

Klaus Langwieder*, Johann Gwehenberger**

**Anforderungen an die passive
Sicherheit bei Lkw-Kollisionen
– Ergebnisse einer
Repräsentativuntersuchung –**

Zusammenfassung

Deutschland ist, bedingt durch seine zentrale Lage innerhalb von Europa, das Transitland Nr. 1. Die amtliche Statistik weist darauf hin, dass die Zahl der Unfälle mit Beteiligung von Lastkraftwagen überproportional gestiegen ist. Motiviert durch diese negative Entwicklung beschäftigt sich das Institut für Fahrzeugsicherheit derzeit intensiv mit der Analyse von schweren Lkw-Unfällen aus Bayern im Jahr 1997. Der Beitrag enthält erste Ergebnisse und Potenziale zur weiteren Erhöhung der passiven Sicherheit von Lastkraftfahrzeugen.

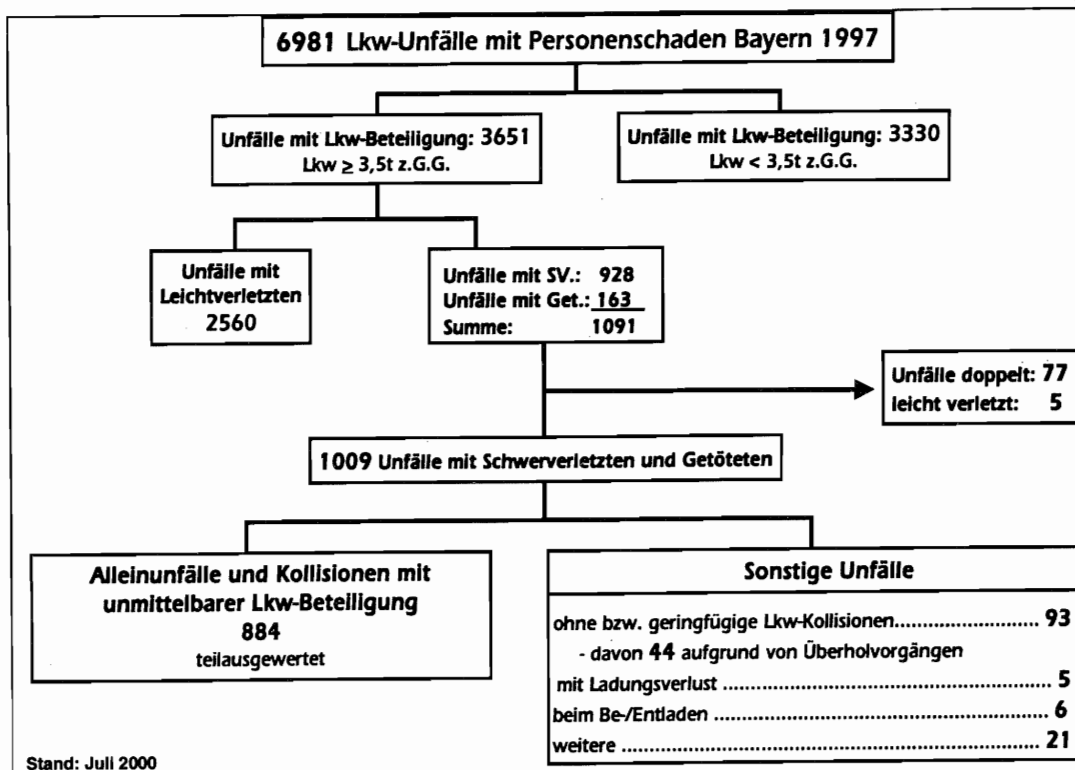
1 Einleitung

Ein Blick in die Bundesstatistik zeigt, dass Unfälle mit Lkw-Beteiligung in den letzten Jahren einen negativen Trend erfahren haben. Während die Straßenverkehrsverhältnisse mit Personenschaden insgesamt in der Zeit zwischen 1992 bis 1998 erfreulicherweise um 4,4 % abgenommen haben, stiegen die Personenschadensunfälle mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen um 8,1 % [1].

Wesentliche Gründe dafür wurden bereits herausgearbeitet [2]. Einerseits leistet die zunehmende Verkehrsdichte durch den Anstieg der Verkehrsleistung einen Beitrag. So ist in den Jahren 1992 bis 1998 die Verkehrsleistung um etwa 25 % gestiegen, wobei die Verkehrsleistung der ausländischen Lastkraftfahrzeuge mit 63,1 % viermal so stark zugenommen hat wie die der deutschen Lastkraftfahrzeuge mit 15,2 % [3]. Andererseits zeichnen sich aber auch die negativen Effekte des hohen Konkurrenzkampfes unter den Fuhrunternehmen ab. So werden Überschreitungen von Lenk- und Ruhezeiten einkalkuliert oder illegal ausländische Fahrer aus Niedriglohnländern mit Dumpinglöhnen angeworben. Eine Umfrage der internationalen Transportarbeiter-Föderation (ITF) in Zusammenarbeit mit dem ÖTV im Sommer 1999 brachte beispielsweise hervor, dass etwa drei Viertel der befragten Berufsfahrer/innen ihre Lenk- und/oder Arbeitszeiten aufgrund des Dienstplanes überschreiten müssen [4]. Ebenso gaben drei Viertel der Befragten an, in den letzten drei Monaten einmal oder öfters schläfrig hinter dem Lenkrad gesessen zu haben.

2 Gesamterhebung der Lkw-Unfälle in Bayern

Motiviert durch diese Entwicklung befasst sich das Institut für Fahrzeugsicherheit derzeit intensiv mit dem Aufbau einer Totalerhebung von allen schweren Lkw-Unfällen in Bayern aus dem Jahr 1997. Wie eine bereits in den 80er-Jahren durchgeführte Untersuchung [5], die sich auf alle Lkw-Unfälle in Bayern aus dem Jahr 1984 stützte, wurden auch diesmal in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Innenministerium und dem Statistischen Landesamt München alle Unfälle mit Lkw-Beteiligung und Personenschaden selektiert. Aus diesem Unfallmaterial sind insgesamt 3.651 Unfälle gemeldet, bei denen der Lkw ein zulässiges Gesamtgewicht (z.G.G.) $\geq 3,5$ t aufweist. Entsprechend den Erfahrungen aus der früheren Untersuchung, wonach sich mit der Zunahme der Verletzungsschwere die Informationsdichte des Unfallmaterials erhöht und vor dem Hintergrund einer möglichst effektiven Unfallforschung wurden aus dieser Gruppe jene Fälle extrahiert, die schwere und tödliche Verletzungen bei Lkw-Insassen oder Unfallgegner zur Folge hatten. Dieses Unfallmaterial umfasst nun 1.009 Unfälle (Bild 5) und kann schließlich in zwei Gruppen eingeteilt werden.



Stand: Juli 2000

*Prof. Dr.-Ing. Klaus Langwieder, Leiter Institut für Fahrzeugsicherheit
**Dr.rer.nat Johann Gwehenberger, Bereichsleiter Nfz-Sicherheit
c/o GDV Institut für Fahrzeugsicherheit, Leopoldstraße 20,
80802 München

Bild 1 Lkw-Gesamterhebung in Bayern 1997

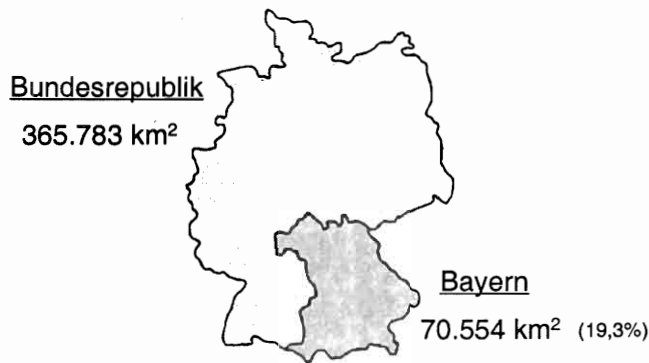


Bild 2 Bayern und Bundesrepublik Deutschland im Vergleich – Demographie, Infrastruktur, Bestand und Unfälle, Stand: 1.7.97 [1, 6, 7]; Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Auskunft telefonisch)

Vergleich	BRD [100%]	Bayern	[%]
Bevölkerung (31.12.97)	82.052.000	12.056.000	14,7
Straßenlänge des überörtlichen Verkehrs km	231.076	41.671	18,0
Bundesautobahn km	11.246	2.202	19,6
Bundesstraßen km	41.487	6.840	16,5
Landesstraßen km	86.789	13.960	16,1
Kreisstraßen km	91.554	18.660	20,4
Bestand			
Pkw	41.371.992	6.474.558	15,6
Krafträder	2.716.780	541.297	19,9
KOM einschl. Obusse	84.019	13.940	16,6
Sattelzugmaschinen	134.829	17.053	12,6
Lastkraftwagen	2.315.483	314.613	13,6
davon z.G.G.:			
- 3.500 kg	1.496.535	204.582*	13,7
3.501 - 7.500 kg	434.611	69.876*	16,1
7.501 - 12.000 kg	70.225	8.393*	12,0
12.001 - 16.000 kg	63.790	54.533*	17,4
16.001 - 22.000 kg	120.620		
22.001 - 26.000 kg	111.602		
> 26.000 kg	18.100		
Unf. mit Lkw-Beteiligung und Personenschaden	41.390	7.110	17,1
Unfälle mit Getöteten	1.529	293	19,1
* Schwerverletzten	10.412	1.682	16,1
* Leichtverletzten	29.449	5.135	17,4
Anhänger/SAH zur Lastenbeförderung	3.252.722	530.193	16,3

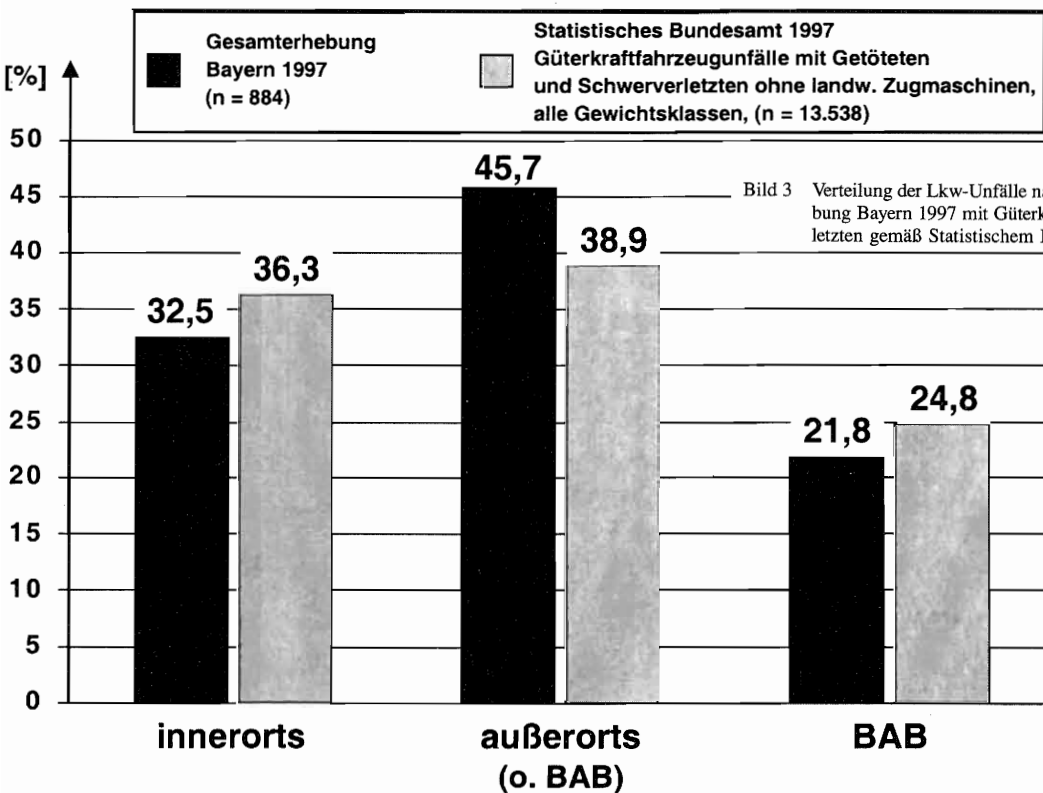


Bild 3 Verteilung der Lkw-Unfälle nach Ortslage in % – Vergleich der Lkw-Gesamterhebung Bayern 1997 mit Güterkraftfahrzeugunfällen mit Getöteten und Schwerverletzten gemäß Statistischem Bundesamt 1997 [1]

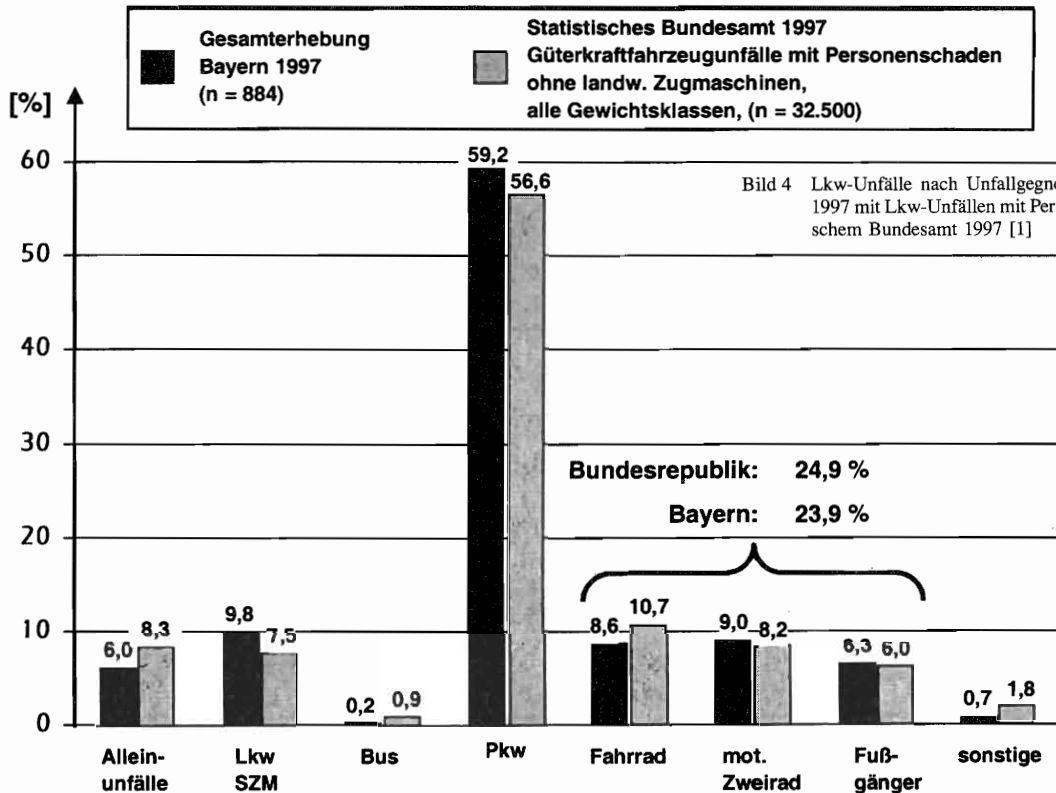


Bild 4 Lkw-Unfälle nach Unfallgegner – Vergleich der Lkw-Gesamterhebung Bayern 1997 mit Lkw-Unfällen mit Personenschaden und zwei Beteiligten gemäß Statistischem Bundesamt 1997 [1]

Die erste Gruppe umfasst alle Lkw-Alleinunfälle und Kollisionen mit unmittelbarer Lkw-Beteiligung (884 Fälle). Dazu gehören alle Unfälle mit Kollisionen gegen andere Verkehrsteilnehmer wie Pkw, Lkw, Bus, Radfahrer, Fußgänger und motorisierte Zweiräder. Diese Gruppe stellt die Hauptgruppe der Unfallforschungsaktivitäten des IFM dar.

Die zweite Gruppe von insgesamt 125 Fällen bezieht sich hingegen auf alle weiteren Unfälle, bei denen Verkehrsteilnehmer mit dem Lkw nicht oder nur geringfügig kollidierten und gleichzeitig die Verletzungsfolgen nur mittelbar durch den Lkw resultierten. Dazu gehören beispielsweise Unfälle beim Überholen des Lkw, aber ohne bzw. nur geringfügiger Kollision, durch verlorene Ladung sowie Unfälle beim Be- oder Entladen.

3 Repräsentativitätsprüfung

Eine zentrale Frage für die weitere Auswertung ist, ob das gesammelte Unfallmaterial aus Bayern repräsentativ für Deutschland ist. Um diese Frage zu beantworten, ist es notwendig, demographische und infrastrukturelle Daten sowie Bestands- und Unfalldaten von Bayern und Deutschland miteinander zu vergleichen. Bild 2 zeigt diesen Vergleich mit Stand 1.7.97. Daraus wird deutlich, dass in Bayern, auf 19,3 % der Gesamtfläche von Deutschland, 18 % der überörtlichen Straßen zu finden sind. Die Straßendichte pro Fläche von Bayern ist daher mit der von Deutschland in etwa vergleichbar. Darüber hinaus stimmen auch die Unfälle mit

Kollisionsart	Anzahl Unfälle		Verunglückte (Schwerverletzte + Getötete) im Pkw	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Front/Front	151	29,7	179	30,8
Front/Seite	99	19,5	115	19,8
Front/Heck	79	15,6	91	15,6
Heck/Front	61	12,0	73	12,5
Seite/Front	61	12,0	71	12,2
Sonstige (z.B. Streifkollision)	57	11,2	53	9,1
Gesamt	508	100,0	582	100,0

15 Fälle Kollisionstyp n.e. dabei 16 Verunglückte (SV +Get.)

Bild 5 Verteilung der Unfälle nach Lkw/Pkw-Kollisionsarten sowie der dabei schwer verletzten und getöteten Pkw-Insassen

Personenschaden, die einen Anteil von 17,1 % einnehmen, mit dem Flächenanteil und dem überörtlichen Straßenanteil gut überein. Die Lkw-Unfallsituation in Bayern kann daher in erster Näherung mit der von Gesamtdeutschland verglichen werden. Weitere Untersuchungen im Hinblick auf die Ortslage sowie auf Unfälle nach Unfallgegner bestätigen weiter die recht gute Vergleichbarkeit und damit auch die Möglichkeit der Hochrechnung auf Gesamtdeutschland. So zeigt **Bild 3** die Verteilung der Lkw-Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten nach Ortslage gemäß der Bundesstatistik 1997 im Vergleich zur Unfall-Hauptgruppe aus der Gesamterhebung Bayern (884 Fälle). Insgesamt ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung. Der etwas nied-

rigere Anteil auf Innerortsstraßen und gleichzeitig etwas höhere Anteil auf Außerortsstraßen des Lkw-Unfallmaterials aus Bayern ist darauf zurückzuführen, dass die Zahlen der Bundesstatistik auch die Lkw-Gewichtsklassen unter 3,5 t z.G.G. enthalten, welche innerorts häufiger im Einsatz sind. Der Vergleich Unfallverteilung nach Unfallgegner zeigt eine ebenso gute Übereinstimmung, und das, obwohl die Bundesstatistik alle Gewichtsklassen und die Unfälle mit Leichtverletzten berücksichtigt (**Bild 4**).

Fortsetzung folgt ■



003036



004543



004276



003273



002380



003594

Bild 6 ▲ Beispiele von Pkw/Lkw-Frontal-Kollisionen

Bild 7 ▼ Beispiele von Pkw/Lkw-Heckaufprallfällen



000239



004146



003826



003953

Klaus Langwieder*, Johann Gwehenberger**

Anforderungen an die passive

Sicherheit bei Lkw-Kollisionen

– Ergebnisse einer

Repräsentativuntersuchung –

Fortsetzung aus Heft 6/2001

4 Arbeitsmethodik

Bereits im letzten Jahr wurde eine erste ad hoc-Auswertung von 300 Unfällen (zufällige Stichprobe) mit 34 Feldern durchgeführt [2]. Damit konnte einerseits ein Überblick über das Unfallmaterial gewonnen werden und andererseits gemeinsam mit den Mitgliedern des Lkw-Beraterkreises, dem Experten der Polizei, Hochschulen und Industrie angehören, erste Schwerpunkte für die weiteren Analysen festgelegt werden.

Seit Juli 2000 liegt eine Kernauswertung mit wichtigen Schlüsselparametern – aller 884 Unfälle mit unmittelbarer Lkw-Beteiligung vor. Davon wurden etwa 350 Fälle total ausgewertet. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass der Zeitaufwand pro Totalauswertung stark differiert. Für komplexe Fälle mit mehreren Verunglückten sind zum Teil bis zu 10 Stunden Auswertungszeit erforderlich, um die mehr als 350 Felder aus der Aktenlage zu füllen. Je nach Fall liegen zur Auswertung Informationen aus Verkehrsunfallanzeige, Unfallrekonstruktionsgutachten, Zeu-

genaussagen, Fahrtenstreiberblätter und medizinische Gutachten bereit, die zudem mit weiteren Informationen aus den Unfallakten der Versicherer angereichert werden können.

Nachfolgend werden erste Ergebnisse aus folgenden Untersuchungen im Hinblick auf die Anforderungen an die passive Sicherheit vorgestellt:

- Kernauswertung der Hauptgruppe (884 Fälle)
- Totalauswertung von Kollisionen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern
- Sonderuntersuchung zu Pkw/Lkw-Auffahrunfällen

5 Partnerschutz für Pkw

Neben der guten Vergleichbarkeit mit der Bundesstatistik zeigt Bild 4, dass der Pkw mit fast 60 % Hauptgegner des Lkw bei schweren Lkw-Unfällen ist. Dabei wurden bei 523 Lkw/Pkw-Unfällen insgesamt 99 Pkw-Insassen getötet und 499 schwer verletzt. Oberste Priorität der Unfallforschungs-Aktivitäten hat daher der Partnerschutz für Pkw und deren Insassen. Untersucht man weiter diese Unfälle nach Kollisionsarten, so zeigt sich, dass Front-/Front-Kollisionen die gefährlichste Begegnung für die Pkw-Insassen darstellt. 57,4 % der Getöteten und 25,8 % der Schwerverletzten bei Pkw/Lkw-Unfällen sind dieser Kollisionsart zuzuordnen (Bild 5).

In Bild 6 sind exemplarisch einige Beispiele dargestellt, die grundsätzlich immer ein ähnliches Beschädigungsbild für Pkw und Lkw aufweisen. Charakteristisch ist zum einen die Unterfahrung durch den Pkw, so dass überwiegend der obere Bereich der Pkw-Front Deformationsenergie aufnimmt, während die tiefer liegenden Längsträger des Pkw nur einen geringen Teil in kinetische Energie umwandeln. Zum anderen zeigen sich beim Lkw häufig nur geringe Deformationen.

Dringende Anforderung an die passive Sicherheit ist daher die möglichst rasche Einführung von Frontunterfahrerschutzsystemen gemäß der ECE-R93, die erst im Jahr 2003 für Lkw verpflichtend wirksam wird. Bis zu diesem Zeitpunkt ist es notwendig, Überzeugungsarbeit innerhalb der Transportwirtschaft zu leisten, um die Ausrüstungsquote von heute schon optional und serienmäßig verfügbaren Systemen zu erhöhen. MAN hat beispielsweise im Rahmen eines Crashtests gezeigt, dass der Frontunterfahrerschutz der neuen MAN-Lkw-Baureihe mit energieabsorbierenden Deformationselementen nicht nur die ECE-R93, sondern darüber hinaus für den Pkw die Euro-NCAP Bedingungen für den Frontalaufprall mit 64 km/h erfüllt [8].

Fußgänger



007362

Fahrradfahrer

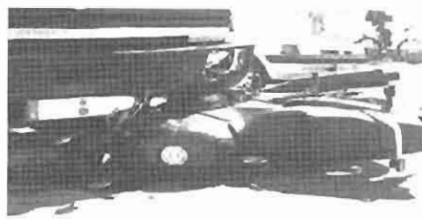


007840

Motorradfahrer



004384



*Prof. Dr.-Ing. Klaus Langwieder, Leiter Institut für Fahrzeugsicherheit
**Dr.rer.nat Johann Gwehenberger, Bereichsleiter Nfz-Sicherheit
c/o GDV Institut für Fahrzeugsicherheit, Leopoldstraße 20,
80802 München

Bild 8 Beispiele von Lkw-Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern

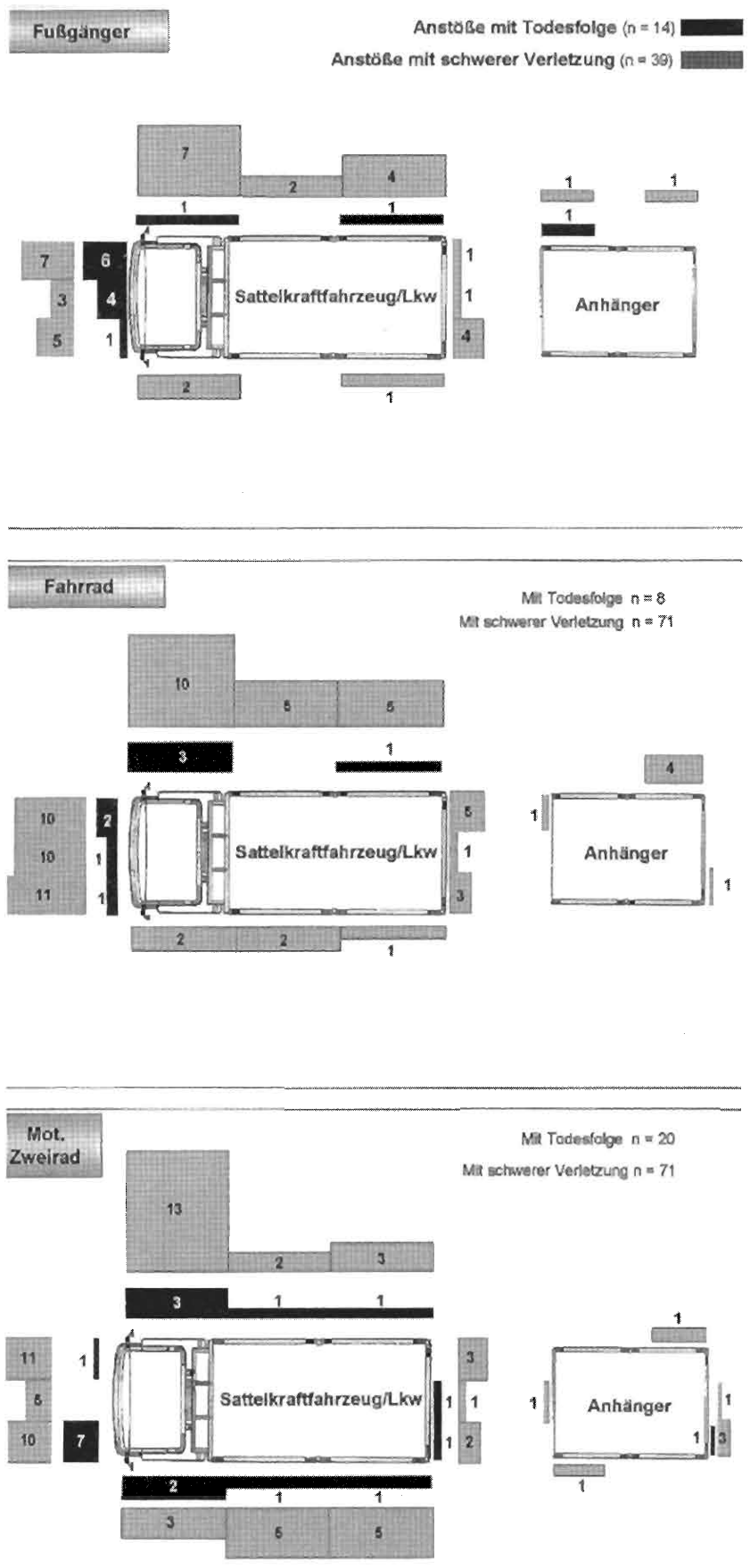


Bild 9 Erstanstöße mit Todesfolge und schweren Verletzungen für Fußgänger, Fahrradfahrer und Motorrad-Aufsassen nach Anstoßbereich

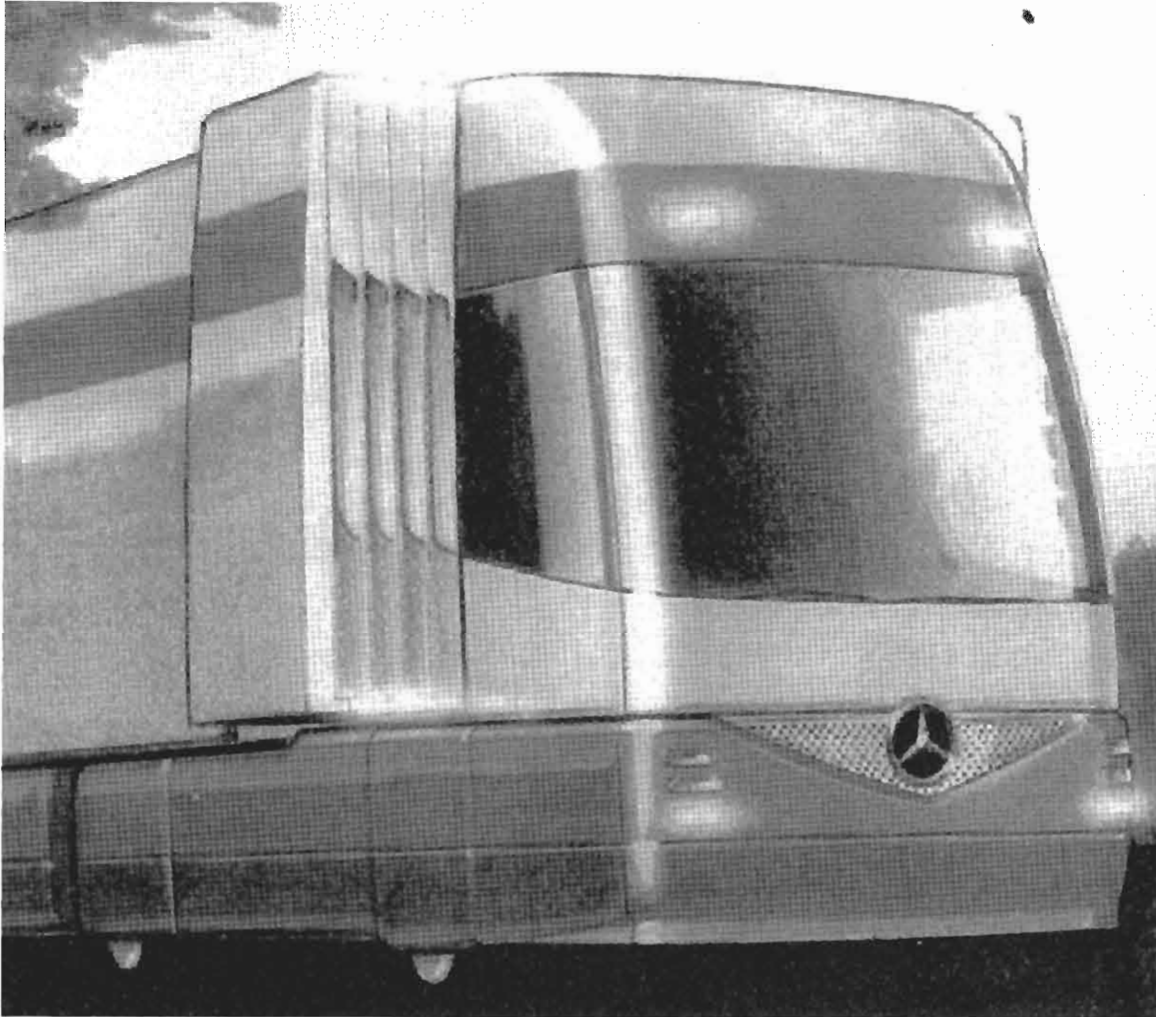


Bild 10 Vision eines Sattelkraftfahrzeugs mit Ziehharmonikaprinzip und großflächigem weit nach unten gezogenem Unterfahrschutzsystem (DaimlerChrysler)

Das Unfallmaterial zeigt zudem, dass Auffahrunfälle von Pkw auf Lkw bzw. deren Anhänger schwere Personenschäden zur Folge haben. Hierbei treffen zwei in ihrer Geometrie und Konstruktionsweise sehr unterschiedliche Fahrzeuge aufeinander (Bild 7). Knapp 13 % der verunglückten Pkw-Insassen (Schwerverletzte und Getötete) sind dieser Kollisionsart zuzuordnen (Bild 5). Dieses Ergebnis stimmt in etwa mit einer früheren Untersuchung überein [9].

Eine Sonderuntersuchung von 58 Heckauffahrunfällen aus dem Gesamtmaterial ergab, dass Heckunterfahrschutzsysteme die der gültigen Richtlinie 70/221/EWG entsprechen heute vor allem in zweierlei Hinsicht unzureichend sind [10]:

- Zu großer Abstand zur Fahrbahn
- nicht ausreichend stabil

Selbst bei geringen Relativgeschwindigkeiten von 30 km/h wurden Unterfahrungen von Pkw mit Intrusion der Ladekante in den Fahrgastraum registriert, verbunden mit schweren Verletzungen für die Insassen. Zumal im Pkw installierte Rückhaltesysteme, wie Airbag oder Gurtstraffer nicht zur Wirkung kommen, wenn definierte Verzögerungswerte nicht oder zu spät überschritten werden.

Eine dringende Empfehlung für zukünftige gesetzliche Mindestanforderungen ist daher einerseits die Unterkante des Heckunterfahrschutzes im beladenen Zustand auf maximal 400 mm über der Fahrbahn zu beschränken und andererseits die gegenwärtig in der EWG-Richtlinie vorgeschriebenen Prüflasten mindestens auf das Doppelte anzuheben. Gleichzeitig ist auf eine stabile Abstützung zu achten, um ein Ausknicken der Konsolprofile und ein Abknicken der Unterfahrschutzenden zu verhindern.

Erste konservative Schätzungen der europäischen Arbeitsgruppe EEVC WG 14 weisen darauf hin, dass durch diese Maßnahmen in Europa etwa 100 Getötete verhindert und 600 Schwerverletzte vermieden oder zumindest deren Verletzungsschwere reduziert werden kann [11].

6 Partnerschutz für ungeschützte Verkehrsteilnehmer

Unfälle von Lkw mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern, wie Fußgänger, Fahrrad und motorisierte Zweiräder (Bild 8) nehmen zusammen mit 24,9 % die zweite Stelle der Gegner von Lastkraftfahrzeugen bei schweren Lkw-Unfällen ein (Bild 4).

Besonders deutlich wird die Ungleichheit der Unfallkontrahenten bei der Gegenüberstellung der Verunglücktenzahlen. Während die Lkw-Insassen meist verschont bleiben – insgesamt 3 Schwerverletzte und 8 Leichtverletzte – wurden insgesamt 39 ungeschützte Verkehrsteilnehmer getötet und 163 schwer verletzt.

In Bild 9 sind die Anstoßbereiche des ersten Anstoßes am Sattelkraftfahrzeug/Lkw und Anhänger differenziert nach dem Unfallgegner dargestellt. Betrachtet man die Erstanstöße mit Todesfolge, so dominiert bei den Fußgängern die Front mit 11 Anstößen (79 %), gefolgt von der rechten Seite mit 3 Anstößen (21 %). Ebenso verteilen sich bei den Fahrradfahrern die Anstöße mit Todesfolge auf die Front und die rechte Seite mit jeweils 4 Anstößen.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Erstanstößen der Fußgänger und Fahrradfahrer, die schwere Verletzungen nach sich zogen. Auch hier dominieren jeweils die Front und die rechte Seite. Bei mot. Zweirädern hingegen dominieren zwar die Anstöße gegen die Front, die linke und rechte Seite des Fahrzeugs sind jedoch in etwa gleichverteilt.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang für alle ungeschützten Verkehrsteilnehmer der besonders hohe Anteil von Anstößen gegen das vordere Drittel der rechten Seite. Hier zeigt sich, dass der »Abbiegeunfall« und »Einbiegen/Kreuzenunfall« mit etwa 60 % überwiegt. Unabhängig davon, dass die Detailuntersuchungen bei dieser Unfallgruppe noch nicht abgeschlossen sind (z.B. Unfallursachen, Verteilung der Anstöße mit anschließendem Überrollen) liegt wohl der größte Si-

cherheitsegewinn in der Unfallvermeidung durch aktive Sicherheitssysteme wie Abbiegeassistenten oder verbesserte Spiegelsysteme. Die ersten Erkenntnisse weisen aber auch auf ein Vermeidungspotenzial durch möglichst großflächigen, geschlossenen und weit nach unten reichenden Flankenschutz hin. **Bild 10** zeigt hierzu ein Konzept von DaimlerChrysler, das nicht nur Vision bleiben sollte. Darüber hinaus ist für Sattelaufleger mit un gelenkten Achsen das Konzept des Plankenrahmens vielversprechend [12]. Neben der Verbrauchsreduzierung liegt der Vorteil für ungeschützte Verkehrsteilnehmer im wesentlichen im Abweisen des ungeschützten Verkehrsteilnehmers beim Erstkontakt und in der Reduzierung der Wahrscheinlichkeit des gefährlichen Überrollens. In diesem Zusammenhang sei jedoch erwähnt, dass bei bestimmten Einsatzarten von Lkw (z.B. Baustellenfahrzeuge) Grenzen gesetzt sind.

7 Lkw-Insassenschutz

Betrachtet man die Lkw-Unfälle nach deren Verletzungsschwere für Lkw-Insassen, so wird deutlich, dass Lkw-Alleinunfälle und Unfälle mit schweren Kollisionsgegnern besonders gefährlich für die Lkw-Insassen sind. Das Unfallmaterial enthält insgesamt 53 Alleinunfälle, 87 Lkw/Lkw-Unfälle und 2 Lkw/Bus-Unfälle. Von den insgesamt 16 getöteten Lkw-Insassen starben 3 bei Alleinunfällen und 11 bei Lkw/Lkw-Unfällen (2 Getötete bei Lkw/Pkw-Kollisionen).

Die Kernausswertung der Unfälle lässt bereits zwei Schwerpunkte zum Unfallgeschehen dieser Unfallgruppe erkennen. Einerseits ist ersichtlich, dass in vielen Fällen die Festigkeit der Fahrerhäuser nicht ausreichend ist. Schwerste Fahrerhausdeformationen bis hin zum völligen Abriss der gesamte Kabine sind im Realunfallgeschehen anzutreffen.



Bild 11▲ Beispiele von Lkw/Lkw-Auffahrunfälle mit erheblicher Fahrerhausdeformation

Bild 12▼ Beispiele von Lkw-Kollisionen mit mäßiger Fahrerhausdeformation und Herausschleudern der Lkw-Fahrer



Bild 11 zeigt dazu exemplarisch zwei Lkw/Lkw-Auffahrunfälle mit erheblicher Fahrerhaus-Beschädigung. Der Fahrer des linken Fahrzeuges erlitt dabei schwere Verletzungen mit Beinfraktur, Schnittwunden und Prellungen. Der Fahrer des rechten Fahrzeuges, der zugleich nicht angeschnallt war, wurde tödlich verletzt. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass bei beiden Unfällen die Relativgeschwindigkeit gegenüber dem vorausfahrenden Lkw max. 30 km/h betrug. Andererseits wird deutlich, dass die Anschnallpflicht für die seit dem 1.1.92 erstmals in den Verkehr genommenen Lkw gemäß § 21 a STVO ZPO i.V.m. § 35 a StVZO kaum beachtet wird. Die Anschnallquote von Lkw-Fahrern bewegt sich zwischen 5 und 10 %.

Bild 12 zeigt hierzu zwei Alleinunfälle, bei denen die Lkw-Fahrer nicht angegurtet waren und jeweils durch die Frontscheibe aus dem Fahrerhaus geschleudert wurden. Bei beiden Fahrzeugen lag nur eine mäßige Fahrerhausdeformation vor, so dass in jedem Fall der Überlebensraum gesichert gewesen wäre. Besonders glücklichen Umständen ist es dabei zu verdanken, dass beide Fahrer »nur« schwerste Verletzungen erlitten, wie z.B. der Führer des linken Fahrzeuges, der neben einer Gehirnerschütterung, Rippenserien-, Becken- sowie Oberschenkelfrakturen erlitt.

Ohne den Ergebnissen der detaillierten Auswertung dieser Unfallgruppe vorzugreifen, sind bereits jetzt zwei wesentliche Anforderungen an die passive Sicherheit offensichtlich.

Zum einen sollte die bestehende fakultative Regelung ECE R29 überarbeitet werden. Dabei sind entsprechend dem realen Unfallgeschehen angepasste Prüfverfahren zu erstellen, mit dem Ziel, die Struktur des Fahrerhauses so abzustimmen, dass sowohl ein ausreichender Energieabbau und damit insassenverträgliche Beschleunigungsspitzen sowie geringe Innenraumdeformation gewährleistet sind. Für die in Europa üblichen Frontlenkerfahrzeuge bei denen die Knautschzone nur sehr kurz ist, muss neben einer stabilen Fahrerhausstruktur die Ableitung von Kräften in Zonen erfolgen, in denen keine Gefahr für die Insassen bestehen. Zudem kann bei Front-Kollisionen ein Teil des kinetischen Energieeintrages durch definierte Verlagerung des Fahrerhauses nach hinten in Richtung Bordwand erfolgen [8, 13].

Zum anderen ist es dringend notwendig, die besonders niedrige Anschnallquote der Lkw-Fahrer und -Beifahrer zu erhöhen. Dies kann durch die Verwendung von in den Schwingsitzen integrierte Dreipunktgurte erreicht werden, wie es einige Hersteller [8, 13] bereits anbieten. Darüber hinaus ist es aber auch Aufgabe der Fahrschulen, Transportwirtschaftsverbände und Sicherheitsinstitute die Lkw-Fahrer hinsichtlich des Schutzpotezials von Sicherheitsgurten zu sensibilisieren.

8 Sekundärschäden durch Ladung

Der Begriff passive Sicherheit wird im allgemeinen mit der Reduktion der Verletzungsschwere bei Kollisionen verbunden [14]. Geht man jedoch von dem im englischen Sprachgebrauch üblichen Begriff »secondary safety« aus, also der Unfallfolgenminderung, so sind auch monetäre Schadenaufwendungen durch die Kollision mit eingeschlossen. Beim Lkw kann der Begriff »Passive Sicherheit« darüber hinaus noch mal weiter ausgedehnt werden auf Schäden, die durch die Ladung entstehen. Es gilt also Unfallfolgen durch Ladung, sogenannte Sekundärschäden, zu vermeiden.

Besonders problematisch sind in diesem Zusammenhang Unfälle mit Gefahrguttransporten. Die Bundesstatistik weist hierzu für das Jahr 1998 319 Unfälle mit Personenschaden und weitere 118 Unfälle mit Sachschaden aus. Dabei wurde insgesamt bei 53 Unfällen Gefahrgut freigesetzt [1]; davon knapp die Hälfte Gefahrgut der Klasse 3 »Entzündbare flüssige Stoffe«.

Die im Unfallmaterial aus Bayern enthaltenen Gefahrgutunfälle (Auswahl siehe **Bild 13**) gingen im Hinblick auf Personenschäden (Schwerverletzte) alle »relativ glimpflich« aus. Die Umweltschäden sind jedoch zum Teil erheblich. So flossen bei dem Tankfahrzeugunfall Bild 13 links oben mehrere 1.000 l Salzsäure in den Boden.

Darüber hinaus ging ein Unfall von zwei mit brennbarer Flüssigkeit beladenen Tankfahrzeugen gerade noch an einer Katastrophe vorbei (**Bild 14**). Der Fahrer des mit Benzin/Diesel beladenen Tankzuges fuhr dabei gegen den mit Heizöl beladenen Sattelaufleger des nach links

Bild 13 Beispiele von Unfällen mit Tankfahrzeugen zum Transport gefährlicher Güter



2134



3142



abbiegenden Sattelkraftfahrzeugs. Zum Glück blieb die Gefahrgutumschließung dicht und es traten lediglich etwa 100 l Heizöl aus der beschädigten Entladevorrichtung aus.

Auch wenn im Unfallmaterial aus Bayern 1997 glücklicherweise keine exzessiven Großschäden vorhanden sind, wird sich das IFM insbesondere den Tankfahrzeugen zur Beförderung brennbarer Flüssigkeiten widmen. Kommt es hier zu Unfällen mit Brand/Explosion, beträgt der wahrscheinlichste Höchstschaden (possible maximum loss, PML) 100 Mio. DM [15]. Volkswirtschaftliche Schäden und in Geld nicht bezifferbares menschliches Leid bleiben bei dieser Schätzung unberücksichtigt.

Anforderungen an die passive Sicherheit ergeben sich deshalb insbesondere an die Festigkeit der Gefahrgutumschließung. Das Unfallverhalten von Koffertanks, die bei Mineralöltransporten stark verbreitet sind, ist unakzeptabel. Meist finden hier Aluminium-Legierungen, wie AlMg 4,5Mn Verwendung [16], deren Mindestwanddicke abhängig vom Durchmesser des Tanks nur 4 oder 5 mm beträgt. Es sollte daher nachgedacht werden, ob nicht gänzlich von drucklosen Tanks zu Mitteldrucktanks aus Baustahl mit dickeren Wandstärken übergegangen wird, zumal neben einschlägigen Forschungsergebnissen auch Erfahrungen aus der Praxis die Vorteile hinsichtlich der Festigkeit bestätigen [17].

9 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die ersten Ergebnisse der Repräsentativuntersuchung von schweren Lkw-Unfällen aus Bayern (1997) zeigen im Überblick dringenden Handlungsbedarf im Rahmen der passiven Sicherheit. Dies gilt für Pkw-Insassen, ungeschützte Verkehrsteilnehmer und Insassen im Lkw gleichermaßen. Zusammenfassend ergeben sich folgende Anforderungen an die passive Sicherheit:

- Einführung von Frontunterfahrtschutzsystemen, möglichst energieabsorbierend
- Verbesserung der Heckunterfahrtschutzsysteme bei Lkw und Anhängern
- Einführung von geschlossenen großflächigen und möglichst tiefreichenden Flankenschutz im Seitenbereich von Lkw und Anhängern
- Verbesserter Schutz in der Lkw-Kabine, insbesondere durch realun-

fallorientierte Erhöhung der Struktursteifigkeit des Fahrerhauses

- Erhöhung der Anschlallquote bei Lkw-Insassen
- Gewährung eines Gewichtsbonus für Fahrzeuge mit Sicherheitseinrichtung

Schließlich ist es erforderlich, Ladungsverlust durch verbesserte Ladungssicherungsmaßnahmen generell zu vermeiden, insbesondere bei Tankfahrzeugen zum Transport brennbarer Flüssigkeiten durch die Verbesserung der Gefahrgutumschließung.

Vor diesem Hintergrund wird das Institut für Fahrzeugsicherheit mit Hilfe der neuen Datenbank weiter systematisch nach den Unfallursachen forschen und die Risiken bei Unfällen analysieren. Ziel ist es, eine risikobasierende Weiterentwicklung der passiven Sicherheit, aber auch der aktiven Sicherheit sowie der europäischen Gesetzgebung voranzutreiben.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Bayerischen Staatsministerium des Inneren, vor allem bei Herrn Ltd. MR aD. Dr. Bouska und Herrn Ltd. MR Blümel für die Unterstützung bei der laufenden Untersuchung der Lkw-Unfälle mit Personenschäden in Bayern. Ein besonderer Dank gilt auch an die Mitglieder des Lkw-Beraterkreises, insbesondere den Herren Dr. Alweswerth, Diem, Ertl, Prof. Dr. von Glasner, Hahn, Dr. Köfalvi, Löbig, Morschheuser, Riebeck, Prof. Podzuweit, Prof. Dr. Schmidt-Clausen für die Unterstützung und fachliche Beratung. Die Lkw-Unfallforschung des IFM wurde von der Schadenverhütungskommission der deutschen Versicherer finanziell gefördert, dem Vorsitzenden Herrn Dr. Anselm und den Mitgliedern besten Dank. Die Autoren danken ferner den IFM-Mitarbeitern Herrn Heider, Herrn Zipfel, Herrn Theuer und Herrn Bende sowie Herrn Kandler und Herrn Bromann von der HTW Dresden für die Unfallauswertungen und die damit verbundenen zahlreichen fachlichen und konstruktiven Anregungen.

Bild 14 Kollision von zwei Tankfahrzeugen



Unfallhergang:

Fahrer des Tankzuges übersah das links abbiegende Sattelkraftfahrzeug und kollidierte frontal gegen den Tankauflieger.

Unfallfolgen:

- * Fahrer des Tankzuges schwerverletzt
- * „Glücksfall“: Gefahrgutumschließung blieb dicht es traten nur 100 l Heizöl aus dem Entladeschlauch aus

