierende Sensorsysteme hinsichtlich ihrer Eignung für verschiedene Verkehrsszenarien untersucht worden [66]. Die grundlegenden technischen Daten dieser Systeme sind in Tabelle 8 aufgeführt. Es zeigte sich, dass je nach Verkehrssituation die Systeme unterschiedliche Stärken aufwiesen. Aus dem CHAMELEON-Projekt geht hervor, dass es durchaus sinnvoll ist eine Fusion der Daten verschiedener Sensorsysteme vorzunehmen, um eine geeignete Einschätzung der Verkehrssituation durch das Assistenzsystem vornehmen zu können.

Erst bei hinreichend genauer Definition der Anforderungen ist das geeignete Überwachungsprinzip bestimmbar. Auch die Signalübermittlung an den Fahrer spielt dabei eine große Rolle. Der Einsatz von Videokameras und einem Monitor geht zu Lasten der direkten optischen Informationsaufnahme, während akustische Warnsignale ohne Aufmerksamkeitsverlust in anderen Bereichen wahrgenommen werden können. Die Gefahr des Überhörens ist ebenfalls kleiner als die des Übersehens.

Auch für die Situation des rechts abbiegenden Lkw kommen unterschiedliche Sensorsysteme mit diversen Eigenschaften in Frage, Tabelle 9. Für den ersten Abbiegeassistenten in einem MAN-Fahrzeug kam ebenso wie in dem japanischen Forschungsträger ASV-2 No. 2 ein Laserscanner mit rotierendem Spiegelkopf zum Einsatz [67, 62]. Die technischen Daten sind in Tabelle 10 aufgeführt. Der Laserscanner tastet über ein rotierendes Spiegelsystem den Raum rechts neben dem Lkw auf

Objekte ab. Für den detektierten Radfahrer wird eine Geschwindigkeit bestimmt und in Relation zum Lkw und zu seiner Eigengeschwindigkeit gebracht. Daraus erfolgt im Gefahrenfall eine akustische Warnung, die den Fahrer veranlasst, nach der Ursache zu suchen. Der Abbiegeassistent soll dem Fahrer in dieser komplexen Verkehrssituation lediglich eine Hilfestellung geben, aber nicht von der Verantwortung entbinden, die vorhandenen Spiegel zu benutzen. In einer zweiten Version eines Ab-

Anbieter	Saab	IBEO	TAMAM	Temic	Thales A. S.
Technologie	Hochfrequenzradar	rotierender Laser	Infrarot	„laser multi-beam radar“	Hochfrequenzradar
Abtastfrequenz	50 Hz	40 Hz	25 Hz	100 Hz	25 Hz
Verzugszeit	20 ms	25 ms	40 ms	10 ms	40 ms
Erfassungsbereich	100°	270°	60°	3 * 15°	60°
Messreichweite	0,5 – 20 m	0,3 – 20 m	0 – 40 m	0,5 – 6 m	0 – 60 m
Entfernungsauflösung	0,1 m	0,05 m	3 %	0,1 m	1 m, 5 %
Winkelauflösung	10°	1°	1°	15°	2°
Geschwindigkeitsgenauigkeit	5 %	± 1 km/h	6 %	10 km/h	± 0,2 km/h

Tab. 8: Technische Daten unterschiedlicher im Projekt CHAMELEON untersuchter Pre-Crash-Sensorsysteme [66]

Technologie	Eigenschaften	Anwendungsfelder für Abbiege- und Spurwechselassistenten
Ultraschall	- geringe Reichweite der Abstandsmessung - Einsatz nur bei geringen Geschwindigkeiten	- Kein Einsatz
Radar	- genaue Abstandsmessung - direkte Messung der Relativgeschwindigkeit - geringe Wetterabhängigkeit	- Hinderniserkennung
Lidar	- genaue Abstandsmessung - direkte Messung der Relativgeschwindigkeit - großer Öffnungswinkel möglich (z. B. 270°)	- Hinderniserkennung
Videokamera	- genaue Abstandsmessung im Nahbereich - Spurerkennung - Erkennung der Umfeldsituation	- Hinderniserkennung - Fahrspurzuordnung - Verkehrszeichen

Tab. 9: Sensoren für die Fahrzeugumfelderfassung [47, 55]

Winkelmessbereich	fast 180°
Messstrahldivergenz	0,9°
Winkelauflösung	0,35°
Messreichweite	max. 40 m
Entfernungsauflösung	0,04 m
Wiederholrate	0,13 s

Tab. 10: Eigenschaften des Laser-Scanners des ersten MAN-Abbiegeassistenten [67]

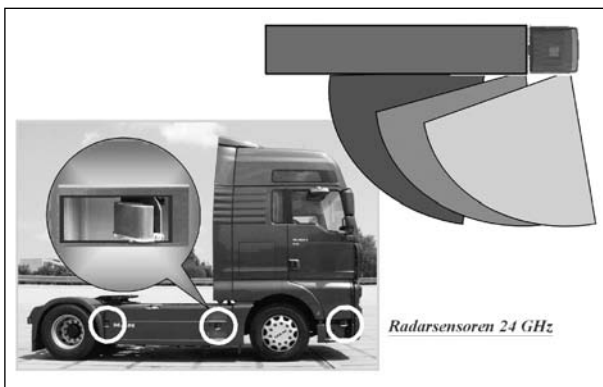


Bild 25: Anordnung und Erfassungsbereich der Sensoren bei dem im Rahmen des EU-Projekts PROTECTOR entwickelten Demonstrator mit Abbiegeassistent (Quelle: MAN)

biegeassistenten fanden die witterungsunabhängigeren auf 24-GHz-Technik basierenden Radarsensoren Verwendung, Bild 25. Das zugehörige Fahrzeug entstand im Rahmen des EU-Projekts PROTECTOR.

3.5 Vergleich neuer Entwicklungen im Bereich Sichtverbesserungen und Assistenzsysteme

Aktuell sind noch keine serienreifen Assistenzsysteme für die Situation des rechts abbiegenden Lkw verfügbar. Den Lkw-Fahrern bleiben aktuell nur die Spiegelsysteme und weitere optische Systeme wie Kamera-Monitor-Systeme oder auch die Fresnellinse, um den toten Winkel so weit wie möglich zu reduzieren. Auch wenn das Nutzenpotenzial der Spiegel als Informationsquelle für den Fahrer zum größten Teil ausgenutzt ist, beinhalten die heute üblichen existierenden Spiegelsysteme noch Verbesserungsmöglichkeiten. Das MIM-Fahrzeug von DaimlerChrysler weist den wahrscheinlich letzten verbleibenden Optimierungsschritt auf, mit dem das Potenzial der Spiegel nahezu vollständig ausgereizt ist. Weitere Verbesserungen wären nur über noch mehr Spiegel zu erreichen. Eine derartige „Verbesserung“ des indirekten Sichtfeldes führt aber an anderer Stelle zu negativen Effekten. Die Negativeffekte sind in der zusätzlich benötigten Zeit für die Blickzuwendung, Fokussierung und Verarbeitung der zur Verfügung stehenden Informationen zu sehen. Diese Zeit fehlt dann an anderer Stelle. Weiterhin beinhaltet ein zusätzlicher Spiegel auch einen zusätzlichen Sichtschatten, in dem sich auch Personen aufhalten können, ohne vom Fahrer bemerkt zu werden.

Die ursprünglich auf Privatinitiativen zurückzuführenden Zusatzspiegel Dobl[®] und Towispick[®] sind grundsätzlich zu begrüßen. Diese Spiegel ergeben für einzelne Bereiche des Sichtschattens Verbesserungen, die der Fahrer ohne diese Spiegel nicht einsehen kann. Es ist absehbar, dass diese Spiegel wahrscheinlich mit der Einführung der neuen europäischen Spiegelrichtlinie [63] bei Neufahrzeugen keine Verwendung mehr finden werden, weil sie in der bestehenden Form nicht die geforderten Sichtfelder abdecken können. Eine Verwendung bei Lkw aus dem existierenden Bestand kann im Einzelfall durchaus sinnvoll sein.

Die Zukunft gehört eindeutig den Assistenzsystemen, die, wie bereits erwähnt, im Moment noch in der Entwicklungsphase sind. Informationen aus dem Bereich der direkten oder indirekten Sicht muss der Fahrer aktiv abrufen. Er fokussiert ganz bewusst die hinter einer Scheibe liegenden, in einem Spiegel oder auf einem Bildschirm abgebildeten Objekte. Mit dieser aktiven Tätigkeit lenkt der Fahrer seine Aufmerksamkeit auf diese dort sichtbaren Zonen und die dort befindlichen Objekte.

Ein Assistenzsystem sensiert die Umgebung und übermittelt dem Fahrer selektierte Informationen. Der Fahrer erhält diese Informationen nur beim Vorhandensein einer definierten Situation. Er muss danach nicht selbst suchen, ob, sondern es wird ihm signalisiert, dass dort etwas ist. Seine Konzentration kann bis dahin in anderen Bereichen verbleiben. Dies ist Vor- und Nachteil zugleich. Der Vorteil liegt in der angesprochenen selektiven Informationsübermittlung. Der mögliche Nachteil der Assistenzsysteme liegt darin, dass sich der Fahrer auf diese Systeme verlässt. Er geht von einer hinreichenden Zuverlässigkeit solcher Systeme aus. Bei Fehlfunktionen kann es dann zu kritischen Situationen im Straßenverkehr kommen, die dann in einem Unfall enden.

Bei einem Spiegelsystem hat der Fahrer sich selbst um die Informationsaufnahme und -verarbeitung zu kümmern. Ein Assistenzsystem kann ihm einen Teil dieser Aufgaben abnehmen und ihn damit entlasten. Zusätzlich kann es auch in Bereichen tätig werden, die der Fahrer mit dem Spiegelsystem nicht einsehen kann.

4 Unfallgeschehen rechts abbiegender Lkw mit Beteiligung von Fußgängern und Radfahrern

Die amtliche Verkehrsunfallstatistik [8] kann einen groben Überblick über die Gesamtzahl bzw. den Anteil der interessierenden Unfallsituationen geben. Diese Großzahlstatistik ermöglicht für die hier gegebenen Fragestellungen keine sehr detaillierten Auswertungen. Hier sind ergänzende In-Depth-Datenerhebungen notwendig, um vertiefte Analysen zu betreiben. Auf der Grundlage von bei DEKRA und der Medizinischen Hochschule Hannover vorhandenen Fallbeständen wurden jeweils 45 Einzelfälle im Detail untersucht, bei denen es zu Kollisionen zwischen ungeschützten Verkehrsteilnehmern und rechts abbiegenden Lkw kam.

Im Rahmen des Projekts werden bestehende Schutzrichtungen in Bezug auf ihr Nutzenpotenzial überprüft. Eine Beschreibung der relevanten Unfallszenarien ist nötig, um neben den Analysen der Wirkung des Seitenschutzes auch im Hinblick auf Spiegelsysteme und die mit Sensoren zu überwachenden Räume Aussagen treffen zu können. Zu den Szenarien gehört auch die Erfassung von Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten der Lkw sowie der ungeschützten Verkehrsteilnehmer. Für die Erfassung durch Sensoren sind außerdem die Größe der Radfahrer/Fußgänger sowie deren Bekleidung relevant.

4.1 Unfallgeschehen von Lkw mit Radfahrern und Fußgängern

Die Auswertung der verfügbaren Statistiken zeigt, dass ein Unfall zwischen rechts abbiegenden Lkw und ungeschützten Verkehrsteilnehmern relativ selten ist. Allerdings sind die Folgen der Unfälle zwischen den schwächsten und den größten Verkehrsteilnehmern besonders schwer wiegend.

4.1.1 Amtliche Verkehrsunfallstatistik

Die amtliche deutsche Straßenverkehrsunfallstatistik weist für die Jahre 1992 bis 2002 Werte zwi-

schen 360.000 und knapp 400.000 Unfälle mit Personenschäden (UPS) pro Jahr aus [8]. Im Jahr 2002 ereigneten sich 362.054 UPS, davon 233.865 innerorts (64,6 %). An allen UPS waren insgesamt 586.180 Kraftfahrzeuge (Kfz) beteiligt, von denen 364.121 innerorts (62,1 %) verunfallten (Tabelle 11). Innerhalb geschlossener Ortschaften waren 21.633 Güterkraftfahrzeuge² (Gkzf) in UPS verwickelt. Dies entspricht 5,9 % der innerorts beteiligten Kfz. Zu diesen Gkzf zählen auch Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse (zGM) bis maximal 3,5 t. Diese Fahrzeuge weisen grundsätzlich einen anderen Fahrzeugaufbau und damit andere Probleme im Unfallgeschehen auf. Im Rahmen dieser Studie interessieren die schwereren Gkzf mit Leiterrahmen mit einem entsprechenden großen Freiraum zwischen den Achsen. Werden die Gkzf mit einer zGM von maximal 3,5 t herausgerechnet, verbleibt für die Unfälle mit Beteiligung von schwereren Gkzf ein Anteil von 2,3 % bis 2,8 %³ an den UPS innerorts.

Im Zeitraum von 1992 bis 2002 ereigneten sich etwa 45.000 bis 52.000 Abbiegeunfälle pro Jahr. Für das Jahr 2002 weist die amtliche Statistik insgesamt 47.669 Abbiegeunfälle aus. Dies entspricht einem Anteil von 13,2 % an allen UPS. Von allen Abbiegeunfällen passierten 37.766 innerorts, das entspricht 15,7 % des erfassten innerörtlichen Unfallgeschehens. Die übrigen 84,3 % der Innerorts-UPS sind durch die anderen Unfalltypen abgedeckt.

	Anzahl	[%]
Unfälle 2002		
Unfälle mit Personenschaden (UPS)	362.054	100,0
davon innerorts	233.865	64,0
Unfallbeteiligte allgemein		
an UPS beteiligte Kfz	586.180	
davon innerorts beteiligt	364.121	100,0
davon Güterkraftfahrzeuge (Gkzf)	21.633	5,9
davon Gkzf (über 3,5 t)	(8.357 – 10.148)	(2,3 – 2,8)
Gkzf (bis 3,5 t)	(11.485 – 13.276)	(3,1 – 3,6)
Unfalltyp		
Unfälle innerorts	233.865	100,0
davon Abbiegeunfälle	36.785	15,7
UPS innerorts (1 oder 2 Beteiligte)	210.196	100,0
Gkzf/Fußgänger	1.580	0,8
Gkzf/Radfahrer	2.920	1,4

Tab. 11: Übersichtszahlen der amtlichen Verkehrsunfallstatistik aus dem Jahr 2002, Quelle: StBA [8] (Zahlen in Klammern weisen auf Unschärfebereiche hin)

² Güterkraftfahrzeuge beinhalten Liefer- und Lastkraftwagen mit Normal- und Spezialaufbau, Sattelschlepper und andere Zugmaschinen. Landwirtschaftliche Zugmaschinen sind ausgeschlossen.

³ Ein genauer Wert ist nicht bestimmbar, weil für einige Gkzf die zGM nicht zu ermitteln ist.

Die Güterkraftfahrzeuge (alle Massenklassen) waren im Jahr 2002 in 2.920 Unfälle mit Radfahrern und in 1.580 Fällen mit Fußgängern verwickelt. Diese 4.500 Unfälle entsprechen 2,2 % der Innerorts-UPS mit einem oder zwei Beteiligten.

Die amtliche Statistik weist die Zahl der Unfälle zwischen rechts abbiegenden GkFz (> 3,5 t) und Radfahrern bzw. Fußgängern nicht explizit aus. Eine grobe Schätzung der Absolutzahl kann aber mittels der Gesamtzahl der Unfälle zwischen GkFz und Radfahrern bzw. Fußgängern, dem Anteil der Abbiegeunfälle an den Innerorts-Unfällen und dem Anteil der schwereren GkFz (> 3,5 t) an allen GkFz erfolgen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die in der amtlichen Statistik ausgewiesenen Abbiegeunfälle nicht nur im Rahmen dieser Studie interessierende Situationen beim Rechtsabbiegen umfassen, sondern beispielsweise auch die beim Linksabbiegen. Daher kann nur die Hälfte (50 %) der Abbiegeunfälle bei der Abschätzung der absoluten Fallzahl Berücksichtigung finden.

Legt man die vorstehend beschriebenen Zahlen und Relationen zugrunde, so ergibt sich nach der Abschätzung in Bild 26 eine Zahl von 110 bis 135 Innerorts-UPS zwischen rechts abbiegenden GkFz (> 3,5 t) und Radfahrern/Fußgängern. Im Jahr 2002 ereigneten sich 159 tödliche Innerorts-Unfälle zwischen GkFz und Radfahrern/Fußgängern. Aus der gleichen Abschätzung wie für die UPS in Bild 26 ergibt sich eine Größenordnung von zehn tödlich endenden Unfällen zwischen rechts abbiegenden Lkw und den ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Diese Abschätzungen für die UPS und die Unfälle

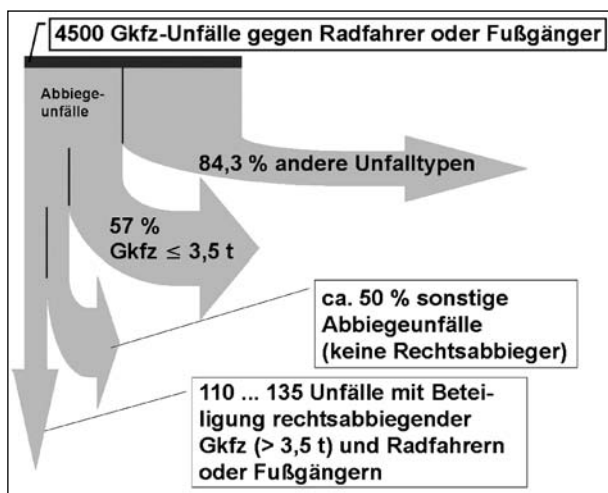


Bild 26: Aus Zahlen des StBA [8] abgeleitete Abschätzung der absoluten Zahlen der UPS mit innerorts rechts abbiegenden GkFz (> 3,5 t) und beteiligten Radfahrern bzw. Fußgängern

mit Getöteten sind mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, weil nicht sichergestellt werden kann, dass für die besondere Situation des rechts abbiegenden Lkw nicht deutliche Abweichungen von der jeweiligen Grundgesamtheit gelten. Dies könnte insbesondere auf die Unfälle mit Getöteten zutreffen.

4.1.2 Analysen von Unfällen mit Lkw-Beteiligung

Die Zahl der Unfälle mit rechts abbiegenden Lkw gegen Radfahrer oder Fußgänger ist, wie im vorigen Kapitel 4.1.1 aufgezeigt, gemessen am gesamten Unfallgeschehen sehr gering. Der Volvo Report 1 [29] befasst sich mit der Analyse von tödlichen Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Lkw. Insgesamt beinhaltet diese Untersuchung nur einen Anteil von 1 % Radfahrerunfälle und keine Fußgängerunfälle. Der Anteil der Rechtsabbiegeunfälle betrug darin 4 %.

Deutsche Arbeiten aus dem Jahr 1977 beziehen sich auf die damals aktuellen Unfallzahlen. Diese weisen, bezogen auf die damalige BRD, für Unfälle mit Beteiligung von Lkw > 3,5 t sowohl bei Fußgängern als auch bei Zweiradfahrern etwa 450 tödlich verletzte Personen pro Jahr aus [21]. Untersuchungen von 18 Lkw/Fußgänger- und 14 Lkw/Radfahrer-Unfällen ergaben, dass je vier Fußgänger und vier Radfahrer von der Front erfasst wurden (je 13 % der Verunglückten). Sieben Fußgänger und Radfahrer (22 %) kollidierten mit der Lkw-Seite. Dass es hier nicht in allen Fällen zum Überrollen kam, liegt daran, dass unmittelbar nach Erstkontakt eine Vollbremsung seitens des Lkw eingeleitet wurde.

Eine Datenauswertung des an der Medizinischen Hochschule Hannover angesiedelten Projektes „Erhebungen am Unfallort“ ergibt für die Jahre 1985 bis 1994, dass die häufigsten Unfallgegner eines Nfz die Pkw (41,2 %) bzw. andere Nutzfahrzeuge (Nfz) (12,7 %) sind, Tabelle 12 [59]. Radfahrer folgen mit 9,1 % an dritter und Fußgänger mit 4,4 % an vierter Stelle. Bei den Radfahrern ist die Frontalkollision in die Seite eines Nfz mit 35,6 % am häufigsten. Die Auswertung beruht auf dem verfügbaren Datenmaterial der gesamten dort vorliegenden Nfz-Unfälle ohne Vorauswahl beispielsweise hinsichtlich des Unfalltyps oder der Ortslage.

Eine Analyse von Lastwagenunfällen im Schweizer Kanton Zürich aus dem Jahr 1990 ergab einen Anteil von 41 % für seitliche Kollisionen des Radfah-

ers am Lkw, Tabelle 13 [51]. Davon waren 27 % im Bereich der in diesem Projekt relevanten rechten Lkw-Seite. 50 % der Radfahrer wurden von der Lkw-Front erfasst (23 % Front linksseitig und 27 % Front rechtsseitig). Bei den Fußgängern ergaben sich für die rechte Lkw-Seite 21 % und für den rechten Teil der Lkw-Front 57 %.

Die unfallauslösende kritische Situation⁴ rechts abbiegender Lkw gegen Radfahrer auf Radweg (Unfalltyp 243, siehe Bild 27) steht nach [56] mit 4,1 % für Nfz ($\geq 7,5$ t) an vierter Stelle der Unfalltypen.

Viele Untersuchungen beschäftigen sich allgemein mit Unfällen zwischen Lkw und Radfahrern/Fußgängern. Die Auswertung der Veröffentlichungen zeigt, dass der Anteil der Rechtsabbiegeunfälle, sofern er überhaupt angegeben ist, mit relativ geringen Zahlen belegt ist (Volvo 4 % [29], OTTE mit 4,1 % [56] für eine spezielle Abbiegesituation). Diese Verkehrssituation ist für den Lkw-Fahrer in der Handhabung sehr problematisch und für den Radfahrer bzw. Fußgänger sehr gefährlich, auch wenn die absoluten Zahlen im Verhältnis zu anderen Unfallsituationen relativ gering ausfallen. Einzelne Untersuchungen wie APPEL 1977 [21] wiesen relativ hohe Zahlen von tödlich verletzten ungeschützten Verkehrsteilnehmern aus, die in einem Unfall mit Beteiligung von Lkw verstarben. Die Diskrepanz zu den auf den aktuellen Zahlen basierenden Abschätzungen ist einerseits auf das damals anders gelagerte Unfallgeschehen mit mehr tödlich

Anprallbereich am Kollisionspartner	Anprallbereich am Nkw			
	Front	Seite	Heck	andere
Pkw (n = 189)				
Front	12,9 %	12,8 %	10,8 %	1,1 %
Seite	23,1 %	14,9 %	0,3 %	-
Heck	19,8 %	1,7 %	-	-
andere	-	1,2 %	-	1,3 %
Nkw (n = 78)				
Front	3,7 %	6,5 %	32,3 %	1,7 %
Seite	5,7 %	0,9 %	4,3 %	0,5 %
Heck	34,5 %	2,8 %	-	1,8 %
andere	1,5 %	0,7 %	1,8 %	1,3 %
Fahrrad (n = 54)				
Front	5,7 %	35,6 %	-	-
Seite	15,5 %	18,3 %	1,2 %	2,5 %
Heck	2,7 %	9,1 %	-	-
andere	1,9 %	4,9 %	-	2,7 %
Fußgänger (n = 34)				
Front	40,7 %	48,8 %	-	10,5 %
Objekt (n = 51)				
Front	30,8 %	37,3 %	-	31,9 %

Tab. 12: Anprallbereiche am Nkw, Quelle: [59]

verletzten Personen in diesem Bereich zurückzuführen. Andererseits beinhalten die dort angegebenen Werte auch Unfälle, die nicht auf die Abbiegesituation zurückzuführen sind.

Neben den reinen Unfallhäufigkeiten sind in der Literatur weitere interessante Aspekte aus dem Themengebiet aufgeführt. In einer holländischen Untersuchung wurden für die Pre-Crash-Phase die Position der Unfallgegner von Lkw und das jeweilige Sichtfeld der Lkw-Fahrer analysiert. In 68 % der untersuchten Fälle befand sich der Fußgänger/Radfahrer zum Zeitpunkt der Wahrnehmung durch den Lastwagenfahrer an einer Position, die nicht durch die gesetzlich definierte minimale Sicht auf Bodenhöhe abgedeckt wird. Ebenfalls wurde erkannt, dass die Verletzungen durch Unfälle mit

⁴ Die unfallauslösende kritische Situation wird auch als Unfalltyp bezeichnet.

Anprallbereich am Kollisionspartner	Anprallbereich am Lkw/Lastzug				
	Front		Seite		Heck
	links	rechts	links	rechts	
Motorrad (n = 22)	36 %	18 %	27 %	0 %	18 %
Mofa (n = 25)	23 %	15 %	4 %	27 %	31 %
Fahrrad (n = 22)	23 %	27 %	14 %	27 %	9 %
Fußgänger (n = 14)	7 %	57 %	0 %	21 %	14 %

Tab. 13: Anzahl Verletzte unterteilt nach Anprallbereichen am Lkw/Lastzug bei Kollisionen mit Motorrädern, Mofas, Fahrrädern und Fußgängern, Quelle: [51]

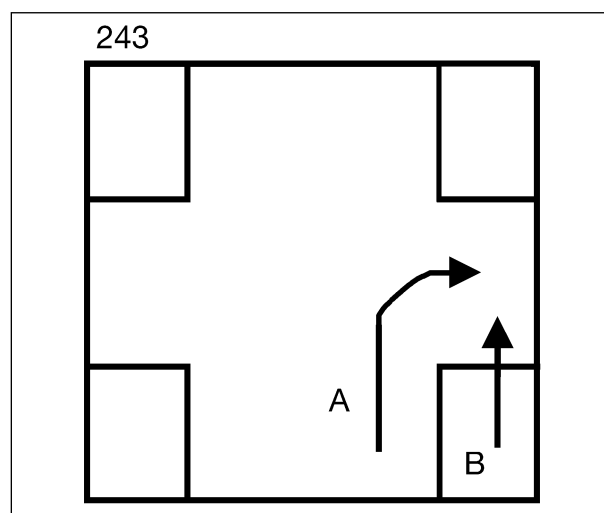


Bild 27: Typische Konfliktsituation für den rechts abbiegenden Lkw (Unfalltyp 243)

rechts abbiegenden Lkw besonders schwer wiegend und oftmals tödlich sind [18].

Ein in [59] angesprochener interessanter Aspekt ist die Bewegung des Radfahrers relativ zum Lkw, Bild 28. In dieser Abbildung ist die Bewegung des Radfahrers innerhalb des Sichtschattenfeldes vor Kollision dargestellt. Die Position des Radfahrers ändert sich zwar relativ zum Fahrerhaus, aber der Radfahrer verbleibt innerhalb des Sichtschattens.

Aus der Analyse der Statistiken und der Literatur ergibt sich ein relativ geringer Anteil von UPS, der aus der Konfliktsituation zwischen rechts abbiegendem Lkw und Radfahrer bzw. Fußgänger entsteht. Basierend auf den Zahlen aus 2002 ergibt sich über die in Bild 26 dargestellte Abschätzung die Größenordnung 110 bis 135 UPS inklusive etwa zehn tödlich endender Unfälle. Diese bis zu 135 Unfälle sind nur ein kleiner Teil der 4.500 Innerorts-UPS (3 %) zwischen Güterkraftfahrzeugen und Radfahrern/Fußgängern. Diese 4.500 Innerorts-Gkfz-Unfälle bilden ihrerseits lediglich 2,2 % von allen innerorts im Jahr 2002 vorgekommenen 233.865 UPS ab.

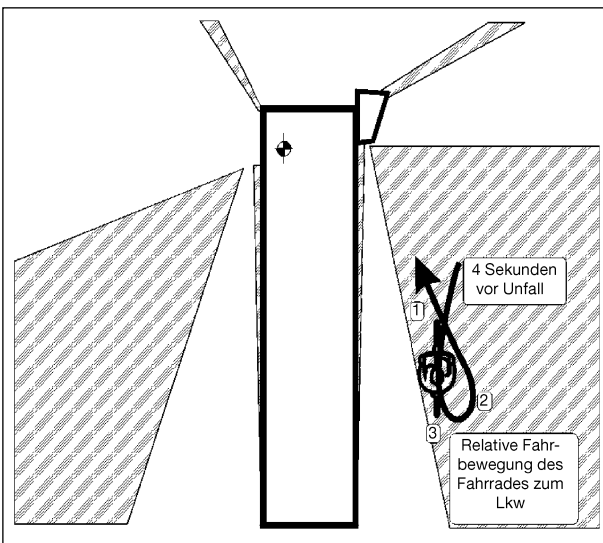


Bild 28: Prinzipielle Relativbewegung des unfallbeteiligten Radfahrers in Relation zum Lkw, Quelle: [59]

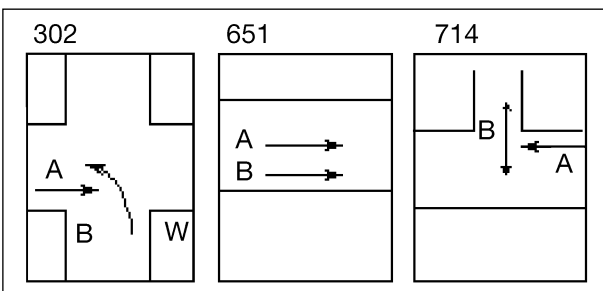


Bild 29: Beispiele von nicht zur Kategorie Rechtsabbieger gehörenden typischen kritischen Verkehrssituationen zwischen Lkw und Radfahrer

Die Diskrepanz dieser abgeschätzten Größenordnung der Unfälle von rechts abbiegenden Lkw gegen ungeschützte Verkehrsteilnehmer zu den möglicherweise höher erwarteten Unfallzahlen ist bedingt durch die zahlreichen weiteren Unfalltypen. Dazu gehören beispielsweise das Überholen des Radfahrers durch den Lkw, das Abbiegen nach links und die reinen Kollisionen mit querendem Verkehr (ohne Abbiegeabsicht), Bild 29.

In den Veröffentlichungen zum Themengebiet finden sich Zahlen von bis zu 4 % für den Anteil der Unfälle zwischen Lkw und Radfahrern/Fußgängern an allen Unfällen mit Beteiligung von Lkw. Diese Angaben in der Literatur sind allerdings nicht exakt auf die Situation des rechts abbiegenden Lkw zurückzuführen. Deshalb sind die angegebenen Unfallzahlen nach kritischer Würdigung eher nach unten zu reduzieren. Bemerkenswerter Teilaspekt ist die Tatsache, dass unterschiedliche Quellen unabhängig voneinander den ungeschützten Verkehrsteilnehmer vor dem Unfall im Sichtschatten sehen. Das heißt, der Lkw-Fahrer kann den späteren Unfallkontrahenten vorher nicht bemerken. Diese Probleme mit dem Sichtfeld bemängeln die Lkw-Fahrer seit langem. Eine diesbezügliche Veröffentlichung [45] stammt aus dem Jahr 1986.

4.2 Unfallauswertung

Für die detaillierte Auswertung von realen Unfällen im Rahmen dieses Projektes wurde ein spezieller Erhebungsbogen konzipiert, der die besonderen Probleme im Bereich Rechtsabbiegen berücksichtigt. Dieser Bogen besteht aus den Komponenten „Allgemeiner Bogen“, „Infrastruktur für Lkw“, „Infrastruktur für Fußgänger/Radfahrer“, „Lkw-Bogen“, „Anhängerbogen“, „Fahrradbogen“, „Fußgänger/Radfahrer-Bogen“, „Verletzungsbogen“ und dem „Unfallablaufbogen“, Bild 30. Analog zu diesem Bogen erfolgte der Aufbau einer Datenbank. Neben

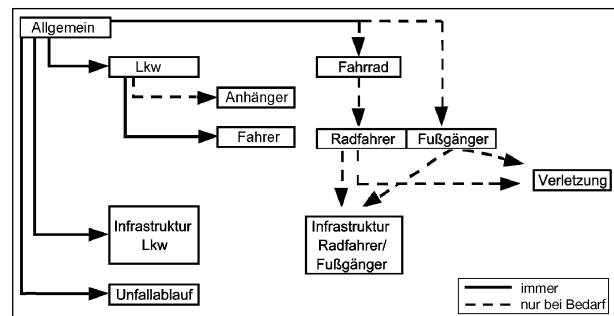


Bild 30: Struktur des Erhebungsbogens und der zugehörigen Datenbank

den reinen alphanumerisch codierten Informationen standen für die Untersuchung der Unfälle auch Fotos und Skizzen zur Verfügung. Gerade die Fotos erwiesen sich als sehr gute Ergänzung zu den Daten der Datenbank. Die untersuchten 90 Unfälle stammen je zu Hälfte aus dem Fundus der DEKRA Automobil GmbH und aus dem Datenpool des Projektes „Erhebungen am Unfallort“ der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH).

4.2.1 Allgemeine Unfalldaten

Die bei DEKRA erhobenen Fälle ereigneten sich vorwiegend in der zweiten Hälfte der 90er Jahre. Die Unfälle der MHH stammen vorwiegend aus dem Zeitraum von 1985 bis 1995. Hinsichtlich der Unfallmonate tritt der Mai besonders hervor, Bild 31. Die abbiegenden Lkw verunfallten ausschließlich im Zeitraum zwischen 6 Uhr am Morgen und 18 Uhr am Abend (Bild 32), fast ausschließlich bei Tageslicht (Bild 33) und fast immer (bis auf drei Ausnahmen) unter trockenen Witterungsbedingungen, Bild 34. Die analysierten Unfälle ereigneten sich während der Werktagen von Montag bis Samstag, Bild 35. Bei mehr als 40 % der untersuchten Unfälle verstarb eine Person während bzw. nach dem Unfall, Bild 36, wobei der weitaus größere Teil die-

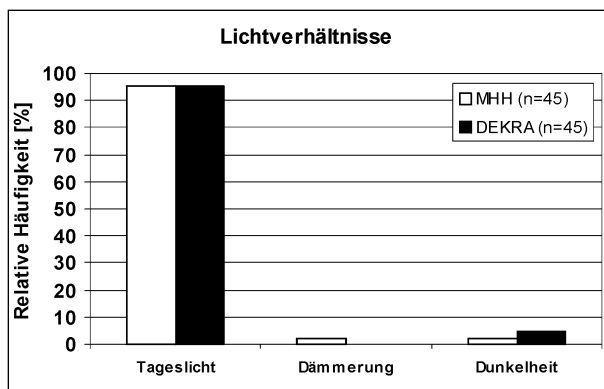


Bild 33: Lichtverhältnisse der untersuchten Unfälle mit rechts abbiegenden Lkw

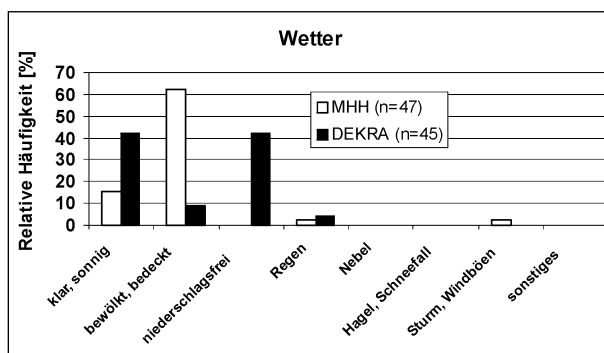


Bild 34: Witterungsbedingungen der untersuchten Unfälle mit rechts abbiegenden Lkw

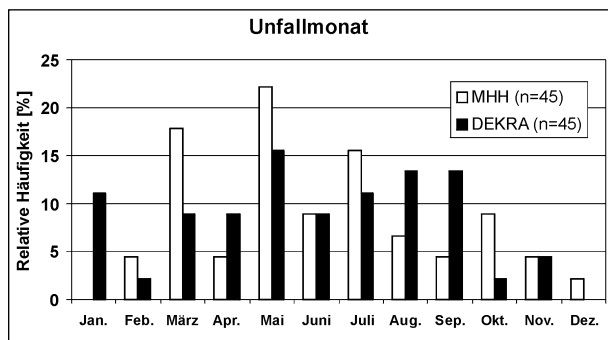


Bild 31: Unfallmonate der untersuchten Unfälle mit rechts abbiegenden Lkw

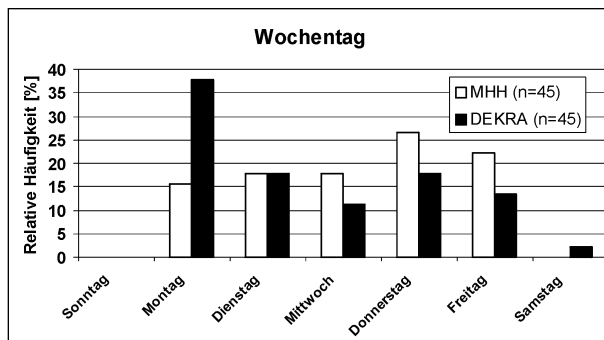


Bild 35: Wochentage der untersuchten Unfälle mit rechts abbiegenden Lkw

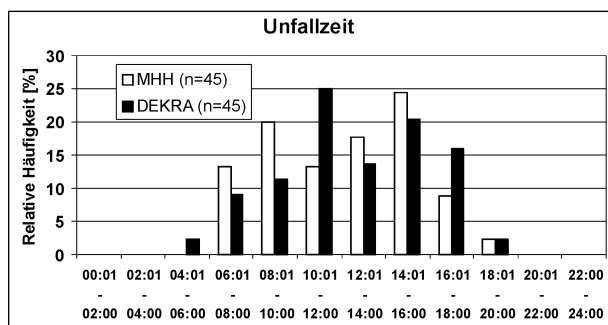


Bild 32: Unfallzeiten der untersuchten Unfälle mit rechts abbiegenden Lkw

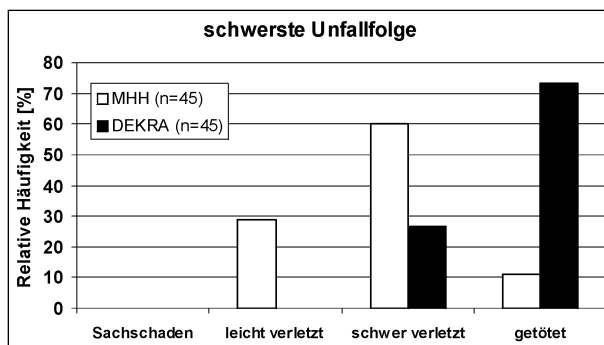


Bild 36: Schwerste Unfallfolge bei den untersuchten Unfällen mit rechts abbiegenden Lkw

ser Unfälle mit tödlich verletzten Personen aus dem DEKRA-Pool stammt.

Eine mögliche Erklärung für die im Mai verstärkt festgestellten Unfälle ist die üblicherweise ab Mai einsetzende bessere Witterung. Damit verbunden ist eine erhöhte Neigung, das Fahrrad zu nutzen.

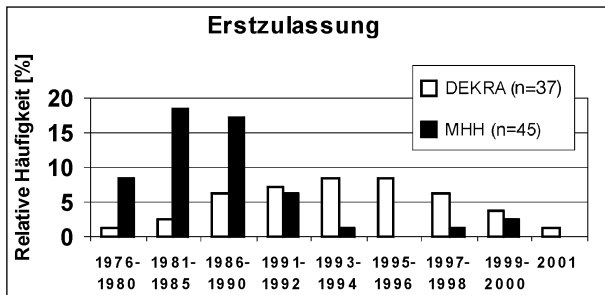


Bild 37: Erstzulassung der an Unfällen beteiligten Lkw

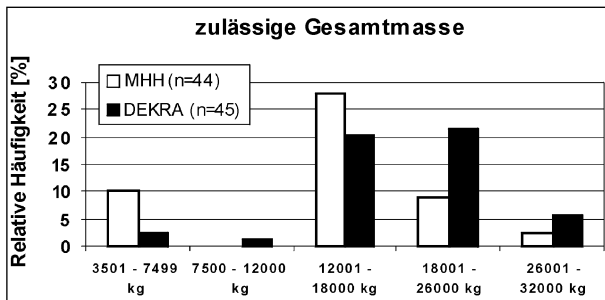


Bild 38: Zulässige Gesamtmasse der an Unfällen beteiligten Lkw (Zugfahrzeug)

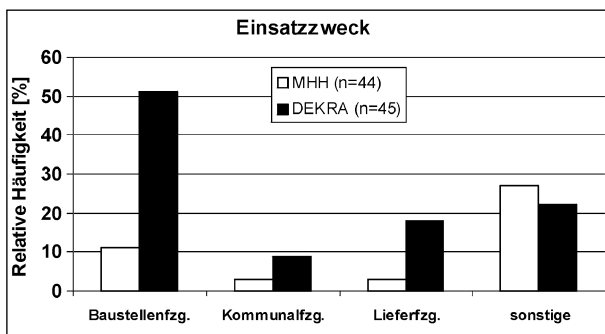


Bild 39: Fahrzeugarten der an Unfällen beteiligten Lkw

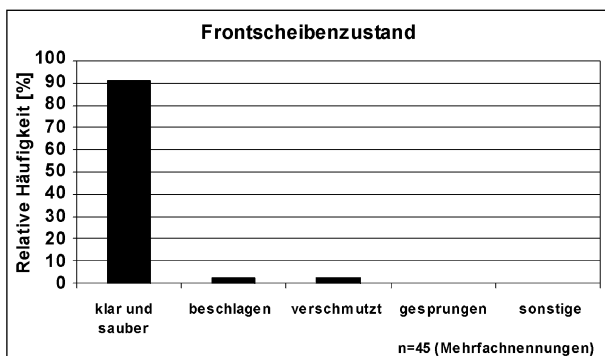


Bild 40: Frontscheibenzustand der an Unfällen beteiligten Lkw (nur DEKRA-Fälle)

Der Radfahrer ist nach der Winterpause mit den Situationen im Straßenverkehr nicht mehr so vertraut und die anderen Verkehrsteilnehmer sind dann auch nicht unbedingt auf den vermehrten Radverkehr eingestellt.

Die Häufung der Unfallzeiten zwischen 6 Uhr und 18 Uhr lässt sich auf den überwiegenden Einsatz der Lkw im innerstädtischen Bereich während der üblichen Arbeitszeiten zurückführen. Gleichzeitig sind auch die Radfahrer und Fußgänger hauptsächlich zu diesen Zeiten anzutreffen. Damit entspricht diese Häufung der Abbiegeunfälle der Wahrscheinlichkeit, mit der die beiden Verkehrsteilnehmergruppen aufeinander treffen.

4.2.2 Unfallbeteiligte Lkw

Die in die Unfälle verwickelten Lkw hätten entsprechend ihrer Erstzulassung alle mit einem Seitenschutz ausgerüstet sein müssen, Bild 37. Alle Lkw mit Erstzulassungsdatum 01.01.1975 und jünger waren bereits ab Werk mit einem Seitenschutz ausgerüstet oder sie wurden nachgerüstet. Lediglich ein ausländischer Sattelanhänger aus dem Nicht-EU-Raum wies keinen Seitenschutz auf.

Die beiden leichtesten Lkw in dieser Untersuchung hatten eine zulässige Gesamtmasse von 7.490 kg, bei den fünf schwersten lag sie bei 32.000 kg, Bild 38. Die übrigen Fahrzeuge häuften sich entsprechend den maximal zulässigen Massen bei 18.000 kg bzw. bei 26.000 kg. Auffällig war der hohe Anteil von Baustellenfahrzeugen bei den untersuchten Unfällen, Bild 39. Sowohl die Front- als auch die Seitenscheiben waren bei 90 % der Fahrzeuge in einem sauberen Zustand, Bilder 40, 41.

Für Fußgänger und Radfahrer ist in diesem Zusammenhang weniger die reine Gesamtmasse als vielmehr die Zahl der Fahrzeugachsen von Bedeutung.

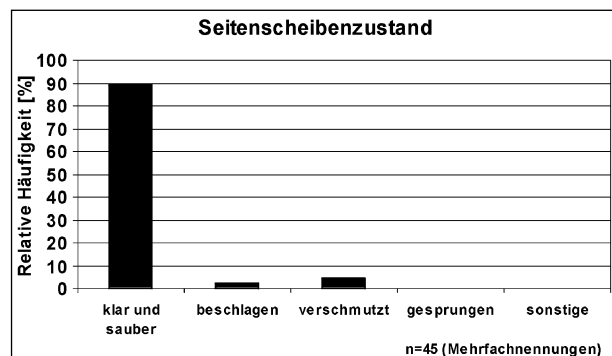


Bild 41: Seitenscheibenzustand der an Unfällen beteiligten Lkw (nur DEKRA-Fälle)

Jede einzelne dieser Achsen erhöht das Risiko für den ungeschützten Verkehrsteilnehmer, überrollt zu werden. Darum beinhaltet ein zweiachsiger Lkw mit einer zul. Gesamtmasse von 18.000 kg konstruktionsbedingt ein geringeres Risiko für das Überrollen eines anderen Verkehrsteilnehmers als ein vierachsiger Lkw mit 32.000 kg.

4.2.3 Beteiligte Radfahrer und Fußgänger

Die in die untersuchten Unfälle verwickelten ungeschützten Verkehrsteilnehmer waren zum großen Teil Radfahrer (78 von 90, Bild 42) und stammen aus allen Altersklassen, Bild 43. Das weibliche Geschlecht ist bei den Fußgängern/Radfahrern deutlich häufiger (> 60 %) als das männliche vertreten, Bild 44. Diese Verteilung von etwa 1 : 2 (Männer :

Frauen) entspricht nicht der in der amtlichen Statistik ausgewiesenen Verteilung für Radfahrer (etwa 2 : 1).

4.3 Unfallsituationen

Für den Abbiegevorgang nach rechts gibt es entsprechend dem dreistelligen Unfalltypenkatalog [17] zwölf mögliche unfallauslösende kritische Situationen, Bild 45. Die Zahl der möglichen Konfliktsituationen mit einem Radfahrer (232, 243, 244, 252, 285) oder einem Fußgänger (241, 242, 284, 455, 483, 484) ist etwa gleich groß. Radfahrer können sich auf dem gleichen Fahrweg bewegen wie der Lkw, sie können aber auch auf einem separaten Fahrweg (Radweg) fahren. Grundsätzlich kann

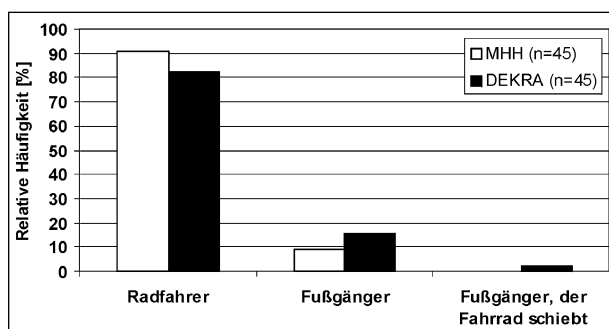


Bild 42: Unfallbeteiligte ungeschützte Verkehrsteilnehmer bei den Abbiegeunfällen

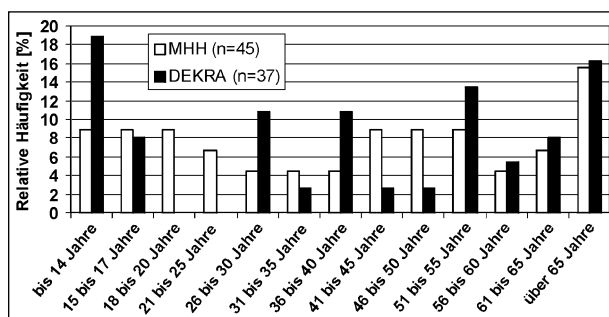


Bild 43: Alter der beteiligten Fußgänger und Radfahrer

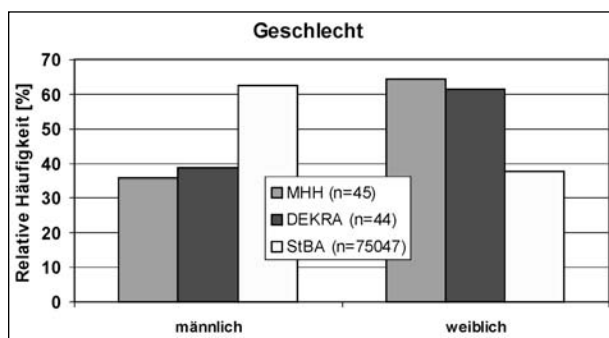


Bild 44: Geschlecht der beteiligten Fußgänger und Radfahrer

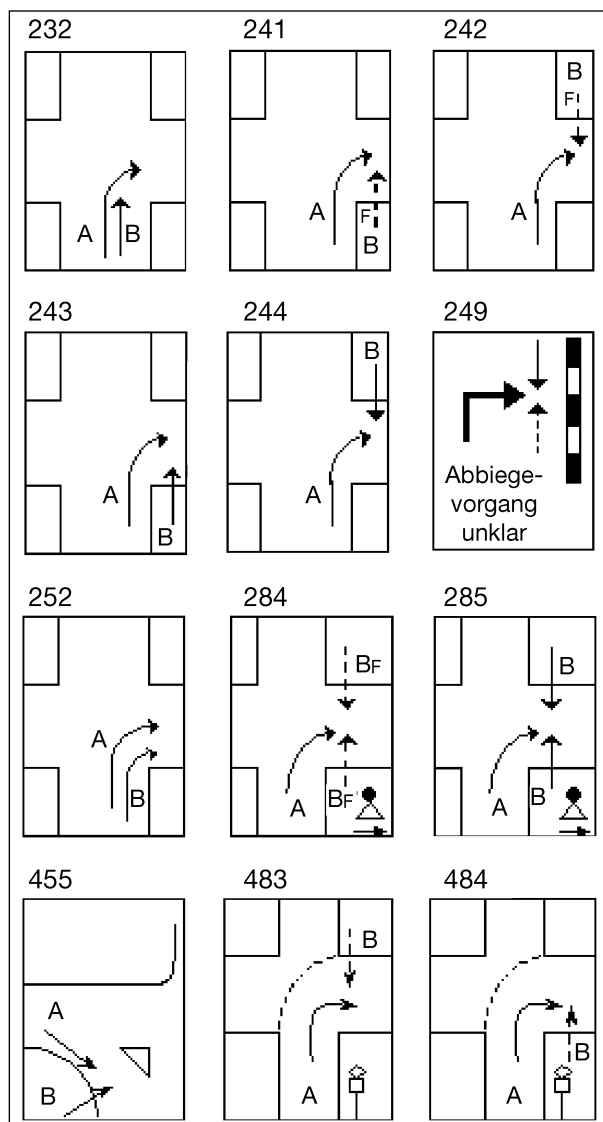


Bild 45: Prinzipielle Unfalltypen bei rechts abbiegenden Lkw gegenüber Fußgängern/Radfahrern aus dem dreistelligen Unfalltypenkatalog [17]

sich der Lkw vor der Kollision in der gleichen Richtung bewegen wie der Radfahrer bzw. Fußgänger (232, 241, 243, 252, 455, 484) oder der Radfahrer/Fußgänger kommt dem Lkw entgegen (242, 244, 483).

Am häufigsten lag bei den untersuchten Unfällen ein Konflikt zwischen dem rechts abbiegenden Lkw und dem auf einem separaten Verkehrsweg rechts der Fahrbahn in gleicher Richtung fahrenden Radfahrer vor (Unfalltyp 243). Dieser Konflikt kam in 80 % der Fälle bei der MHH bzw. 62 % bei DEKRA vor, Bild 46. Bei den insgesamt untersuchten 90

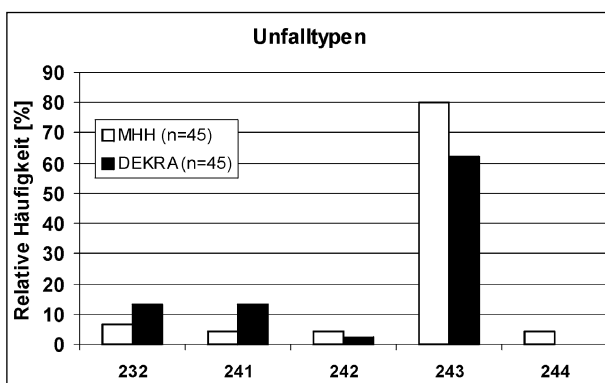


Bild 46: Häufigste aufgetretene Unfalltypen

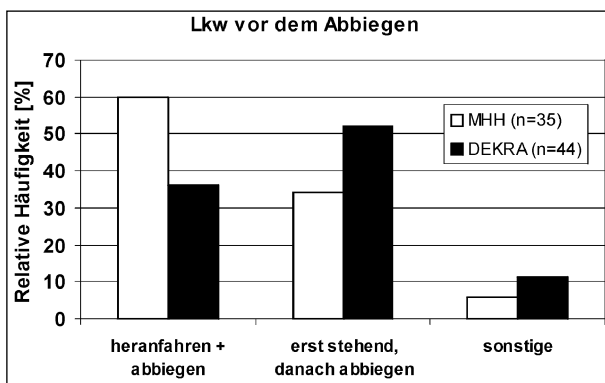


Bild 47: Bewegungsverhalten der unfallbeteiligten Lkw vor Abbiegebeginn

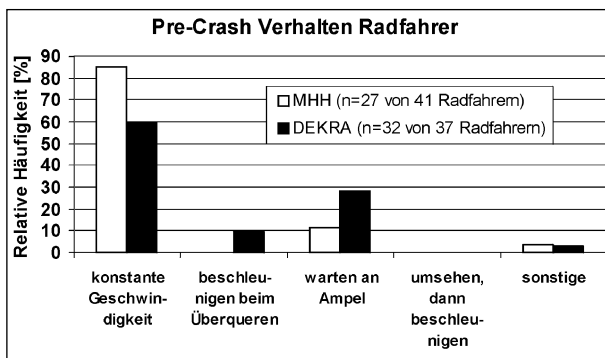


Bild 48: Bewegungsverhalten der Radfahrer vor Kollision bei Abbiegebeginn des Lkw

Unfällen ergab sich ein Anteil von 71 % allein für den Typ 243. Die entsprechende Situation mit einem auf der gleichen Fahrbahn fahrenden Radfahrer (Typ 232) kam deutlich seltener vor. Entsprechend ihrem geringen Anteil von Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern im untersuchten Unfallkollektiv sind die Unfalltypen 241 und 242 nur gering vertreten. Die in Bild 46 nicht aufgeführten Unfalltypen waren im Rahmen dieser Untersuchung von untergeordneter Bedeutung.

Die Häufung des Unfalltyps 243 hängt mit unterschiedlichen Faktoren zusammen. Die Situation mit sich in gleicher Richtung bewegenden Fahrrad/Fußgänger und Lkw ist deutlich konfliktträchtiger als bei den gegenläufigen Bewegungen wie in den Typen 242, 244 und 483. Lkw-Fahrer und ungeschützter Verkehrsteilnehmer können sich bei gegenläufiger Bewegungsrichtung unproblematisch wahrnehmen und die geplante Bewegungsrichtung erkennen. Die vor den Knotenpunkt vorverlagerte Abbiegesituation (Typ 455) und die abknickende Vorfahrt (Typ 484) sind im deutschen Straßenbild eher selten vorzufinden. Benutzen Radfahrer und Lkw den gleichen Fahrweg (Typ 232 und 252), ist im Vergleich zu getrennten Fahrwegen eine gegenseitige höhere Aufmerksamkeit auch außerhalb der Knotenpunktsbereiche gegeben.

Etwa die Hälfte (52 %) der untersuchten rechts abbiegenden Lkw stand vor Abbiegebeginn, um dann aus dem Stand zu beschleunigen und den Abbiegevorgang einzuleiten, Bild 47. Rund 39 % davon standen an einer Ampel, der Rest musste verkehrsbedingt anhalten. Die Radfahrer fuhren zum größten Teil mit konstanter Geschwindigkeit vor der Kollision, Bild 48. Für die Fußgänger wurde das Gleiche festgestellt, Bild 49.

Der größte Teil der rechts abbiegenden Lkw (83 %) kollidiert mit dem Fußgänger oder Radfahrer nach

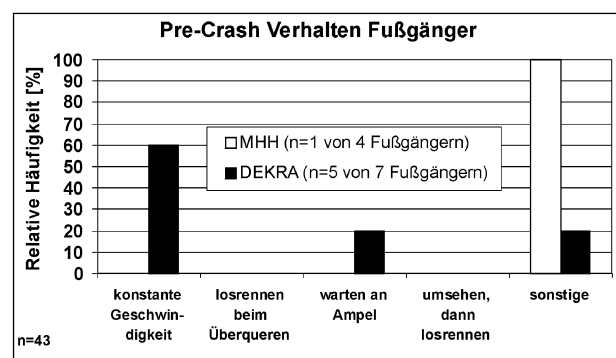


Bild 49: Bewegungsverhalten der Fußgänger vor Kollision bei Abbiegebeginn des Lkw

einer Fahrstrecke von bis zu 15 m nach dem Abbiegebeginn, Bild 50 (Abbiegebeginn = Beginn der Lenkraddrehung).

Die Kollisionsgeschwindigkeiten der rechts abbiegenden Lkw sind situationsbedingt relativ gering, Bild 51. Rund 87 % der Lkw kollidieren mit Geschwindigkeiten von bis zu 20 km/h. Die Kollisionsgeschwindigkeiten der Radfahrer bewegen sich im ähnlichen Geschwindigkeitsspektrum, Bild 52.

Die untersuchten Unfälle beinhalten eine Mehrzahl von überrollten Fußgängern bzw. Radfahrern (62 %), Bild 53. Der Erstanstoß der Radfahrer/Fußgänger fand im Wesentlichen im Bereich der vorderen rechten Fahrzeugecke statt (57 %), Bild 54. Hierzu zählen der rechte Teil der Front, die Frontecke rechts und die rechte Seite vor der Vorderachse. Im Bereich des Seitenschutzes (SS) kollidierten lediglich 7 % der Fußgänger und Radfahrer das erste Mal mit dem Lkw. Die Erstkollision ist lediglich der Primärkontakt zwischen Fußgänger/Radfahrer und dem Lkw. Gewöhnlich folgen ein Sturz und ein oder mehrere weitere Kontakte. Von besonderem Interesse ist der Bereich am Fahrzeug, in dem der Fußgänger/Radfahrer unter den Lkw gerät. Abhängig vom Bereich des Erstanstoßes erfolgt ein anschließendes Überrollen. Der hohe Anteil der

Erstkontakte vorn rechts führte zu einer Änderung der primären Zielrichtung des Projektes.

Bei den untersuchten Unfällen gerieten die Personen nicht zwangsläufig dort unter den Lkw, wo sich der Erstanstoß ereignete. Je nach spezifischer An-

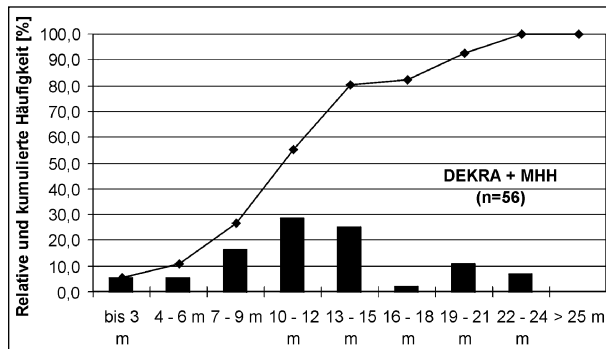


Bild 50: Vom Lkw befahrene Wegstrecke ab Abbiegebeginn bis Kollisionspunkt

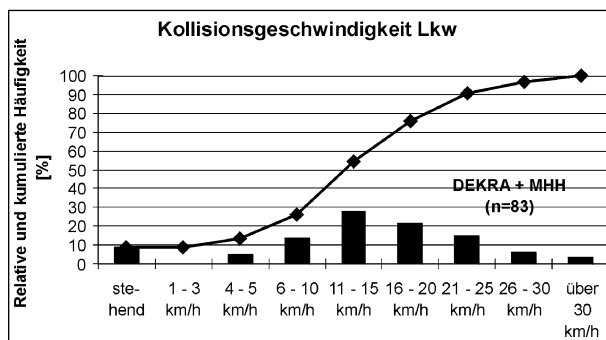


Bild 51: Kollisionsgeschwindigkeit des rechts abbiegenden Lkw

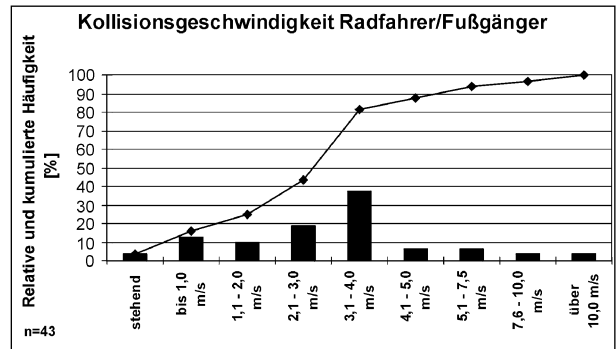


Bild 52: Kollisionsgeschwindigkeit des Radfahrers/Fußgängers

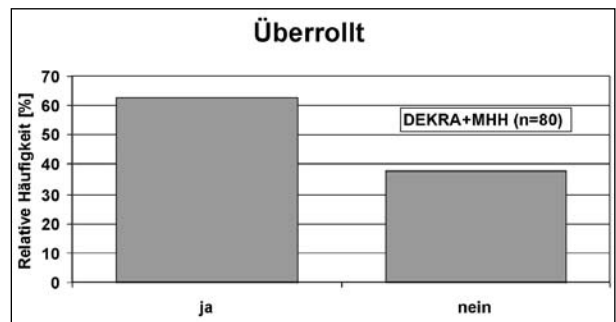


Bild 53: Überrollen des Radfahrers/Fußgängers

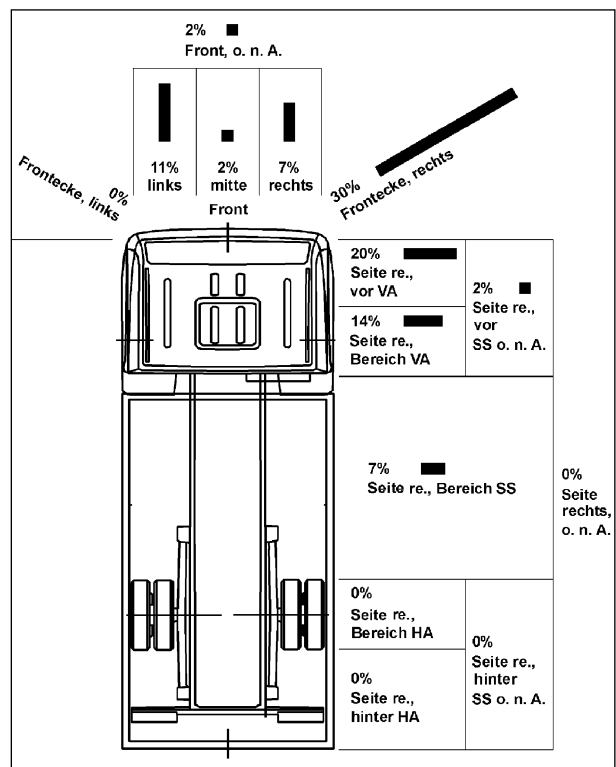


Bild 54: Bereich des Erstanstoßes am rechts abbiegenden Lkw

stoßkonstellation kommt der zu Fall gebrachte Verkehrsteilnehmer erst später unter den Lkw, Bild 55. Bei den untersuchten Unfällen gerieten 59 % der Lkw-Gegner noch vor der Vorderachse unter den Lkw. Weitere 23 % geraten im unmittelbaren Bereich der Vorderachse unter das Fahrzeug.

Der Erstanstoßbereich deckt sich mit dem Bereich, in dem der Fußgänger/Radfahrer unter den Lkw kommt, wenn er im Bereich der Lkw-Front erfasst wird bzw. durch einen Anstoß an der rechten Fahrzeughecke nicht abgewiesen wird, sondern vor das Fahrzeug gerät.

Erfolgt der Erstanstoß seitlich oder kommt es zu einem Abweisen, hängt der weitere Ablauf von dem Winkel zwischen den Fahrzeugen bzw. der ge-

stürzten Person ab. Ein schmalere Kollisionswinkel führt eher dazu, dass zwischen dem Radfahrer und dem Lkw durch den Sturz eine größere Distanz entsteht. Ein Überrollen ist dann weniger wahrscheinlich. Bei größer werdenden Kollisionswinkeln besteht in zunehmendem Maße die Gefahr, dass der Radfahrer überrollt wird, weil er dichter neben den Lkw stürzt. Für Fußgänger lässt sich ein solcher Zusammenhang nicht ableiten, da deren Reaktion eine entscheidende Rolle spielt. Dabei sind eventuelle Abwehr- oder Fluchtreaktionen von besonderer Bedeutung.

Der hohe Anteil von ungeschützten Verkehrsteilnehmern, die bereits vor der Vorderachse bzw. im Bereich der Vorderachse unter den Lkw geraten, führte zu einer deutlichen Änderung der Projektzielrichtung. Ursprünglich war eine tiefer gehende Untersuchung zum Seitenschutz vorgesehen. Nach dem Überdenken der genannten Ergebnisse wurde dies zugunsten vertiefter Betrachtungen im Bereich aktive Sicherheit (Unfallvermeidung) zurückgestellt.

Der Lkw wird nicht direkt nach der Kollision zum Stehen gebracht. Der Abstand zwischen Kollisionspunkt und Endstellung liegt im Mittel zwischen 10 und 15 m, Bild 56. Die Lkw-Fahrer haben das Unfallereignis zum Teil erst beim Überrollen des Gegners wahrgenommen, in weiteren Fällen wurden sie erst durch andere Verkehrsteilnehmer auf den Unfall aufmerksam gemacht.

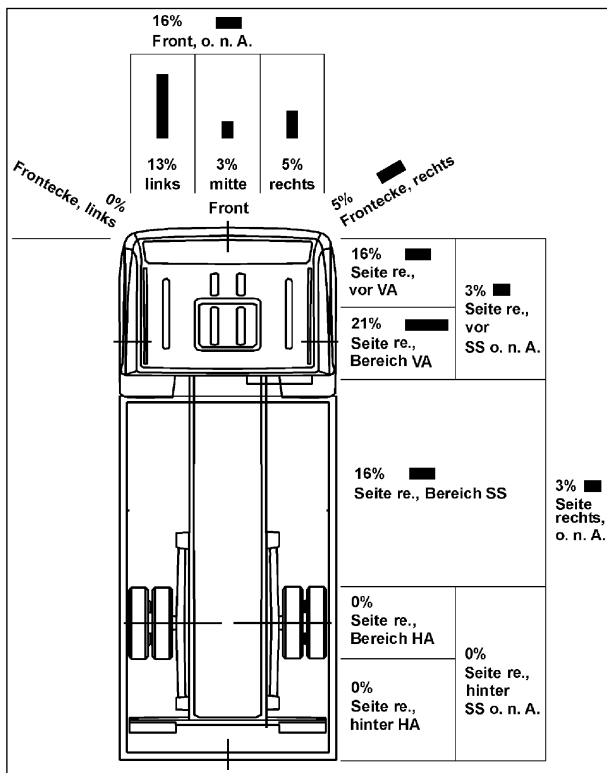


Bild 55: Bereich, in dem der Fußgänger/Radfahrer unter den rechts abbiegenden Lkw geriet

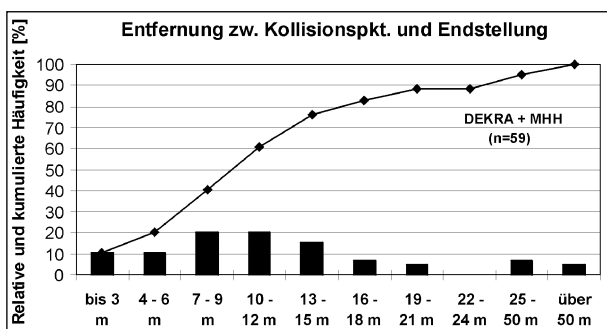


Bild 56: Entfernung zwischen Kollisionspunkt und Endstellung rechts abbiegender Lkw

4.4 Typische Unfallszenarien beim Rechtsabbiegen

Bei der Auswertung der Unfalldaten ergeben sich grundsätzlich zwei unterschiedliche Unfallabläufe für das Szenarium des rechts abbiegenden Lkw gegen Radfahrer. Für die Fußgängerunfälle war kein auffälliges Szenarium zu erkennen. Bei dem ersten Szenarium für die Lkw-Radfahrerunfälle hält der Lkw direkt vor dem Abbiegevorgang an. In dem zweiten Szenarium wird der Abbiegevorgang ohne Anhalten durchgeführt (siehe auch Bild 47).

4.4.1 Unfallszenarium 1 – Abbiegen mit Anhalten

Der Lkw-Fahrer muss sein Fahrzeug entweder verkehrsbedingt oder aufgrund einer entsprechenden Vorfahrtsregelung (z. B. Rotlicht bei einer Ampel) anhalten. Nach der Freigabe wird das Fahrzeug beschleunigt und der Abbiegevorgang eingeleitet, Bild 57. In der Zwischenzeit nähert sich der Rad-

fahrer auf seiner Fahrspur von hinten kommend. Das Fahrrad befand sich vorher noch nicht neben dem Lkw. Der Radfahrer fährt rechts an dem stehenden Lkw vorbei, während dieser wieder anfährt.

Der Unfalltyp 232 (Bild 45) ist zwar insgesamt nur in geringem Maße im Untersuchungskollektiv enthalten (10 %), kommt aber fast ausschließlich in Verbindung mit dem vor dem Unfall anhaltenden Lkw vor. Hier benutzen Lkw und Radfahrer den gleichen Fahrweg. Dieser Unfalltyp entspricht auch der vom Gesetzgeber in § 5 Abs. 8 der StVO zugelassenen Situation des erlaubten Vorbeifahrens rechts am stehenden Lkw.

Auffällig in diesem Szenarium ist der hohe Anteil der Baustellenfahrzeuge (69 %) an den Unfällen. Nahezu 60 % der Unfälle beinhalten einen Anstoßwinkel zwischen 0° und 30°. Das heißt, die Kollision erfolgt für den Lkw relativ früh nach Abbiegebeginn. Dabei hatten 55 % der Radfahrer eine Erstkollision im Bereich der rechten Frontecke und 36 % gerieten bereits dort unter den Lkw. In dieser Situation erlitten mehr als 50 % der Radfahrer tödliche Verletzungen, Tabelle 14.

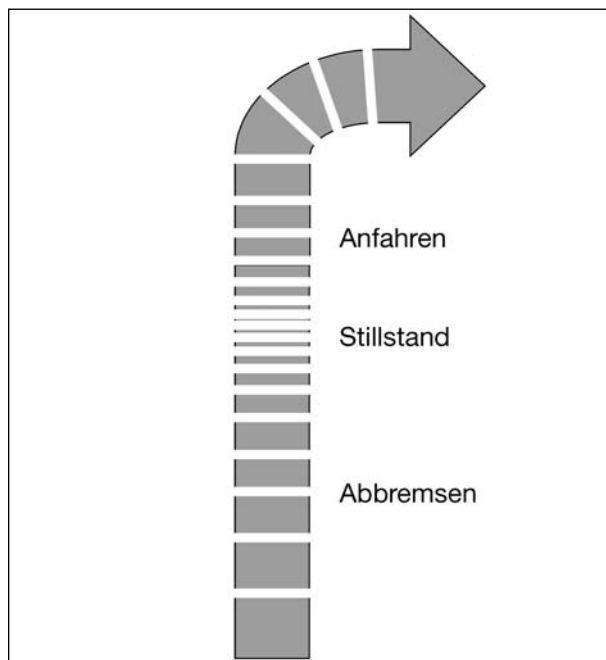


Bild 57: Geschwindigkeitsprofil des Lkw beim Abbiegen mit Anhalten

	leicht verletzt	schwer verletzt	getötet	Summe
Anzahl	2	13	16	31
[%]	6,5	41,9	51,6	100,0

Tab. 14: Verletzungsschwere der Radfahrer für vor dem Abbiegevorgang anhaltende Lkw, Quelle: DEKRA- + MHH-Daten, jeweils Daten mehrerer Jahre

4.4.2 Unfallszenarium 2 – Abbiegen ohne Anhalten

In dieser Situation biegt der Lkw ab, ohne anzuhalten. Das Fahrzeug wird von dem Fahrer an die Kreuzung herangeführt. Kurz vor der Kreuzung verringert der Fahrer die Geschwindigkeit des Lkw, um mit einer zum geplanten Vorgang passenden Geschwindigkeit abzubiegen, Bild 58. Der Radfahrer bewegt sich parallel zum Lkw in gleicher Richtung zeitgleich auf einem Radweg mit einer ähnlichen Geschwindigkeit auf die spätere Unfallstelle zu. Dabei befindet sich der Radfahrer entsprechend dem in Bild 28 aufgezeigten grundsätzlichen Verlauf im Sichtschatten rechts neben dem Lkw. In diesem Szenarium sind Baustellen-Fahrzeuge in knapp 30 % der Fälle beteiligt. Der Anteil der Anstoßwinkel im Bereich zwischen 0° und 30° liegt bei 36 %. Das heißt, der Anstoß findet im Mittel für den Lkw im Vergleich zum Unfallszenarium 1 später nach Abbiegebeginn statt. Fast 60 % der Radfahrer haben Erstkontakt im Bereich der rechten Frontecke, aber lediglich 9,5 % geraten auch bereits hier unter das Fahrzeug. In dieser Situation erleiden

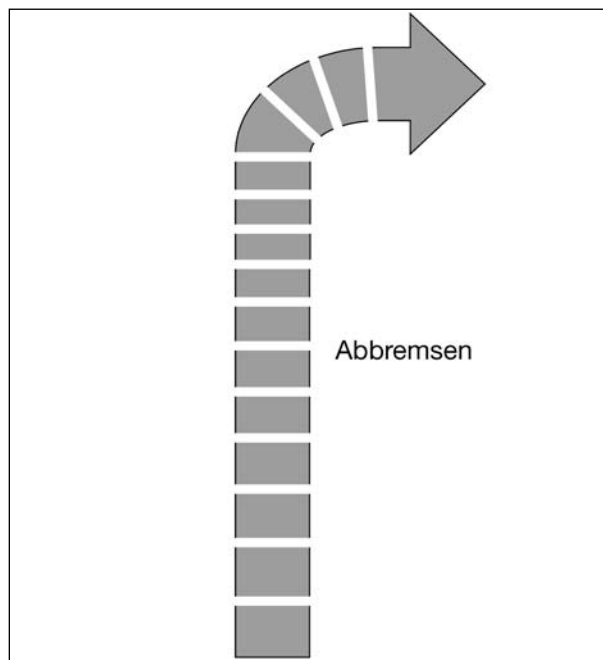


Bild 58: Geschwindigkeitsprofil des Lkw beim Abbiegen ohne Anhalten

	leicht verletzt	schwer verletzt	getötet	Summe
Anzahl	7	17	11	35
[%]	20,0	48,6	31,4	100,0

Tab. 15: Verletzungsschwere der Radfahrer für vor dem Abbiegevorgang nicht anhaltende Lkw, Quelle: DEKRA- + MHH-Daten, jeweils Daten mehrerer Jahre

mehr als 30 % der Radfahrer tödliche Verletzungen, Tabelle 15.

4.4.3 Vergleich der Szenarien

Das Szenarium 1 beinhaltet die schwerer wiegenden Folgen für den Radfahrer. Der Anteil der tödlich verletzten Radfahrer beträgt hier 51,6 %, während im Szenarium 2 lediglich 31,4 % tödliche Verletzungen erleiden. Die Verteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten waren in beiden betrachteten Szenarien etwa gleich. Auffällig ist der deutlich höhere Anteil der Baustellenfahrzeuge in dem Szenarium 1 mit Anhalten. Gerade in dieser Situation treten die konstruktionsbedingten Nachteile der Baustellenfahrzeuge besonders hervor (größere Bodenfreiheit und damit verbundene größere Sichtschatten).

5 Einflussfaktoren beim Rechtsabbiegen und Lösungsansätze

Die vorstehenden Kapitel verdeutlichen, dass die Problematik des Rechtsabbiegens aus einer Summe einzelner Einflussfaktoren besteht. Diese Faktoren erfordern bei der Ableitung von Lösungsstrategien eine ganzheitliche Betrachtungsweise der zugehörigen relevanten Szenarien. Dazu ist die Aufschlüsselung der zur Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern führenden Faktoren erforderlich.

5.1 Fahrer

Teilweise können für den Fahrer eines Fahrzeuges unterschiedliche Verkehrsverhältnisse des gewohnten heimatlichen Verkehrsraums und des aktuell befahrenen Verkehrsraums Probleme erzeugen, die zu Unfällen führen können. Die jeweiligen im Tagesablauf wechselnden Anteile der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen unterliegen neben den jahreszeitlich und witterungsbedingten auch besonderen regionalen Einflüssen. In manchen Gegenden ist beispielsweise der Anteil an Fahrradfahrern am Individualverkehr sehr hoch, während in anderen Gegenden nahezu keine Radfahrer anzutreffen sind. Dies hängt von der Bevölkerungsstruktur und den geografischen Gegebenheiten ab. Auch die kommunale Verkehrswegeplanung spielt hier eine Rolle. Beim Fußgängeranteil verhält es sich ähnlich. Wird nun ein Kraftfahrzeugfahrer in seiner gewohnten heimatlichen Umgebung nur

sehr selten mit Radfahrern und Fußgängern konfrontiert, so rechnet er auch in fremden Verkehrsräumen nicht mit deren Auftreten, obwohl ihm die Problemsituation grundsätzlich bekannt ist. Gleichzeitig rechnen aber auch die Radfahrer und Fußgänger mit dem für sie gewohnten Verhalten der Kraftfahrzeugfahrer. Folge hiervon ist ein erhöhtes Unfallrisiko. Die gewohnten Verhaltensmuster der Verkehrsteilnehmer und der damit verbundene Erwartungszustand haben also einen erheblichen Einfluss auf die Bewegung im Straßenverkehr und die damit verbundenen Unfallrisiken.

5.2 Fahrzeug

Das Risiko für ungeschützte Verkehrsteilnehmer durch rechts abbiegende Lkw resultiert bei Betrachtung des Faktors Fahrzeug primär aus der oftmals unzureichenden Sicht des Lkw-Fahrers. Die erhöhte Sitzposition wirkt sich im fließenden Verkehr sehr positiv aus, da die große Sichtweite und das Hinwegschaun über andere Verkehrsteilnehmer eine vorausschauende Fahrweise mit frühzeitiger Gefahrenerkennung ermöglichen. Gerade im Nahbereich erweist sich dieser Vorzug aber als eklatanter Nachteil. Durch die hohe Sichtkante sind Objekte in unmittelbarer Nähe zum Fahrzeug gar nicht oder nur eingeschränkt zu erkennen. Besonders betroffen sind hiervon Fußgänger und Radfahrer, die wegen ihrer vergleichsweise kleinen und unauffälligen Silhouette schnell im Sichtschatten verschwinden.

Auch der Einsatz von Spiegeln kann dieses Problem nicht vollständig lösen. Der Informationsgehalt mehrerer Spiegel ist nur dann „auszulesen“, wenn in der zeitlichen Abfolge ein Spiegel nach dem anderen fokussiert wird. Gleichzeitig bewegen sich aber der betroffene Fahrer und das von ihm geführte Fahrzeug weiter. Daraus ergibt sich ein Zielkonflikt, der nur durch Anhalten oder andere Maßnahmen lösbar wäre. Das Anhalten behindert aber einerseits den Verkehrsfluss und suggeriert andererseits den ungeschützten Verkehrsteilnehmern ein falsches Signal: Der Lkw hält an, um die Vorfahrt zu gewähren. Einige Fahrzeughersteller bauen neben den vorhandenen Zusatzspiegeln tiefer angeordnete Fenster in die Fahrerinnenkabinen ein, die die Sicht neben das Fahrzeug verbessern. Dieser sehr gute Ansatz darf aber nicht dazu führen, dass der Fahrer andere Hilfsmittel, wie z. B. Spiegel, nicht beachtet, da der positive Effekt bei Mitfahrt eines Beifahrers entfallen kann, Bild 59.



Bild 59: Sichtfeldverbesserung durch zusätzliches Seitenfenster und Sichteinschränkung durch Mitfahrer im Lkw

Beim Fahrzeughersteller Freightliner sind die zusätzlichen tiefer gesetzten Seitenfenster mit einer Fresnellinse versehen, die den Sichtstrahl des Fahrers aufweitet, Bild 60. Der Fahrer sieht quasi um die Ecke. Der große Vorteil besteht darin, dass der Fahrer jetzt Objekte sehen kann, die für ihn vorher verborgen blieben. Nachteilig ist hier die verzerrte Sicht auf die Objekte.

Betrachtet man die Sichtzonen am Lkw näher, wird deutlich, wie groß die Sichtschatten sind, in denen der Fahrer nichts wahrnehmen kann, Bilder 14, 61, 62.

Primär wird das indirekte Sichtfeld bei Lkw durch Außenspiegel erzeugt. Gleichzeitig schaffen sie bei ungünstiger Anordnung einen Sichtschatten, der das direkte Sichtfeld des Fahrers verkleinert. In Bild 61 (oben) wird deutlich, wie die Spiegel hinter dem rechten Dreiecksfenster angeordnet sind. Die das Dreiecksfenster umgebenden Bauteile A-Säule und Fensterstrebe erzeugen zusammen mit den Spiegeln einen größeren Sichtschatten (siehe auch [45]).

Der am rechten Bildrand stehende Fußgänger (Bild 61 oben) wäre für den Lkw-Fahrer auch in einer Po-



Bild 60: Sichtfeldverbesserung durch eine in das seitliche Zusatzfenster eingelassene Fresnellinse [60]



Bild 61: Nachgestellte Kollisionssituation, Helm gerade sichtbar (oben), Originalverhältnisse (unten)

sition zwei Meter weiter vorne nicht sichtbar. Erst mit Verlassen des Sichtschattens wären eine Erkennbarkeit und damit Reaktionsaufforderung gegeben. Der damit einhergehende Zeitverlust kann einen entscheidenden Einfluss auf das Unfallgeschehen haben.

Beifahrer führen nicht nur bei den oben beschriebenen Zusatzfenstern zu Einschränkungen der Sicht. Sie verdecken ebenfalls einen Teil des normalen Seitenfensters und verkleinern damit das direkte Sichtfeld, Bild 59. Grundsätzlich sollte der Beifahrer in den Abbiegevorgang aktiv einbezogen werden, das heißt, er sollte dem Fahrer die entsprechenden Informationen über den Zustand außerhalb des Fahrzeugs geben. Leider agiert nicht jeder Beifahrer in dieser Art und letztendlich bleibt die Verantwortung beim Fahrer.

Sehr ungünstig wirken sich temporär oder permanent im Bereich der Front- oder Seitenscheibe an-

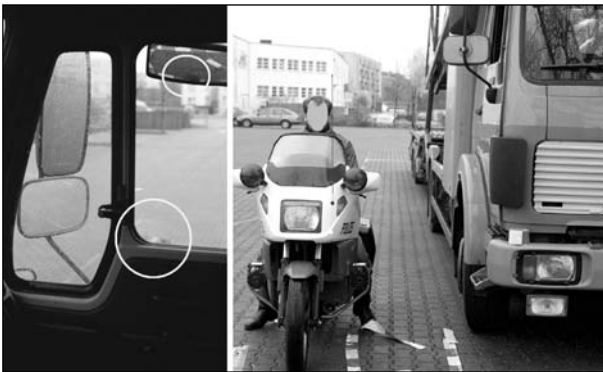


Bild 62: Beispiel der rechtsseitigen Spiegelanordnung beim Lkw (Haarschopf sichtbar)



Bild 63: Stehendes Motorrad vor der rechten vorderen Ecke eines Lkw, Bekleidung im Rampenspiegel eventuell erkennbar (oben), Originalverhältnisse (unten)

gebrachte Objekte auf das Sichtfeld aus. Dazu zählen unter anderem Fernseh- und Faxgeräte, Kaffeemaschinen, aber auch Stofftiere, Namensschilder und Wimpel.

Neben der grundsätzlichen Sichtbarkeit eines Objektes spielt seine Größe eine entscheidende Rolle. Gerade bei Kindern ist die Körpergröße ein entscheidender Grund für eine schlechtere Sichtbarkeit. Andere Objekte und Verkehrsteilnehmer betrifft dies in entsprechendem Maße genauso. Je kleiner ein Objekt ist, desto weiter weg vom Lkw muss es sich befinden, um nicht im Nahbereich des Lkw im Sichtschatten zu verschwinden. In Bild 14 ist sowohl die Seitenansicht als auch die Draufsicht der Sichtschatten erkennbar. Dieser Sichtschatten ist für Objekte bis 1,6 m aufgeführt. Dies bedeutet, dass in dem schraffierten Bereich alle Objekte mit einer Höhe von weniger als 1,6 m für den Fahrer verdeckt sind. Der abgebildete Radfahrer ist nicht erkennbar, weil der höchste Punkt (Kopfhöhe = 1,6 m) innerhalb des Sichtschattens liegt. Das Vorderrad befindet sich zwar außerhalb des gezeichneten Sichtschattens, weist aber nicht die entsprechende Höhe auf, um sichtbar zu sein.

Problematisch ist die Sichtbarkeit kleiner Objekte im Spiegel dann, wenn die Objektgröße im Spiegel selbst nur noch sehr gering ist und nahe an die Untergrenze der Erkennbarkeit herankommt. Dies ist besonders bei den Weitwinkelspiegeln ein Problem. Diese Spiegel vergrößern über die Krümmung zwar den Sichtwinkel, gleichzeitig wird aber die Objektgröße im Spiegel reduziert. Die Wahrnehmbarkeit wird dadurch sehr eingeschränkt.

Diese Problematik gilt in ähnlicher Weise auch für Objekte mit geringem Kontrast zur Umgebung. Der Fahrer muss in dem nachgestellten Beispiel aus Bild 61 das Motorrad mit dem Aufsassen nicht unbedingt direkt wahrnehmen. Nur der obere Teil des Helmes ist durch die Frontscheibe sichtbar. Die weiße Helmfarbe bildet aber einen sehr guten Kontrast zu den Hintergrundfarben und zum Armaturenbrett, wodurch eine hohe Auffälligkeit entsteht. Der komplementäre Effekt wird durch eine für die Situation ungünstig gefärbte Lederkombi verdeutlicht. Sie ist in dem rechtsseitigen Rampenspiegel dann sichtbar, wenn sie zur Umgebung einen hinreichenden Kontrast aufweist (Originalsituation: grüne Kombi vor grünem Hintergrund), Bild 63.

Der so genannte Rampenspiegel kann dem Fahrer Objekte rechts vorne direkt neben dem Fahrzeug zeigen. Dieser Spiegel kann eine trügerische Si-

cherheit erzeugen, wenn der Fahrer nicht ganz genau hinsieht, Bild 62. Der Motorradfahrer steht mit einem Bein in dem mit rot-weißem Markierungsband gekennzeichneten Sichtfeld des Ramspiegels. Der schwarze Stiefel ist nur schwer zu erkennen. Von dem Motorradfahrer sieht man durch das Seitenfenster nur einen Teil der Kopfhare.

5.3 Ortsfeste Spiegel

Ortsfeste Spiegel, auch Verkehrsspiegel genannt, kommen dann zum Einsatz, wenn durch die Verkehrsführung ein frühzeitiges und damit rechtzeitiges Erkennen anderer Verkehrsteilnehmer nicht in ausreichendem Maße gewährleistet ist. Die Spiegel werden neben privaten Hofein- und -ausfahrten in unübersichtlichen Bereichen an unübersichtlichen Knotenpunkten (Kreuzungen und Einmündungen) eingesetzt. Hier sollen dem Kraftfahrzeugverkehr nicht oder nur schlecht sichtbare Radfahrer und Fußgänger „vor Augen geführt“ werden.

Ein Beispiel, das auf einer Privatinitiative beruht, ist der TRIXI®-Spiegel [19], Bild 64. Dieser Spiegel wird an neuralgischen Punkten so angebracht, dass der Fahrer eines Nutzfahrzeuges den zu beachtenden Verkehrsraum der Fußgänger bezie-

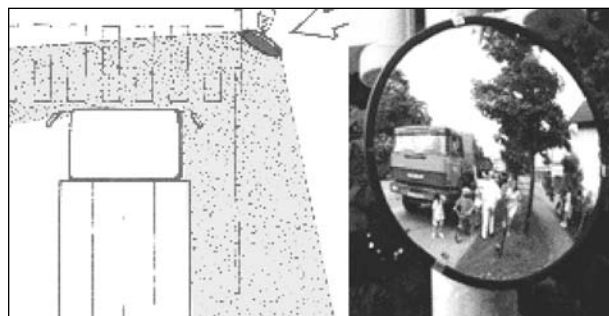


Bild 64: Ortsfester Spiegel System Trixi® [19]

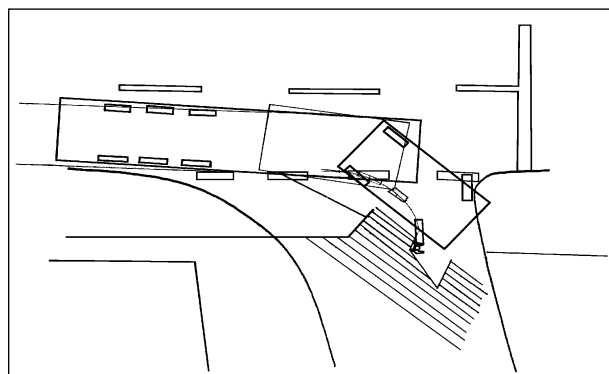


Bild 65: Abbiegevorgang beim Sattelzug mit vorangehendem Ausholen durch Geradeausfahrt

ungsweise Radfahrer besser überblicken kann. Besonders vorteilhaft ist dieser Spiegel für ortskundige Verkehrsteilnehmer, die den Spiegel bewusst in ihr Schema zur Informationsbeschaffung aufnehmen. Inwieweit der Spiegel von ortsunkundigen Fahrzeugführern „entdeckt“ und dann auch genutzt wird, ist nicht bekannt. Informationen über Erfahrungen bezüglich Verschmutzungsneigung oder das Beschlagen liegen nicht vor. Gerade die angesprochenen Aspekte sind beim Anbringen derartiger Sichthilfen zu berücksichtigen.

5.4 Andere Verkehrsteilnehmer

Ein Lkw ist ein für den Transport großer Mengen oder schwerer Lasten optimiertes Verkehrsmittel. Diese Fahrzeuge benötigen im Straßenverkehr nicht nur mehr Platz als andere Verkehrsteilnehmer, sie werden auch aufgrund ihrer Abmessungen anders bewegt. Ein Sattelzug kann nicht auf der für einen Pkw optimierten Bewegungsbahn abbiegen, da der größere Kurvenradius und Breitenbedarf des gesamten Zuges berücksichtigt werden müssen. Entweder ist ein vorheriges Ausholen nach links erforderlich oder das Fahrzeug muss zuerst dem ursprünglichen Fahrbahnverlauf weiter folgend geradeaus gesteuert werden, bevor der Abbiegevorgang unter Nutzung des gesamten Einmündungstrichters eingeleitet wird, Bild 65. Den anderen Verkehrsteilnehmern ist diese Notwendigkeit oftmals nicht bekannt, was zu einer Fehlinterpretation der Verkehrssituation führen kann. Fährt der Sattelzug zuerst geradeaus etwas weiter, erkennt der Fußgänger den Abbiegevorgang erst dann, wenn sich die Seitenwand des Aufliegers bereits auf ihn zubewegt.

5.5 Umwelt

Ein vorhandener Grünstreifen bewirkt eine Trennung zwischen dem Kraftfahrzeugverkehr und den so genannten ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Damit ist ein Konflikt zwischen den einzelnen Lkw und dem Radfahrer oder Fußgänger auf jene Bereiche begrenzt, wo sich die benutzten Wege kreuzen.

Gleichzeitig führt ein entsprechend breiter Grünstreifen auch dazu, dass der Lkw-Fahrer den neben diesem Grünstreifen befindlichen Rad- und/oder Fußweg im rechten Außenspiegel nur in größerer Entfernung wahrnehmen kann, Bild 66. Dadurch kann der Standardaußenspiegel keine In-



Bild 66: Werbepanel mit sichtbehindernder Wirkung

formationen über Radfahrer und Fußgänger, die sich in unmittelbarer Nähe zum Knotenpunkt befinden, liefern. Der Fahrer ist auf den Weitwinkelspiegel angewiesen. Zu weiteren Sichteinschränkungen kommt es bei dieser Art der Verkehrsweganordnung, wenn auf dem Grünstreifen Bäume angepflanzt oder, wie in Bild 66 dargestellt, Werbepanels im Sichtbereich platziert sind.

5.6 Auffälligkeiten beim Rechtsabbiegen

Durch die Lkw-Fahrerhausgeometrie und die nur eingeschränkte Sichtfeldvergrößerung durch Spiegel kommt es vor allem im Bereich der vorderen rechten Ecke des Lkw zu einem großen Sichtschatten. Gerade beim Rechtsabbiegen bewegt sich der Lkw aber in diesen nicht einsehbaren Bereich hinein. Befinden sich hier ungeschützte Verkehrsteilnehmer, sind diese als „unsichtbare Hindernisse“ besonders gefährdet.

Bei Radfahrern kommt dazu, dass sie sich nahezu parallel zum Lkw bewegen. Die Annäherungsgeschwindigkeiten an den Kreuzungsbereich sind ebenfalls nahezu identisch, so dass sich eine geringe Relativgeschwindigkeit ergibt. Diese reicht im

Regelfall nicht aus, um den Sichtschatten rechtzeitig vor der Kollision zu verlassen.

Die sich aus den Daten ergebende häufigste Anstoßsituation beim Abbiegen ist der Anstoß des Radfahrers im Bereich der rechten Fahrzeugecke. Die Radfahrer kollidieren vorwiegend unter einem Winkel von 15 bis 30° und einer Geschwindigkeit von 15 bis 20 km/h mit den Lkw. Die Geschwindigkeit der Lkw ist relativ ähnlich. Der Lkw-Fahrer bemerkt den Radfahrer vor der Kollision nicht. Er reagiert, wenn überhaupt, erst nach der Kollision. In Einzelfällen wird der Fahrer des Lkw durch andere Verkehrsteilnehmer auf das Unfallereignis aufmerksam gemacht. Dass die Radfahrer den Lkw nicht wahrnehmen, ist angesichts der Lkw-Größe kaum vorstellbar. Wahrscheinlicher ist, dass sie ein falsches Verständnis über das beabsichtigte Fahrmanöver oder die Möglichkeiten des Sichtfeldes der Lkw-Fahrer haben.

Wird der Weg des Radfahrers im Kreuzungsbereich durch bauliche Maßnahmen nach rechts verlegt, vergrößert sich der Abstand der beiden Fahrspuren. So verlässt der Radfahrer eher den Sichtschatten des Lkw, eine Bemerkbarkeit ist damit früher gegeben. Nachteilig bei dieser Maßnahme ist im Falle einer Kollision der größere Anstoßwinkel⁵. In Bild 67 ist der beim Abbiegevorgang von den Achsen des Lkw überstrichene Bereich hellgrau unterlegt. Solange der Radfahrer bzw. Fußgänger beim Sturz nach einem Kontakt mit dem Lkw nicht in diesen Bereich gerät, findet ein Überrollen nicht statt. Geraten nur einzelne Körperteile in diesen Bereich, unterliegen primär nur diese der Gefahr des Überrollens.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Abstand der Bewegungsbahnen der Fahrzeuge vor Kollision und dem Anstoßwinkel, Bild 68. Grundsätzlich gilt, je größer dieser Abstand ist, desto größer ist der Anstoßwinkel. Weitere mögliche Einflussgrößen für diesen Winkel sind Fahrbahnverschwenkungen für den Radfahrer direkt vor der Unfallstelle und ein im letzten Moment eingeleitetes Ausweichmanöver durch den Radfahrer. Je größer der Anstoßwinkel ist, desto größer ist für den Radfahrer das Risiko, unter den Lkw zu geraten. Bei kleinen Annäherungswinkeln besteht für den Radfahrer eher die Möglichkeit einer Ausweichbewe-

⁵ Anstoßwinkel ist der Winkel der Fahrzeuglängsachsen zum Zeitpunkt der Kollision zueinander.

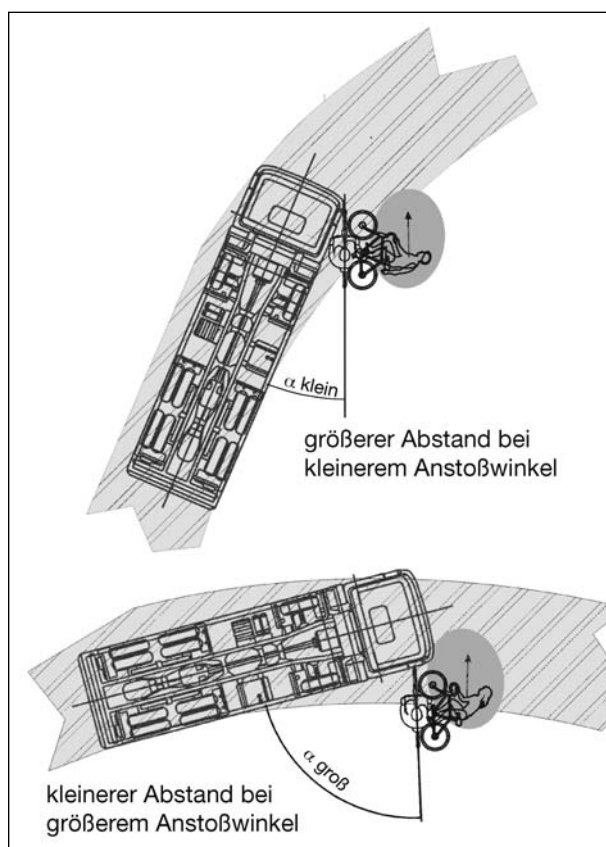


Bild 67: Theoretische Umkippvorgänge für unterschiedliche Kollisionswinkel

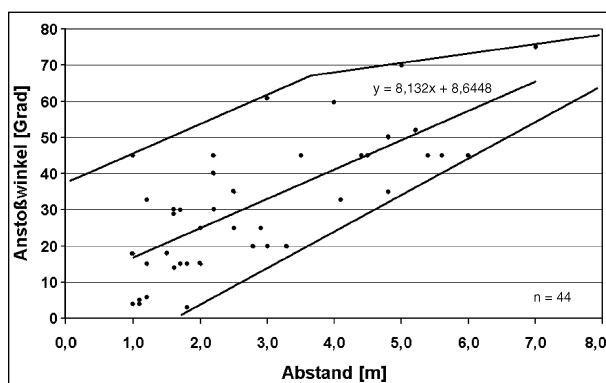


Bild 68: Korrelation zwischen Anstoßwinkel und seitlichem Abstand der Bewegungsbahnen der Unfallbeteiligten vor Unfall

gung, entweder um die Kollision komplett zu verhindern oder um nach der Berührung einen Sturz zu vermeiden. Kommt es zum Sturz, so kippt der Radfahrer vom Lkw weg. Dies ist insofern wichtig, als dass damit das Risiko des Überrollens durch die entsprechend später am Kollisionsort ankommende(n) Achse(n) kleiner ist.

Das mangelnde Verständnis für den zum Abbiegen erforderlichen Platzbedarf und die falsche Einschätzung des Sichtbereichs der Lkw-Fahrer dürf-

ten auch bei den Fußgängern mit zu den Hauptunfallursachen zählen. Eine möglichst frühzeitige Aufnahme dieser Punkte in die Verkehrserziehung ist erforderlich.

Auf Seiten des Lkw ist der große nicht einsehbare Bereich das größte Problem. Je kleiner dieser ist, desto kleiner ist das resultierende Unfallrisiko beim Rechtsabbiegen. Ein frühzeitiges Erkennen der ungeschützten Verkehrsteilnehmer ermöglicht eine frühere Reaktion und damit mehr Zeit zum Einleiten geeigneter Maßnahmen.

6 Versuche

6.1 Ziele und Aufgabe der Versuche

Auf Basis der Ergebnisse aus der Unfalldatenauswertung führte das DEKRA Crash Test Center Neumünster statische Messungen und dynamische Versuche durch. Die statischen Messungen dienten der Erfassung des in diesem Projekt interessierenden Sichtfeldes inklusive der relevanten Fahrzeugabmessungen. Dazu gehörten unter anderem die Höhe des Augenpunktes und die Höhe der Scheibenunterkante (Front- u. Seitenscheiben, siehe auch zugehörige Versuchsdokumentation).

Für die Versuche kamen ein Mercedes Benz 1748 (SK-Baureihe) und die Sattelzugmaschine des MIM-Fahrzeugs zum Einsatz. Das MIM-Sattelkraftfahrzeug ist ein auf einem Mercedes Benz der Actros-Baureihe basierender Forschungsträger. Um diesen Forschungsträger nicht zu beschädigen, erfolgte der Einsatz dieses Fahrzeuges nur bei Versuchen ohne Kollision. Die beiden verwendeten Fahrzeuge entsprechen den aktuell gültigen Zulassungsrichtlinien, insbesondere bezüglich des Sichtfeldes und der Spiegel (71/127/EWG). Das MIM-Fahrzeug könnte die Richtlinie 2003/97/EG bei entsprechender Einstellung der Spiegel und Wechsel des vorhandenen Weitwinkelspiegels gegen einen nach der neuen Richtlinie zulässigen Spiegel mit einem anderen Krümmungsradius ebenfalls erfüllen.

Die dynamischen Versuche umfassten zwei thematisch unterschiedlich ausgerichtete Versuchsreihen. In der ersten Versuchsreihe wurden die häufigsten und die als kritisch eingestuften Unfallszenarien der Konstellation rechts abbiegender Lkw gegen einen ungeschützten Verkehrsteilnehmer nachgefahren. Die zweite Versuchsreihe diente zur Feststellung, ob und wo der Lkw-Fahrer den Radfahrer sehen kann.

Die in der Analyse realer Unfälle gewonnenen Erkenntnisse wurden in den Versuchsanordnungen umgesetzt. Zu diesen Erkenntnissen gehörte unter anderem der festgestellte Hauptstoß im Bereich der rechten vorderen Fahrzeugecke, die Geschwindigkeit des Lkw und des Fahrrades, die nahezu identisch waren und für 68 % der untersuchten Unfälle nicht mehr als 18 km/h betrug sowie der Anstoßwinkel von etwa 30°. Neben dem auf den Bereich direkt vor dem Lkw sowie den Bereich um die vordere rechte Fahrzeugecke gelegten Fokus fanden auch Versuche im Bereich des Seitenschutzes statt.

Die wichtigsten Bilder der Versuche sind nachfolgend dargestellt. Die ausführlichen Versuchsdokumentationen enthalten weitere Abbildungen.

6.2 Statische Messungen

Die statischen Messungen an den untersuchten Fahrzeugen dienen der Feststellung, in welchen Bereichen unterschiedlich große Objekte gesehen und wie diese wahrgenommen werden können. Der nachfolgend verwendete Begriff „Objekt“ schließt in diesem Zusammenhang auch Personen wie Fußgänger oder Radfahrer ein.

Für die in den Versuchen verwendeten Lkw erfolgten verschiedene Sichtfeldbestimmungen. Die Regelung ECE-R 46 und die Vorschrift 71/127/EWG beziehen das vorgesehene Sichtfeld immer auf Fahrbahnniveau. Das Hauptinteresse in dieser Studie liegt für das Sichtfeld auf den Radfahrern und Fußgängern. Diese Verkehrsteilnehmer bewegen sich zwar auf dem Fahrbahnniveau, ihr Kopf befindet sich aber weit oberhalb der Fahrbahn. Aus diesem Grund sind Sichtversuche für ein Niveau oberhalb der Fahrbahn sinnvoll, um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten. Grundsätzlich wurde für jedes Sichtfeld die Lage auf Fahrbahnniveau und für eine beispielhafte realitätsnahe Höhe von 1,6 m bestimmt. Diese Höhe ergibt sich, sofern man dem Fahrer eine gewisse sichtbare Objektgröße im Sichtfeld zubilligt, die mindestens 15 cm betragen sollte. Damit wäre von 1,75 m großen Personen, die etwa dem 50-Prozentwert der männlichen Bevölkerung entsprechen, gerade noch der halbe Kopf zu sehen.

Am Lkw ist nicht das Sichtfeld problematisch, sondern der Sichtschatten, also der Bereich, den der Fahrer nicht einsehen kann. Sichtfeld und Sicht-

schatten zusammen ergeben den vollständigen Bereich rund um den Lkw. Je dichter das Sichtfeld an den Lkw heranragt, desto kleiner ist der verbleibende Sichtschatten und desto kleiner ist die damit verbundene Wahrscheinlichkeit, dass sich dort ein dem Fahrer verborgenes Objekt befindet.

Die Sichtfeldbestimmung erfolgte für

- das direkte Sichtfeld,
- das indirekte Sichtfeld über die Spiegel⁶ und
- das Sichtfeld mit einer an zwei verschiedenen Positionen angebrachten Fresnellinse.

In den Abbildungen zum Sichtfeld des Fahrers ist ausschließlich die direkte Sicht aus dem Fahrerhaus oder die indirekte Sicht über den Spiegel oder andere Zusatzeinrichtungen dargestellt. Effekte wie Schatten von Objekten oder Spiegelungen in Pfützen oder an in der Umgebung befindlichen Glasscheiben bleiben unberücksichtigt.

Ergänzend ist hier anzuführen, dass die Einstellungen der Spiegel in den Versuchen den gesetzlichen Vorgaben entsprechen. Für das MIM-Fahrzeug ergab sich aufgrund des wesentlich größeren Erfassungsbereichs der Spiegel eine große Bandbreite an Einstellungsmöglichkeiten. Für das Fahrzeug der SK-Baureihe ist die Variationsmöglichkeit für die Spiegel bei weitem nicht so groß.

6.2.1 Direktes Sichtfeld

Das direkte Sichtfeld ergibt sich aus der freien Sicht durch die Frontscheibe und die Seitenscheibe(n). Die Grenzen dieser direkten (freien) Sicht sind in erster Linie durch die Höhe des Augenpunktes und die Höhe der Unterkante der Scheiben bestimmt, Bild 69. Eingeschränkt wird dieses durch konstruktiv bedingte Sichthindernisse wie Außenspiegel und A-Säule, aber auch durch im Fahrerhaus abgestellte Gegenstände oder einen Beifahrer, Bild 70.

In Bild 70 und den folgenden Darstellungen sind grundsätzlich immer drei verschiedene Bereiche

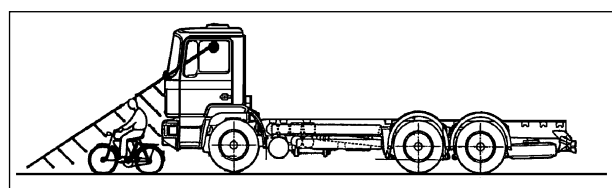


Bild 69: Sichtschatten vor einem Lkw-Fahrerhaus

⁶ Die Spiegel waren entsprechend der aktuell gültigen Spiegelrichtlinie 71/127/EWG eingestellt.

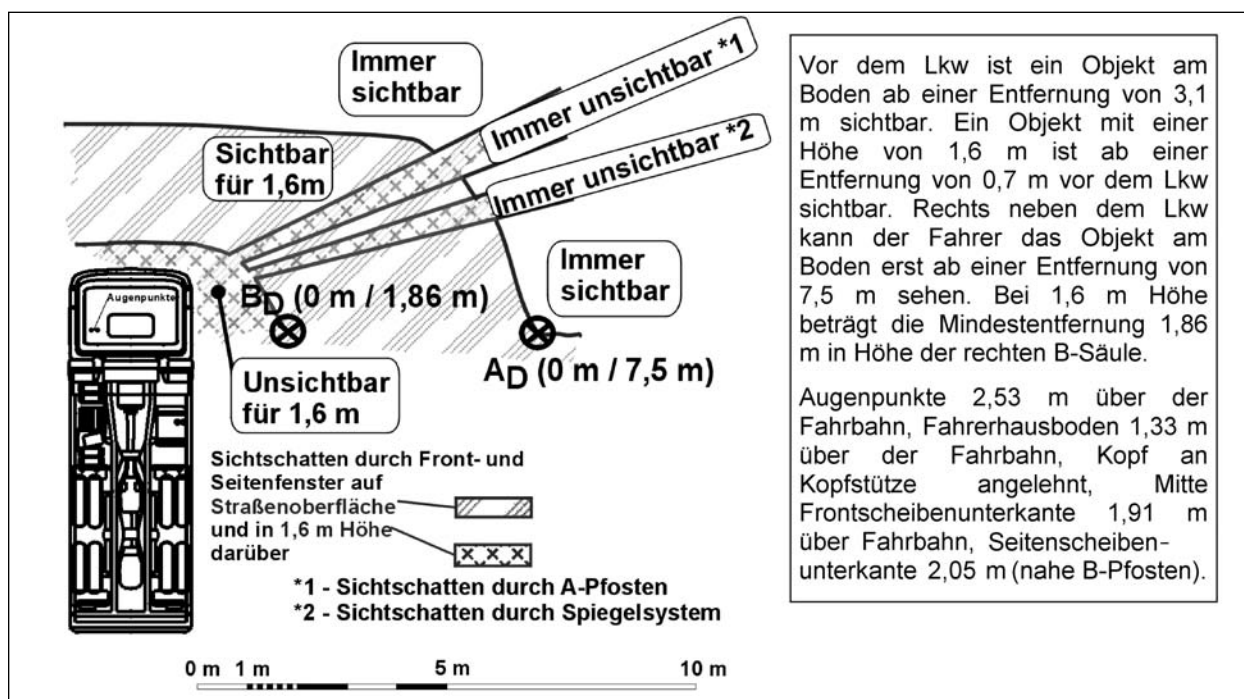


Bild 70: Darstellung des direkten Sichtfeldes aus einem Mercedes Benz 1748 (SK-Baureihe)

dargestellt. Die für den Fahrer direkt immer sichtbaren Bereiche sind mit „Immer sichtbar“ gekennzeichnet. Hier sieht der Fahrer bis auf Fahrbahnniveau. Objekte (Personen) in den schraffierten Bereichen kann der Fahrer immer sehen, wenn diese Objekte 1,6 m Höhe aufweisen (Bild 71). Die Kennzeichnung in der Abbildung erfolgt mit „Sichtbar

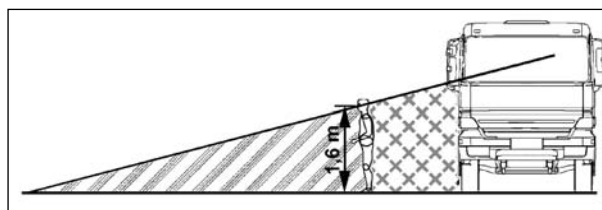


Bild 71: Erläuterung Sichtfeld (für Bild 70 und 72)

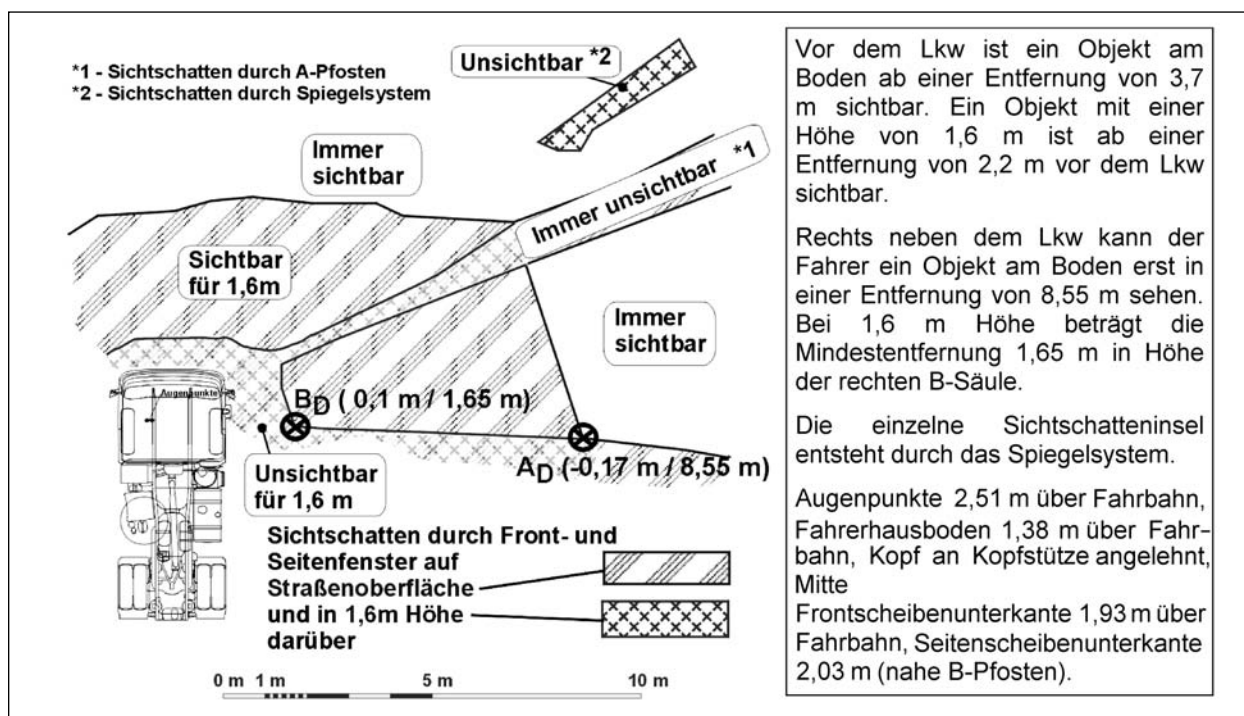


Bild 72: Darstellung des direkten Sichtfeldes aus einem Mercedes Benz MIM-Fahrzeug

für 1,6 m⁴. Die dritte mit „unsichtbar für 1,6 m“ gekennzeichnete Zone (gekreuzte Kennzeichnung) erlaubt dem Fahrer keine Sicht auf Objekte mit 1,6 m Höhe. Der Punkt A_D⁷ ist der Punkt auf der Fahrbahn, der vom Fahrer durch die untere rechte Ecke (an der B-Säule) des Seitenfensters gesehen werden kann. Der Punkt B_D dokumentiert dementsprechend die Position eines gerade sichtbaren Objekts mit 1,6 m Höhe. Der erste Wert der jeweils zugehörigen Koordinate ist in Längsrichtung gemessen (Ursprung Mitte Vorderachse), der zweite Wert der seitliche Abstand zum rechten Vorderreifen.

Auch die Spiegel gehören zu den Sichthindernissen des Fahrerhauses. Die vorgeschriebenen Spiegel sind zugleich Ergänzung und Einschränkung des Sichtfeldes. Dabei ist es unerheblich, ob sich die Spiegel aus der Sicht des Fahrers rechts oder links der A-Säule (Bild 70 und Bild 72) befinden. Es ändert sich lediglich die Lage des durch den Spiegel verursachten Sichtschattens. Die Größe der Spiegel und ihre Anbringung haben einen Einfluss auf die Größe des Sichtschattens. Eine hängende Befestigung bietet hier Vorteile, erfordert aber bei der konstruktiven Auslegung verstärkt die Berücksichtigung der im Fahrbetrieb auftretenden Vibrationen, um eine Unschärfe der im Spiegel abgebildeten Objekte zu vermeiden.

Ein weiterer Einfluss für das direkte Sichtfeld ergibt sich aus der unterschiedlichen Größe der Personen im Sitzen. Selbst Personen mit gleicher Körpergröße können im Sitzen deutliche Unterschiede aufweisen, die dann den Sichtstrahl über die Frontscheibenunterkante in einem anderen Winkel auf die Fahrbahn treffen lassen. Damit ist automatisch ein anderes Sichtfeld verbunden.

Die Front- und die Seitenscheibenunterkanten spielen eine entscheidende Rolle für die Größe des direkten Sichtfeldes. Je höher sich diese Kanten über der Fahrbahn befinden, desto größer ist der Sichtschatten, Tabelle 16. Ein Einflussfaktor für den Abstand der Scheibenunterkanten zur Fahrbahn ist der Abstand des Fahrzeugrahmens zur Fahrbahn. Eine Erhöhung dieses Abstandes um beispielsweise 0,3 m kann die Erkennbarkeit von Objekten um mehr als 0,5 m vom Fahrzeug weg verlagern, Bild 74. Eine derartige Änderung kann bei einem Baustellenfahrzeug (z. B. mit Allradantrieb) auftreten. Gleichzeitig ist die Größe des Sichtschattens auch von der Lage des Augenpunktes innerhalb des Fahrerhauses abhängig. Primär ist hierbei die Höhe des Fahrerhauses maßgebend, die von der Sitzgröße der einzelnen Person und der Sitzhöhe des Fahrersitzes beeinflusst wird. Auch spielt der Abstand des Fahrers zur Frontscheibe eine Rolle. Je größer der Abstand, desto größer der Sichtschatten.

Das Sichtfeld des Fahrers ist aber während des Fahrbetriebes keine fixe Größe. Ein Vorbeugen aus der normalen (bequemen) Sitzposition nach vorn

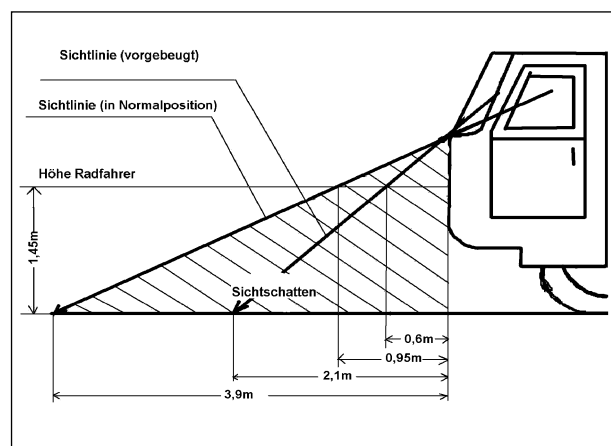


Bild 73: Änderung des Sichtfeldes durch Vorbeugen des Fahrers, Quelle: DEKRA-Gutachten

⁷ Index D steht für direkte Sicht.

Physikalische Größe	Änderung der Größe	Sichtfeld (+ besser, - schlechter)	ergänzender Kommentar
Höhe der Frontscheibenunterkante über der Fahrbahn	höher	-	
Höhe der Seitenscheibenunterkante über der Fahrbahn	höher	-	
Abstand Rahmen Fahrbahn	größer	-	
Sitzgröße Fahrer	höher	+	(nicht beeinflussbar)
Sitzhöhe im Fahrerhaus	höher	+	
Spiegelgröße (Fläche)	größer	+	!! Sichtschatten hinter Spiegel !!
Abstand Sitz Frontscheibe	größer	-	

Tab. 16: Physikalische Größen und ihr Einfluss auf das Sichtfeld des Fahrers

machte im Versuch Objekte am Boden sichtbar, die sich etwa einen Meter dichter am Fahrzeug befinden als ohne Vorbeugen. Andere Versuche im Haus DEKRA ergaben mit anderen Lkw und Personen Werte von bis zu 1,8 m Verbesserung des Sichtfeldes am Boden, Bild 73. Dieser Wert der Verbesserung des Sichtfeldes reduziert sich aufgrund der geometrischen Verhältnisse mit zunehmender Höhe des Objekts (beispielsweise 0,35 m

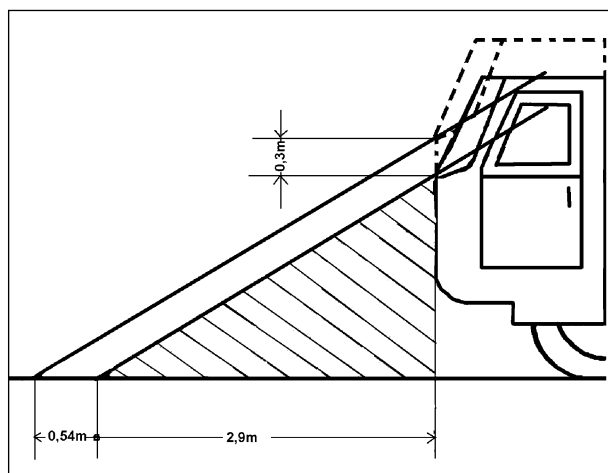


Bild 74: Änderung des Sichtschattens durch höhere Position des Fahrerhauses



Bild 75: Aufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes über den Hauptaußenspiegel eines Lkw (Mercedes Benz 1748), die Markierungsbänder kennzeichnen die Untergrenze der Abbildung im Spiegel und die Eckpunkte des realen Sichtfeldes am Boden, schwarze Markierungstafeln (5-Punkt-Targets) auf dem Boden kennzeichnen die vorderen Eckpunkte des Soll-sichtfeldes entsprechend ECE-R 46 (links Gruppe IV (s. Bild 3) und rechts Gruppe II (s. Bild 2))

Sichtgewinn bei 1,45 m Größe aus einem Realunfall).

Das relativ gesehen ungünstigere Abschneiden des direkten Sichtfeldes beim MIM-Fahrzeug hängt im Wesentlichen mit dem um rund 100 mm größeren Abstand zwischen Fahrersitz und Scheibenunterkante zusammen. Dies betrifft den Abstand zur Frontscheibe und den zur Seitenscheibe.

6.2.2 Indirektes Sichtfeld über Hauptaußenspiegel

Neben dem direkten Sichtfeld erfolgt über Spiegel die Schaffung eines indirekten Sichtfeldes für den Fahrer. Analog zum direkten Sichtfeld ist auch hier die Wahrnehmbarkeit des Objekts abhängig von dessen Größe und der relativen Position zum Lkw. Zur Veranschaulichung des Sichtfeldes der Spiegel kamen Markierungsbänder zum Einsatz, Bilder 75 bis 78. Objekte unterhalb des Markierungsbandes sind in diesem Spiegel nicht sichtbar.



Bild 76: Aufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes über den Hauptaußenspiegel des Mercedes Benz MIM-Fahrzeugs, die Markierungsbänder kennzeichnen die Untergrenze der Abbildung im Spiegel und die Eckpunkte des realen Sichtfeldes am Boden



Bild 77: Innenraumaufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes aus Fahrersicht (Mercedes Benz 1748) über den Hauptaußenspiegel



Bild 79: Aufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes aus Fahrersicht (Mercedes Benz 1748) über den Weitwinkelspiegel (der eingblendete Pyramidenstumpf kennzeichnet den Abbildungsbereich des Weitwinkelspiegels, das Fahrrad steht 2,0 m neben dem Lkw)



Bild 78: Innenraumaufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes aus Fahrersicht (Mercedes Benz MIM-Fahrzeug) über den Hauptaußenspiegel



Bild 80: Aufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes aus Fahrersicht (Mercedes Benz MIM-Fahrzeug) über den Weitwinkelspiegel, die Markierungsbänder kennzeichnen die Untergrenze der Abbildung im Spiegel und die Eckpunkte des realen Sichtfeldes am Boden

6.2.3 Indirektes Sichtfeld über Weitwinkelspiegel

Das Sichtfeld des Weitwinkelspiegels ist näher an der Fahrzeugfront orientiert und entsprechend dem Einsatzfeld breiter, Bilder 79 bis 82. Das in Bild 79 sichtbare Fahrrad ist weder im direkten noch im indirekten Sichtfeld erkennbar. Ein entsprechend positioniertes Fahrrad wäre bei einem mit den Spiegeln des MIM-Fahrzeuges ausgerüsteten Lkw sichtbar, Bild 80.



Bild 81: Innenraumaufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes aus Fahrersicht (Mercedes Benz 1748) über den Weitwinkelspiegel, die Markierungsbänder kennzeichnen die Untergrenze der Abbildung im Spiegel



Bild 82: Innenraumaufnahme zur Darstellung des indirekten Sichtfeldes aus Fahrersicht (Mercedes Benz MIM-Fahrzeug) über den Weitwinkelspiegel, die Markierungsbänder kennzeichnen die Untergrenze der Abbildung im Spiegel

6.2.4 Indirektes Sichtfeld über Anfahr-/Rampenspiegel

Der Anfahrspiegel (Rampenspiegel) soll nach der aktuell gültigen gesetzlichen Vorschrift (ECE-R 46) rechts neben dem Lkw eine auf dem Boden befindliche Fläche von 1 m x 2,25 m abbilden, Bild 83. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Fläche nur auf den Boden bezogen ist. Mit zunehmendem Abstand über dem Boden wird die in dem Spiegel abgebildete Fläche immer kleiner. Zwischen der Sollfläche am Boden und dem Spiegel entsteht ein Pyramidenstumpf. Nur Objekte, die sich innerhalb dieses Pyramidenstumpfes befinden oder in ihn hineinragen, können auf der Spiegelfläche abgebildet werden. Deshalb kann unter Umständen von neben dem Fahrzeug befindlichen Personen nur ein einzelnes Körperteil abgebildet werden (siehe auch Bild 62). Der an dem MIM-Fahrzeug angebrachte Frontspiegel weist gegenüber dem Rampenspiegel einen erheblich größeren Sichtkegel auf, Bild 84.



Bild 83: Darstellung der aus dem Rampenspiegel resultierenden Sichtpyramide, die vom Spiegel zum Boden verlaufenden Linien markieren die über die Spiegelecken entstehenden Begrenzungen (Mercedes Benz 1748)



Bild 84: Darstellung des aus dem Frontspiegel resultierenden Sichtkegels (Mercedes Benz MIM-Fahrzeug)

6.2.5 Indirektes Sichtfeld über Fresnellinse

Im Rahmen der Sichtfeldbestimmungen wurde auch untersucht, ob das Sichtfeld des Fahrers mit einer Fresnellinse nennenswert erweitert werden kann. Dazu kam eine handelsübliche Weitwinkellinse zum Einsatz, die nach dem Fresnel'schen Prinzip arbeitet, Bild 86. Aus der Sicht des Betrachters weitet eine Fresnellinse⁸ den Sichtstrahl auf. Man sieht quasi um die Ecke. Andererseits wird durch die Fresnellinse das Objekt auf eine kleinere Abbildung reduziert. Die Fresnellinse verzerrt die direkte Sicht auf Objekte, die sich aus Sicht des Betrachters hinter der Linse befinden. Sie hat aber keinen Sichtschat-

⁸ Fresnellinse – ist eine nach dem Fresnel'schen Prinzip arbeitende Weitwinkellinse, wird auch als Tricklinse bezeichnet.

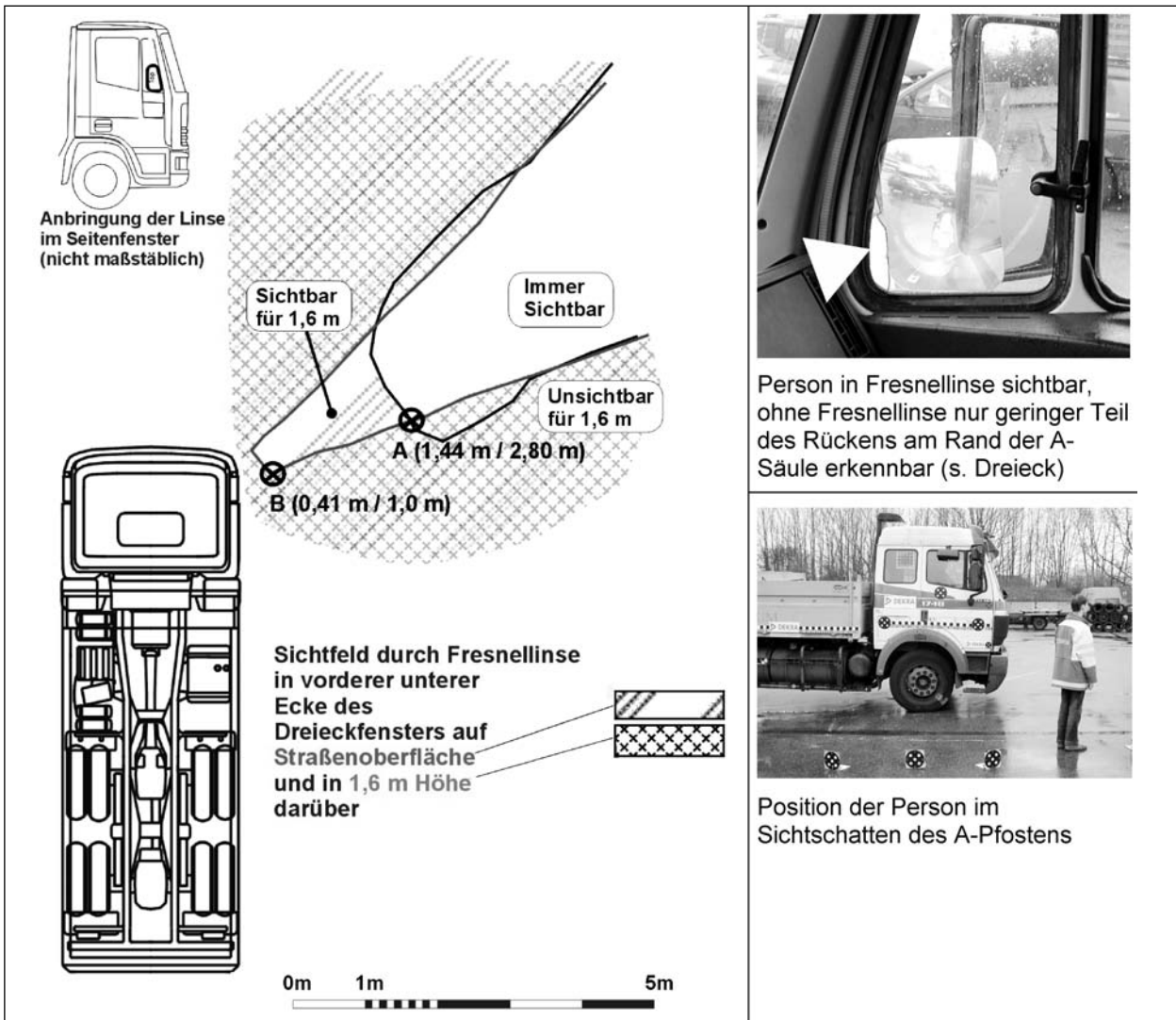


Bild 85: Darstellung des Sichtfeldes (Mercedes Benz 1748) nach vorne rechts bei Anbringung einer handelsüblichen Fresnellinse im vorderen Teil der rechten Seitenscheibe, unterteilt nach Objekthöhe 1,6 m (rautiert) und 0 m (schraffiert)

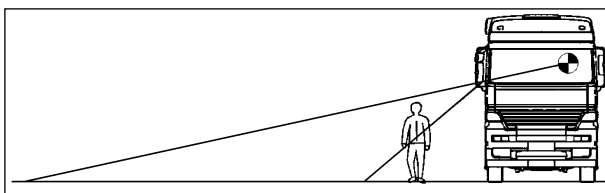


Bild 86: Prinzipdarstellung der Wirkungsweise einer Fresnellinse im Seitenfenster eines Lkw (grob maßstäblich)

ten wie ein Spiegel. Eine Linse dieser Bauart ist im Zubehörhandel für weniger als 10 Euro erhältlich. Sie kann helfen, den Sichtschatten zu reduzieren, wie in Bild 85 dokumentiert. Von der Testperson (Größe 1,82 m) ist im direkten Sichtfeld lediglich ein Teil des Rückens im vorderen Teil des Dreieckfensters sichtbar (siehe Dreieck). Mit der Linse ist die Person nahezu komplett sichtbar.

Eine Anbringung der Linse nahe der Hinterkante der Seitenscheibe (Bild 87) ermöglicht eine bessere Sicht zur Seite und nach hinten bis hinter die B-Säule des Fahrerhauses. Die Testperson stand außerhalb des direkten Sichtfeldes und ist in der Linse gut zu erkennen. Sie befand sich unmittelbar neben dem im Anfahrspiegel am Boden sichtbaren Feld (siehe Kreidemarkierung). Der Beginn des durch die Linse am Boden sichtbaren Feldes ist durch die drei am Boden stehenden schwarzen Markierungstafeln (Fünf-Punkt-Targets) dokumentiert. Mit der Linse ist seitlich neben dem Fahrerhaus ein Punkt am Boden bereits in einer Entfernung von 2,95 m (A_L^9) zu sehen (Bild 88), während ohne Linse der Untergrund erst in einer Entfernung von 7,5 m (A_D^{10}) erkennbar ist. Für 1,6 m Höhe reduziert sich die Mindestentfernung der Erkennbarkeit von 1,86 m (B_D) auf 0,6 m (B_L).

⁹ Index L - Sicht durch die Linse

¹⁰ Index D - Direkte Sicht

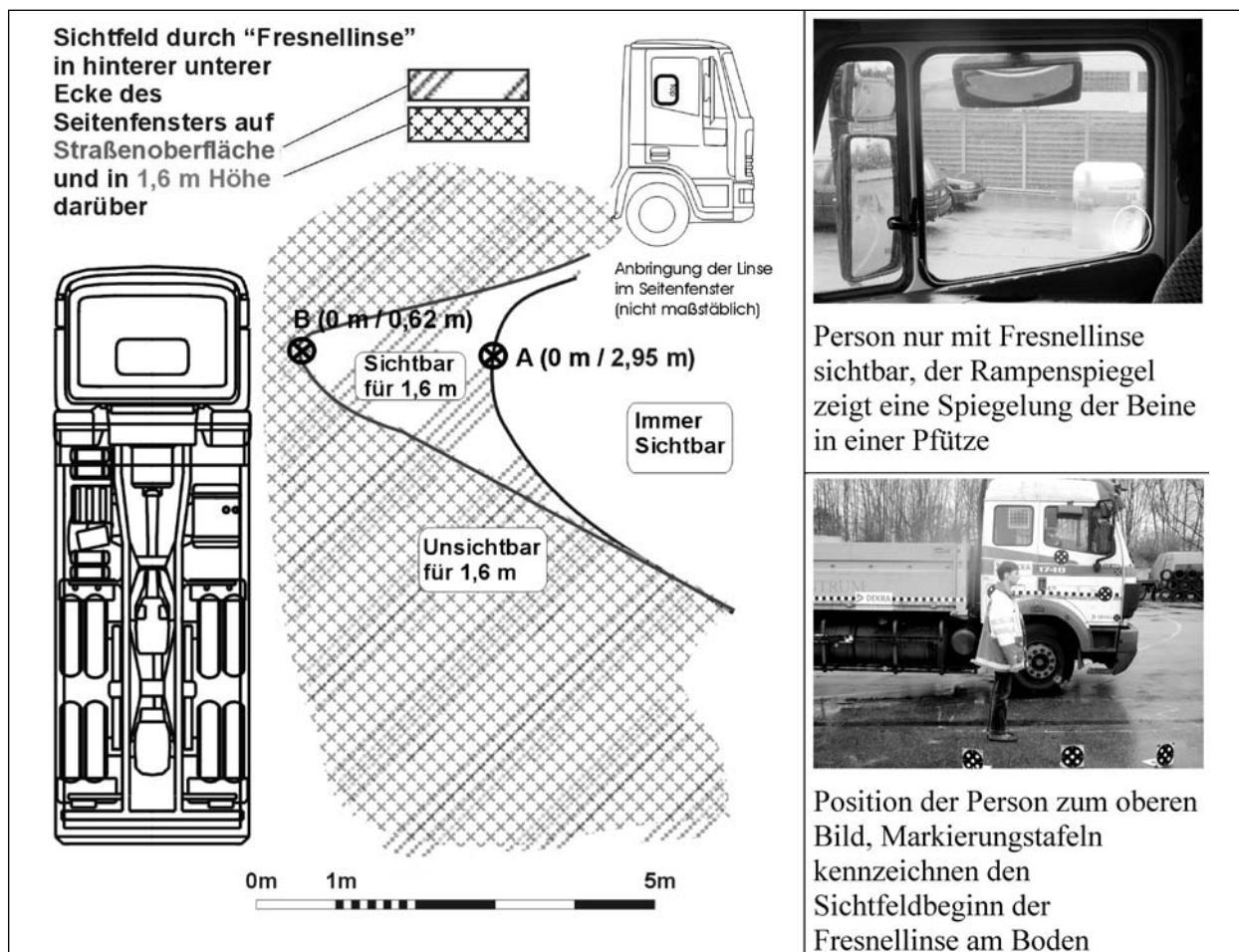


Bild 87: Darstellung des indirekten Sichtfeldes (Mercedes Benz 1748) nach vorne rechts bei Anbringung einer handelsüblichen Fresnellinse im hinteren Teil der rechten Seitenscheibe, unterteilt nach Objekthöhe 1,6 m (rautiert) und 0 m (schraffiert)

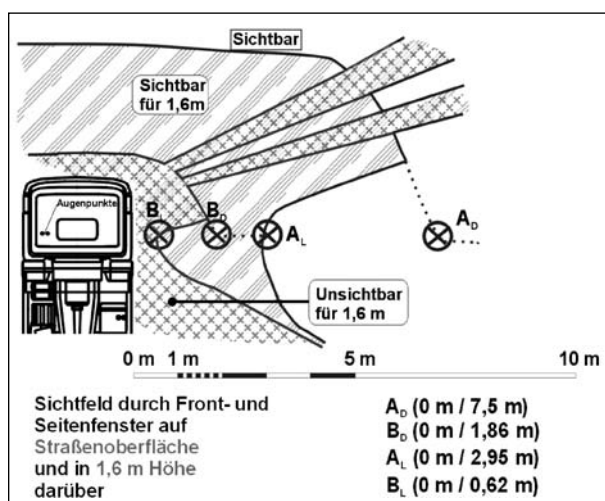


Bild 88: Darstellung der Kombination des direkten Sichtfeldes mit der Ergänzung durch die Fresnellinse, Position hinten im Seitenfenster

Die optimale Position der Fresnellinse ist im Rahmen des Projektes nicht zu klären. Sowohl die Position nahe der A-Säule als auch die nahe der B-Säule weisen eigene Vorzüge auf. Jede für sich er-

möglicht die Sicht auf einen anderen Bereich der Hauptproblemzone, die sich rechts neben dem Lkw bis etwa zwei Meter vor dem Lkw erstreckt. Es sollte beim Einsatz der Fresnellinse eine Position gefunden werden, die so weit wie möglich alles abdeckt (neben und schräg vor dem Fahrzeug). Die Bestimmung einer optimalen Position bedarf weiterer Untersuchungen, die auch hinsichtlich einer Anpassung auf die Lkw-Problematik modifizierte Fresnellinsen beinhalten könnten.

6.2.6 Bemerkungen zu den Spiegeln und den Sichtfeldern

Die Spiegel sind bei einem fabrikneuen Fahrzeug in dem für eine einwandfreie Funktion erforderlichen Zustand. Mit zunehmender Alterung und entsprechendem Gebrauch des Fahrzeuges verschleiben die Befestigungen bzw. setzen sich mit Ablagerungen zu. Eine nicht mehr bewegliche Mechanik verhindert ein korrektes Einstellen der Spiegel. Verschlissene Gelenke können beim Zuschlagen der



Bild 89: Erkennbarkeit des Objektes am Rand des Spiegels, Radfahrer befindet sich genau über der vorderen Begrenzung des indirekten Sichtfeldes (4,2 m rechts neben dem Lkw bzw. 2,8 m hinter Mitte Vorderachse)

Tür zum unbeabsichtigten Verstellen der Spiegel führen. Beide Effekte sind nicht nur störend, sie behindern den Fahrer bei der Erfüllung seiner Fahraufgabe. Elektrisch verstellbare Spiegel tragen hier zur Erhöhung der Sicherheit bei.

Die in Kapitel 6.2.2 bis 6.2.5 veranschaulichten indirekten Sichtfelder bzw. deren Sichtschatten weisen eine absolute Grenze aus, bei der ein vorhandenes Objekt noch erkannt werden kann. Das heißt, es ist beispielsweise von einem Radfahrer der ganze Kopf oder ein halbes Rad erkennbar. Dabei ist zu beachten, dass dies besonders in den Randbereichen des Spiegels Probleme machen kann, Bild 89. Grundsätzlich ist die Person erkennbar, aber ihre Wahrnehmbarkeit hängt unter anderem von dem vorhandenen Kontrast zur Umgebung und von ihrer Bewegung innerhalb des direkten oder indirekten Sichtfeldes ab.

Das Spiegelsystem des MIM-Fahrzeuges hat gegenüber dem bislang üblichen Spiegelsystem einige Vorteile, aber auch einzelne Nachteile. Zusätzlich muss bei dieser Anbringung der Spiegel beachtet werden, dass Spiegel, die durch die Front-

scheibe sichtbar sind, nach ECE-R 46 im Bereich des Scheibenwischerfeldes liegen müssen. Das Spiegelsystem selbst erzeugt eine Sichtschatteninsel (Bild 72), die den Sichtschatten der Standardaußenspiegel ersetzt. Diese Sichtschatteninsel ist 9,2 m von der rechten Fahrerhausecke entfernt und kann als unkritisch eingestuft werden. Objekte, die im Sichtfeld des Frontspiegels auftauchen, sind erst nach einer gewissen Gewöhnungszeit räumlich zuzuordnen.

6.3 Dynamische Versuche

Der Fokus der ersten Serie der dynamischen Versuche lag auf dem Anprall mit einem ungeschützten Verkehrsteilnehmer. Dabei interessierte die Frage, ob und wie Fußgänger bzw. Radfahrer unter das Fahrzeug geraten. Gleichzeitig sollte ein Fokus auf die Erkennbarkeit gerichtet werden. Bei der zweiten Versuchsserie interessierte besonders der Zeitpunkt bzw. die Dauer der Erkennung des Fußgängers/Radfahrers durch den Lkw-Fahrer.

6.3.1 Versuchskonstellationen

Die Versuchskonstellationen orientierten sich an dem durch die 90 untersuchten Unfälle dokumentierten Unfallgeschehen und zusätzlich an Fragestellungen, die im Zusammenhang mit der Konfliktsituation zwischen rechts abbiegenden Lkw und Radfahrern/Fußgängern stehen. Die gewählten Konstellationen (Bild 90) waren:

- Radfahrer kollidiert im Bereich der rechten vorderen Fahrzeugecke des Lkw,
- Radfahrer kollidiert im Bereich des Seitenschutzes,
- Fußgänger kollidiert im Bereich des Seitenschutzes.

Besonders interessierte dabei die Höhe der Seitenschutzunterkante über der Fahrbahn (siehe auch Tabelle 6). Deshalb kam bei zwei Versuchen ein tiefer heruntergezogener Seitenschutz zum Einsatz (Tabelle 17). Zur Simulation eines tiefer heruntergezogenen Seitenschutzes wurde eine Holzplatte mit einem Abstand von 100 mm zur Fahrbahnoberfläche montiert. Die Kollisionswinkel beziehen sich auf die Fahrzeuginnenachsen zueinander. Beim Fußgängerunfall wurde der Dummy so positioniert, dass seine Blickrichtung (Tabelle 17) die gleiche wie die des Radfahrers war. Um unnötige Schäden an dem verwendeten Dummy zu vermeiden, wurde

Versuch	Kontrahent des Lkw	Anstoßbereich	Geschwindigkeit [km/h]		Kollisionswinkel [Grad]
			Lkw	Kontrahent	
1	Radfahrer	Frontecke vorne rechts	17	17	30
2	Radfahrer	Seitenschutz	17	17	30
3	Radfahrer	Seitenschutz**	17	17	30
4	Fußgänger	Seitenschutz **	12	0	30*
5	Fußgänger	Seitenschutz	12	0	30*

* Winkel zur Blickrichtung Fußgänger,
** tiefer heruntergezogener Seitenschutz

Tab. 17: Matrix der durchgeführten ersten Versuchsserie

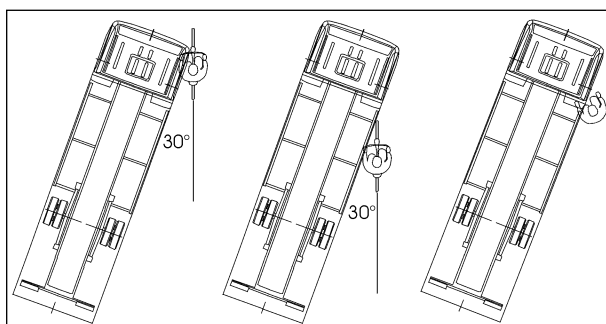


Bild 90: Anstoßkonstellationen der Versuche 1 (links), 2 + 3 (Mitte), 4 + 5 (rechts)

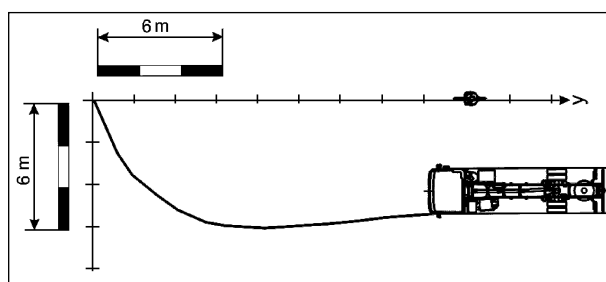


Bild 91: Bahnkurve der dynamischen Versuche für Mercedes Benz 1748 und Mercedes Benz MIM-Fahrzeug

das Fahrzeug direkt nach der Kollision abgebremst. Damit konnte das Überrollen des Dummys bzw. des Fahrrades weit gehend vermieden werden.

Die zweite Versuchsserie dokumentiert die Sichtverhältnisse für den Fahrer. Die in der ersten Versuchsserie (mit Kollision) gefahrene Bahnkurve wird in der zweiten Serie (ohne Kollision) in gleicher Art und Weise bis zum Punkt der Berührung befahren, Bild 91.

6.3.2 Ergebnisse der Versuchsserie mit Anstoß

Anstoß am Lkw

Der Radfahrer stieß in den Versuchen 1 bis 3 (Eckanprall, Seitenanprall mit Original- bzw. geänderter Seitenschutz) mit den Körperteilen Kopf, Ober-

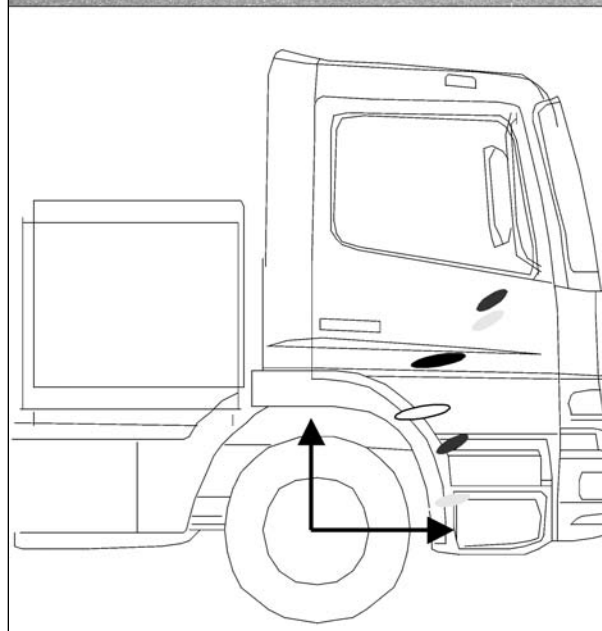


Bild 92: Endstellung des Lkw und Endlage des Radfahrers sowie Kontaktstellen des Radfahrers im Versuch 1 (SH 02.57)

arm und Oberschenkel jeweils in ähnlichen Höhen am Lkw an. Der Kopf kollidierte in einer Höhe von 1,64 bis 1,65 m, der linke Oberarm in 1,44 bis 1,46 m und der linke Oberschenkel in Höhe von 0,73 bis 0,82 m mit dem Lkw, Bild 92. Neben den durch den Erstkontakt entstandenen Kontakts Spuren am Lkw

gab es von dem Dummy keine weiteren durch einen Sekundärkontakt hervorgerufenen Spuren am Lkw.

Bewegung Post-Crash Radfahrer-/Fußgänger-Dummy

Der Bewegungsablauf eines Dummies kann durch die Reflexe des lebenden Menschen und durch das nur bedingt nachzubildende Bewegungsverhalten des Körpers vom Ablauf beim Realunfall abweichen. Der Abwehrreflex dürfte sich besonders bei der Zeit bis zum Kopfaufprall auswirken. Trotzdem können aus den Versuchen grundsätzliche Erkenntnisse abgeleitet werden, die helfen, den Unfallablauf besser zu verstehen.

Die Zeit bis zur Endstellung des Lkw entspricht ebenfalls nicht dem üblichen Verkehrs- und Unfallgeschehen. Um Schäden am Dummy zu vermeiden, sollte das Überrollen vermieden werden, was im Versuch durch eine sofortige Bremsreaktion des Lkw-Fahrers nach Erstkontakt erreicht wurde.

Aus den Auswertungen der Versuche ergeben sich einige Gemeinsamkeiten für den Ablauf nach der Kollision ($t = 0$). Bei den Versuchen mit Radfahrern (Versuche 1, 2 und 3) kam es nach dem Erstkontakt zu einem vollständigen Anlegen des Dummies an die Karosserie des Lkw. Dies geschah nach 0,12 bis 0,16 s beim Anprall des Radfahrers im Bereich des Seitenschutzes. Bei der ECKKollision lag der Dummy 0,04 s nach Erstkontakt am Fahrzeug an. Dies ist durch die andere Konstellation bei Erstberührung erklärbar. Bei dem ECKANSTOß erfolgt die erste Berührung zwischen Lkw und Torso, während beim seitlichen Anprall der Erstkontakt zwischen Vorderrad und Seitenschutz stattfindet. Die Versuche mit Fußgängerdummies ergaben eine Zeitdifferenz von 0,08 bis 0,12 s zwischen Erstkontakt und vollständigem Anlegen.

Nach dem Erstkontakt mit dem Lkw erfolgte eine Sekundärkollision mit der Fahrbahn. Nach dem Lösen vom Fahrzeug (nach 0,36 bis 0,44 s) fällt der Dummy zu Boden. Der Schulterkontakt findet im Bereich 0,52 bis 0,64 s nach Erstkontakt statt. Im Rahmen der Sekundärkollision auf die Fahrbahn fand bei allen Versuchen auch ein Aufprall des Dummy-Kopfes auf die Fahrbahn statt. Der Dummy schlug mit dem Kopf bei $t = 0,56$ s bis $t = 0,8$ s erstmalig auf die Fahrbahn auf, Tabelle 18. In vier der fünf Versuche kam es zusätzlich zu einem Zweitkontakt des Kopfes mit der Fahrbahn.

Nach 1,2 s bis 1,84 s befand sich der Radfahrer-Dummy in Endlage auf der Fahrbahn. Für den Fußgänger-Dummy vergingen zwischen Erstkontakt und Endlage 1,9 und 2,5 s. Der Lkw kam 0,9 bis 1,4 s nach Erstkontakt zum Stehen.

Überfahren

Ein Zweck der Versuche bestand darin festzuhalten, wo und wie weit die Personen (Dummies) unter den Lkw geraten. Im Versuch 1 kam der Lkw mit dem rechten Vorderrad genau über dem Fahrrad zum Stehen, Bilder 92 und Bild 93. Der Dummy lag

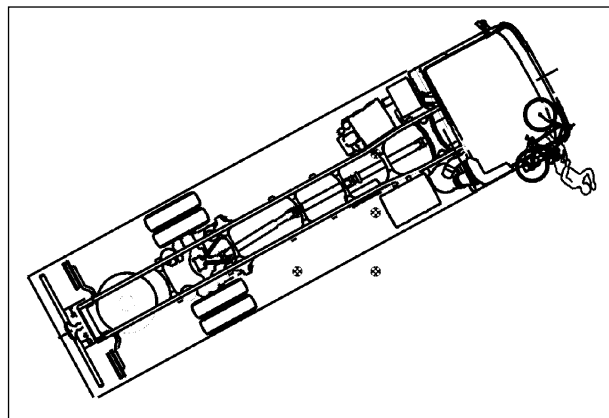


Bild 93: Endposition des Lkw und Endlage des Radfahrers, Versuch 1, Fahrrad teilweise unter dem Lkw

Versuch	Kontrahent des Lkw	Anstoßregion	Zeit nach Kollision bis ... [s]		
			1. Kopfaufprall	Endlage Radfahrer/Fußgänger	Endposition Lkw
1	Radfahrer	Frontecke vorne rechts	0,56		1,28
2	Radfahrer	Seitenschutz	0,66	1,20	1,20
3	Radfahrer	Seitenschutz**	0,80	1,84	1,32
4	Fußgänger	Seitenschutz **	0,72	2,52	1,88
5	Fußgänger	Seitenschutz	0,72	1,88	1,68

** tiefer heruntergezogener Seitenschutz

Tab. 18: Markante Zeiten nach Kollision

eingeklemmt unter dem Rad. Im Versuch 2 geriet das Vorderrad des Fahrrads unter den Lkw, Bild 94. Im Versuch 3 kam kein Bauteil des Fahrrads unter den Lkw, Bild 95. Im Versuch 4 befand sich von dem in Endlage befindlichen Fußgänger ein Fuß unter dem Lkw, Bild 96. Im Versuch 5 befand sich der Dummy in der Endlage/Endstellung des Lkw mit den Unterschenkeln gerade vor dem rechten Zwillingshinterrad, Bild 97.

In vier der fünf Versuche geriet der Dummy teilweise unter das Fahrzeug. Lediglich bei dem Anprall des Radfahrers an den tiefer heruntergezogenen Seitenschutz geriet der Dummy nicht unter den Lkw. Grundsätzlich gilt, je größer der Freiraum zwischen Lkw-Bauteilen und der Fahrbahn im Anpralbereich ist, desto weiter kann der Radfahrer oder Fußgänger unter den Lkw geraten und überrollt werden. Dieser Freiraum ist durch die Höhe der Unterkante der Stoßstange oder des Frontunterfahrschutzes (sofern vorhanden) bzw. den Abstand der Seitenschutz-Unterkante zur Fahrbahn gekennzeichnet.

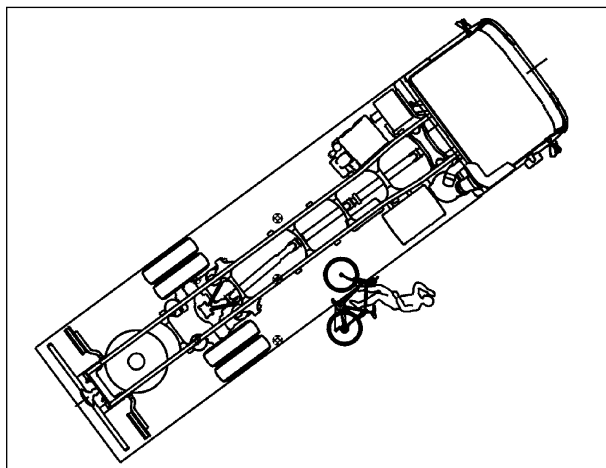


Bild 94: Endposition des Lkw und Endlage des Radfahrers, Versuch 2

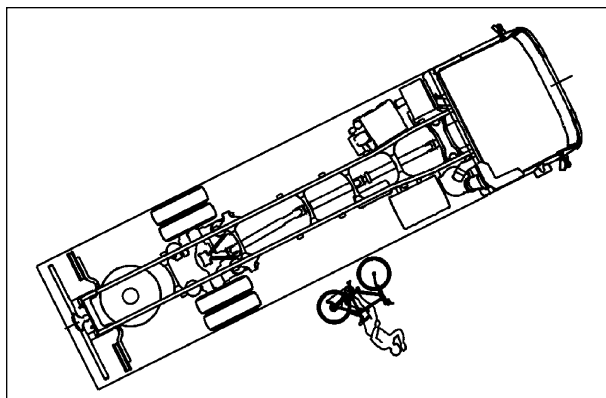


Bild 95: Endposition des Lkw und Endlage des Radfahrers, Versuch 3

6.3.3 Ergebnisse der zweiten Versuchsserie

Die Position des Radfahrers relativ zum Lkw ist maßgebend für seine Sichtbarkeit. Die zweite Versuchsserie diente primär der Feststellung, wann (in welcher Position) der Fahrer des Lkw den Radfahrer sehen kann. Mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit ergibt sich aus der Position (dem Weg bis zur Kollision) auch die Zeit bis zur Kollision.

Die Versuchskonstellationen (Tabelle 19) orientieren sich an den Versuchen der ersten Serie. Der Schwerpunkt lag entsprechend den Unfallauswertungen auf dem Anprall an der Fahrerhausecke

Versuch	Kontrahent des Lkw	Anstoßregion	Fahrzeug
6	Radfahrer	Frontecke vorne rechts	MB 1748
7	Radfahrer	Seitenschutz	MB 1748
8	Radfahrer	Frontecke vorne rechts	MB MIM-Fzg.

Tab. 19: Anstoßkonstellation in Versuchsserie 2

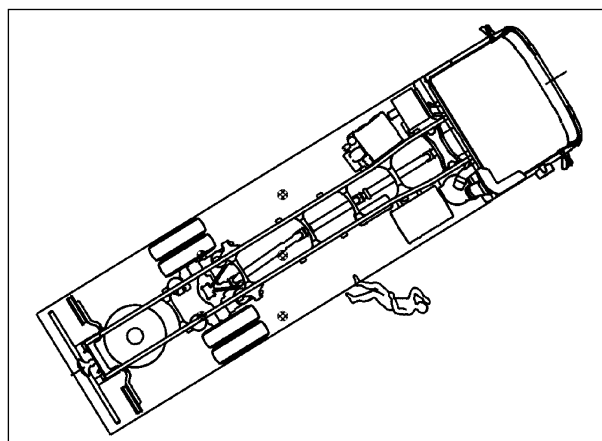


Bild 96: Endposition des Lkw und Endlage des Fußgängers, Versuch 4

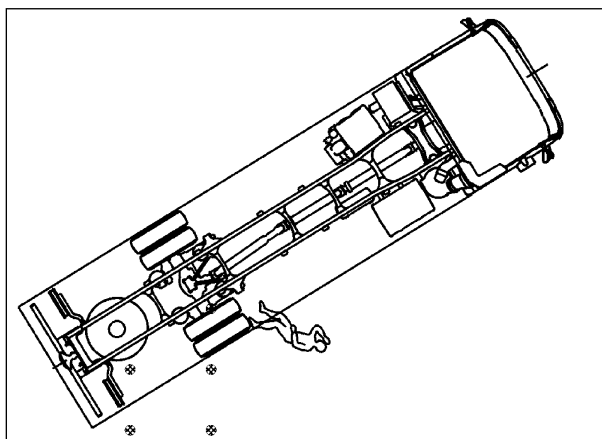


Bild 97: Endposition des Lkw und Endlage des Fußgängers, Versuch 5



Bild 98: Ausgangssituation der dynamischen Sichtversuche für Mercedes Benz 1748 (oben) und Mercedes Benz Actros (unten)



Bild 99: Nachgestellte Anstoßsituation der dynamischen Versuche für Mercedes Benz 1748 (Versuch 6, oben) und Mercedes Benz Actros (Versuch 8, unten) (entsprechend Bild 90)



Bild 100: Nachgestellte Anstoßsituation der dynamischen Versuche für Mercedes Benz 1748 (Versuch 7, entsprechend Bild 94)



Bild 101: Darstellung der Fahrersicht des Mercedes Benz 1748 auf den Radfahrer für die Situation des Seitenanstoßes, $s = 16,5$ m vor Anstoß (Bild oben), Anstoßsituation (Bild unten), Versuch 7

vorne rechts, welche die problematischere Situation bezüglich der Sichtverhältnisse ist. In der Ausgangssituation (Bild 98) befand sich das Versuchsfahrzeug mit einem Abstand von 1,6 m bzw. 1,3 m neben dem Radfahrer und befuhr dann die gleiche Bahnkurve wie in der ersten Versuchsserie, Bild 91. Mit dem Fahrzeug der SK-Baureihe (Mercedes Benz 1748) wurde je ein Sichtversuch für den Anprall im Bereich der vorderen rechten Fahrzeug-



Bild 102: Darstellung der Fahrersicht des Mercedes Benz 1748 auf den (nicht sichtbaren) Radfahrer für die Situation des Eckanstoßes, $s = 17,1$ m vor Anstoß, Abstand Fahrrad Lkw $a = 3,15$ m, Versuch 6



Bild 104: Darstellung der Fahrersicht des Mercedes Benz MIM-Fahrzeuges auf den Radfahrer für die Situation des Eckanstoßes, $s = 18,5$ m vor Anstoß, Abstand Fahrrad Lkw $a = 1,6$ m (Bild oben), Anstoßsituation (Bild unten), Versuch 8



Bild 103: Darstellung der Fahrersicht des Mercedes Benz 1748 bei erstem Auftauchen des Radfahrers im Blickfeld des Fahrers des Mercedes Benz 1748, $s = 5,9$ m vor Anstoß, Abstand Fahrrad Lkw $a = 2,5$ m, Versuch 6



Bild 105: Darstellung der Fahrersicht des Mercedes Benz MIM-Fahrzeugs bei erstem Auftauchen des Radfahrers im direkten Sichtfeld des Fahrers des Mercedes Benz 1748, $s = 5,9$ m vor Anstoß, Abstand Fahrrad Lkw $a = 2,5$ m, Versuch 8

ecke (Bild 99, Versuch 6) und im Bereich des Seitenschutzes (Bild 100, Versuch 7) durchgeführt. Mit dem MIM-Fahrzeug wurde die Anstoßsituation an der Ecke nachgestellt (Bild 99, Versuch 8).

Im Versuch 7 (Seitenanstoß) hatte der Fahrer des Lkw jederzeit die Möglichkeit, den Radfahrer wahrzunehmen, Bild 101. Der Radfahrer war immer im Weitwinkelspiegel sichtbar. Direkt vor der Anstoßsi-

tuation war der Radfahrer auch im Hauptaußen-
spiegel sichtbar. Demgegenüber ist der Radfahrer-
dummy durch den Lkw-Fahrer bei einem Eckan-
stoß und sonst nahezu gleichen Startbedingungen
weder im direkten noch im indirekten Sichtfeld er-
kennbar, Bild 102. Der Lkw-Fahrer kann den Rad-
fahrer in diesem Versuch erst wahrnehmen, wenn
er durch die Seitenscheibe sichtbar wird, Bild 103.
Bei dem MIM-Fahrzeug ist der Radfahrer von der
Startsituation bis zum simulierten Anstoß immer im
Frontspiegel sichtbar, Bild 104. Gleichzeitig ist der
Radfahrer am Anfang im Weitwinkelspiegel erkenn-
bar, im weiteren Versuchsverlauf dann im direkten
Sichtfeld, Bild 105. Er ist durch die Seitenscheibe
erkennbar.

6.4 Zusammenfassung und Bewertung der Versuchsergebnisse

Die Kombination aus direktem und indirektem
Sichtfeld weist bei bisherigen Lkw mit den üblichen
Spiegelsystemen deutliche Sichtschatten auf, in
denen sich auch erwachsene Radfahrer bzw.
Fußgänger aufhalten können. Nach vorn konnte
der Versuchsfahrer in dem Fahrzeug der SK-Klasse
(MIM-Fahrzeug) die Fahrbahnoberfläche in einer
Entfernung von mehr als 2,9 m (3,7 m) vor dem
Fahrzeug sehen. Zur rechten Seite war der Fahr-
bahnbelag erst in 6,7 m (7,2 m) neben dem Fahr-
zeug sichtbar.

Der Fahrer selbst kann sein Sichtfeld begrenzt ver-
größern, indem er sich vorbeugt. Eine gezielt ein-
gesetzte Fresnellinse ist in der Lage, den Sicht-
schatten deutlich zu reduzieren. Der Nachteil be-
steht darin, dass der Fahrer die Fresnellinse erst fo-
kussieren muss, um den Informationsinhalt aufzu-
nehmen. Für das Fokussieren ist zusätzliche Zeit
notwendig.

Das MIM-Fahrzeug hat gegenüber dem parallel be-
trachteten Fahrzeug der SK-Baureihe ein optimier-
tes Spiegelsystem, das außer der veränderten Po-
sition der Spiegel auch einen anderen Spiegel be-
nutzt. Dieser Spiegel ist ein nach 2003/97/EG
zulässiger Frontspiegel, der bei entsprechender
Einstellung das vorgeschriebene Sichtfeld des An-
fahrspiegels ebenfalls abdeckt. Das Sichtfeld vor
und rechts neben diesem Lkw ist bis etwa 10 m
Entfernung nahezu lückenlos. Der Fahrer muss
sich allerdings an die Darstellung der Objekte im
Frontspiegel gewöhnen.

Bei den durchgeführten Versuchen mit Anstoß ge-
riet der Radfahrer bzw. Fußgänger in vier von fünf
Fällen teilweise unter das Fahrzeug.

Bei den dynamischen Sichtfelduntersuchungen er-
gab sich unter den gewählten Versuchsparametern
(unter anderem ähnliche Geschwindigkeiten von
Radfahrer und Lkw), dass ein Radfahrer, der im Be-
reich des rechten Seitenschutzes in eine Kollision
verwickelt wird, für den Lkw-Fahrer immer im Weit-
winkelspiegel erkennbar ist. Eine Kollision im Be-
reich der rechten Fahrzeugecke beinhaltet eine in
Relation zum Lkw weiter vorn angesetzte Startpo-
sition. Daraus ergibt sich eine sehr späte Sichtbar-
keit. Bei dem MIM-Fahrzeug ist der Radfahrer auch
bei dem Eckanstoß vorher sichtbar.

Sichtverbessernde Maßnahmen, die andere Ver-
kehrsteilnehmer früher für den Lkw-Fahrer sichtbar
machen, können zur Unfallvermeidung bzw. zur
Reduktion der Verletzungs- und Unfallschwere bei-
tragen. Sobald der Fahrer den anderen Verkehrs-
teilnehmer rechtzeitig sehen kann, ist es ihm mög-
lich, sein Fahrmanöver entsprechend darauf einzu-
stellen. Je früher es dabei zu einer Wahrnehmung
des anderen Verkehrsteilnehmers kommt, desto
größer ist die Zeitspanne für eine Reaktion. Auch
wenn die gewonnene Zeit nicht ausreicht, um den
Anstoß zu verhindern, so kann aber gegebenenfalls
das folgenschwere Überrollen verhindert werden.
Wenn der Fahrer den Radfahrer oder Fußgänger
nur eine halbe Sekunde vorher wahrnimmt, ge-
winnt er bei einer Geschwindigkeit von 18 km/h
(= 5 m/s) eine Strecke von 2,5 m, in der er reagie-
ren und handeln kann.

6.5 Ergänzende Betrachtungen

Die bisherigen Betrachtungen gehen immer von
idealen äußeren Umständen wie Sonnenschein
und trockenem Wetter aus. Die Analyse des Unfall-
geschehens zeigt, dass sich nahezu alle Unfälle bei
Tageslicht und trockener Witterung ereignen. Wie
sehen die Sichtmöglichkeiten des Lkw-Fahrers bei
Nacht aus? Der Fahrer muss auch bei Dunkelheit
einen Abbiegevorgang durchführen können und
dafür eine entsprechend gute Sicht haben. Einen
Eindruck für die Sicht bei Nacht gibt Bild 106. Trotz
eingeschalteter Scheinwerfer ist der Pkw in den
Spiegeln fast nicht zu bemerken. Ein Radfahrer mit
wesentlich schwächerer Beleuchtung ist dann
noch schlechter wahrzunehmen. Diese Bilder sind
auf einem Fuhrparkhof ohne weitere Beleuchtung
erstellt worden. Im fließenden Verkehr mit zusätzli-



Bild 106: Darstellung der Sichtmöglichkeiten eines Lkw-Fahrers bei Nacht

cher Fahrbahnbeleuchtung durch Straßenlaternen ist die Erkennbarkeit der Lichtreflexe (hier am Spiegelgehäuse) der Scheinwerfer eher schlechter. Dafür dürfte der Kontrast eines im Spiegel abgebildeten Radfahrers wieder besser sein.

Die Sichtfelduntersuchungen haben gezeigt, dass das Sichtfeld der Lkw-Fahrer ein komplexes räumliches Gebilde ist. Die durch die direkte Sicht vorgegebenen Sichtschatten können durch die nach 71/127/EWG vorgeschriebenen Spiegelsysteme zwar gemindert, aber nicht beseitigt werden. Die verbleibenden toten Winkel sind so groß, dass beispielsweise ein Fahrrad zwei Meter neben dem Fahrerhaus stehen kann, ohne dass es der Lkw-Fahrer sehen kann. Die neue Richtlinie 2003/97/EG beinhaltet eine weiter gehende deutliche Reduktion der Sichtschatten. Aber auch hier können bei ausschließlich nach Vorschrift ausgelegten Fahrzeugen noch Sichtschatten verbleiben. Diese sind aber im Verhältnis zu den Sichtschatten der Fahrzeuge, deren Zulassung nach der bislang gültigen Spiegelrichtlinie erfolgte, als gering zu bezeichnen.

Alle vorstehend genannten Betrachtungen sind prinzipielle Überlegungen im Hinblick auf die grundsätzliche Möglichkeit des Lkw-Fahrers, den

anderen Verkehrsteilnehmer wahrzunehmen. Die Radfahrer und Fußgänger sind aber keine stehenden Objekte, sondern sie bewegen sich ebenso wie der Lkw. Daraus resultiert eine Relativbewegung zwischen Lkw und ungeschütztem Verkehrsteilnehmer, die gegebenenfalls mit einem zeitweiligen Verschwinden in den Sichtschatten einhergeht.

Der Lkw-Fahrer kann in der Situation des Rechtsabiegens seine Aufmerksamkeit nicht permanent dem rechten Seitenfenster und den Spiegeln widmen. Seine Aufmerksamkeit ist primär nach vorn orientiert. Ein Radfahrer, der irgendwann in einem der Spiegel auftaucht und auch evtl. dort wieder aus dem abgebildeten Bereich verschwindet, ist deshalb nicht zwangsläufig vom Lkw-Fahrer in jeder Situation wahrnehmbar. Der Lkw-Fahrer müsste theoretisch zum richtigen Zeitpunkt in den richtigen Spiegel sehen. Dieser theoretische Zeitpunkt ist für ihn aber nicht sicher bestimmbar.

Die Schlussfolgerung daraus ist, dass immer ein Restrisiko beim Rechtsabbiegen des Lkw bleiben wird, solange sich an der aktuellen Ausrüstung der Fahrzeuge nichts ändert. Das Spiegelsystem des MIM-Fahrzeuges ist hier eine richtungsweisende Möglichkeit für Verbesserungen unter Nutzung der konventionellen aktuell verfügbaren Technik. Der Fahrer erhält wesentlich mehr Einblick in die Situation rund um sein Fahrzeug und kann seine Fahraufgabe damit sicherer erfüllen. Gleichzeitig markiert dieses Spiegelsystem das Ende einer möglichen Weiterentwicklung im Bereich der Lkw-Spiegel. Das System der Spiegel ist damit ausgereizt. Weitere Verbesserungen durch Spiegelsysteme sind hier nicht mehr zu erwarten. Der mögliche Fortschritt ist eher durch Kamera-Monitor-Systeme zu erwarten, die beispielsweise für das Nutzfahrzeug Heck bereits verfügbar sind.

7 Anforderungen an technische Systeme zur Unterstützung der Fahrer

Technische Systeme zur Fahrerunterstützung sind in zwei Gruppen unterteilbar. Die konventionellen passiv arbeitenden Systeme stellen dem Fahrer die Informationen auf Abruf zur Verfügung. Die übermittelten Informationen sind vorselektiert und haben bereits einen Auswertalgorithmus durchlaufen. Die gerade in der Entwicklung befindlichen aktiven Assistenzsysteme werden je nach Auslegung den Fahrer aktiv informieren oder auch in die

Bedienung des Fahrzeugs eingreifen. Es bleibt eine unterstützende Wirkung der Systeme ohne Auswirkung auf die endgültige Verantwortung. „Aber auch zukünftige Sicherheitssysteme werden stets Assistenzsysteme bleiben, da bei allen Sicherheitssystemen die Verantwortung für das Fahrzeug stets beim Fahrer bleibt“, Zitat MARWITZ [71].

Die Anforderungen zu den nachfolgend aufgeführten Systemen sind teilweise das Ergebnis eines im Rahmen des Projektes durchgeführten Expertengesprächs.

7.1 Passive optische Systeme

7.1.1 Spiegelsysteme

Grundsätzlich sollte dem Lkw-Fahrer ein möglichst guter direkter Sichtbereich zur Verfügung stehen. Das heißt im Einzelnen, das Fahrzeug sollte große und so weit wie möglich nach unten gezogene Front- und Seitenscheiben haben, Tabelle 16. Der Fahrer muss möglichst hoch sitzen, um relativ zur Scheibenunterkante einen günstigen Blickwinkel auf Objekte und Personen außerhalb des Fahrzeuges zu haben. Sichteinschränkende, aber konstruktiv notwendige Objekte (wie beispielsweise A-Pfosten oder Spiegel) sollten einen möglichst kleinen Schattenschatten erzeugen, um die mit dem Schattenschatten verbundenen Gefahren zu minimieren.

Allerdings reicht die direkte Sicht aus dem Lkw mit einem standardmäßig bereits relativ hoch befindlichen Fahrerhaus im Innerortsverkehr nicht aus, um den Lkw sicher und unfallfrei im Verkehrsgeschehen zu bewegen. Die indirekte Sicht der Lkw-Fahrer weist bei den vorhandenen (aktuell vorgeschriebenen) Spiegeln insbesondere für den Rechtsabbiegevorgang deutliche Lücken auf, wie bei der Unfallanalyse und den Versuchen ermittelt wurde.

Theoretisch ist es möglich, diese Lücken durch weitere Spiegel zu reduzieren oder sogar ganz zu beseitigen. Praktisch ist dieser Ansatz nicht vollständig umsetzbar, da zur Informationsaufnahme und -verarbeitung eine je nach Situation mehr oder weniger lang andauernde Blickzeit in jeden Spiegel erforderlich ist. Je mehr Spiegel vorhanden sind, desto mehr einzelne Zeitspannen summieren sich auf. Solange der Fahrer seine Aufmerksamkeit den Spiegeln zuwendet, kann er sich nicht nach vorne in Fahrtrichtung des Fahrzeuges orientieren. Also lässt sich die Anzahl der Spiegel nicht beliebig stei-

gern. Weitere Verbesserungen können durch eine Änderung der Spiegel hinsichtlich Form bzw. Größe und hinsichtlich der Anbringung erfolgen.

Die indirekte Sicht über Spiegel sollte primär durch eine optimierte Positionierung und Auslegung der geforderten Spiegel an die Bedürfnisse des Fahrers angepasst sein. In der Regelung zum Sichtfeld ECE-R 46 und der entsprechenden Vorschrift 71/127/EWG wird stets vom Sichtfeld auf dem Boden ausgegangen. Dies ist zwar bei der technischen Abnahme sehr gut reproduzierbar, aber für die Praxis des Lkw-Fahrers unrealistisch. Um einen stehenden Fußgänger zu erkennen, muss der Fahrer mindestens einen nennenswerten Teil des Körpers, wie z. B. ein Bein oder einen Kopf, wahrnehmen können. Daraus ergibt sich eine Änderung des in der Regelung am Boden orientierten Sichtfeldes. Das auf den Boden bezogene Sichtfeld verschiebt sich durch die Betrachtung von realen Personen und Objekten in Richtung auf den/die Spiegel und wird auch etwas kleiner, Bild 107. Nicht jede Person, die in dem am Boden festgelegten Sichtfeld steht, kann auch vom Fahrer wahrgenommen werden.

Die neue Spiegelrichtlinie 2003/97/EG [63] beinhaltet im Vergleich zur aktuell existierenden Vorschrift erhebliche Verbesserungen beim vorgeschriebenen Sichtfeld. Neben den Ausdehnungen beim Sichtfeld für den Hauptaußenspiegel (Gruppe 3) und dem Weitwinkelspiegel (Gruppe 4) ist in der neuen Richtlinie jetzt zusätzlich ein Sichtfeld vor dem Lkw vorgeschrieben, Bild 108 und 109. Diese neuen Vorgaben sind nach erstem Anschein nur mit mindestens einem weiteren Spiegel oder Kamerasystem umsetzbar. Eine Änderung der Anord-



Bild 107: Räumlicher Sichtbereich (Pyramidenstumpf) am Beispiel des Rampenspiegels

nung der Spiegel in Verbindung mit modifizierten Spiegeln kann, wie bei dem Forschungsträger (MIM-Fahrzeug) der DaimlerChrysler AG gezeigt, mit bislang bereits vorhandenen drei Spiegeln die neuen Vorgaben für die Sicht vor den und rechts neben den Lkw erfüllen.

Die in Fachkreisen diskutierten zusätzlich am Fahrzeug montierten Doblí®- und Towispick®-Spiegel bringen nicht nur Vorteile, sondern sind auch mit Problemen behaftet. Es gibt Aussagen von Speditionen über starke Vibrationen, welche die indirekte Sicht durch den Spiegel beeinträchtigen. Der Nutzen dieser Spiegel ist zwar vorhanden (Bild 110), aber als begrenzt einzustufen. Die neue Richtlinie 2003/97/EG kann mit diesen Systemen

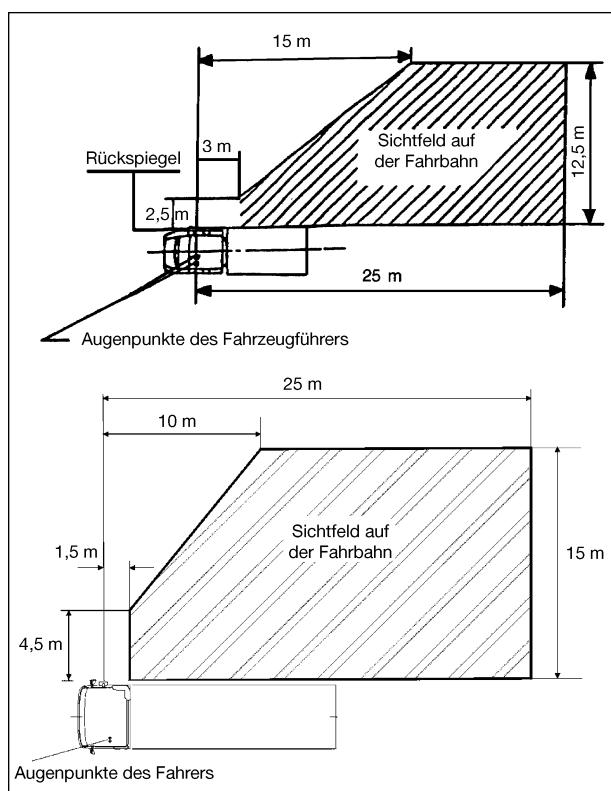


Bild 108: Direkter Vergleich des Sichtfelds auf der Fahrbahn für den Weitwinkelspiegel (Gruppe IV) für die Vorgabe entsprechend 71/127/EWG (oben) und der nachfolgenden Richtlinie (2003/97/EG unten)

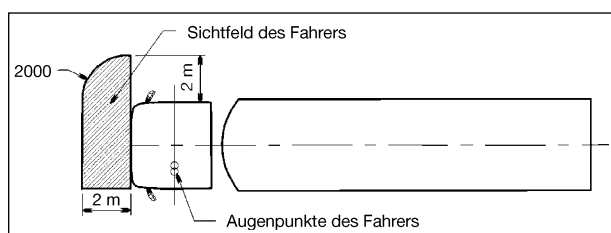


Bild 109: Vorgesehenes Sichtfeld des Frontspiegels (Gruppe VI) entsprechend 2003/97/EG

nicht abgedeckt werden. Der Nutzen ist für eine mögliche Nachrüstung bei Fahrzeugen im vorhandenen Bestand zu sehen. Aber auch hier ist eine Freigabe des Fahrzeugherstellers einzuholen, um beispielsweise späteren Brüchen bei unzulässiger Befestigung an nicht dafür vorgesehenen Teilen der Karosserie vorzubeugen. Beim Anbringen des Doblí®-Spiegels kann auch ein zusätzlicher Sichtschatten durch den Spiegel selbst entstehen. Zukünftig werden für neu in den Verkehr kommende Fahrzeuge bei der Auslegung der Spiegel und weiterer Unterstützungssysteme von vornherein die Vorgaben der neuen Spiegelrichtlinie 2003/97/EG [63] Berücksichtigung finden.

Die Ausrüstung von Fahrzeugen mit Fresnellinsen ist grundsätzlich ähnlich wie der Doblí®- und auch der Towispick®-Spiegel eher als einfache und preiswerte Nachrüstmaßnahme für vorhandene Fahrzeuge als für Neufahrzeuge zu sehen. Hier können sich ggf. Probleme durch das Langzeitverhalten des Materials und Verschmutzungen ergeben, die die Wirkung beeinträchtigen können. Es ist noch nicht geklärt, ob der Lkw-Fahrer über eine Fresnellinse auch in dynamischen Situationen ausreichende optische Informationen erhalten kann.

Ein Spiegelsystem analog dem des MIM-Fahrzeugs kann (bei entsprechender Einstellung der Spiegel) die neue Richtlinie für die Sicht vor den Lkw und rechts neben den Lkw bereits mit drei Spiegeln erfüllen. Es deckt mit dem Frontspiegel das vorgeschriebene Sichtfeld für die Spiegel der Gruppe V und VI ab. Daraus ergibt sich eine Reduktion der Sichtschatten vor und rechts neben dem Fahrzeug. Vorteilhaft ist weiterhin, dass der Fahrer keinen weiteren zusätzlichen Spiegel beobachten muss.

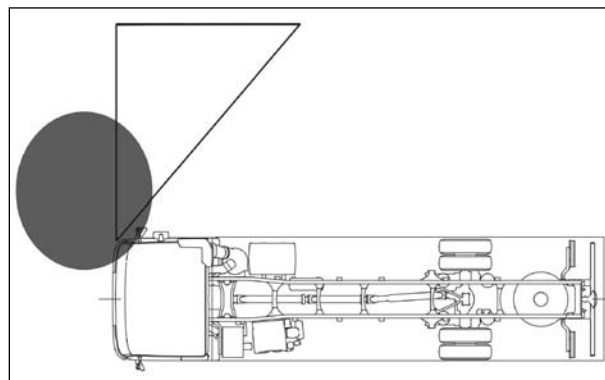


Bild 110: Abbildungsbereiche der Zusatzspiegel Doblí® (dreieckig) und Towispick® (rund), jeweils Herstellerangabe

Generell sollten Außenspiegel elektrisch einstellbar und beheizt sein, die Anbringung muss positionsstabil erfolgen, Vibrationen oder Türbewegungen dürfen auch nach mehreren Betriebsjahren nicht zu einem selbstständigen Verstellen der Spiegel führen. Die Spiegelflächen sollten so angebracht werden, dass sie vor Regen und Sprühnässe geschützt sind.

Die Schlussfolgerung daraus ist, dass immer ein Restrisiko beim Rechtsabbiegen des Lkw bleiben wird, solange sich an der aktuellen Ausrüstung der Fahrzeuge nichts ändert. Das Spiegelsystem des MIM-Fahrzeuges ist hier eine richtungsweisende Möglichkeit für Verbesserungen mit der aktuellen Technik. Der Fahrer erhält wesentlich mehr Einblick in die Situation rund um sein Fahrzeug und kann seine Fahraufgabe damit sicherer erfüllen. Gleichzeitig markiert dieses Spiegelsystem nahezu das Ende einer möglichen Weiterentwicklung im Bereich der Lkw-Spiegel. Das System der Spiegel ist damit ausgereizt. Weitere Verbesserungen sind hier nicht mehr zu erwarten. Einer der gravierenden Schwachpunkte der indirekten Sicht über Spiegel ist die zwingende Anbindung an das direkte Sichtfeld des Fahrers. Der Fahrer muss den Spiegel selbst sehen können. Diese Notwendigkeit besteht nicht für Kamera-Monitorsysteme und auch nicht für die mit Sensoren arbeitenden Assistenzsysteme.

7.1.2 Kamerasysteme

Die zum MIM-Fahrzeug gehörenden am Sattelanhänger befindlichen Kameras mit der zugehörigen Elektronik standen im Rahmen dieses Projekt nicht zur Verfügung. Die folgenden Schlussfolgerungen basieren auf der Literatur, den Unfallanalysen und auf den selbst durchgeführten Versuchen.

Neben den Spiegeln sind Kamerasysteme ebenfalls in der Lage, die indirekte Sicht des Fahrers zu verbessern. Sie bestehen aus der eigentlichen Kamera und dem zugehörigen Display. Der Einsatz dieser ergänzenden Systeme zur Erweiterung der indirekten Sicht wie weiterer Spiegel, Linsen oder Kamera-Monitorsysteme ist hinsichtlich des Nutzens und der zu erwartenden Ablenkung während der Blickzuwendung und Informationsaufnahme durch den Fahrer kritisch zu prüfen.

Grundsätzlich hat ein einmal installiertes Kamera-Monitor-System den Vorteil, dass die Bilder möglicher weiterer Kameras ebenfalls über diesen Monitor abgebildet werden können. Kameras sind nahezu beliebig am Fahrzeug positionierbar. Damit kön-

nen sie die interessierenden Bereiche überwachen. So könnten für jeden der im MIM-Projekt festgestellten toten Winkel dem Fahrer die benötigten Informationen geliefert werden, Bild 111. Beim MIM-Fahrzeug befinden sich Kameras im Heck- und Seitenbereich des Sattelanhängers.

Eine denkbare Position für die Abbiegeproblematik wäre eine rechtsseitig oben weiter am Heck angeordnete und zur Front auf den Bereich rechts neben das Fahrerhaus gerichtete Kamera. Diese Position erscheint viel versprechend, ausgehend von der in den Versuchen benutzten Kameraposition an der hinteren Stoßstange. Ein Problem könnte besonders hier die auftretende Anfälligkeit für Wassertropfen und/oder Verschmutzung sein.

Die Kamera selbst benötigt eine hinreichende Auflösung. Die Aufnahmetechnik sollte eine möglichst verzerrungsfreie Weitwinkeloptik bieten. Die Kameraeinheit muss robust gegen Witterungseinflüsse sein sowie eine verschmutzungsunempfindliche und kratzfeste Optik aufweisen. Bei der Positionierung ist darauf zu achten, dass für den Fahrer eine Möglichkeit zum Reinigen der Optik vorhanden ist. Dies betrifft insbesondere weiter oben am Lkw angebrachte Systeme.

Sinnvoll für das Display wäre eine integrierte Variante, die nicht oben auf dem Armaturenräger montiert, sondern in diesen eingebaut ist. Die Montage oben auf dem Armaturenräger erzeugt unter Umständen einen erheblichen Schattens hinter dem Monitor (siehe Kapitel 10.2.3). Ein im Armaturenräger integrierter Monitor wird zweckmäßigerweise nicht nur durch das Kamerasystem, sondern auch durch andere Systeme wie z. B. ein Naviga-

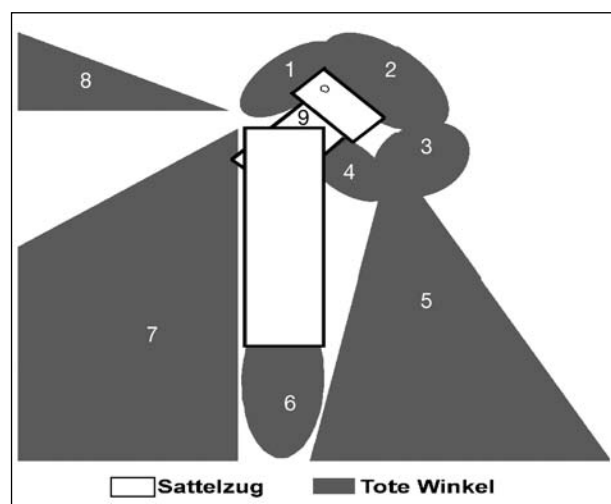


Bild 111: Im Rahmen des MIM-Projektes festgestellte tote Winkel am Lkw [9]

tionssystem nutzbar sein. Damit ergibt sich neben der Kostenreduktion auch eine einfachere Bedienung für den Fahrer. Eine weitere denkbare Position wäre oberhalb der Scheiben. Insgesamt wäre es günstig, den Monitor so anzuordnen, dass er sich in einer Linie mit den Spiegeln befindet, um dem Fahrer eine Orientierungshilfe zum Auffinden zu geben [9].

Im Zusammenhang mit dem vermehrten Einsatz von Kamera-Monitor-Systemen sind noch weitere Forschungen notwendig. Eine der noch zu klärenden Fragen ist die möglichst optimale Position des Monitors. Dabei ist der Monitor prinzipiell wie ein weiterer Spiegel zu sehen. Der Fahrer benötigt Zeit, um auf den Monitor zu schauen und die hier zur Verfügung gestellten Informationen zu verarbeiten. Mit einem ‚Headup-Display‘ (HUD) könnte die Blickabwendung vom Verkehrsumfeld vermieden werden. Der Fahrer müsste sein Auge lediglich auf eine andere Entfernung scharf stellen und könnte ohne weitere Blickzuwendung die zur Verfügung gestellten Informationen verarbeiten. Bei Nacht weisen die HUD den Nachteil der Blendwirkung im Bereich der Scheibe auf. Dies führt zu einer schlechteren Sicht des Fahrers auf sein äußeres Umfeld. Zudem ist in diesem Kontext zu beachten, dass der optische Sinneskanal des Fahrers in vielen komplexen Verkehrssituationen über keine freien Reserven mehr verfügt.

7.2 Aktive Assistenzsysteme

Im Gegensatz zu den vorher aufgeführten passiven Spiegelsystemen und Kamera-Monitor-Systemen agieren Assistenzsysteme aktiv.

Die Assistenzsysteme benötigen eine derzeit kostenintensive Sensorik. Dieser finanzielle Aufwand wird sich zukünftig relativieren, wenn mehrere unterschiedliche elektronische Systeme auf die gleichen Sensorinformationen zurückgreifen und somit ein Mehrfachnutzen entsteht. Heutige Prognosen sagen über die größeren Stückzahlen zukünftiger Assistenzsysteme und die damit verknüpfte größere Nachfrage sowie Mehrfachnutzung der Sensoren eine deutliche Kostenreduktion auf der Sensorseite voraus.

Im Vergleich zum am Fahrer orientierten Sichtbereich ist der Detektionsbereich der Assistenzsysteme grundsätzlich anders zu definieren. Als Detektionsbereich ist der räumliche Bereich, auch als ROI („Region Of Interest“, [70]) bezeichnet, zu verste-

hen, den die Sensoren des Assistenzsystems überwachen sollen. Der Detektionsbereich kann bei Sensorsystemen exakt an den Vorgaben orientiert werden. Eine mögliche Vorgabe für die Abbiegesituation könnte eine Überwachung mit dem Schwerpunkt rechts neben und vorn vor dem Fahrzeug mit einem Abstand von bis zu 5 m zur äußeren Fahrzeugkontur beinhalten.

Wenn das verwendete Sensorsystem sicher Objekte von der Breite eines Beines erfassen kann, dürfte eine Höhe des Detektionsbereichs von 0,5 m über der Fahrbahn ausreichen. Sollte die Auflösung der Sensoren dafür nicht ausreichen, ist eine entsprechend größere Höhe vorzusehen. Aktuell in der Entwicklung befindliche videobasierte Sensorsysteme mit nachgeschalteter Hard- und Software werden zukünftig in der Lage sein Fußgänger und Radfahrer auch als solche zu sensieren. Diese Sensorsysteme benötigen eine Erfassung der gesamten Körpergröße, um die Person auch erkennen zu können. Die Umsetzung dieser Systeme beispielsweise in Abbiegeassistenten ist für mittelfristige Zeiträume (5 Jahre) absehbar.

Neben der Sensorik sind die bereits in Kapitel 3.4 angesprochenen Automatisierungsstufen des Systems als rein informatorisch bis zum für den Fahrer unbeeinflussbaren Eingriff denkbar. Die ersten Systeme werden eher rein informatorisch arbeiten, bis hinreichend Erfahrungen für die Zuverlässigkeit der Systeme vorliegen, so dass dann auch vollautomatische Systeme realisiert werden können.

8 Ableitung von Anforderungen an Seitenschutz und Prüfverfahren

Ursprünglich sollte die „Ableitung von Anforderungen an den Seitenschutz und Prüfverfahren“ einen der wesentlichen Ergebnisschwerpunkte des Projektes bilden. Die Unfallanalysen der Situation beim Rechtsabbiegen eines Lkw ergaben jedoch für den Bereich des Seitenschutzes des Lkw eine untergeordnete Anstoßhäufigkeit mit dem ungeschützten Verkehrsteilnehmer (siehe auch Kapitel 4.3 „Unfallsituationen“). Dies war der Grund für die in Absprache mit der BASt vorgenommene Verlagerung der Projektschwerpunkte in Richtung aktive Sicherheit. Die nachfolgenden Ausführungen zum Seitenschutz, den Prüfverfahren und den Messpuppen beschränken sich deshalb auf grundsätzliche Überlegungen.

8.1 Anforderungen an den Seitenschutz

Der Seitenschutz ist ursprünglich entworfen worden, um ein Eindringen der ungeschützten Verkehrsteilnehmer in den für sie gefährlichen Raum zwischen Vorder- und Hinterachse(n) zu vermeiden. Folge dieses Eindringens ist nahezu automatisch das Überrollen durch die Hinterachse mit den entsprechenden fatalen Folgen. Die seitens der Forschung propagierten geringeren Abstände zwischen der Unterkante dieser Schutzvorrichtung und der Fahrbahnoberfläche stehen in Konflikt zu den Einsatzgebieten der Lkw. Beispielsweise haben Baustellenfahrzeuge Probleme im Geländeeinsatz mit einem sehr tief heruntergezogenen Seitenschutz. Die unterschiedlichen Standpunkte zwischen Unfallforschung und Betreibern führten zu dem in der ECE-R 73 bzw. 89/297/EWG festgelegten Kompromiss von 550 mm als maximal zulässigem Abstand des Seitenschutzes von der Fahrbahnoberfläche, Tabelle 6 [4].

Der Seitenschutz entsprechend der aktuellen Fassung der ECE-R 73 ist in der Lage, das seitliche Eindringen der ungeschützten Verkehrsteilnehmer in den Raum zwischen Vorderachse und Hinterachse teilweise zu verhindern bzw. zu reduzieren. In den im Rahmen des Projektes durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass auch ein sehr weit heruntergezogener Seitenschutz ein Eindringen nicht immer vermeiden kann. Es reduziert sich aber die Tiefe des Eindringens in den seitlichen Bereich zwischen den Achsen des Lkw. Die Gefahr von tödlichen Verletzungen durch ein nachfolgendes Überrollen steigt mit der „Eindringtiefe“ des Radfahrers bzw. Fußgängers. Rollt der Lkw-Reifen „nur“ über den Fuß, sind die Einzelverletzungen in der Regel nicht lebensbedrohend. Bei einem Überrollen im Abdomenbereich (Bauchraum) besteht hingegen keine Überlebenschance.

Neuere technische Konstruktionen im Nutzfahrzeugbereich, wie z. B. der Safeliner von Krone (Bild 11), bieten einen integrierten Seitenschutz, der in zwei Punkten über die von der ECE-R 73 geforderten Anforderungen weit hinausgeht.

Durch die Luftfederung des Fahrzeugs ist ein sehr geringer Abstand zwischen Unterkante des Seitenschutzes und der Fahrbahn realisiert (minimal 250 mm). Dieser Wert kann entsprechend den vorliegenden Fahrbedingungen vom Fahrer geändert werden. Eine derartige Konstruktion beinhaltet damit sowohl den geringen Abstand des Seitenschutzes auf der Straße als auch die deutlich er-

höhte Bodenfreiheit in unebenem Gelände. Diese Konstruktion ist nicht direkt auf einen Baustellen-Lkw übertragbar, aber sie zeigt, dass grundsätzlich technische Lösungen machbar sind, die scheinbar Widersprüchliches vereinbaren.

Neben der variablen Höhe über der Fahrbahn weist der im Safeliner integrierte Seitenschutz eine größere Festigkeit auf. Er kann auch einen aufprallenden Pkw abfangen und bietet damit ein erheblich größeres Nutzenpotenzial hinsichtlich Unfallfolgenminderung. Dies war für den nach ECE-R 73 konzipierten Seitenschutz so nie vorgesehen.

Eine mögliche zukünftige Regelung für den Seitenschutz könnte auch den Anprall eines Pkw berücksichtigen. In eine derartigen Regelung könnte die ECE-R 73 integriert werden, wenn die wesentlichen Punkte der ECE-R 73 aufgenommen wären (Einhalten der bisherigen Vorgaben für die Abmessungen und Berücksichtigung der Vorgaben hinsichtlich des Vermeidens des Verhakens mit dem Seitenschutz).

8.2 Prüfverfahren und Messpuppen

Aus der Literaturstudie und den Unfallanalysen ergeben sich bestimmte Unfallsituationen, die besonders typisch für rechts abbiegende Lastkraftwagen sind. Die typischen Szenarien sind einerseits das Anhalten des Lkw mit anschließendem Anfahren und Rechtsabbiegen und andererseits das Heranfahren an die Einmündung mit gleichzeitiger Geschwindigkeitsreduktion bis auf die Abbiegegeschwindigkeit und dem Abbiegevorgang (siehe Kapitel 4.4). Da im Rahmen ganzheitlicher Betrachtungen in zunehmendem Maße immer mehr Wert auf aktive Sicherheit gelegt wird, sind nicht nur Untersuchungen des Seitenschutzes an Lkw sinnvoll, sondern auch Betrachtungen der Sichtfelder und damit auch der Abbiegeassistenzsysteme. Verbesserungen der aktiven Sicherheit haben die Reduktion der Anzahl der Unfälle zum Ziel. Dieser Ansatz ist effektiver als der Versuch, die Unfallfolgen noch weiter zu minimieren.

Ansätze zur Verbesserung der aktiven und passiven Sicherheit beim Rechtsabbiegen sind durch geeignete Testverfahren zu überprüfen. Hierbei ist dynamischen Verfahren der Vorzug zu geben. Es ist allerdings fraglich, ob die Reproduzierbarkeit derartiger Versuche ausreicht, um den Anforderungen an eine technische Abnahmeprüfung zu genügen. Vielmehr ist der Nutzen solcher Versuche im Rah-

men der Forschung zu sehen. Hier trägt eine Vereinheitlichung der Prüfvorschriften zu einer besseren Vergleichbarkeit der Testergebnisse bei.

Der Einsatz konventioneller Messpuppen (Dummys, ggf. in verschiedenen Größen) als bewegte Fahrradfahrer und Fußgänger ist aus grundsätzlichen Überlegungen und aufgrund der Versuchsergebnisse sinnvoll. Die ersatzweise Verwendung eines Prüfkörpers ist nach den vorliegenden Erkenntnissen nicht geeignet, da diese, z. B. in Zylinderform, sowohl bei der Kollision als auch postkollisionär ein komplett anderes Bewegungsverhalten aufweisen als Menschen. Dummys sind mit ihrer dem Menschen angenäherten äußeren Form und der entsprechenden Gewichtsverteilung in den verschiedenen Körperpartien wesentlich realitätsnäher. Sie existieren bereits in unterschiedlichen, genormten Formen. So gibt es z. B. Dummys für sechsjährige Kinder, die 5%-Frau, den 50%-Mann usw. Damit können bei den Versuchen die unterschiedlichen Größenverhältnisse der Kollisionskontrahenten des abbiegenden Lkw nachgebildet werden. Durch die unterschiedlichen Unfallsituationen erscheint es sinnvoll, bei Versuchen sowohl Erwachsenen- als auch Kinder-Dummys einzusetzen.

Die räumliche Komplexität des Sichtbereichs (direkt und indirekt) erfordert auch bei Sichtversuchen eine Kontur eines Radfahrers bzw. Fußgängers. Einfach gestaltete Prüfkörper ergeben hier eine nur sehr eingeschränkte Aussagekraft.

Für einen dynamischen Crash-Versuch muss der Fahrweg oder allgemeiner formuliert die relative Bewegungsbahn der Kontrahenten zueinander vorgegeben sein. Dies könnte analog wie in Bild 112 aussehen (siehe auch Kapitel 6.3.1, Bild 91). Die Geschwindigkeit der Kontrahenten sollte identisch sein und der Abbiegevorgang sollte mit nicht mehr als 18 km/h erfolgen. Der bislang gewählte Anstoßwinkel betrug 30°. Für den Anstoßwinkel und

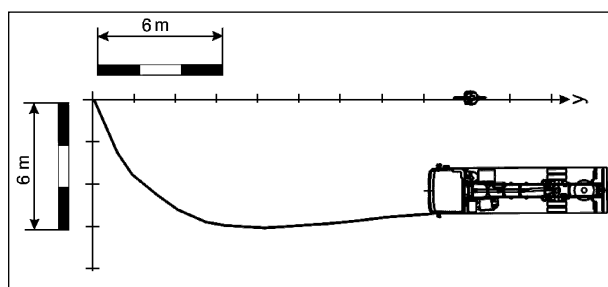


Bild 112: Mögliche Bahnkurve für dynamische Versuche

die zu fahrende Geschwindigkeit ist eine Validierung durch Werte aus anderen Ländern vorzusehen, bevor eine endgültige Festlegung erfolgen kann. Ggf. ist die Geschwindigkeit auch abhängig vom zu befahrenden Kurvenradius zu wählen.

Die Art der Simulation des Kontrahenten (Radfahrer/Fußgänger) muss exakt vorgegeben sein. Hier ist zu beachten, dass bei einem dynamischen Test die Startposition der Kontrahenten relativ zueinander in doppelter Hinsicht einen entscheidenden Einfluss hat. Zum einen beeinflusst die relative Startposition den Ort, an dem der ungeschützte Verkehrsteilnehmer gegen den Lkw prallt. Zum anderen ist damit auch eine andere Ausgangsposition relativ zum Sichtfeld des Lkw-Fahrers verknüpft, die über „sichtbar“ bzw. „nicht sichtbar“ entscheidet.

Grundsätzlich ist es sinnvoll, über den Ersatz gegebenenfalls vorhandener Bau- durch Wirkvorschriften nachzudenken. Der in der 89/297/EWG vorgeschriebene Seitenschutz an Lkw, Anhängern und Sattelanhängern ist bislang eine Bauvorschrift. Bei einer zukünftig kommenden Modifikation sollte diese Bauvorschrift in eine Wirkvorschrift umgesetzt werden. Wirkvorschriften fördern die Entwicklung innovativer technischer Lösungen, während Bauvorschriften diese eher behindern.

Es wird als sinnvoll erachtet, nicht nur ergänzende bzw. alternative Prüfvorschriften zusätzlich zu den nach 89/297/EWG bzw. ECE-R 73 bestehenden zu entwickeln. Ein Teil der Aktivität zur Weiterentwicklung von Prüfverfahren ist auf sinnvolle Verbesserungen des Sichtfeldes zu verlegen. Dies sollte in Einklang mit der neuen Spiegelrichtlinie ([63]) erfolgen.

In Expertenkreisen wird auch darüber nachgedacht und diskutiert, mehrere parallel existierende technische Regelungen und Richtlinien zu einer umfassenden Richtlinie zusammenzufassen, die sämtliche Anforderungen und Einrichtungen zum Schutz von Radfahrern und Fußgängern und gegebenenfalls auch anderer Verkehrsteilnehmer im Hinblick auf die Kollisionsvermeidung und die Minderung entsprechender Kollisionsfolgen verbindet.

9 Evaluierung und Beurteilung administrativer Maßnahmen

9.1 Routenplanung

Die Auswertungen der Unfälle zeigen zwei auffällige Gruppen von Lkw. Dies sind Baustellen- und Kommunalfahrzeuge (z. B. Müllfahrzeuge). An 46 % der im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchten Unfälle waren derartige Fahrzeuge beteiligt. Die Kommunalfahrzeuge fahren auf festgelegten Routen ihre Bezirke ab. Die Baustellenfahrzeuge haben ihr Transportgut zu bzw. von den wechselnden Baustellen zu bewegen. Eine Routenplanung im Sinne eines vorgegebenen Weges zu immer der (den) gleichen Örtlichkeit(en) ist für beide Gruppen nicht möglich. Insbesondere die Kommunalfahrzeuge sollen auch jede einzelne Straße anfahren, um ihrer Aufgabe gerecht zu werden. Die Baustellenfahrzeuge fahren eine einzelne Baustelle an, die sich grundsätzlich ebenso in jeder Straße befinden kann.

Da im Schwerpunkt Baustellenfahrzeuge und kommunale Fahrzeuge an den untersuchten Unfällen beteiligt waren, ist das Nutzenpotenzial eines generellen bzw. temporären Lkw-Fahrverbots in bestimmten innerstädtischen Bereichen gering.

9.2 Bauliche Maßnahmen

Die bauliche Gestaltung von Kreuzungen kann einen Einfluss auf die Häufigkeit von Unfällen haben. Dies gilt auch im Umfeld der Abbiegeunfälle. Bauliche Maßnahmen müssen sich aber an den örtlichen Gegebenheiten orientieren. Forderungen lassen sich nur insoweit umsetzen, wie sie technisch machbar sind. Im innerstädtischen eng bebauten Bereich sind Forderungen nach großzügig dimensionierten Kreuzungen teilweise unrealistisch und dementsprechend nicht immer umsetzbar. Vorhandene Gebäude inklusive der vorgelagerten Gehwege schränken die Möglichkeiten der Verkehrsplaner und Baubehörden ein.

Eine gut ausgeführte bauliche Maßnahme bei vorhandenen Einschränkungen ist in Bild 113 zu sehen. Hier ist die Haltelinie für Radfahrer etwa 3 m näher an der Ampel als die für Kfz. Damit befindet sich der Radfahrer im Sichtfeld eines möglichen Lkw-Fahrers, der dort nach rechts abbiegen möchte. Zusätzlich erhält an dieser Stelle der Radfahrer vor den Kfz Grünlicht. So kann der Radfahrer eher



Bild 113: Gestaltung der Verkehrswegführung und der Ampelschaltung für Radfahrer

starten, verbleibt im Sichtfeld des Lkw-Fahrers und gerät auch nicht in den Sichtschatten. Der Abstand der Haltelinien sollte nicht weniger als 3 m betragen. Bei einem geringeren Abstand kommt der Radfahrer unter ungünstigen Umständen doch in den Sichtschatten.

In letzter Zeit werden verstärkt Knotenpunkte in Kreisverkehre umgebaut. Diese Kreisverkehre behalten spezifische Probleme für den rechts abbiegenden Lkw. In Holland häufen sich Unfälle zwischen rechts abbiegenden Lkw und Radfahrern in Kreisverkehren. Diese Unfallhäufigkeit wird auf Sichtprobleme der Lastzüge und besonders der Sattelkraftfahrzeuge im Kreisverkehr zurückgeführt. Die besonderen Probleme für den Lkw entstehen durch die Gestaltung der Kreisverkehre beim Verlassen. Eine Besserung ist durch das Versetzen der Querungen für Fußgänger und Radfahrer weiter weg vom Kreisverkehr zu erreichen.

Die für den Kreisverkehr angesprochene Problematik gilt prinzipiell auch für die anderen Knotenpunkte. Auch hier kann ein größerer Abstand zwischen der Kreuzungsmitte und der Querungsmöglichkeit für Radfahrer und Fußgänger helfen, die Situation beim Rechtsabbiegen zu entschärfen, Bild 114. Allerdings gilt hier auch die bereits angesprochene Hürde der gegebenenfalls nicht vorhandenen räumlichen Möglichkeiten wie in Bild 113 sichtbar.

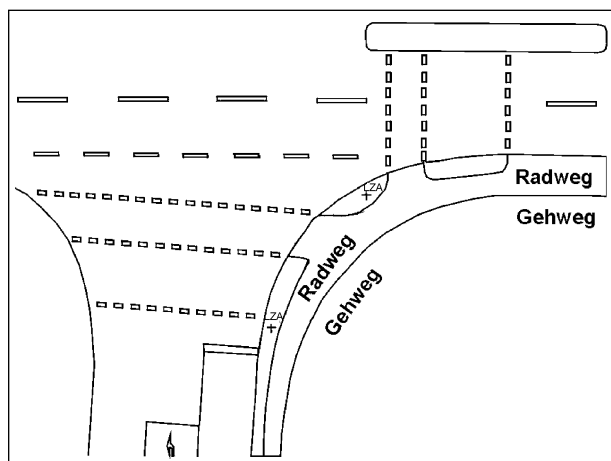


Bild 114: Beispiel einer Knotenpunktgestaltung

Besonders im Kreuzungs-/Einmündungsbereich sind sichtbehindernde Objekte wie Werbetafeln und Litfass-Säulen konsequent zu verbannen. Diese sichtbehindernden Objekte erschweren dem Kfz-Fahrer die Fahraufgabe und lenken ihn von seiner Tätigkeit ab.

Ortsfeste Spiegel werden bei Abbiegevorgängen als wenig hilfreich für Lkw-Fahrer erachtet, da der Lkw-Fahrer sich hierbei auf die Führung seines Fahrzeuges sowie die direkte Sicht auf sein Verkehrsumfeld und die indirekte Sicht über seine fahrzeugfesten Spiegel konzentriert. Er wird Probleme haben, sich auf einen Spiegel zu konzentrieren, der sich ortsfest außerhalb seines Fahrzeugs befindet und zu dem er sich relativ bewegt, was die Aufnahme von zusätzlichen optischen Informationen über einen solchen Spiegel erschwert. Für einzelne Unfallbrennpunkte – und beim Anfahren aus dem Stand – kann ein ortsfester Spiegel trotzdem sinnvoll sein.

9.3 Aufklärungsaktivitäten

Im Rahmen der Unfalluntersuchungen ergab sich, dass viele Radfahrer und Fußgänger Schwierigkeiten mit der Einschätzung von Fahrmanövern haben, die zur Steuerung eines Lkw erforderlich sind. Auch ist das eingeschränkte Sichtfeld aus Lkw für viele Personen in Anbetracht der drei großen Außenspiegel ebenso wenig nachvollziehbar wie der erhöhte Breitenbedarf und Kurvenradius. Die hieraus resultierenden Fahrmanöver beim Abbiegevorgang werden oft missverstanden.

Weiterhin sind die Probleme der Lkw-Fahrer bei der Sicht nach rechts häufig gar nicht bekannt. Die an-

deren Verkehrsteilnehmer sehen nur, dass der Lkw rechtsseitig mit drei Spiegeln ausgerüstet ist, und gehen dann davon aus, dass der Fahrer auch alles sehen kann.

Vor allem die verbreitete Unkenntnis über den grundsätzlichen Ablauf eines Lkw-Abbiegevorgangs und die damit verknüpften Sichtprobleme des Lkw-Fahrers eignen sich für ständige und intensive Aufklärungsarbeit. Eine besonders geeignete Gruppe für diese Aufklärung sind Schulkinder. Sie würden mehrere Jahrzehnte von diesem Wissen profitieren, was zu einer langfristigen Senkung der Unfallzahlen auf diesem Sektor führt. Die Aufklärungsarbeit müsste nicht zwangsläufig in speziellen Unterrichtsstunden erfolgen. Sie könnte auch in den „normalen“ Unterricht integriert werden. Beispielsweise sind einzelne Probleme in Mathematik (Stichwort Strahlensatz) oder in Physik (Stichwort Spiegel) anhand konkreter Rechenaufgaben mit Bezug zum Straßenverkehr vermittelbar.

Andererseits ist auch den Lkw-Fahrern nicht immer deutlich bewusst, welche Gefahren an Kreuzungen durch das Rechtsabbiegen auftreten. Entsprechende Elemente in Weiterbildungskursen für Berufskraftfahrer könnten das Wissen auffrischen und aktualisieren.

Die Aufklärung der Öffentlichkeit über die besonderen Sicht- und Fahreigenschaften von Lkw soll verstärkt werden. Hierbei sind die Zielgruppen (Kinder im Kindergarten, Schüler, Erwachsene und Senioren) regelmäßig in angemessener Weise anzusprechen. Die Integration der Problematik des rechts abbiegenden Lkw soll auch im Bereich der Fahrschulen (bei der Fahrausbildung in allen Klassen) stärker berücksichtigt werden.

9.4 Fördermaßnahmen

In der Schweiz und in Holland wurden in jüngster Vergangenheit einzelne Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit durch den Staat oder auch durch Verbände gefördert. Solche Fördermaßnahmen sind grundsätzlich bei einem umfassenden Konzept in Erwägung zu ziehen. Dabei müssten diese zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen am Fahrzeug nicht zwingend durch direkte finanzielle Vergünstigungen belohnt werden. Beispielsweise wären eine höhere zulässige Gesamtmasse oder eine höhere zulässige Geschwindigkeit für derartig ausgestattete Fahrzeuge denkbar.

9.5 Gesetzliche Maßnahmen

Der Gesetzgeber hat eine Reihe von Möglichkeiten, durch Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beizutragen. Dies ist nicht zwingend mit dem Erlass neuer Gesetze verknüpft. Zum Teil reichen bereits geringfügige Modifikationen bestehender Gesetze für eine Verbesserung aus.

Die Unfallanalysen ergaben, dass Fußgänger und Radfahrer oft nicht bemerken, dass der Lkw-Fahrer abbiegen will. Fährt z. B. ein Radfahrer neben einem Sattelkraftfahrzeug, wird er die hinteren Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker) des Sattelaufhängers nicht bemerken können. Die hinteren Blinker der Zugmaschine befinden sich unter dem Auflieger. Die vorderen sind noch nicht im Sichtfeld des Radfahrers. Eine rechtzeitige Information des Radfahrers ist hier dringend erforderlich. Eine geeignete Möglichkeit zur Information wäre ein akustischer Signalgeber.

Eine weitere wesentlich einfacher zu realisierende Maßnahme ist die Koppelung der seitlichen Begrenzungsleuchten an die Taktung des Blinkers. Dies ist allerdings für Fahrzeuge mit einer Länge von mehr als 6,0 m, also für Lkw, derzeit nicht erlaubt. Das Weglassen der Einschränkung im entsprechenden Paragraphen der StVZO würde hier einen Sicherheitsgewinn erbringen, den die Fahrzeughersteller mit einer reinen Umstellung der Software umsetzen könnten. Bei den aktuell produzierten Fahrzeugen erfolgt das Ansteuern der elektrischen Bauteile über Code-Signale.

Der § 5 Abs. 8 der StVO ist in der jetzigen Form gefährlich für den Radfahrer. Er besagt, dass der Radfahrer bei Vorhandensein räumlicher Randbedingungen und unter Wahrung der entsprechenden Vorsicht rechts an einem stehenden Lkw vorbeifahren darf. Der Radfahrer verlässt sich dementsprechend im Vertrauen auf die Regelung auf seine Vorfahrt. Hat der Lkw-Fahrer den rechts vorbeigefahrenen Radfahrer nicht bemerkt und biegt nach rechts ab, ergeben sich daraus fatale Konsequenzen für den Radfahrer. Das Vorbeifahren des Radfahrers rechts am stehenden Lkw ist eine sehr gefährliche Situation, die es zu vermeiden gilt. Offen ist hier noch, wie bei einer Änderung der geltenden Regelung in der gleichen Situation mit einem stehenden Pkw zu verfahren ist. Hier besteht weiterer Bedarf an Diskussionen und ggf. auch an Untersuchungen.

Die relevanten technischen Regeln, die bei Entwicklung, Bau und Zulassung der Fahrzeuge zu beachten sind, müssen zukünftig mehr als bisher in den hierfür zuständigen nationalen und insbesondere internationalen Gremien unter ganzheitlichen Gesichtspunkten betrachtet und weiterentwickelt werden. Hierbei kann es auch hilfreich sein, einzelne Regelungen zusammenzufassen.

Eine andere ebenfalls diskutierte Maßnahme wäre eine Beifahrerpflicht innerhalb geschlossener Ortschaften. Einen Beifahrer gibt es heute aus Kostengründen nur in einzelnen Bereichen des Speditionsgewerbes. Beispielsweise besetzen Möbelfhäuser und Umzugsfirmen ihre Lkw mit einem Beifahrer. Hier wird der Beifahrer primär für die Zeit vor bzw. nach dem Transport auf der Straße benötigt. Ein Beifahrer könnte grundsätzlich aktiv in den Abbiegevorgang einbezogen werden oder auch beim Rückwärtsfahren Unterstützung geben. Er wäre in der Lage, dem Fahrer die benötigten Informationen über den Verkehrszustand außerhalb des Fahrzeugs zu vermitteln. Damit hätte der Fahrer Informationen über die von ihm nicht einzusehenden Bereiche und könnte mit einem geringeren Risiko agieren.

Ob der Beifahrer immer in dieser Art tätig wird und dem Fahrer beispielsweise die in Abbiegesituationen benötigten Informationen gibt, ist aber nicht sicher. Letztendlich bleibt die Verantwortung beim Fahrer. Falls es zum Unfall kommt, muss er sich rechtfertigen. Es stellt sich auch die Frage nach der Ausbildung des Beifahrers. Reicht eine Einweisung, eine detaillierte Schulung oder sollte er ebenfalls die entsprechende Fahrerlaubnis besitzen? Eine Beifahrerpflicht würde Vorteile bei der Verkehrssicherheit bringen, die mit höheren Kosten im Speditionsbereich erkauft werden würden.

10 Sicherheitskonzept

Die Erkenntnisse aus der Unfallanalyse ergaben eine gegenüber der angenommenen Situation gänzlich unterschiedliche reale Unfallsituation. Der Anstoß der ungeschützten Verkehrsteilnehmer erfolgt primär im Bereich der vorderen rechten Fahrzeugecke. Ein nennenswerter Teil der Radfahrer/Fußgänger gerät bereits vor der Vorderachse unter das Fahrzeug. Deshalb wurden in Absprache mit der BASt die weiteren Schwerpunkte des Projektes mehr in Richtung aktive Sicherheit (Unfallvermeidung) verschoben. Im Rahmen eines Expertenge-

spraches ist ein Katalog von möglichen Maßnahmen zur Verringerung bzw. Beseitigung der Probleme beim rechts abbiegenden Lkw vorgestellt und diskutiert worden. Die Maßnahmen des Sicherheitskonzepts beinhalten auch die während des Expertengesprächs angesprochenen Aspekte.

10.1 Maßnahmenkatalog

Die Gefährdung ungeschützter Verkehrsteilnehmer durch rechts abbiegende Lkw ist, wie die vorliegende Studie deutlich zeigt, ein Resultat vieler unterschiedlicher Einflussfaktoren. Ansätze zur Verbesserung lassen sich von daher nicht auf einen der Beteiligten limitieren, vielmehr muss ein Gesamtkonzept erarbeitet werden, das die Potenziale der einzelnen Größen voll ausschöpft. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Auswertungen, Testreihen und Analysen bilden die Basis für den in diesem Kapitel vorgestellten Maßnahmenkatalog zur effektiven Reduktion der Zahl der schwer verletzten und getöteten Fußgänger bzw. Radfahrer bei den vorgenannten Unfallszenarien.

Politische Zielsetzungen nach einer Halbierung der Zahl der Verkehrstoten in Europa bis zum Jahr 2010, bezogen auf die Daten des Jahres 2000, oder die schwedische „Vision Zero“ mit dem Ziel, die Zahl der Verkehrstoten jedes Jahr zu reduzieren und in ferner Zukunft auf Null zu bringen, bedürfen weit gefächerter Ansätze. Auch Sicherheitskonzepte zur Thematik rechts abbiegender Lkw müssen hierbei Eingang finden. Der aufgestellte und nachfolgend näher ausgeführte Maßnahmenkatalog stellt ein solches ganzheitliches Sicherheitskonzept dar. Dabei werden Vorschläge für alle als relevant erkannten Bereiche gemacht.

Der klassische Regelkreis Mensch-Fahrzeug-Umwelt, der auch mit der Haddon-Matrix abgebildet wird, eignet sich dabei sehr gut, um die Verbesserungsvorschläge zuzuordnen und die Wirkungen abzuschätzen [69]. Allerdings bedarf es einer weiteren Unterteilung der drei Komponenten, da sehr viele äußere Einflussfaktoren vorhanden sind, Bild 115. Neben den direkt involvierten Verkehrsteilnehmern Lkw-Fahrer mit Fahrzeug und ungeschütztem Verkehrsteilnehmer, gegebenenfalls auch mit Fortbewegungsmittel, müssen zusätzlich andere Parteien wie Gesetzgeber, Medien, Verbände und Hersteller in die Pflicht genommen werden. Nur wenn dabei alle Beteiligten konstruktiv zusammenarbeiten, kann die Situation nachhaltig verbessert werden.

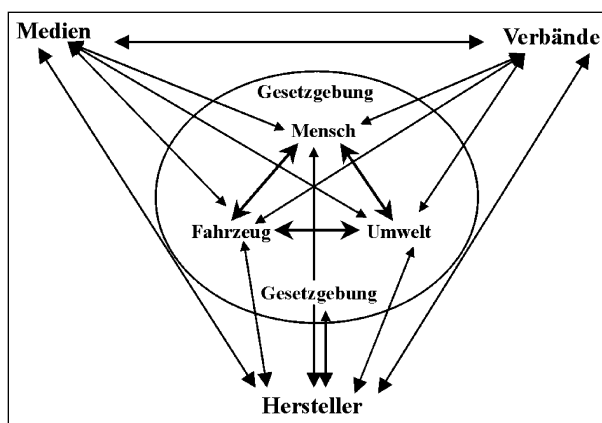


Bild 115: Darstellung der Wechselwirkungen zwischen einzelnen Komponenten bei umfassender Betrachtung von Fahrzeug- und Verkehrssicherheit

Die Kernkomponenten Mensch, Fahrzeug und Umwelt befinden sich dabei in einem durch die Gesetzgebung reglementierten Bereich, wobei direkte Wechselwirkungen untereinander bestehen. Neben der Gesetzgebung haben auch die Medien, Verbände und Hersteller einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Kernkomponenten. Während den Medien primär die Aufgabe des „Aufklärers“ zufällt, haben Verbände die Möglichkeit, Erfahrungen der Mitglieder zu sammeln und gezielte Aufklärungskampagnen und Schulungen zu starten. Stellen die Verbände den Medien Informationen zur Verfügung, so wird das Nutzenpotenzial vergrößert, da fachlich fundierte Informationen zielgruppengerecht aufbereitet an ein großes Publikum weitergegeben werden können. Hersteller haben durch Fahrzeugdesign und Ausstattung direkten Einfluss auf das Unfallgeschehen. Neben dem Einsatzbereich des Fahrzeugs spielen hier gesetzliche Vorgaben und Anforderungen eine wichtige Rolle. Im Verband gewonnene Erkenntnisse und von Medien aufgestellte Forderungen können dabei in die Weiterentwicklung und Neukonstruktion aufgenommen werden.

10.2 Komponenten des Sicherheitskonzepts

In diesem Unterkapitel werden die für das Sicherheitskonzept relevanten Komponenten vorgestellt und diskutiert, um daraus einen Prioritätenkatalog zur Einführung der Maßnahmen abzuleiten.

10.2.1 Lkw-Fahrer

Der Fahrzeughalter trägt die Verantwortung für die Sicherheit des Fahrzeugs einschließlich der Ausstattung. Der Fahrer des Lkw ist darüber hinaus

dafür verantwortlich, dass im Rahmen der Erledigung der Fahraufgabe keine anderen Verkehrsteilnehmer gefährdet werden. Dies beinhaltet auch den Abbiegevorgang. Um dieser Verantwortung nachzukommen, ist es unabdingbar, dass der Fahrer mit den Funktionen und dem Fahrverhalten seines Fahrzeugs vertraut ist und bereits bei der Abfahrtskontrolle darauf achtet, dass alle für den sicheren Abbiegevorgang relevanten Punkte in Ordnung sind. Um diese Aufgabe zu bewältigen, sind umfangreiche Schulungen und Informationen erforderlich.

Im Fahrerhaus ist darauf zu achten, dass die Front- und Seitenscheiben sauber sind und dass das Sichtfeld nicht durch abgestellte Geräte oder sonstige Gegenstände eingeschränkt wird. Die vorhandenen Spiegel müssen dem jeweiligen Fahrer entsprechend eingestellt werden. Dem Fahrer muss die beim Rechtsabbiegen auftretende Problematik deutlich vor Augen geführt werden, wobei auch die besonderen Verhaltensmuster von Radfahrern und Fußgängern Eingang finden müssen.

Ist der Fahrer in Begleitung eines Beifahrers, so sollte er diesen im Abbiegevorgang, ähnlich dem Sicherungsposten beim Rückwärtsfahren, als zusätzliche Informationsquelle nutzen. Der Beifahrer kann den gefährdeten Bereich direkt einsehen und dem Fahrer bei freier Fahrbahn ein entsprechendes „O. K.“ geben.

Abgeleitete Forderungen:

- Beschreibung der optimalen Spiegeleinstellung in der Bedienungsanleitung des Fahrzeugs.
- Praktische Demonstration der Problematik nicht sichtbarer, ungeschützter Verkehrsteilnehmer im Rahmen der Fahrschulung ab Klasse C1 und Schulung der richtigen Spiegeleinstellung.
- Schulung der Zuordnung von Abbildung im Spiegel und Position neben dem Fahrzeug.
- Einbeziehen der Problematik beim Rechtsabbiegen in Sicherheitsinformationen, die beispielsweise regelmäßig bei Fahrer- und auch bei Mitarbeiterbesprechungen behandelt werden.

10.2.2 Ungeschützter Verkehrsteilnehmer

Bei vielen der untersuchten Unfälle war die Unwissenheit der ungeschützten Verkehrsteilnehmer über das Sichtfeld des Lkw-Fahrers und die zum



Bild 116: Darstellung der direkten Sicht aus einem Lkw mit Markierungsbändern, Quelle: DEKRA Kassel

Abbiegen erforderlichen Fahrmanöver mit unfallursächlich. Nur die wenigsten ungeschützten Verkehrsteilnehmer haben jemals auf dem Fahrerplatz eines Lkw Platz genommen, geschweige denn sind sie Besitzer einer Fahrerlaubnis für Lkw. Dass trotz der hohen Sitzposition und drei Spiegeln auf der rechten Fahrzeugseite viele Bereiche neben dem Fahrzeug nicht ausreichend eingesehen werden können, ist vielen Fußgängern und Radfahrern nicht klar. Aussagen von Teilnehmern an DEKRA Schulungsveranstaltungen zum Thema Sicht aus Lkw offenbaren diese Wissensdefizite immer wieder aufs Neue.

Umfangreiche Schulungen der Bevölkerung sind hier ein wichtiger Ansatzpunkt. Besonders effektiv und leicht umsetzbar ist dabei die Schulung von Kindergarten- und Grundschulkindern im Rahmen der polizeilichen Jugendverkehrserziehung. Besonders eindrucksvoll und damit dauerhaft wirksam sind Sonderaktionen bei größeren Veranstaltungen. Ähnlich den Anlagen wie Gurtschlitten und Simulatoren zur Fahrt unter Alkoholeinfluss kann auf Stadtfesten, Radsportveranstaltungen oder auch Publikumsmessen ein Lkw oder eine Sattelzugmaschine aufgestellt werden. Daran kann mittels Flatterbändern das Sichtfeld für außen Stehende verdeutlicht werden, ebenso kann der Sichtschatten durch Platznehmen auf dem Fahrersitz aktiv erlebt werden.

Den nachhaltigsten Effekt hat das Selbstfahren. Dem stehen aber die hohen Kosten und der hohe Zeitaufwand entgegen. Die zum Abbiegen erforderlichen Fahrmanöver können einfach und spielerisch mittels ferngesteuertem Modell-Lkw von jedermann „erfahren“ werden.

Informationen mittels Falblätter, Printmedien und Fernsehen erreichen zwar ein großes Publikum, die

	Wirksamkeit	Aufwand/ Kosten	erreichbares Publikum
Papierdruck o. PDF-Dokument			
Videofilm			
selbst einsteigen			
selbst fahren			

Bild 117: Wirksamkeit, Aufwand und erreichbares Publikum von Informationen zum Thema Rechtsabbiegen in Abhängigkeit von der gewählten Art der Aktion (Papierdruck, ..., selbst fahren)

Langzeitwirkung ist hierbei aber nur sehr begrenzt. Noch extremer ist diese Diskrepanz bei Internetveröffentlichungen, Bild 117.

Abgeleitete Forderungen:

- Integration der Komponenten „Sicht aus Lkw“ und „Fahrverhalten von Lkw“ in die Jugendverkehrserziehung der Polizei und weiterer Institutionen wie der Verkehrswacht.
- Altersgerechte Integration der Thematik in den Schulunterricht, z. B. Errechnen der nicht einsehbaren Bodenfläche sowie der nicht einsehbaren Fläche in einer Höhe von 1,6 m als trigonometrische Rechenaufgabe.
- Zielgruppengerechte und problemorientierte Informationen der Öffentlichkeit (Aufklärungskampagnen).

10.2.3 Fahrzeug

Das Fahrzeug hat einen großen Gestaltungsraum für Verbesserungen zur Vermeidung von Unfällen beim Rechtsabbiegen und zur Reduzierung der Unfallfolgen. Neben allgemein wirkenden Verbesserungen gibt es eine ganze Reihe an Maßnahmen, die entsprechend dem jeweiligen Einsatzzweck des Lkw wirksam werden. Primär gilt es, das Sichtfeld des Fahrers zu verbessern. In weiteren Schritten sollen Assistenzsysteme den Abbiegevorgang sicherer machen und Veränderungen im Seiten- und Frontbereich ein Überrollen ungeschützter Verkehrsteilnehmer nach einem Zusammenstoß verhindern.

Die Optimierung des Sichtfeldes erstreckt sich dabei auf zwei Bereiche: das direkte Sichtfeld sowie das indirekte Sichtfeld. Das direkte Sichtfeld vergrößert sich dabei mit Vergrößerung der verglasten Fläche. Dabei kommt es aber zu einem Zielkonflikt mit den Vorgaben für die Innenraum-

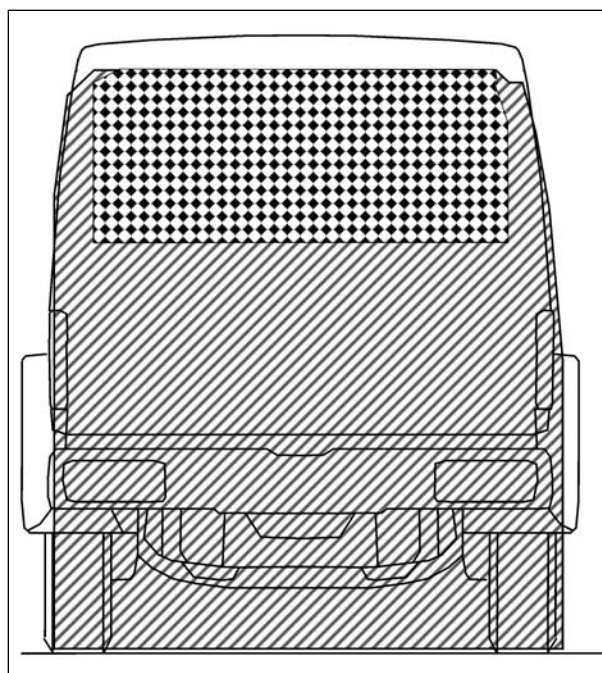


Bild 118: Schematisierte Mindestgröße der Frontscheibe (rautiert) im Verhältnis zur Lkw-Silhouette (schraffiert)

klimatisierung (Wärmeschutz) und die Struktursteifigkeit. Es gilt zu diskutieren, Mindestgrößen für die Frontscheibe in Abhängigkeit der Fahrzeugfrontfläche, aufgespannt zwischen Fahrbahn, Fahrerhausaußenkante und Windschutzscheibenoberkante, vorzuschreiben. Eine Fläche von ca. 30 % wäre hierbei eine denkbare Eingangsgröße, Bild 118. Bezugsgröße für die 30 % ist die Silhouette des Lkw-Fahrerhauses zwischen Fahrbahn und Frontscheibenoberkante. Generell muss aber die Windschutzscheibe so tief wie möglich herabgezogen werden. Die A-Säulen sollten so schmal wie möglich sein, um den dadurch verdeckten Bereich zu minimieren. Zur Erreichung dieses Ziels ist bei Verwendung von hochfesten Stählen die Möglichkeit für die Notfallrettung durch die Feuerwehr ebenfalls zu berücksichtigen. Auch die Seitenfenster sollten so groß wie möglich ausgeführt werden. Eventuelle Zusatzfenster im unteren Türbereich sind sehr zu empfehlen, Bild 119. Der Sichtschatten durch Spiegel und sonstige Ein- und Anbauteile muss so gering wie möglich gehalten werden.

Der zusätzliche Einbau einer Fresnellinse auf der Fahrzeugseite hat sich im Rahmen der DEKRA-Testreihen als sehr einfaches und dennoch effektives Mittel herausgestellt. Der US-amerikanische Hersteller Freightliner verwendet diese Technik bereits seit längerem bei einigen Baureihen, größtenteils mit guten Erfahrungen. Die Linsenbringung

kann dabei auch im normalen Seitenfenster erfolgen, Bilder 120, 121.

Lkw mit vorwiegendem Einsatz innerhalb von Ortschaften, die nicht im Baustellenverkehr oder



Bild 119: Große seitliche Fensterfläche



Bild 120: Seitentür rechts mit in Zusatzfenster integrierter Fresnellinse, Quelle: Freightliner (siehe auch Kapitel 5.2, Bild 60)



Bild 121: Fresnellinse im DEKRA-Versuch

Räumdienst eingesetzt werden, sollten mit Niederflurfahrerhäusern, ähnlich denen aus dem Linienbusverkehr, ausgestattet werden. Der Fahrer befindet sich so auf gleicher Höhe mit den Fußgängern und Radfahrern, ein direkter Sichtkontakt ist möglich, der nicht einsehbare Bereich wird minimiert. Entsprechende Fahrerhäuser werden bereits seit Beginn der 80er Jahre angeboten, wobei die ursprüngliche Begründung für diese Bauform in der geringen Gesamthöhe und nicht im Fußgänger- und Radfahrerschutz lag, Bild 122. Bei neu entwickelten Fahrerhäusern, speziell für den kommunalen Einsatzbereich, wurde aber der Faktor Sicht auf ungeschützte Verkehrsteilnehmer konsequent in die Planung mit einbezogen, Bild 123. Hier ist eine besondere Verantwortung des Halters vorhanden, der bereits bei der Beschaffung für besondere Einsatzzwecke relevante Sicherheitsaspekte beachten muss. Hier können Informationen für den angehenden Halter durch die Verkaufsberater der Hersteller oder entsprechendes Material der Ver-



Bild 122: Fahrzeug mit niedriger Sitzposition des Fahrers (Magirus-Drehleiter)



Bild 123: Kommunalfahrzeug mit niedrig angesetztem Fahrerhaus, Quelle: DaimlerChrysler

bände bereits beim Fahrzeugwerb helfen, Unfälle zu vermeiden. Diese Informationen sollten das Thema „Sicht aus Lkw“ eingehend beschreiben.

Problematisch bei der Forderung nach mehr Kommunalfahrzeugen mit Niederflurfahrerhäusern ist die sehr lange Nutzungsdauer der Kommunalfahrzeuge und die daraus entsprechend lange Zeit bis zu einer nennenswerten Durchdringung des Bestandes mit diesem Fahrzeugtyp. Teilweise spricht dieser Forderung auch der mehrfache unterschiedliche Einsatzzweck der Fahrzeuge entgegen. Allerdings ergeben sich gerade durch die aktuell immer mehr zunehmenden Auslagerungen von Tätigkeiten und Vergabe von Transportaufträgen Möglichkeiten, bei der Ausschreibung entsprechende Vorgaben zu machen.

Einige der angebotenen Kommunalfahrzeuge sind auch mit Rechtslenkung verfügbar, was die Situation beim Rechtsabbiegen entschärft, aber dementsprechend Sichtprobleme nach links aufweist.

Beim Betrieb der Fahrzeuge ergeben sich teilweise nachträgliche Änderungen, die auch das Sichtfeld betreffen, Bild 124. Diese sichtbehindernden Änderungen sind weder erlaubt noch tolerierbar. Die Sichtbehinderungen im Fahrerhaus (Wimpel, Fernseher, Kühlbox, ...) sind nach den bestehenden Vorschriften verboten. Allerdings wird die Einhaltung dieser Vorschriften nicht umgesetzt. Hier sollte die Arbeit der Polizei zur Durchsetzung bestehender Regelungen gestärkt werden. Gleichfalls sollte bei der technischen Fahrzeugüberwachung dieser Mangel ebenfalls gerügt werden.

Abgeleitete Forderungen für das direkte Sichtfeld:

- Große, tief heruntergezogene Windschutzscheibe.
- Schmale A-Säulen.



Bild 124: Sichtbehindernde Einbauten im Fahrerhaus

- Große Seitenfenster, ggf. ergänzt durch Zusatzfenster.
- Fresnellinse.
- Verstärkte Beschaffung von Niederflurfahrzeugen durch die öffentliche Hand bzw. entsprechende Vorgaben bei der öffentlichen Ausschreibung von relevanten Transportaufgaben.
- Steuerliche Begünstigung von Niederflurfahrzeugen.
- Bemängelung von sichtbehindernden Fahrzeugeinbauten bei wiederkehrenden Fahrzeuguntersuchungen (z. B. bei der §-29-Untersuchung) und bei der polizeilichen Verkehrsüberwachung.

Bei der indirekten Sicht müssen neben der Verbesserung bestehender Spiegelsysteme neue Konzepte verfolgt werden. Die neue europäische Spiegelrichtlinie (2003/97/EG) zeigt einen guten Weg auf. Es sollte über Fördermaßnahmen für Unternehmen nachgedacht werden, die diese Richtlinie vor der vorgesehenen Frist umsetzen. Ihre konsequente Umsetzung bei neu in den Verkehr gebrachten Fahrzeugen hat das Potenzial für eine Reduktion der Zahl und in begrenztem Maße auch der Schwere der hier untersuchten Rechtsabbiege-Unfälle. Neue Spiegelsysteme wie beispielsweise der MIM-Spiegel von DaimlerChrysler machen deutlich, dass die aktuell verwendeten Spiegel den Rahmen des Möglichen noch nicht vollständig ausschöpfen.

Generell sollten Außenspiegel elektrisch einstellbar und beheizt sein, die Anbringung muss positionstabil erfolgen, Vibrationen oder Türbewegungen dürfen auch nach mehreren Betriebsjahren nicht zu einem selbstständigen Verstellen der Spiegel führen. Die Spiegelflächen sollten so angebracht werden, dass sie vor Regen und Sprühnässe geschützt sind. Kameras, wie sie bereits als Unterstützung beim Rückwärtsfahren zum Einsatz kommen, können zur Überwachung des Raums neben dem Lkw verwendet werden. Kombinationen mit dem Monitor des Navigationssystems sind hierbei denkbar. Besonders für die zweckbedingt hohen Baustellenfahrzeuge stellen die Kamerasysteme eine gute Ergänzung dar. Bei den Kamerasystemen ist analog zu den Spiegelsystemen auch die Problematik der Verschmutzung der Objektivlinse zu beachten.

Abgeleitete Forderungen für das indirekte Sichtfeld:

- Schnelle Umsetzung der neuen Spiegelrichtlinie (2003/97/EG).

- Förderung des Anbaus verbesserter Spiegelsysteme.
- Förderung von Kamerasystemen.

Eine beliebige Erweiterung von Spiegelsystemen ist aber nicht möglich. Zum einen verringern Zusatzspiegel den direkten Sichtbereich, zum anderen ist die optische Aufnahmefähigkeit des Fahrers begrenzt. Auch spielt der Zeitfaktor eine Rolle. Während der Fahrer sich im Spiegel informiert, kann er den Bereich vor dem Fahrzeug nicht beobachten, woraus neue Gefahren entstehen. Abhilfe können Assistenzsysteme schaffen, die den Fahrer über den akustischen Wahrnehmungskanal auf Gefahren neben dem Fahrzeug hinweisen. Der Fahrer kann dann zur ergänzenden optischen Information gezielt in die Spiegel blicken.

Die Assistenzsysteme sind vergleichbar mit den im Pkw-Bereich weit verbreiteten Einparkhilfen. Allerdings sind an die Funktionssicherheit in Anbetracht der möglichen Unfallfolgen deutlich höhere Anforderungen zu stellen. Entsprechende Forschungsträger der Lkw-Hersteller sind bereits im Einsatz, Bild 125. Mit unterschiedlichen Techniken werden Fußgänger und Radfahrer neben dem Fahrzeug detektiert. Denkbar wäre aber auch, dass Fahrräder mit einem Bauteil ausgestattet werden, welches vom Assistenzsystem des Lkw erkannt wird. Eine solche „aktive“ Gegenstelle hat aber den Nachteil, dass nur die mit einem entsprechenden Bauteil ausgerüsteten Verkehrsteilnehmer erkannt werden.

Eine zusätzliche Abgabe akustischer Signale in den Raum neben dem Lkw beim Setzen des Blinkers



Bild 125: Abbiegeassistent, Quelle: MAN (siehe auch Kapitel 3.4, Bild 22)

hätte ebenfalls ein großes Nutzenpotenzial, könnte allerdings kritisch hinsichtlich einer möglichen Lärmbelastung der Anwohner sein. Weiterhin muss bei einer Realisierung einer solchen Maßnahme der Frequenzbereich des Signals deutlich von dem an den Ampeln für sehbehinderte Mitbürger installierten Warntönen zu unterscheiden sein. Eine akustische Signalisierung kann ohne großen Aufwand zur Warnung der ungeschützten Verkehrsteilnehmer realisiert werden. Wird parallel zum rechten Blinker ein Tongeber angesteuert, so werden die Personen neben dem Fahrzeug gewarnt. Der Ton sollte sich dabei von dem für Rückfahr-Warnsysteme unterscheiden. Neben dem geringen Preis bei gleichzeitig hoher Warnwirkung hat ein solches System den Vorteil, dass dem Bürger mit der Einführung die Gefährlichkeit der Situation rechts abbiegender Lkw verdeutlicht wird.

Die Diskussion dieser Maßnahme führte zu einer erweiterten bzw. modifizierten Variante: Am Lkw sollten alle seitlichen Begrenzungsleuchten des Fahrzeugs auf der Seite, die in der Abbiegerichtung liegt, blinken. Derzeit kann ein Radfahrer z. B. rechts neben einem Lkw fahren, ohne dessen rechten Fahrtrichtungsanzeiger blinken zu sehen. Nach aktuell geltendem Recht ist ein Blinken seitlicher Leuchten nur für Fahrzeuge mit einer Länge bis zu maximal 6 m erlaubt. Bei längeren Fahrzeugen ist dies derzeit nicht zulässig. Die Aussage, dass der optische Sinneskanal ausgeschöpft ist, gilt zwar für den Lkw-Fahrer, nicht jedoch für den daneben fahrenden Radfahrer.

Abgeleitete Forderungen:

- Weglassen der entsprechenden Einschränkungen für das Blinken seitlicher Markierungsleuchten an Fahrzeugen mit mehr als 6,0 m Länge, Umrüsten der Fahrzeuge, so dass die seitlichen Markierungsleuchten ebenfalls die Fahrtrichtung anzeigen.
- Ausrüstung aller Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse $> 3,5$ t mit einem geschwindigkeitsabhängigen, an den Blinker gekoppelten akustischen Signalgeber.

Beim Fahrzeugdesign ist darauf zu achten, dass die Außenverkleidung möglichst wenig Bereiche aufweist, die zu einem Verhaken anprallender ungeschützter Verkehrsteilnehmer führen können. Die Fahrzeugverkleidung sollte rundum so tief heruntergezogen sein, wie es der Einsatzzweck des Fahr-

zeugs erlaubt, um ein „unter die Räder Kommen“ der ungeschützten Verkehrsteilnehmer zu verhindern.

10.2.4 Umwelt

Unter Umwelt werden zur Erhöhung der Verständlichkeit all die Punkte zusammengefasst, die einen Einfluss auf den Fahrer, den ungeschützten Verkehrsteilnehmer und wie auch immer geartet auf das Fahrzeug haben. Dargestellt werden also sowohl die äußeren Einflussfaktoren als auch die Umgebungsparameter.

Bei der Verkehrswegeplanung gilt es, die besonderen Bedürfnisse der einzelnen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen. Dazu gehören ein konsequenter Ausbau des Radwegenetzes und eine optimierte Knotenpunktsgestaltung. Der Rad-/Fußweg sollte nach Möglichkeit nicht in direkter (gerader) Linie über die Kreuzung geführt werden, sondern, wo die örtlichen Gegebenheiten vorhanden sind, wie in Bild 114 mit einem seitlichen Versatz (Fahrwegverschwenkung). Damit hat der abbiegende Lkw-Fahrer eher die Möglichkeit, den ungeschützten Verkehrsteilnehmer wahrzunehmen. Gezielte Umbauten sollten bei Knotenpunkten erfolgen, die auf den Unfallsteckkarten der Polizei Häufungen von Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern aufweisen. Sind die örtlichen Gegebenheiten für einen seitlichen Versatz nicht vorhanden, ist an den ampelgeregelten Knotenpunkten eine Phasentrennung vorzusehen. Das bedeutet, dass die ungeschützten Verkehrsteilnehmer und der Kraftverkehr nicht gleichzeitig „Grünlicht“ haben. Alternativ denkbar ist ein Phasenverzug, bei der Fußgänger und Radfahrer eine Vorlaufzeit gegenüber dem Autoverkehr haben. Der Phasenverzug ergibt aber lediglich Vorteile für die Situation des Anfahrens und nicht für den fließenden Verkehr. Bei Fahrradwegen sollte die Haltelinie für das Fahrrad deutlich vor der des Autoverkehrs liegen, Bild 126.

Seitens der Straßenbauämter ist darauf zu achten, dass die Sicht im Bereich der Knotenpunkte nicht eingeschränkt wird. Besonders bei einer ansonsten sinnvollen räumlichen Trennung von Fuß- und Radweg zur Straße darf die direkte Sicht nicht durch dazwischen befindliche Bäume oder Werbetafeln behindert werden, Bild 127.

Abgeleitete Forderungen:

- Verkehrswegverschwenkung für Radfahrer und Fußgänger an Knotenpunkten.

- Vorverlegen der Haltelinien für Radfahrer.
- Phasentrennung oder Phasenverzug für Grünlicht zwischen ungeschützten Verkehrsteilnehmern und Kraftverkehr.
- Vorschriften, die Sichtbehinderungen auf Fuß- und Radwege im Kreuzungsbereich durch die Stadtmöblierung und Werbetafelung unterbinden.
- Sichtbehinderungen durch Pflanzenwuchs mittels regelmäßigem Zurückschneiden verhindern.



Bild 126: Knotenpunkt mit Versatz der Haltelinien und Vorlaufzeit der Ampelschaltung für Radfahrer (siehe auch Kapitel 9.2, Bild 113)



Bild 127: Beispiel für ungünstig postierte Werbetafel (siehe auch Kapitel 5.5, Bild 66)

10.2.5 Gesetzgebung

Gemäß § 5 Abs. 8 StVO dürfen Radfahrer unter bestimmten Bedingungen (ausreichender Raum, nur bei stehendem Verkehr auf der rechten Fahrspur) mit besonderer Vorsicht rechts an wartenden Fahrzeugen vorbeifahren. Diese Erlaubnis wiegt die Radfahrer in Sicherheit. Diese vermeintliche Sicherheit in Verbindung mit insbesondere auf der rechten Seite vorhandenen Sichtproblemen des Lkw-Fahrers beinhaltet aber eine sehr große Gefahr für die Radfahrer. Aus diesem Grund ist diese in der StVO verankerte Ausnahme zum Rechtsüberholen für Radfahrer aus Sicht der Unfallforschung zu revidieren.

Abgeleitete Forderung:

- Umgehendes Überarbeiten des § 5 Abs. 8 der StVO dahin gehend, dass das Rechtsvorbeifahren am stehenden Lkw nicht mehr erlaubt ist.

10.2.6 Medien

Die Medien sollten vorliegende bzw. veröffentlichte Forschungsergebnisse zur Thematik der rechts abbiegenden Lkw zielgruppengerecht aufbereiten und veröffentlichen. Durch eine vielfältige Weitergabe des Wissens rund um diese Verkehrssituation kann das Informationsdefizit und damit auch die Unfallgefahr verringert werden. Dies betrifft insbesondere Radfahrer und Fußgänger, die im Gegensatz zu allen anderen Verkehrsteilnehmern keine spezifische Ausbildung mit abschließender Prüfung zur Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr benötigen.

10.2.7 Administrative Maßnahmen

Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Unfallanalysen haben aufgezeigt, dass primär Baustellenfahrzeuge und Kommunalfahrzeuge in Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern beim Rechtsabbiegen verwickelt sind. Dazu kommen Lieferfahrzeuge für den Einzelhandel. Lkw-Fahrverbote für Tempo-30-Zonen oder Wohngebiete sind daher nicht realisierbar, da diese Fahrzeuge hier anfahren müssen, um ihre Transportaufgabe erfüllen zu können. Bei der Routenplanung kann zwar darauf geachtet werden, dass der Rechtsabbiegevorgang möglichst selten vorkommt, wegen der üblicherweise beengten Platzverhältnisse werden im Normalfall aber sowieso die kürzesten Routen mit möglichst wenig Abbiegevorgängen gewählt. Freiwillig wird kein Lkw-Fahrer die Fahrt durch ein Wohngebiet der Fahrt über eine Hauptstraße vorziehen.

Eine andere theoretisch denkbare Variante ist eine Begrenzung des Lieferverkehrs auf bestimmte Zeitfenster. Auch diese Variante ist nicht realistisch umsetzbar. Die Anlieferung für den Lebensmitteleinzelhandel und auch im Baugewerbe erfolgt entsprechend den arbeitsablaufbedingten Notwendigkeiten. Der Kunde erwartet die Frischeartikel am Morgen in dem von ihm ausgewählten Geschäft. Auf der Baustelle soll der Beton entsprechend dem Baufortschritt passend angeliefert werden. Hier sind Zwänge vorgegeben, denen bei entsprechend vorgeschriebenen Zeitfenstern nur mit erhöhtem administrativem Aufwand über Ausnahmegenehmigungen nachgekommen werden könnte.

Es werden bundesweit auf kommunaler Ebene Verkehrsschauen durchgeführt, um die Verkehrssicherheit zu erhöhen und mögliche bzw. bereits erkannte Unfallschwerpunkte zu beseitigen. Die Verkehrsschaukommissionen sollen über die Problematik des abbiegenden Lkw eingehender informiert werden, damit diese Problematik berücksichtigt werden kann. Wie im Expertenkreis vorgeschlagen, sollte auch mindestens ein Teilnehmer mit Kenntnissen über das Fahren und die Technik von Lkw in der Kommission vertreten sein.

10.3 Forderungskatalog

Die erarbeiteten Forderungen sind in Tabellen (20a, 20b und 20c) übertragen und mit verschiedenen Einstufungen versehen worden. Die Einstufungen dienen als Orientierungshilfe für eine zweckmäßige Reihenfolge der Umsetzung und umfassen im Einzelnen:

Zielgruppe

die von diesem Vorschlag Betroffenen sind hier aufgeführt,

Wirksamkeit auf Unfallgeschehen

ist eine Abschätzung ausgehend von der aktuell existierenden Situation,

Umsetzbar wann

gibt den Zeitrahmen an, in dem die Maßnahme als realisierbar erscheint,

Wirksam wann

gibt an, wann eine nennenswerte Wirksamkeit für das Unfallgeschehen durch diese Maßnahme zu erwarten ist,

Fahrzeugtyp

einzelne Maßnahmenvorschläge sind für spezielle Fahrzeuggruppen (Baustellen- bzw. Kommunalfahrzeuge) gedacht.

Die mit (+++) gekennzeichneten Maßnahmen sind zu favorisieren, weil sie die höchste Wirksamkeit bezüglich des Unfallgeschehens erwarten lassen.

Die in Tabelle 20c aufgeführten Maßnahmen betreffen die passive Sicherheit, insbesondere den Seitenschutz.

Maßnahmen	Zielgruppe	Wirksamkeit auf Unfallgeschehen	umsetzbar wann	wirksam wann	Fahrzeugtyp
	Fahrer, Fahrschule, Gesetzgeber, Hersteller, Medien, Landkreis, Gemeinde, Polizei, Schule, Spedition, Straßenbauamt, DEKRA/TÜV/..., Verbände	+ - o. n. A., ++ - spürbar, +++ - deutlich.			1 - Baustellenfzg, 2 - Kommunalfzg
Schulung der Fahrer bezüglich der Zuordnung von Position von Personen neben dem Fahrzeug und Abbildung im Spiegel	Fahrer, Fahrschule, Spedition, DEKRA/TÜV/...	+	kurzfristig	kurzfristig	
Praktische Demonstration der Problematik nicht sichtbarer, ungeschützter Verkehrsteilnehmer im Rahmen der Fahrschulung ab Klasse C1 und Schulung der richtigen Spiegeleinstellung	Fahrer, Fahrschule	+	kurzfristig	mittelfristig	
Einbeziehen der Problematik beim Rechtsabbiegen in Sicherheitsinformationen, die beispielsweise regelmäßig bei Fahrer- und auch bei Mitarbeiterbesprechungen behandelt werden	Fahrer, Spedition	+	kurzfristig	mittelfristig	
Zielgruppengerechte und problemorientierte Information der Öffentlichkeit (Aufklärungskampagnen)	Medien, Verbände, DEKRA/TÜV/...	++	kurzfristig	mittelfristig	
Umsetzen des Verbotes sichtbehindernder Einbauten und Bauteile im Lkw-Fahrerhaus durch Beanstandung bei wiederkehrenden Fahrzeuguntersuchungen (z. B. bei § 29-Untersuchung), Ermahnungen bzw. Beanstandungen durch die Polizei	DEKRA/TÜV/..., Polizei	++	kurzfristig	kurzfristig	
Einsatz von Fresnellinse, Dobi-, Towispick-Spiegel und andere aus Zubehörhandel (! Richtlinie 2003/97/EG wird nicht erfüllt !)	Spedition, (Hersteller)	+	kurzfristig	mittelfristig	
Ausrüstung aller Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse > 3,5 t mit einem geschwindigkeitsabhängigen an den Blinker gekoppelten akustischen Signalgeber	Hersteller	+++	kurzfristig	mittelfristig	
Schnelle Umsetzung der neuen Spiegelrichtlinie (2003/97/EG)	Gesetzgeber, Hersteller	+++	kurzfristig	mittelfristig	
Weglassen der entsprechenden Einschränkungen für Fahrzeuge mit mehr als 6,0 m Länge, Umrüsten der Fahrzeuge, so dass die seitlichen Begrenzungsleuchten ebenfalls die Fahrtrichtung anzeigen	Gesetzgeber, Hersteller	++	kurzfristig	mittelfristig	
Integration der Komponenten „Sicht aus Lkw“ und „Fahrverhalten von Lkw“ in die Jugendverkehrserziehung der Polizei und weiterer Institutionen wie der Verkehrswacht	Schule, Polizei, Verkehrswacht	+	kurzfristig	mittelfristig	
Einbeziehung der Abbiegeproblematik bei Verkehrsschaukommissionen	Landkreis, Gemeinde, Straßenbauamt	+	kurzfristig	kurzfristig	
Altersgerechte Integration der Thematik in den Schulunterricht, z. B. Errechnen der nicht einsehbaren Bodenfläche sowie der nicht einsehbaren Fläche in einer Höhe von 1,6 m als trigonometrische Rechenaufgabe	Schule	+	kurzfristig	mittelfristig	
Überarbeiten des § 5 Abs. 8 der StVO dahin gehend, dass das Rechtsvorbeifahren am stehenden Lkw nicht mehr erlaubt ist	Gesetzgeber	+++	kurzfristig	kurzfristig	
Förderung des Anbaus verbesserter Spiegelsysteme	Gesetzgeber	+++	kurzfristig	mittelfristig	
Förderung von Kamerasystemen	Gesetzgeber	+++	kurzfristig	mittelfristig	
Sichtbehinderungen durch Pflanzenwuchs mittels regelmäßigem Zurückschneiden verhindern	Straßenbauamt	+	kurzfristig	kurzfristig	
Phasentrennung oder Phasenverzug für Grünlicht zwischen ungeschützten Verkehrsteilnehmern und Kraftverkehr	Straßenbauamt	+	kurzfristig	mittelfristig	

Tab. 20a: Tabelle vorgeschlagener kurzfristig umsetzbarer Maßnahmen zur Verbesserung der aktiven Sicherheit

Maßnahmen	Zielgruppe	Wirksamkeit auf Unfallgeschehen	umsetzbar wann	wirksam wann	Fahrzeugtyp
Große Seitenfenster, ggf. ergänzt durch Zusatzfenster	Hersteller	++	mittelfristig	langfristig	vorwiegend 1
Große, tief heruntergezogene Windschutzscheibe	Hersteller	++	mittelfristig	langfristig	vorwiegend 1
Schmale A-Säulen	Hersteller	+	mittelfristig	langfristig	
Beschreibung der optimalen Spiegeleinstellung in der Bedienungsanleitung des Fahrzeugs	Hersteller, Fahrer	+	mittelfristig	mittelfristig	
Sensorgestützte Fahrerassistenzsysteme	Hersteller	+++	mittelfristig	langfristig	
Verstärkte Beschaffung von Niederflurfahrzeugen bzw. Förderung von Niederflurfahrzeugen durch die öffentliche Hand	Landkreis, Gemeinde	+	mittelfristig	langfristig	2
Steuerliche Begünstigung von Niederflurfahrzeugen	Gesetzgeber	++	mittelfristig	langfristig	2
Haltelinien vorverlegen	Straßenbauamt	++	mittelfristig	mittelfristig	
Verkehrswegverschwenkung für Radfahrer und Fußgänger an Knotenpunkten	Straßenbauamt	++	mittelfristig	mittelfristig	
Vorschriften, die Sichtbehinderungen auf Fuß- und Radwege im Kreuzungsbereich durch die Stadtmöblierung und Werbeplakatierung unterbinden	Gesetzgeber, Landkreis, Gemeinde, Straßenbauamt	++	mittelfristig	mittelfristig	

Tab. 20b: Tabelle vorgeschlagener mittelfristig umsetzbarer Maßnahmen zur Verbesserung der aktiven Sicherheit

Maßnahmen	Zielgruppe	Wirksamkeit auf Unfallgeschehen	umsetzbar wann	wirksam wann	Fahrzeugtyp
Ergänzen der Bauvorschrift 89/297/EWG durch einen Absatz, nach dem Systeme mit gleicher Wirkung zulässig sind	Gesetzgeber, Hersteller		mittelfristig	langfristig	
Ergänzen der Vorschrift 89/297/EWG im Hinblick auf einen seitlichen Pkw-Anprall	Gesetzgeber, Hersteller		langfristig	langfristig	

Tab. 20c: Tabelle vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung der passiven Sicherheit

11 Zusammenfassung

In Europa kommen bei Straßenverkehrsunfällen mit Beteiligung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Radfahrer und Fußgänger) 20 bis 30 % der insgesamt im Straßenverkehr tödlich verletzten Personen ums Leben. Die Zahlen variieren je nach einzeltem Land zwischen 14 % (Frankreich) und 48 % (Polen). Dies hängt mit den unterschiedlichen regional üblichen Verkehrsgewohnheiten zusammen. Unter den dabei vorkommenden Verkehrssituationen ist der Konflikt zwischen dem rechts abbiegenden Lkw und einem Radfahrer oder Fußgänger zwar nicht besonders häufig, aber sehr gefährlich für die ungeschützten Verkehrsteilnehmer. Hier trifft der größte und schwerste auf den kleinsten und schwächsten Verkehrsteilnehmer.

Im Rahmen von Forschungsprojekten und in der Literatur wird die Problematik der Situation „rechts abbiegender Lkw gerät in Konflikt mit einem Radfahrer oder Fußgänger“ schon seit längerem diskutiert. Bereits Ende der siebziger Jahre ergaben Untersuchungen, dass ein Überrollen des Fußgängers oder Radfahrers durch die Hinterachse eines Lkw

die wesentliche Ursache für die dabei häufig auftretenden tödlichen Verletzungen ist. Eine der aus dieser Erkenntnis abgeleiteten Maßnahmen war die Einführung der seitlichen Schutzvorrichtungen, mit denen alle in § 32c der StVZO näher benannten Lkw, Zugmaschinen und Anhänger bis zum 1. Januar 1995 aus- bzw. nachgerüstet sein mussten.

Technische Innovationen, insbesondere im Bereich der Elektronik, haben zwischenzeitlich neue Möglichkeiten zur Unfallvermeidung bzw. zur Unfallfolgenminderung eröffnet. Spiegelsysteme und Videosysteme gehören hierbei bereits zu den konventionellen Systemen. Neueste Systeme arbeiten mit Sensoren, die z. B. auf der Basis von Infrarotlicht, Ultraschall oder Radar die Räume um das Fahrzeug überwachen und bei drohenden Kollisionsgefahren selbsttätig die Abgabe von Warnsignalen über Lautsprecher an den Lkw-Fahrer aktivieren können. Laufende Forschungen und Entwicklungen befassen sich darüber hinaus mit weitreichenden technischen Assistenzsystemen, die bei erkannten Kollisionsgefahren den Fahrer nicht nur warnen, sondern auch unterstützen bzw. aktiv in die Führung des Fahrzeuges eingreifen.

Die Situation rund um die Problematik der rechts abbiegenden Lkw veranlasste die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), die DEKRA-Unfallforschung mit der Bearbeitung des Projekts „Gefährdung von Fußgängern und Zweiradfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw“ zu beauftragen. Für das Vorgehen im Projekt war neben einer Literatur- und Unfallanalyse die Festlegung von Anforderungen an den Seitenschutz, die Entwicklung von Prüfverfahren und Messpuppen sowie die Beschreibung von Anforderungen an technische Systeme zur Unterstützung des Lkw-Fahrers vorgesehen. Ferner waren mögliche administrative Maßnahmen zu beurteilen und ein Sicherheitskonzept vorzuschlagen.

Im Rahmen der Literaturstudie sind insgesamt 71 Titel themenbezogen und methodenbezogen ausgewertet worden. Zur Analyse des Unfallgeschehens von rechts abbiegenden Lkw und Fußgängern bzw. Radfahrern wurden neben den veröffentlichten Zahlen des Statistischen Bundesamtes auch In-Depth-Unfallerhebungen herangezogen. Für diese In-Depth-Unfallanalysen standen 90 Unfälle mit Beteiligung von rechts abbiegenden Lkw und Fußgängern bzw. Radfahrern zur Verfügung.

Die In-Depth-Unfallanalysen ergaben neue Erkenntnisse hinsichtlich des Erstkontaktes zwischen Lkw und ungeschütztem Verkehrsteilnehmer. Bei mehr als der Hälfte der Radfahrer und Fußgänger erfolgte der Erstkontakt im Bereich der rechten vorderen Fahrzeugecke des Lkw. Die Diskussion dieses Ergebnisses führte zur Verschiebung eines der Schwerpunkte des Projektes. Ein ursprüngliches Hauptinteresse galt der passiven Sicherheit und damit dem Seitenschutz des Lkw. Die Häufung der Erstkontakte und das entsprechend häufige Überrollen durch die Vorderachse erfordern eine Konzentration der Aktivitäten auf den Bereich vorn rechts. Im Bereich vor der Vorderachse ist ein analoger Schutz gegen das Überrollen nicht durchführbar. Deshalb ist nach Absprache mit der BASt der Fokus mehr auf den Bereich aktive Sicherheit verlegt worden. Daraus resultierten einige Änderungen der Arbeitspakete. Das im DEKRA-Crashzentrum durchgeführte Versuchsprogramm beinhaltete nach der Neuausrichtung sowohl Anstoßsituationen im Bereich des Lkw-Seitenschutzes als auch die entsprechend den Unfallanalysen dominierenden Situationen mit Eckanstoß am Lkw.

Aus der Projektarbeit ergaben sich Erkenntnisse für mögliche Verbesserungen im Bereich der Fahr-

zeugtechnik, der Umwelt, für Schulungsmaßnahmen und für administrative Maßnahmen, die nach zusätzlicher Evaluierung im Rahmen eines Expertengesprächs zu einem Sicherheitskonzept zusammengefasst wurden.

In der im Rahmen des Projektes ausgewerteten Literatur werden das direkte und das indirekte Sichtfeld als die zentralen Einflussgrößen für die Situation des rechts abbiegenden Lkw gesehen. Einer der hinreichend bekannten Gründe für die Probleme der Lkw-Fahrer in dieser Situation ist die unzureichende Sicht nach rechts und nach vorn. Diesen Zustand bemängeln Lkw-Fahrer seit langem. Hier zeichnet sich mit der neuen Richtlinie 2003/97/EG eine wesentliche Änderung ab. Neben größeren vorgeschriebenen Sichtfeldern für Haupt-, Weitwinkel- und Anfahrspiegel ist ein Sichtfeld für den Bereich direkt vor dem Lkw vorgesehen. Weiterhin dürfen zukünftig auch Kamerasysteme zur Darstellung des vorgesehenen Sichtfeldes eingesetzt werden.

Neben der Spiegelrichtlinie 71/127/EWG (bzw. 2003/97/EG) ist die Anbringung seitlicher Schutzeinrichtungen nach der Richtlinie 89/297/EWG (ECE-R 73) eine für die Problematik der rechts abbiegenden Lkw wichtige Vorschrift. Diese Richtlinie lässt einen Maximalabstand zwischen Fahrbahn und Unterkante des Seitenschutzes von 550 mm zu. Dieser Wert wurde bei Einführung der Richtlinie kontrovers diskutiert. Aus Sicht der Unfallforschung ist ein geringerer Abstand wünschenswert, aber dies kollidiert bei den konventionellen Lkw-Bauformen häufig mit deren Einsatzbedingungen. Baustellenfahrzeuge benötigen beispielsweise abseits der Straße eine höhere Bodenfreiheit. Der von Krone gebaute Sattelanhänger Safeliner[®] ist nach einem neuartigen alternativen Baukonzept (Plankenrahmen) realisiert worden, das einen wesentlich geringeren Abstand zwischen Fahrbahn und Seitenschutz zulässt. Über die Luftfederung ist bei Bedarf die Höhe des Seitenschutzes veränderbar. Der Seitenschutz ist hier kein eigenständiges Bauteil, sondern wird von den Längsträgern des nach außen verlagerten Rahmens des Fahrzeuges dargestellt. Die Festigkeit des Plankenrahmens reicht aus, um auch dem Anprall eines Pkw zu widerstehen.

Bei der Ausführung von Spiegeln gab es in der Vergangenheit und gibt es in der Gegenwart eine Reihe von Verbesserungen. Einzelne Zusatzspiegel wie Dopli[®] oder TOWISPICK[®], die ursprünglich

auf Initiativen von Privatpersonen basieren, helfen, die indirekte Sicht des Lkw-Fahrers zu verbessern. Allerdings erzeugen sie entsprechend der Anbringung teilweise einen zusätzlichen Sichtschatten, der die direkte Sicht reduziert. Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung einer Fresnellinse im Türbereich. Diese vom US-Hersteller Freightliner in einzelnen Fahrzeugen angebotene Sichtverbesserung hat zumindest keine Reduzierung der direkten Sicht zur Folge. Bei allen drei genannten Hilfen zur Verbesserung der indirekten Sicht (Dobl[®], TOWI-SPICK[®] und Fresnellinse) muss der Fahrer neben den vorhandenen Spiegeln einen weiteren Spiegel (bzw. eine weitere Linse) fixieren und die dort angebotenen optischen Informationen verarbeiten. Die dafür benötigte Zeit fehlt dann unter Umständen zur Einsicht in andere relevante Bereiche vor und neben dem Lkw. Diese zusätzlichen Sichthilfen verbessern grundsätzlich das Sichtfeld des Lkw-Fahrers, können aber in den aktuell existierenden Versionen nicht die neue Spiegelrichtlinie 2003/97/EG erfüllen. Eine weitere Variante ist die Nachführung des Spiegels beim Rechtsabbiegen. Dieses vom Nutzfahrzeug-Spiegelhersteller MEKRA entwickelte System hilft dem Fahrer eines Sattelkraftfahrzeuges, beim Einknicken des Zugverbandes während des Durchfahrens von Kurven die Sicht nach rechts über nachgeführte Spiegel zu verbessern.

Das von DaimlerChrysler entwickelte MIM-Fahrzeug (Multimediales Informations Management) ist ein Forschungsträger, der unter anderem auch ein modifiziertes Spiegelsystem aufweist. Dieses Spiegelsystem¹¹ deckt mit den dort vorhandenen drei Spiegeln den in der neuen Spiegelrichtlinie geforderten Bereich ab. Äußeres Erkennungszeichen für dieses neue System ist die andere Anbringung der Spiegel, wobei der Lkw-Fahrer den Spiegel nicht wie bei konventionellen Systemen durch die Seitenscheibe, sondern, ähnlich wie bei Reisebussen, durch die Frontscheibe sieht. Diese Art der Anbringung ist in Japan Standard.

Spiegel- und Kamerasysteme erfordern die Zuwendung des Blickes und der Aufmerksamkeit des Fahrers zu den jeweiligen Spiegeln bzw. Monitoren. Zukünftig werden dem Fahrer neben besseren Spiegeln und Kamera-Monitor-Systemen dann

auch noch Assistenzsysteme zur Verfügung stehen, die ihm helfen, die in dieser Verkehrssituation vorhandenen Probleme besser zu lösen. Aktuell gibt es erste Versuchsträger mit elektronischen Assistenzsystemen von MAN und auch von Hino Motors in Japan. An der Weiterentwicklung wird intensiv gearbeitet. Interessant ist, wie derartige neue elektronische Systeme beim gegebenen Entwicklungsstand in den relevanten Situationen mit rechts abbiegendem Lkw die in Bewegung befindlichen, gefährdeten Radfahrer und Fußgänger erkennen können. Gegenwärtig ist der Einsatz von 24-GHz-Radarsensoren vorgesehen, um die rechts neben dem Lkw befindlichen ungeschützten Verkehrsteilnehmer zu identifizieren.

Die Unfallanalyse ist ein wichtiges Kapitel zur Beschreibung der Unfallausgangssituation (Unfallvorgeschichte) und des darauf folgenden Unfallablaufes (Anstoßkonstellation und Unfallfolgen). Die veröffentlichten Zahlen des Statistischen Bundesamtes (StBA) erlauben nur indirekte Rückschlüsse bezüglich der Unfälle zwischen rechts abbiegenden Lkw und Radfahrern bzw. Fußgängern. Für das Jahr 2002 weist die amtliche Statistik innerorts 36.785 Abbiegeunfälle aus. Die Zahl der Unfälle mit Güterkraftfahrzeugen und Radfahrern bzw. Fußgängern ist mit 4.500 angegeben. Von den beteiligten Güterkraftfahrzeugen weisen etwa 43 % eine zulässige Gesamtmasse (zGM) von mehr als 3,5 t auf. Daraus ergibt sich eine geschätzte Größenordnung von 135 Unfällen mit rechts abbiegenden Lkw mit mehr als 3,5 t zGM, die innerorts mit einem Fahrrad oder Fußgänger kollidieren. Bei diesen Unfällen erleiden schätzungsweise 10 Personen tödliche Verletzungen. Diese bis zu 135 Unfälle sind nur ein kleiner Teil der 4.500 Innerorts-Unfälle (3 %) zwischen Güterkraftfahrzeugen und Radfahrern/Fußgängern. Die 4.500 Innerorts-Gkfst-Unfälle bilden ihrerseits lediglich 2,2 % von allen innerorts im Jahr 2002 vorkommenden 233.865 Unfällen mit Personenschäden ab. Diese Unfälle haben für die Unfallforschung aufgrund der Thematik, größter und schwerster Verkehrsteilnehmer trifft auf kleinsten und schwächsten, und den, mit dem Unfall verbundenen entsprechend schwer wiegenden Unfallfolgen eine besondere Bedeutung.

In den Veröffentlichungen zum Themengebiet finden sich Zahlen von bis zu 4 % für den Anteil der Unfälle zwischen Lkw und Radfahrern/Fußgängern. Diese Angaben in der Literatur sind allerdings nicht exakt auf die Situation des rechts abbiegenden Lkw zurückzuführen. Deshalb sind die angebe-

¹¹ Dieses Spiegelsystem ist für bestimmte Fahrzeugtypen der DaimlerChrysler AG zu kaufen.

nen Unfallzahlen nach kritischer Würdigung eher nach unten zu reduzieren. Bemerkenswerter Teilaspekt ist die Tatsache, dass unterschiedliche Quellen unabhängig voneinander den ungeschützten Verkehrsteilnehmer vor dem Unfall im Sichtschatten sehen. Das heißt, der Lkw-Fahrer kann den späteren Unfallkontrahenten vorher nicht bemerken. Die Probleme mit dem Sichtfeld bemängeln die Lkw-Fahrer seit langem. Eine diesbezügliche Veröffentlichung [45] stammt aus dem Jahr 1986.

Neben den Zahlen des StBA standen insgesamt 90 Unfälle für In-Depth-Unfallanalysen zur Verfügung, bei denen ein rechts abbiegender Lkw mit einem Radfahrer oder Fußgänger kollidierte. Dieses Datenmaterial setzte sich zu gleichen Teilen aus Daten der Medizinischen Hochschule Hannover und entsprechendem Fall-Material aus dem Pool der DEKRA-Unfallforschung zusammen.

Die bei den In-Depth-Untersuchungen ausgewerteten Lkw-Unfälle ereigneten sich vorwiegend mit Radfahrern als zweitem Beteiligten. Fußgänger waren in dem Untersuchungsmaterial nur zu 13 % beteiligt. Die analysierten Situationen sind für die Radfahrer als grundsätzlich gefährlicher einzustufen.

Die auslösenden Konflikte finden statt, sobald die Beteiligten gleichzeitig nebeneinander am Straßenverkehr teilnehmen. Radfahrer und Fußgänger sind eher bei Tageslicht und guten Witterungsbedingungen im Straßenverkehr anzutreffen. Diese Unfälle ereignen sich meist während der Woche und seltener am Wochenende, weil Lkw vorwiegend an Werktagen unterwegs sind.

- Der Erstkontakt findet in der Mehrzahl der Fälle (57 %) im Bereich der rechten vorderen Fahrzeugecke statt. Hierzu zählen der rechte Teil der Front, die rechte Fahrzeugecke und der Bereich rechts bis zur Vorderachse.
- Lediglich 7 % der ungeschützten Verkehrsteilnehmer haben einen Erstkontakt im Bereich des Lkw-Seitenschutzes.
- Die Hälfte (50 %) der ungeschützten Verkehrsteilnehmer gerät vor dem rechten Vorderrad oder im Bereich des rechten Vorderrades unter den Lkw.
- 56 % der ungeschützten Verkehrsteilnehmer wurden von den Vorder- und/oder Hinterrädern des Lkw überrollt.
- Baustellen- und Kommunalfahrzeuge sind besonders häufige Fahrzeuge bei Abbiegeunfällen.

Grundsätzlich gibt es zwei Szenarien beim Abbiegen, die unterschiedliche Probleme beinhalten.

Szenario 1

Der Lkw fährt an die Einmündung heran und biegt mit entsprechend verringerter Geschwindigkeit nach rechts ab. Beim Abbiegevorgang haben Lkw und Zweirad ein ähnliches Geschwindigkeitsniveau. Ein Radfahrer, der sich während des Abbiegens für den Lkw-Fahrer im Sichtschatten befindet, bleibt bis kurz vor der Kollision darin verborgen.

Szenario 2

Der Lkw hält vor dem Abbiegevorgang an. Dieses Anhalten kann verkehrsbedingt oder durch eine Lichtzeichenanlage begründet sein. Hier finden sich auch die 10 % der Unfälle wieder, bei denen der Radfahrer auf der gleichen Fahrspur fahrend rechts am stehenden Lkw vorbeifahren wollte.

Die Häufung der unfallbeteiligten Baustellenfahrzeuge kann auf die durch die größere Rahmenhöhe dieser Fahrzeuge verstärkte Problematik zurückgeführt werden. Der Unterschied zwischen „normaler Rahmenhöhe“ und „Baustellenausführung“ beträgt bis zu 300 mm. Daraus resultiert ein deutlich größerer Sichtschatten mit verschlechterten Wahrnehmungsmöglichkeiten für den Lkw-Fahrer.

Basierend auf den Unfallanalysen und den Erkenntnissen der Literaturstudie entstand das Versuchsprogramm, das im Rahmen des Projektes durchgeführt wurde. Mit den ersten vier Versuchen wurde eine Anstoßsituation im Bereich des rechten Seitenschutzes direkt hinter dem Fahrerhaus jeweils für bewegten Radfahrer und stehenden Fußgänger dargestellt. Hierbei waren am Lkw ein Seitenschutz entsprechend der gültigen Regelung ECE-R 73 mit 550 mm Abstand zum Boden angebracht sowie testweise ein tiefer heruntergezogener Seitenschutz mit 100 mm Abstand zum Boden. Der fünfte Versuch mit Anstoßsituation an der rechten vorderen Fahrzeugecke erfolgte nur mit einem Radfahrer. Weiterhin sind Lkw-spezifische statische Sichtfelduntersuchungen und ergänzend dazu Untersuchungen zur Sichtbarkeit aus dem fahrenden Lkw durchgeführt worden.

Die Sichtfelduntersuchungen umfassten Vermessungen des direkten und des indirekten Sichtfeldes eines Lkw mit einem der gültigen Vorschriften (71/127/EWG) entsprechenden Spiegelsystem und einer Sichtfeldergänzung über eine Fresnellinse. Zum Vergleich sind die gleichen Sichtfeldver-

messungen für das MIM-Fahrzeug von Daimler-Chrysler durchgeführt worden.

Eine besonders problematische Sichtsituation ist in der Pre-Crash-Phase gegeben, wenn der Radfahrer im Bereich der vorderen rechten Fahrzeugecke anstößt. Bei einer Kollision im Bereich des Seitenschutzes hat der Lkw-Fahrer mit den aktuell im Straßenverkehr befindlichen Fahrzeugen in Verbindung mit den vorgeschriebenen Spiegeln grundsätzlich die Möglichkeit, den Radfahrer vor der Kollision zu sehen. Dies ist beim Anstoß im Bereich der vorderen Fahrzeugecke nicht der Fall. Damit ist die in den Unfallanalysen häufiger vorkommende Anprallsituation an der Fahrerhausercke erklärbar. Zusätzlich ergibt sich nach dem Erstanstoß im Eckbereich die ungünstige Situation, dass der Radfahrer potenziell durch das Überrollen der Räder von zwei Achsen gefährdet ist.

Hier sind zwei Einflussfaktoren zu erwähnen. Einerseits ist der Radfahrer, solange er hinreichend lange in mindestens einem der vorhandenen Spiegel erkennbar ist, auch vom Fahrer wahrzunehmen. Dies ist derzeit dann gegeben, wenn der Radfahrer den möglichen späteren Anprall im Seitenbereich zwischen der Vorder- und der Hinterachse hätte. Neuere, bessere Spiegelsysteme könnten dem Fahrer die Sicht auf den ungeschützten Verkehrsteilnehmer zukünftig auch für andere Ausgangssituationen ermöglichen. Ein weiterer denkbarer Einflussfaktor ist durch die Position des ungeschützten Verkehrsteilnehmers neben dem Lkw und die sich daraus ergebende Einschätzung der Situation durch ihn selbst. Der Radfahrer oder Fußgänger wird sich der von dem Lkw ausgehenden Gefahr immer mehr bewusst, je weiter entfernt er sich von der Front des Lkw bzw. des Fahrzeugverbundes befindet.

Aus den Versuchen zeigt sich, dass für die seitlichen Anstöße ein direkt nach Erstkontakt am Lkw eingeleitetes Bremsmanöver das Überrollen der ungeschützten Verkehrsteilnehmer durchaus verhindern könnte. Allerdings ist insbesondere bei den Eckanstößen, welche das am häufigsten vorkommende Szenario darstellen, das Überrollen so nur bedingt vermeidbar. Bei diesen Eckanstößen müsste der Lkw-Fahrer wesentlich früher reagieren. Bei einer Geschwindigkeit des Lkw von 18 km/h kommt bei einer um 0,5 s früheren Reaktion seines Fahrers das Fahrzeug 2,5 m vorher zum Stehen. Eine derartig frühere Reaktion könnte in mindestens 10 % der Fälle ein Überrollen von Personen vermeiden.

Der Seitenschutz kann die für den ungeschützten Verkehrsteilnehmer bestehende Gefahr, bei einem seitlichen Anstoß unter den Lkw zu geraten, nicht vollkommen vermeiden. Er kann das Maß reduzieren, wie weit der ungeschützte Verkehrsteilnehmer unter das Fahrzeug gerät. Je weiter die Person unter das Fahrzeug gerät, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für durch das Überrollen verursachte tödliche Verletzungen. Ein wesentlicher Parameter dafür, wie weit der Fußgänger oder Radfahrer unter den Lkw gerät, ist der Abstand der Unterkante des Seitenschutzes zur Fahrbahn. Dieser Abstand kann für konventionelle Lösungen nicht beliebig reduziert werden, weil Lkw beispielsweise auch im Baustellenbereich unterwegs sind und dort eine entsprechende Bodenfreiheit benötigen. Sofern für Lkw unterschiedliche Zulassungsarten (Baustellenfahrzeug und Nicht-Baustellenfahrzeug) existieren würden, könnte für Nicht-Baustellenfahrzeuge der maximale Abstand für die Unterkante eines starren Seitenschutzes überdacht und gegebenenfalls auf einen geringeren Wert festgesetzt werden. Eine Alternative wären andere konstruktive Lösungen, die einen abseits der Straße entfernten oder verschobenen Seitenschutz beinhalten, um dort eine größere Bodenfreiheit zu ermöglichen.

Der Seitenschutz hat ein Nutzenpotenzial in der Reduzierung tödlicher Verletzungen des ungeschützten Verkehrsteilnehmers beim Erstanstoß im Seitenbereich. Dieser Erstanstoß im Seitenbereich begrenzt sich nicht nur auf den Abbiegevorgang. Er kann beispielsweise auch beim Überholen auftreten.

Beim Abbiegevorgang befindet sich für den Lkw-Fahrer der besonders problematische Sichtbereich direkt rechts neben dem Fahrerhaus, verlängert bis etwa 3 m vor dem Lkw. Diese Zone kann der Lkw-Fahrer mit den bisher vorgeschriebenen Mitteln nahezu überhaupt nicht einsehen. Dementsprechend unmöglich ist es für ihn, dort befindliche Fußgänger und Radfahrer zu erkennen. Eine entsprechende Verbesserung des Sichtfeldes dieser Situation ist zwingend notwendig. Allgemeiner formuliert benötigt der Fahrer weitere Informationen über Objekte, die sich in diesem Bereich befinden. Diese Informationen kann der Fahrer durch zusätzliche oder geänderte Spiegel, durch Kamerasysteme oder zukünftig auch durch elektronische Assistenzsysteme bekommen.

Im Rahmen der Projektbearbeitung drängen sich einige Vorschläge für mögliche Verbesserungen

geradezu auf, die dann Bestandteil eines Sicherheitskonzeptes sein müssen. Gerade die Untersuchung der Verkehrssituation „rechts abbiegender Lkw gerät in Konflikt mit einem Radfahrer oder Fußgänger“ zeigt neben dem Sichtproblem des Lkw-Fahrers ein erhebliches Informationsmanko der anderen Verkehrsteilnehmer über die Sichtmöglichkeiten und das Bewegungsverhalten eines Lkw beim Rechtsabbiegen. Aufklärungsarbeit in allen Schichten der Bevölkerung ist hier dringend erforderlich. Dass Kinder nicht über alle Details eines Lkw informiert sind, ist verständlich. Bemerkenswert ist, dass nicht wenige Juristen, die über das Fehlverhalten der Lkw-Fahrer urteilen, nicht wissen, wie die Sicht aus dem Inneren eines Lkw aussieht. Dies zeigt, dass jeder in entsprechende Aufklärungskampagnen investierte Euro gut angelegt ist. An den Schulen könnten entsprechende Beispiele in den Unterricht integriert werden. Daraus ergäbe sich für die Kinder ein direkter praktischer Nutzen für die eigene Sicherheit im Straßenverkehr. Aber auch Erwachsene müssen in diese Aufklärungsarbeit einbezogen werden. Bei zugehörigen Kampagnen und Aktionen können gedruckte Publikationen oder entsprechende Medien zum Downloaden im Internet oder Anschauungsmaterial auf Video eingesetzt werden. Sehr zu empfehlen ist auch das Vorführen der realen Situation im und am Lkw.

Auch die Lkw weisen Verbesserungspotenzial auf. Je tiefer die Unterkanten der Front- und Seitenscheiben angesetzt sind, desto besser kann der Fahrer nach außen sehen. Zusätzlich sind Kamera-Monitor-Systeme oder auch neue elektronische Assistenzsysteme denkbar. Neben diesen technisch hochwertigen Komponenten, die sich überwiegend noch im Entwicklungsstadium befinden, gibt es sofort verfügbare und auch preiswerte Lösungen. Zur Information der Radfahrer und Fußgänger wäre ein akustischer Signalgeber am Lkw hilfreich, der bei dessen Rechtsabbiegen z. B. über die Betätigung des Blinkers aktiviert wird. So kann der ungeschützte Verkehrsteilnehmer die Fahrabsicht des Lkw-Fahrers direkt hören. Bei derartigen Geräuschen ist der Reflex, sich nach der Quelle zu orientieren und der Gefahr auszuweichen, die natürliche Reaktion. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die seitlichen Markierungsleuchten beim Abbiegevorgang gegebenenfalls als Fahrtrichtungsanzeiger zu nutzen. Hier ist der Gesetzgeber aufgefordert, die entsprechende Vorschrift anzupassen, die dies nur für Fahrzeuge mit weniger

als 6,0 m Gesamtlänge vorsieht. Eine einfache nahezu kostenlose und begrenzt wirkungsvolle Maßnahme ist das Anbringen einer Fresnellinse in der Seitenscheibe. Diese Maßnahme lässt sich auch problemlos in älteren Fahrzeugen nachrüsten.

Fahrbahn-Knotenpunkte können noch sicherer gestaltet werden. Eine vollständige Trennung des Grünlichts (Phasentrennung) an ampelgeregelten Knotenpunkten verhindert das Aufeinandertreffen von Lkw und ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Die etwas längere Fahrzeit für den Kraftverkehr und auch für die ungeschützten Verkehrsteilnehmer sollte in Relation zu der Steigerung der Verkehrssicherheit für alle Beteiligten akzeptabel sein. Hier ist auch an einen Phasenverzug (früheres Grünlicht für ungeschützte Verkehrsteilnehmer), eine sinnvolle Anordnung der Haltelinien, ein Verschwenken der Radfahrwege und Gehwege weg vom Knotenmitelpunkt zu denken.

Der Gesetzgeber sollte den Absatz 8 in § 5 der StVO modifizieren. Danach ist es bei ausreichend vorhandenem Raum für Radfahrer und Mofafahrer erlaubt, Fahrzeuge, die auf dem rechten Fahrstreifen warten, mit mäßiger Geschwindigkeit und besonderer Vorsicht rechts zu überholen. Genau 10 % (9 von 90) der untersuchten Abbiegeunfälle sind in dieser Situation passiert. Der Radfahrer wiegt sich im Vertrauen auf die gesetzliche Vorschrift in Sicherheit. Gleichzeitig hat der Lkw-Fahrer (bei stehendem Fahrzeug) nicht zum richtigen Zeitpunkt in den Spiegel gesehen und deshalb den Radfahrer nicht erkannt. In Anbetracht der für den Lkw-Fahrer komplexen Verkehrssituation, die seinen optischen Wahrnehmungskanal in mehrere Richtungen gleichzeitig beansprucht, wird die besondere Gefährlichkeit deutlich. Im Abs. 8 des § 5 sollte das Rechtsvorbeifahren am stehenden Lkw nicht mehr erlaubt sein.

Grundsätzlich sollte seitens des Gesetzgebers oder auch der Öffentlichkeit überlegt werden, wie Aktivitäten von Herstellern bzw. Unternehmern anerkannt werden, die mehr tun, als nach den Vorschriften verlangt ist. Der Seitenschutz am Lkw für den ungeschützten Verkehrsteilnehmer wäre sicherlich noch mit weiterem Entwicklungspotenzial behaftet. Der oder diejenigen, die bereit sind, hier noch zu investieren, wären sicherlich motivierter, wenn Aussicht auf eine Honorierung zumindest eines Teiles des Engagements bestünde. Vielleicht ergibt sich ja zukünftig eine mit akzeptablem Aufwand darstellbare konstruktive Lösung für den existierenden

Zielkonflikt zwischen erhöhter Bodenfreiheit des Lkw im Baustellenbereich und möglichst minimalem Bodenabstand des Unterfahrschutzes beim Fahren auf einer normalen Fahrbahn. Eine allgemein als positiv anerkannte Sicherheitsmaßnahme könnte mit einer Lockerung sonst vorhandener Restriktionen belohnt werden. Beispielsweise gibt es in innerstädtischen Bereichen für einige Fußgängerzonen vorgesehene Zeitfenster für die Anlieferung von Gütern. Solche Zeitfenster könnten für mit speziellen Sicherheitseinrichtungen ausgerüstete Fahrzeuge ausgedehnt werden.

Zukünftig ist zu erwarten, dass sich das Verkehrsgeschehen durch die Einführung der verschiedenen Verbesserungen verändern wird. Zielgerichtete Informationskampagnen werden Früchte tragen und Fußgänger und Radfahrer werden in der Lage sein, die beabsichtigten Fahrmanöver des Lkw-Fahrers richtig einzuschätzen. Sie werden im eigenen Interesse auch Rücksicht auf den Lkw nehmen. Für den Lkw-Fahrer zeichnet sich eine Reihe von Veränderungen ab. Dort, wo jetzt ein großer Schattenschatten noch Ungewissheit hinterlässt, hat der Lkw-Fahrer zukünftig mehr Informationen darüber, ob sich dort ein anderer Verkehrsteilnehmer befindet. Allerdings können die dafür zukünftig zum Einsatz kommenden Informations- und Assistenzsysteme unter anderem auch das Verhalten des Lkw-Fahrers und der Radfahrer bzw. Fußgänger verändern. Die damit zusammenhängenden ergonomischen, arbeitsphysiologischen und psychologischen Auswirkungen auf die Verkehrsteilnehmer bedürfen noch weiterer interdisziplinärer Forschung. Hier sollte versucht werden, im Vorfeld vor der Markteinführung neuer Systeme deren mögliche Auswirkungen abzuschätzen, um das vorhandene Optimierungspotenzial auszuloten und negativen Folgen frühzeitig begegnen zu können. Unbedingt erforderlich sind parallel zu der Markteinführung neuartiger Systeme die Erhebung und Auswertung der relevanten Unfallszenarien, um die tatsächlich stattfindenden Veränderungen im realen Unfallgeschehen festzuhalten und Abweichungen zu den Prognosen zu analysieren.

12 Ausblick

Die vorgeschlagenen Maßnahmen des Sicherheitskonzeptes betreffen alle beteiligten Institutionen. Eine besonders effektive Maßnahme bildet dabei die Aufklärung. Solange nicht jeder Verkehrsteilnehmer weiß, was der andere in bestimmten Situationen tut bzw. was er tun kann, gibt es weiteres

Potenzial für Aufklärungsarbeit. Welchen Inhalt derartige Kampagnen haben können, wird im vorliegenden Bericht beschrieben. Die weitere Ausarbeitung und Umsetzung der Vorschläge sollten in interdisziplinären Arbeitskreisen erfolgen. Ergänzend sind technische Innovationen am Lkw, Änderungen der Gesetzgebung, optimierte Verkehrswegeplanung und problembewusster Einkauf von Kommunalfahrzeugen erforderlich.

Das von DaimlerChrysler entwickelte MIM-Fahrzeug zeigt als Forschungsträger mit der optimierten Auslegung und Positionierung im Bereich der Spiegeltechnik die Grenzen des dort Machbaren auf. Die erreichbaren Verbesserungen des indirekten Sichtfeldes sind beachtlich und würden bei einer konsequenten Umsetzung für alle Lkw nicht nur für die Situation des Rechtsabbiegens die Unfallzahlen reduzieren. Weitere nennenswerte Optimierungen des indirekten Sichtfeldes über Spiegel sind nicht oder nur mit höherem Aufwand (mehr Einzelspiegel) zu erwarten.

Der von MAN entwickelte Forschungsträger mit dem Abbiegeassistenten weist in die zukünftige Richtung für die elektronische Fahrerunterstützung. Ein System, das den Fahrer warnt, wenn eine entsprechende Gefahr sensiert wird, ist bereits Stand der Technik. Zukünftig ist auch ein System vorstellbar, das entsprechend der diagnostizierten Situation aktiv eingreift und eine Aktion des Fahrzeugs veranlasst. Ein derartiges Assistenzsystem, das entsprechend einer diagnostizierten Situation selbstständig eingreift, ist für einzelne andere Verkehrssituationen bereits als Prototyp vorhanden. In der Situation des Rechtsabbiegens könnte ein zukünftiges System dann kurz vor oder direkt nach dem Erstkontakt zwischen Lkw und Radfahrer/Fußgänger eine Bremsung einleiten. So wäre ein Zeitgewinn möglich, der dann das Überrollen verhindert. Die Herausforderung für die Industrie besteht darin, die Sensorik und die Auswertelogik so auszulegen, dass es zu keinen Eingriffen kommt, die andere gefährliche Situationen herbeiführen. Die Herausforderung für die Juristen und damit auch für die Gesetzgebung besteht in einer zukunftsorientierten Überarbeitung des Wiener Abkommens, um die möglichen aktiven Eingriffe der Systeme auch rechtlich einzuordnen.

Forschungsbedarf besteht bei der Auswirkung neuer bzw. modifizierter Systeme auf den Fahrer. Hierbei müssen ergonomische, arbeitsphysiologische und psychologische Aspekte berücksichtigt werden.

13 Literatur

- [1] MoTiV Abschlussbericht, Teilprojekt Abbiege- und Spurwechselassistenten, Ergebniszusammenfassung, Mai 2000
- [2] MoTiV Abschlussbericht, Projekt Abbiege- und Spurwechselassistenten, Abschlussbericht, September 2000
- [3] ECE-R 46, Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Rückspiegeln und der Kraftfahrzeuge hinsichtlich der Anbringung von Rückspiegeln, Stand Mai 2001
- [4] ECE-R 73, Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Lastkraftwagen, Anhängern und Sattelanhängern hinsichtlich ihres Seitenschutzes, Stand Oktober 1989
- [5] 71/127/EWG, Richtlinie des Rates vom 1. März 1971 zu Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Rückspiegel von Kraftfahrzeugen, Stand April 1996
- [6] 77/649/EWG, Richtlinie des Rates vom 27. September 1977 zu Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über das Sichtfeld der Fahrer von Kraftfahrzeugen, Stand September 1998
- [7] 78/318/EWG, Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1977 zu Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Scheibenwischer und Scheibenwascher von Kraftfahrzeugen, Stand April 1996
- [8] StBA (Hrsg.): Straßenverkehrsunfälle, Verkehr, Fachserie 8, Reihe 3.3, jährlich herausgegeben vom Statistischen Bundesamt, Wiesbaden
- [9] STECHOW, R.: MIM – Multimediales Informationsmanagement, DaimlerChrysler, VDA-Vortrag, 28. September 2000
- [10] Japan Automobile Standards Internationalisation Centre (JASIC) (Hrsg.): Safety Regulations for Road Vehicles, Article 18-2 „Rear under-ride bumper“, 2000, Japan.
- [11] Japan Automobile Standards Internationalisation Centre (JASIC) (Hrsg.): Safety Regulations for Road Vehicles, Article 44, „Rear-view mirror“, 1997, Japan
- [12] STÖCKER, U.; FRIEDEL, B.: Expertengespräch „Seitlicher Unterfahrschutz bei Lkw“, ZVS Zeitschrift für Verkehrssicherheit 32 (1986), Heft Nr. 3, S. 129
- [13] Mekra: Internetseite www.mekra-lang.com/innova/nachlauf.htm, Nachlaufspiegel, Stand 2001-08-31
- [14] Volvo: Internetseite <http://www.cardesignnews.com/features/2001/010619umeashow/gallery/source/f-tanguy093.html> Zukunftsmodell eines fußgängerfreundlichen Lkw, Stand 2001-08-31
- [15] Krone: Internetseite <http://www.krone.de/deutsch/html/dasprogramm.html>, Safeliner, Stand 2001-08-31
- [16] Krone: Internetseite www.krone.de/deutsch/html/radfahr.html, Anstoß Radfahrer Safeliner, Stand 2001-08-31
- [17] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): FGSV-Arbeitspapier Nr. 24, „Erfahrungen mit dem dreistelligen Unfalltypenkatalog“, 1990
- [18] de VRIES, Y. W. R.; van OIRSOUW, H.: Procesverbaalanalyse van Zichtvelden en botspartner locatie bij vrachtwagenongevallen (Protokoll über die Analyse von Sichtfeldern und der Position der Unfallbeteiligten bei Unfällen mit Lastwagen), TNO-Bericht 01.OR. BV.003.1/YdV, Januar 2001, Niederlande
- [19] TRIXI[®]-Spiegel, Internetseite www.k-h.willburger.de/loesungd.htm, Stand 2001-08-31
- [20] GRANDEL, J.; BERG, F. A.; NIEWÖHNER, W.: Sicherheitsanalyse im Straßengüterverkehr, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft 7, April 1993
- [21] APPEL, H.; MIDDELHAUVE, V.; HEGER, A.: Anforderungskatalog für Außenkanten an Lkw, TU Berlin, Institut für Kraftfahrzeuge, Forschungsbericht Nr. 218, Februar 1977
- [22] N. N.: Unfälle mit Nutzfahrzeugen, Untersuchung des Bundesministers für Verkehr, PVT (Polizei, Verkehr und Technik) 31, Heft 2, 1986, S. 46–48
- [23] TOWISPICK[®]-2000, Internetseite www.blaserwbc.ch/towi-web/towi_konkurrenz.htm

- [24] LANGWIEDER, K.; DANNER, M.; WROBEL, M.: Ein Beitrag zur Risikoanalyse und Charakteristik von Lkw-Unfällen, 20. FISITA Congress, Wien (Österreich), S. 1.149–1.162, 1984
- [25] N. N.: Unfälle mit Nutzfahrzeugen, Untersuchung des Bundesministers für Verkehr, PVT (Polizei, Verkehr und Technik) 31, Heft 2, 1986, S. 46–48
- [26] OTTE, D.; SIEBERT, H. W.: Sichtprobleme bei Nutzkraftfahrzeugen im Unfallgeschehen, Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik, TÜV Rheinland e. V., Köln, 1985
- [27] BÜRGER, H.: Bedeutung und Rangfolge von Sicherheitsmaßnahmen am Lastkraftwagen, VDI-Berichte, Heft Nr. 367, 1980, S. 323–367
- [28] APPEL, H.; WÜSTEMANN, J.: Nutzen-Kosten-Analyse für Fußgänger-Seitenschutz und Pkw-Frontschutz bei Lastkraftwagen, Automobil-Industrie 26, Heft 3, 1981, S. 343–348
- [29] HÖGSTRÖM, K.; SVENSSON, L.; WEIMAR, L.-A.; THÖRNQUIST, B.: Accident investigation report 1: heavy commercial vehicles/ unprotected road users, Volvo Accident Investigation, Truck division traffic safety department, Göteborg (Schweden) 1973, 20 Seiten
- [30] LANGWIEDER, K.; DANNER, M.: Priorities in the Active and Passive Safety of Trucks, 11th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington D. C. (USA), 1987, pp. 674–686
- [31] ROMPE, K.: Sichtfeld und Sichtweite bei Kraftfahrzeugen, Der Verkehrsunfall 20, Heft Nr. 10, 1982, Seite 192–198
- [32] BÜHLER, O.-P.: Fuhrpark Lkw: Sicherheitsgewinn, ATV Auto Technik Verkehr, Heft 4, 1988, S. 24–25
- [33] GÖHRING, E.; KRÄMER, W.: Seitliche Fahrge- stellverkleidung für Nutzfahrzeuge – Eine wirksame Kombinationsmaßnahme zur weiteren Verbesserung der Aerodynamik, der Sicherheit und der Umweltfreundlichkeit, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 89, Heft 9, 1987, S. 481–488
- [34] GÖHRING, E.; KRÄMER, W.: Verbesserung der aktiven und passiven Sicherheit bei Nutzfahrzeugen durch seitliche Fahrge- stellverkleidungen, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 89, Heft 12, 1987, S. 659–666
- [35] DREEßEN, H.: Ermittlung spezifischer Ursachen und Abläufe von Straßenverkehrsunfällen aus einer Unfalldatensammlung, Diplomarbeit an der TU Braunschweig, Institut für Fahrzeugtechnik, Prof. Dr.-Ing. M. MITSCHKE, 1981, S. 132
- [36] ROMPE, K.: Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Nutzfahrzeugen, Kolloquium „Nutzfahrzeug 2000“ beim TÜV Rheinland, TÜ Technische Überwachung 28, 1987, S. 117–120
- [37] N. N.: Mehr Verkehrssicherheit durch richtige Rückspiegel, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 90, Heft 6, 1988, S. 350
- [38] STÖCKER, U.; DRAWTA, R.: OECD-Symposium über die Rolle der schweren Lkw im Unfallgeschehen, ZVS Zeitschrift für Verkehrssicherheit 34, Heft 4, 1988, S. 152–160
- [39] LANGWIEDER, K.; BÄUMLER, H.: Unfallrisiko von Nutzfahrzeugen bei Lkw-Unfällen mit getöteten Unfallgegnern, VI. Hungarocamion, Int. Tagung Budapest (Ungarn) 3.–4. Oktober 1989, Jarmüvek, Mezögazdasági Gepek 37, Heft 3 (Deutsche Ausgabe: Fahrzeuge, Landwirtschaftliche Maschinen), 1990, S. 10–16
- [40] BIELACZEK, C.: Die Auswirkung der aktiven Fahrerbeeinflussung auf die Fahrsicherheit. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 101 (1999) 9, S. 714–724
- [41] KOPF, M.; BECKER, S.; BUMS, P. et al.: Response Advanced Driver Systems: System Safety and Driver Performance. Commission of the European Communities – Directorate General XIII, Project TR4022 Deliverable No. D4.1, Oktober 1999
- [42] „No Zone“-Kampagne, Internetseiten www.nozone.org und www.roadwise.com/trucblindspots.htm, Stand 23.07.2001
- [43] DIW (Hrsg.): Verkehr in Zahlen, jährlich herausgegeben vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg

- [44] IRTAD (International Road Traffic Accident Database): Download von www.bast.de/htdocs/fachthemen/irtad//english/englisch.html, Stand Juni 2001
- [45] HENSELER, S.; HEUSER, G.; KRÜGER, H. J.: Verbesserung der Sichtbedingungen aus Nutzfahrzeugen. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung (1986), Heft 141, 122 Seiten
- [46] DOBLI[®]-Spiegel, Internetseite: www.dobli.com, Stand August 2001
- [47] SCHIELEN, J.; SCHALLER, K.-V.: Fahrerassistenz-Systeme für Nutzfahrzeuge – Komfort und Sicherheit, 6. VDI-Fachtagung für Nutzfahrzeuge 28./29.Juni 2001, Ulm, VDI-Berichte 1617
- [48] Prospekt Hino-Motors, Summary of the ASV-project (Advanced safety vehicle), 2001 (Japan)
- [49] Verschiedene DEKRA-Gutachten aus den Jahren 1997 bis 2003
- [50] GAUß, F.; LANGWIEDER, K.; SCHMIDT, W. D.; WROBEL, M.: Äußere Sicherheit von Lkw und Anhängern, FAT-Schriftenreihe Nr. 27, Frankfurt a. M. 1982
- [51] STRUB, C.-N.: Lastwagenkollisionen mit Fußgängern und Zweiradfahrern, Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich, 1990
- [52] APPEL, H.; MIDDELHAUVE, V.: Daten und Vorschläge zur äußeren Sicherheit von Lkw, Forschungsarbeit im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Institut für Landverkehrsmittel der TU Berlin, Berlin 1977
- [53] APPEL, H.; MIDDELHAUVE, V.; GRUNEWALD, A. et al.: Unfallanalyse zur inneren und äußeren Sicherheit von Lkw, Institut für Fahrzeugtechnik der TU Berlin, Forschungsbericht Nr. 263, Berlin 1980
- [54] van de SAND, A.; WALLENTOWITZ, H., SCHÜLLKRAMP, Th.: Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern, Institut für Kraftfahrwesen RWTH Aachen, ika-Bericht 7510, Oktober 2000
- [55] LAGES, U.: Der Laserscanner als Pre-Crash-Sensor (front & side), Vortragsmanuskript Haus der Technik, Seminar Fahrzeugairbags, München November 2001
- [56] OTTE, D.: Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Nutzfahrzeugen, VDI-Tagung „Innovativer Kfz-Insassen- und Partnerschutz“, Berlin, Oktober 2001, VDI-Berichte Nr. 1234, S. 123–S. 234
- [57] 70/156/EWG, „Typgenehmigung für Kfz und ihre Anhänger“, Stand Dezember 2000
- [58] Beck'sche Textausgaben, Straßenverkehrsrecht, Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), Stand 1. Februar 2002
- [59] OTTE, D.: Aspekte des Partnerschutzes bei der Nutzfahrzeugsicherheit – Probleme der Kompatibilität und gegenseitigen Erkennbarkeit, VDI-Tagung Nutzfahrzeuge, Ulm, Juni 1995, VDI-Berichte Nr. 1188, S. 279–S. 304
- [60] Fresnellinse im Lkw von Freightliner, www.freightlinertrucks.com/trucks/highway_tractors/coronado/Features/default.asp?cat_id = 4, Stand November 2002
- [61] ACKERMANN, V.: Neuer Totwinkelspiegel, Swiss Camion, Nr. 8/1990, S. 9–10
- [62] ISUZU, Informationen zur Entwicklung eines Abbiegeassistenten beim Versuchsfahrzeug ASV 2 No. 2, www.iot.gov.tw/chinese/topic/s/asv/Picture/Japan/Isuzu2.gif und www.tokyo-motorshow.com/show/2000/ENGLISH/BOOTH_E/MAKER_E/isuzu_e.html, Stand Januar 2002
- [63] 2003/97/EG, Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 10. November 2003 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für die Typgenehmigung von Einrichtungen für die indirekte Sicht und von mit solchen Einrichtungen ausgestatteten Fahrzeugen sowie zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG und zur Aufhebung der Richtlinie 71/127/EWG, Amtsblatt der Europäischen Union 29.01.2004, L25/1-45
- [64] KUNERT, M.; KIPPELT, U.: Radarbasierte Nahfeldsensorik zur Precrash-Sensierung, Tagung „Innovativer Insassenschutz“ Berlin 1999, VDI-Berichte 1471, S. 169–184
- [65] MARTINEZ, R.: „How to reach the optimal traffic safety environment: The American perspective“, Proceedings of Second International Conference on Transportation Traffic Safety and Health (Tagungsband), Brussels (Belgium) 1996, S. 29–47

- [66] FUERSTENBERG, K. Ch.; BARAUD, P.; CAPORALETTI, G.; CITELLI, S.; EITAN, Z.; LAGES, U.; LAVERGNE, Ch.: Developement of a Pre-Crash sensorial system – The CHAMELEON Project, Abschlussbericht, Wolfsburg, Dezember 2002
- [67] SCHALLER, K.-V.; HIPPEL, E.; SCHIELEN, J.: Elektronische Abbiegeassistenzsysteme für Nutzfahrzeuge, 5. VDI-Fachtagung für Nutzfahrzeuge, Juni 1999, Ulm, VDI-Berichte 1504
- [68] ENIGK, H.: Ein psychologisches Vorgehensmodell zur Entwicklung von Unterstützungssystemen für Kraftfahrzeuge, Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin, Oktober 2002
- [69] Community Action Training Haddon matrix, <http://www.dph.sf.ca.us/CHPP/CAM/4-PubHlthApproach/HaddonMatrix.pdf>, Stand August 2003
- [70] GAVRILA, D. M.: Sensor-based Pedestrian Protection, IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, No. 6, November/Dezember 2001; www.dsonline.computer.org/0108/departments/its108.htm, Stand Juni 2003
- [71] MARWITZ, H.: Forum der Meinungen, Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ), 9/2003, Jahrgang 105, S. 840
- [72] 89/297/EWG, Richtlinie des Rates vom 13. April 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über seitliche Schutzvorrichtungen (Seitenschutz) bestimmter Kraftfahrzeuge und Kraftfahrzeughänger, Stand Oktober 1989

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

1993

- F 1: **Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw**
Faerber, Wobben € 12,50
- F 2: **Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen**
König, Werner, Schuller, Beier, Spann € 13,50
- F 3: **Sicherheit von Motorradhelmen**
Zellmer € 11,00
- F 4: **Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung**
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typ-
prüfverfahren
Richter, Michelmann
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüfverfahrens für Fahr-
zeuge mit Katalysator
Albus € 13,50

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 Lichttrans-
mission von Pkw-Scheiben**
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei
Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
P. Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit
verminderter Tagessehschärfe
Chmielarz, Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie
Derkum € 14,00
- F 8: **Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen**
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50
- F 9: **Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Stra-
ßenbedingungen**
Schmieder, Bley, Spickermann, von Zettelmann € 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 „Verkehrssicher-
heit 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**
Fach € 14,00

1997

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

1998

- F 24: **Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zwei-
radkonzeptes**
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 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
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
- F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

2001

- 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 Fußgängerschutzes
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: Prüfverfahren 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 Notausstiegssystems bei Reisebussen
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00
- F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen 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 Fahrerinformationssystemen
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 Zweiräder
Berg, Rücker, 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, Ambios, Paulus, Hummel, Langwieder, Köster € 15,00
- F 54: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw
Niewöhner, Berg € 16,50

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.