

Matthias Kühn · Robert Fröming · Volker Schindler

---

Fußgängerschutz

Matthias Kühn · Robert Fröming  
Volker Schindler

# Fußgängerschutz

Unfallgeschehen, Fahrzeuggestaltung,  
Testverfahren

Mit 159 Abbildungen und 40 Tabellen

 Springer

Dr.-Ing. Matthias Kühn  
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)  
Abteilung Unfallforschung  
Leiter des Fachbereichs Fahrzeugsicherheit  
Friedrichstraße 191  
10117 Berlin, Germany  
m.kuehn@gdv.org

Dipl.-Ing. Robert Fröming  
Prof. Dr. rer. nat. Volker Schindler  
TU Berlin  
Institut für Land- und Seeverkehr  
Gustav-Meyer-Allee 25  
13355 Berlin, Germany  
robert.froeming@tu-berlin.de  
volker.schindler@tu-berlin.de

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN-10 3-540-34302-4 Springer Berlin Heidelberg New York  
ISBN-13 978-3-540-34302-8 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media  
[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz: Digitale Druckvorlage des Autors  
Herstellung: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig  
Einbandgestaltung: medionet AG, Berlin

68/3100/YL – 5 4 3 2 1 0      Gedruckt auf säurefreiem Papier

# Danksagung

Die Erarbeitung der neuen Inhalte, die in diesem Buch dargestellt werden, war die Leistung eines Teams in den Jahren 2000 – 2006.

Besonderer Dank gilt Herrn Wilfried Butenhof, Frau Alexandra Schulz sowie Herrn Florian Weyer. Herr Butenhof und Frau Schulz übernahmen die grafische Gestaltung der Tabellen und Abbildungen und haben so das Erscheinungsbild des Buches zum großen Teil geprägt. Frau Schulz führte zudem die Beiträge der Autoren zusammen und gab darüber hinaus durch ihre Sachkenntnis wertvolle Impulse für die lesergerechte Präsentation der Buchinhalte.

Herr Prof. Dr.-Ing. Volker Meewes, ehemaliger Leiter des Verkehrstechnischen Institutes der Deutschen Versicherer, hat die Entstehung dieses Buches sehr gefördert. Ihm gilt an dieser Stelle ein herzlicher Dank.

Außer den Autoren haben eine ganze Reihe von Studenten der Fahrzeugtechnik der TU Berlin im Rahmen ihrer Studien- und Diplomarbeiten und als studentische Mitarbeiter Beiträge zum Thema Fußgängersicherheit geleistet. Zu nennen sind Alexander Eisenach, Daniel am Ende, Darius Friedemann, Andy Heinrich, Till Heinrich, Ingo von Hübbenet, Erik Janata, Andreas Kampa, Markus Lindemann, Sergej Meinzer, Tibor Passek, Stephan Raming, Arnd Rose, Alexandra Schulz, Hagen Siegler, Sebastian Weber, Mario Wendt, Florian Weyer. Natürlich haben viele weitere Personen durch ihre Diskussionsbeiträge einen Anteil daran, wie die Ideen gereift sind und umgesetzt wurden.

Des Weiteren bedanken wir uns bei den Firmen und Institutionen, die mit dem bereitgestellten Bildmaterial zum besseren Verständnis der Inhalte beigetragen haben.

Berlin, Juli 2006

Die Autoren

# Vorwort

Unter Fahrzeugsicherheit wurde noch bis vor wenigen Jahren der reine Insassenschutz verstanden. Um den motorisierten Individualverkehr sicherer zu gestalten, wurden über die letzten Jahrzehnte große Anstrengungen unternommen. Diese hatten Erfolg und führten zu einem sehr hohen Sicherheitsniveau für die Insassen von modernen Fahrzeugen. Die Wirkung des Fahrzeugs auf ungeschützte Verkehrsteilnehmer hatte keine besondere Priorität.

Auch die Infrastruktur wurde mit großem Aufwand verbessert und verkehrssicherer gemacht. Es entstanden u. a. Empfehlungen zur Anlage von Querungshilfen für Fußgänger, für Aufpflasterungen zur Reduktion der Fahrgeschwindigkeit von Fahrzeugen etc. Weitere Verbesserungen betrafen die Erziehung aller am Straßenverkehr beteiligten Personen und das Rettungswesen. In der Summe haben diese Entwicklungen zu einer Verminderung der Zahl der Unfallopfer unter den ungeschützten Verkehrsteilnehmern auf Europas Straßen geführt.

Trotz positiver Tendenz besteht aber weiterhin Handlungsbedarf im Bereich der fußgängerverträglichen Gestaltung der Fahrzeuge. Diese Problematik entwickelte sich in den letzten Jahren zu einem der meist diskutierten Themen zur Fahrzeugsicherheit auf nationaler und internationaler Ebene. Es wurden Maßnahmen auf diesem Gebiet gefordert, die inzwischen u. a. in eine seit 2005 geltende, europäische Richtlinie zum Schutz von Fußgängern und anderen ungeschützten Verkehrsteilnehmern mündeten.

Die Richtlinie beinhaltet ein Prüfverfahren, das die Fahrzeugfront mittels eines Komponententests bewertet. Die Aussagekraft für das reale Unfallgeschehen und damit die unfallfolgenmindernde Wirksamkeit eines solchen Tests ist allerdings nicht unumstritten. Zudem hat es beträchtliche Auswirkungen auf die Gestaltung der Fahrzeugfront und in manchen Ausführungen auch auf Herstell- und Betriebskosten. Vor dem Hintergrund der Entwicklung und Einführung von intelligenten Sicherheitssystemen, die viele Formen von drohenden Unfällen erkennen und möglicherweise sogar verhindern können, müssen rein passive, nur auf den Schutz von Fußgängern gerichtete Maßnahmen am Fahrzeug bezüglich ihres Nutzens

neu bewertet werden. Es wäre wünschenswert, wenn der Beitrag einzelner Maßnahmen zum Fußgängerschutz quantifizierbar gemacht werden könnte, um die wirkungsvollsten Maßnahmen zu erkennen und die beschränkten Mittel der Fahrzeugkunden im Schwerpunkt auf deren rasche und breite Einführung zu richten.

In diesem Buch werden vor allem die fahrzeugseitigen Aspekte der Fußgängersicherheit betrachtet. Es wird jedoch auch ein Überblick über die zahlreichen weiteren Maßnahmen gegeben, die ebenfalls wesentliche Beiträge zur Verbesserung der Verkehrssicherheit leisten. Sie reichen von der Erziehung der Verkehrsteilnehmer über die Gestaltung des Straßenraums und dessen Betrieb bis zum Rettungswesen. Erst unter Ausschöpfung vieler Möglichkeiten lassen sich die Zahlen der Unfallopfer weiter absenken.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Gesellschaftliche Aspekte</b> .....	<b>1</b>
1.1 Zur Entwicklung der Fahrzeugsicherheit .....	1
1.2 Unfallgeschehen .....	7
1.2.1 Europa .....	8
1.2.2 Internationaler Vergleich.....	24
1.3 Unfallanalyse.....	32
1.4 Verletzungsmuster .....	44
1.4.1 Verletzungsursachen .....	46
1.4.2 Verletzungsursache - Fahrbahnaufprall .....	51
1.4.3 Zusammenfassung und internationaler Vergleich.....	53
1.5 Unfallkosten .....	55
Literatur .....	59
Tabellenanhang.....	62
<b>2 Mechanismen des Fußgängerunfalls</b> .....	<b>71</b>
2.1 Die Pre-Crash-Phase.....	71
2.2 Die In-Crash-Phase.....	74
2.2.1 Der Einfluss der Fahrzeugfrontgeometrie .....	77
2.2.2 Kategorisierung der Fahrzeugfronten.....	80
2.3 Die Post-Crash-Phase .....	92
Literatur .....	95
<b>3 Maßnahmen zum Schutz von Fußgängern</b> .....	<b>97</b>
3.1 Infrastrukturmaßnahmen .....	97
3.2 Verkehrserziehung.....	105
3.3 Verkehrsüberwachung.....	108
3.4 Maßnahmen der aktiven Sicherheit .....	110
3.4.1 Systeme zur Bremsassistentz.....	113
3.4.2 Automatische Notbremsfunktion .....	117
3.4.3 Systeme zur automatischen Kollisionsvermeidung.....	118
3.5 Passive Strukturmaßnahmen .....	120
3.5.1 Allgemeines zum Schutz des Fußgängers .....	121

3.5.2 Gestaltung des Frontends .....	127
3.5.3 Fronthaube .....	133
3.5.4 Frontscheibenbereich .....	138
3.5.5 Aktive Strukturmaßnahmen .....	141
3.6 Sensorik zur Steuerung von aktiven und passiven Maßnahmen ....	147
3.6.1 Kontaktbasierte Sensorik .....	147
3.6.2 Kontaktlose Sensorik .....	152
3.7 Globale Nutzenabschätzung .....	162
Literatur .....	165
<b>4 Bewertung von Maßnahmen zum Fußgängerschutz .....</b>	<b>169</b>
4.1 Straßenseitige Maßnahmen .....	170
4.2 Untersuchungsmethoden zum fahrzeugseitigen Fußgängerschutz .....	176
4.3 Gesetzgebung und Verbraucherschutz .....	185
4.3.1 Gesetzgebung in Europa .....	185
4.3.2 Gesetzgebung in Japan .....	200
4.3.3 Weltweite Technische Regelung .....	202
4.3.4 EuroNCAP .....	204
4.3.5 Japan NCAP .....	209
4.4 Bewertung aktiver und passiver Schutzmaßnahmen .....	211
4.4.1 Die VERPS-Bewertungsmethodik .....	211
4.4.2 Anwendung von VERPS zur Bewertung von Maßnahmen der passiven Sicherheit .....	219
4.4.3 Bewertung von Maßnahmen der aktiven Sicherheit .....	222
4.4.3 Fazit und Ausblick .....	235
Literatur .....	240

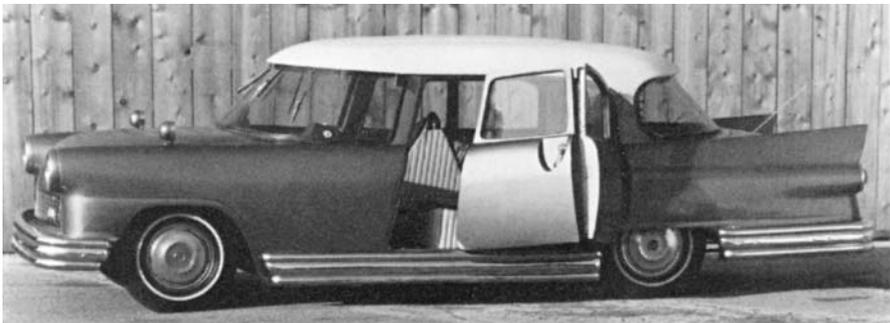
# 1 Gesellschaftliche Aspekte

Zu den Risiken, die der motorisierte Individualverkehr mit sich bringt, gehören auch die Unfälle. So ereignete sich der erste registrierte tödliche Verkehrsunfall im Jahre 1899 in New York / USA. Dabei wurde ein die Straßenbahn verlassender Mann von einem vorbeifahrenden Motorfahrzeug erfasst. Die Stadt New York sah sich bald darauf gezwungen, Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Sie erließ am 30. Oktober 1903 die weltweit erste Straßenverkehrsordnung und vergrößerte die berittene Verkehrspolizei von drei auf sechs Mann (Marshall 1988).

## 1.1 Zur Entwicklung der Fahrzeugsicherheit

Stand zu Beginn des Zeitalters des Automobils noch die Betriebssicherheit im Vordergrund, so sahen sich die Automobilhersteller bereits Anfang der 30er Jahre des 20. Jahrhunderts aufgrund steigender Verkehrsdichten gezwungen, die Brems- und Fahrsicherheit der Fahrzeuge zu verbessern (Braess et al. 1996). Mit dem Ende des Zweiten Weltkrieges, der politischen Stabilisierung und dem wirtschaftlichen Aufschwung stieg das Verkehrsaufkommen in allen industrialisierten Ländern der Welt weiter stark an. Eine Folge davon waren kontinuierlich steigende Unfallzahlen. Ende der 60er Jahre erreichten die Unfallzahlen in vielen Ländern einen Höhepunkt. Es bedurfte konzentrierter Maßnahmen, um das Problem anzugehen. Als eines der ersten Länder ergriffen die USA die Initiative und erließen 1966 das Verkehrssicherungsgesetz. Damit war ein nationales, umfassendes und koordiniertes Verkehrssicherheitsprogramm verbunden. Dabei war auch die Fußgängersicherheit mit dem Erlass vom 2.11.1968 ein integraler Bestandteil (Marshall 1988). Dieser umfassende Ansatz zur Unfallvermeidung vereinigte die Bereiche der Erziehung, der Legislative und der technischen Maßnahmen. Gegen Ende der 60er Jahren verschob sich dies hin zu einem partiellen Ansatz mit technischen Maßnahmen als Schwerpunkt (Marshall 1988). Das äußerte sich u.a. darin, dass die Regierung der USA 1968 ein weltweites Programm zur Entwicklung von so genannten „Experimental Safety Vehicles“ (ESV) ins Leben rief. Hieran wa-

ren die Länder Westeuropas und Japan beteiligt. Bereits in den 50er Jahren wurden Sicherheitsfahrzeuge entwickelt, wie das Survival Car I und II (s. Abb. 1.1), oder das New York State Sicherheitsfahrzeug 1968 (Braess et al. 1996). Das Survival Car war eines der ersten Sicherheitsfahrzeuge der Welt. Es wurde auf Initiative der Liberty Mutual Insurance Company in Kooperation mit der Cornell-Universität entwickelt. Es basiert auf einem Chevrolet Bel Aire aus dem Jahre 1961 und beinhaltet 65 Sicherheitsideen zur aktiven und passiven Sicherheit, u.a. Beckengurte, eine energieabsorbierende Lenksäule, eine laminierte Windschutzscheibe, Knie- und Beinschutzeinrichtungen und energieabsorbierende Stoßfänger (Bryan 1995).



**Abb. 1.1** Experimentalfahrzeug der Liberty Mutual Company (Bryan 1995).

Im Jahre 1971 fand in Paris dann die erste ESV-Konferenz unter der Schirmherrschaft der NATO CCMS<sup>1</sup> statt. Aus den Ergebnissen der Arbeiten der 1. Phase des ESV-Programms ließen sich u.a. auch Fragestellungen zur Erhöhung der Fußgängersicherheit ableiten. So konnten methodische Fragen bezüglich der speziellen Auslegungs- und Testverfahren von Fahrzeugen zum Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer formuliert werden.

Als Folgeprogramm präsentierte die NHTSA<sup>2</sup> das RSV-Programm (Research Safety Vehicle). Dessen Erkenntnisse waren u.a. auch, dass beim Fußgängerschutz deutliche Verbesserungen möglich sind und die Testdummys (sog. Anthropomorphic Test Devices, ATD) für die Fußgängerkollision wesentlicher Verbesserungen bedürfen. Mittlerweile sind die alle zwei Jahre stattfindenden ESV-Konferenzen eine etablierte Plattform zum

---

<sup>1</sup> NATO CCMS – North Atlantic Treaty Organisation, Committee on the Challenges of the Modern Society.

<sup>2</sup> NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration; Verkehrssicherheitsbehörde der USA, [www.nhtsa.dot.gov](http://www.nhtsa.dot.gov).

internationalen Austausch von Forschungsergebnissen im Bereich der Fahrzeugsicherheit.

Als Reaktion auf die ESV-Entwicklungen in den USA gründete sich im Oktober 1970 das European Experimental Vehicle Committee (EEVC)<sup>3</sup>. Das EEVC, bestehend aus Regierungsvertretern, hat sich zum Ziel gesetzt, die Sicherheit für Fahrzeuginsassen, Fußgänger und Zweiradfahrer auf der Grundlage von eigenen Forschungsarbeiten zu erhöhen. Dabei werden die Arbeiten in verschiedenen Arbeitsgruppen durchgeführt. Bereits die Arbeitsgruppe 1 (1974) hatte die Wichtigkeit von Fußgängerunfällen im Unfallgeschehen erkannt. Die Arbeitsgruppe 7 (1982) führte diese Arbeiten weiter. Darüber hinaus wurde in einer ad hoc Arbeitsgruppe der Einfluss der Fahrzeugfrontgestaltung auf Verletzungsmuster des Fußgängers analysiert. Die Arbeitsgruppe 10 erarbeitete von 1987 bis 1994 einen Vorschlag für ein Testverfahren zum Schutz von Fußgängern bei Fahrzeugkollisionen. Dieser Vorschlag wurde von der Arbeitsgruppe 17 von 1997 bis 1998 überarbeitet und galt seitdem für Europa als Diskussionsgrundlage für ein zukünftiges Testverfahren (EEVC WG 10 1994; EEVC WG 17 1998).

Aktuelle bedeutende Forschungsprojekte im Bereich der Fahrzeugsicherheit sind z. B. das nationale INVENT<sup>4</sup>-Projekt und das europäische APROSYS<sup>5</sup>-Projekt. Sie nutzen aktuelle technische Entwicklungen im Bereich der Elektronik, Sensorik und Aktuatorik sowie Werkstoffkunde, um ein Maximum an Sicherheit im Straßenverkehr zu erzielen (APROSYS 2003; INVENT 2005). Gleichzeitig rückt der Aspekt der Unfallvermeidung und Unfallfolgenminderung durch Warnsysteme und Fahrerassistenzsysteme stärker in den Vordergrund (PREVENT 2006).

### ***Fußgängerschutz und seine Relevanz im Unfallgeschehen***

Einer Aufbruchstimmung hin zu einem neuen Sicherheitsbewusstsein folgte bei der Umsetzung der Ideen zur Erhöhung der Sicherheit von ungeschützten Verkehrsteilnehmern Ernüchterung. Das Thema erreichte seinen Höhepunkt Anfang der 80er Jahre mit der Vorstellung des Uni-Car, das sehr viele sinnvolle und innovative Lösungen aufzeigte (s. Abb. 1.2). Von 1978 bis 1982 wurde im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) an vier deutschen Universitäten ein Forschungsfahrzeug entwickelt, das im Rahmen der Sicherheitsauslegung

---

<sup>3</sup> EEVC – <http://eevc.org>.

<sup>4</sup> INVENT – <http://www.invent-online.de>.

<sup>5</sup> APROSYS – Advanced Protection Systems, <http://www.aprosys.com>.

speziell den Fußgänger- und Radfahrerschutz sowie Fragen der Kompatibilität allgemein fokussierte. Dieses Fahrzeug beinhaltete u.a. sehr innovative technische Lösungsvorschläge zum Schutz des Fußgängers, die auch heute noch Gültigkeit besitzen (s. auch Kapitel 3), (Appel et al. 1982; BMFT 1983). Die Ideen stammten aus Grundlagenuntersuchungen, die an der TU Berlin durchgeführt wurden (Kühnel u. Rau 1973, 1974, 1978; Kühnel 1980).



**Abb. 1.2** Im Forschungsfahrzeug Uni-Car wurden zahlreiche Maßnahmen zum Fußgängerschutz wie gepolsterte Front-, Hauben- und Scheibenrandbereiche prototypisch umgesetzt (BMFT 1983).

Allerdings folgte dann nicht die Umsetzung der technischen Lösungen in die Serienproduktion der Fahrzeuge. Das Thema wurde in den folgenden Jahren bis zum Ende der 90er Jahre nur noch am Rande behandelt. In den letzten 25 Jahren Sicherheitsforschung dominierte der Schutz der Fahrzeuginsassen.

Mit dem Mandat des EEVC WG 10<sup>6</sup> und später WG 17 ein zulassungsrelevantes Testverfahren zum Schutz der Fußgänger bei einem Fahrzeuganprall zu entwickeln, kam Bewegung in die Diskussion um die Auslegung der Fahrzeugfront, die bis dahin den Selbstschutz fokussierte. Die Automobilhersteller sahen sich spätestens seit den Ergebnissen der Arbeit der WG 17 im Jahre 1998 (EEVC WG 17 1998) der neuen Herausforderung gegenüber, die bisherigen Auslegungsprinzipien neu zu definieren. Seit

---

<sup>6</sup> EEVC WG 10 – European Enhanced Vehicle Safety Committee, Working Group 10, ab 1998 Working Group 17.

dieser Zeit rückte das Thema des fahrzeugseitigen Fußgängerschutzes, und hier speziell die Frage nach einem geeigneten Testverfahren für Fahrzeuge, in den Mittelpunkt des Interesses vor allem auf europäischer Ebene (HDT 2001, 2002; VDA 2001). Als Reaktion auf die Bestrebungen zur Entwicklung eines gesetzlichen Testverfahrens unterbreitete die europäische Automobilindustrie (ACEA)<sup>7</sup> 2001 im Rahmen einer freiwilligen Selbstverpflichtung ihren Vorschlag für ein zulassungsrelevantes Testverfahren. Das Testverfahren basiert auf dem Komponententest nach EECV WG 17 (Commission 2001). Parallel dazu führten Tests zur Bewertung der Fußgängersicherheit im Rahmen der Euro NCAP<sup>8</sup>-Verbrauchertestreihen zu einem zusätzlichen öffentlichen Interesse. Im Zuge dieser Entwicklungen haben das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union im November 2003 die Richtlinie 2003/102/EG zum Schutz von Fußgängern und anderen ungeschützten Verkehrsteilnehmern bei Kollisionen mit Kraftfahrzeugen erlassen (Europäische Union 2003).

Die Diskussionen der letzten Jahre wiesen neben fachlichem auch politischen Charakter auf (Engelbrecht 2001). In Erwartung eines Entschlusses seitens der Europäischen Union zur Festlegung eines zulassungsrelevanten Testverfahrens stellte sich die Situation bei deutschen Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung in einer Befragung aus dem Jahr 2001 zwiespältig dar (Kühn 2001): Es herrschte allgemein kein Konsens über durchzuführende Maßnahmen zum Fußgängerschutz am Kraftfahrzeug. Die Argumentationen wurden sehr interessenbehaftet geführt, so dass sich nur schwer ein objektives Bild der Problemfelder aufzeigen ließ. Gegenstand der Diskussion war nicht die Frage, ob es notwendig ist, Fußgänger zu schützen – dies steht außer Frage – vielmehr stand die Frage der Umsetzung mit technischen Mitteln und deren Nebeneffekten wie Kosten, Designauswirkungen, Zuverlässigkeit und Kundenakzeptanz im Vordergrund. So wurden nicht nur technische Maßnahmen am Fahrzeug selbst gefordert, sondern auch Maßnahmen zur Verbesserung der Infrastruktur und zur Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmer durch Verkehrserziehung. Dabei wurden von verschiedenen Gruppen Maßnahmen favorisiert, die Unfälle vermeiden helfen. Aufgrund der physikalischen Gegebenheiten der

---

<sup>7</sup> ACEA – Association des Constructeurs Européens d'Automobiles, Verband der europäischen Automobilindustrie.

<sup>8</sup> Euro NCAP – European New Car Assessment Programme; gegründet 1997; bietet Verbrauchern eine unabhängige vergleichende Bewertung der Sicherheitseigenschaften für in Europa verkaufte Fahrzeuge. Eine Bewertung nach abweichend definierten Testprotokollen erfolgt auch in Japan (Japan NCAP), in Australien (Australia NCAP) sowie den USA (US-NCAP).

Kollisionspartner stellen aktive Maßnahmen am Fahrzeug zur Unfallvermeidung natürlich die Ideallösung dar. Für solche Systeme werden Pre-Crash Sensoren notwendig. Allerdings mangelt es den vorgestellten Systemen an der notwendigen Auslösesicherheit. Ein Problem bei der technischen Umsetzung bildet hier die Sensorik für eine sichere Fußgängererkennung, auch in urbanen Gebieten. Dabei sind auch rechtliche und zulassungstechnische Fragen wie z. B. der Verantwortungshoheit beim Fahrzeugführen oder auch Produkthaftungsfragen bei der möglichen Einführung von Assistenzsystemen zu beachten (Hartlieb 2001; RESPONSE 2006).

Allgemein kritisierten die Befragten den sehr mühsamen und langwierigen Entstehungsprozess der Ergebnisse der EEVC-Arbeitsgruppen 10 und 17. Das hatte zur Folge, dass zum Zeitpunkt der Diskussion über die obligatorische Einführung von Fußgängerschutzmaßnahmen das Ausgangsdatenmaterial bezüglich der Unfallsituation und der Fahrzeugpopulation als Basis für diese Entscheidungen seine Gültigkeit bereits verloren hatte. Gleichzeitig sollten die getroffenen Entscheidungen 10 und mehr Jahre in die Zukunft reichen. Dem vorgeschlagenen Komponententestverfahren wurde aufgrund seines hohen Abstraktionsgrades und der ungenügenden Abbildung des Einflusses der Fahrzeugfront auf die Kinematik des Fußgängers von den Befragten eine nur mäßige Realitätsnähe und damit geringe Wirkung auf das Unfallgeschehen vorausgesagt. Dies ging sogar so weit, dass von verschiedenen Befragten negative Auswirkungen auf die Fußgängersicherheit bei der Einführung des Testverfahrens befürchtet wurden. Mit dem in diesem Buch vorgestellten VERPS+-Index können diese Aussagen objektiviert werden.

Als Hilfsmittel zur Bewertung stellte der Globaltest prinzipiell für die Mehrheit der Befragten ein theoretisches Optimum dar. Als alternatives Testverfahren allerdings lässt er sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht diskutieren. Hauptproblem ist der Mangel an geeigneten Fußgängerdummys, die mangelnde Reproduzierbarkeit und der erhöhte Durchführungsaufwand. Die numerische Simulation stellte für viele das zukünftig aussagekräftigste Bewertungshilfsmittel dar. Sie ist derzeit aber als alleiniges gesetzliches Testverfahren aufgrund des Rechenaufwandes und noch bestehender methodischer Probleme noch nicht geeignet. Ein kombiniertes Testverfahren schien vielen zumindest denkbar.

Allgemein wurden designneutrale Maßnahmen am Fahrzeug zum Fußgängerschutz als Reaktion auf ein mögliches Testverfahren an der Fahrzeugfront bevorzugt (z. B. aufstellende Haube, Airbagsysteme). Aufpolsterungen und damit einhergehende Designveränderungen wurden dagegen als schwer durchsetzbar angesehen. Bei den aktiven, designneutralen

Maßnahmen am Fahrzeug ist das Problem der Aktivierung und Sensierung zu lösen.

So lässt sich die Einführung eines geeigneten, zulassungsrelevanten Testverfahrens zur Bewertung des Fußgängerschutzes an Fahrzeugen als das Hauptproblem in der Diskussion der letzten Jahre identifizieren. Es war notwendig, ein Testverfahren zu etablieren, das die Fußgängersicherheit auf einer geeigneten Abstraktionsstufe reproduzierbar und vergleichsweise unaufwendig bewertbar macht. Dabei sollten die neuen Möglichkeiten der rechnergestützten Entwicklung im Fahrzeugbau genutzt werden. Darüber hinaus besteht Forschungsbedarf bei der Quantifizierung des Beitrages von Maßnahmen zum Fußgängerschutz vor allem aus dem Bereich der Unfallvermeidung, aber auch seitens der Infrastruktur oder der Verkehrserziehung. Die Analyse der Effekte in der Unfallstatistik ist schwierig, da technische Änderungen an der Fahrzeugfront, notwendig geworden aufgrund der möglichen neuen Anforderungen durch ein Testverfahren, schlagen sich wenn überhaupt erst Jahre später statistisch signifikant in den Unfalldaten nieder.

## 1.2 Unfallgeschehen

Die Ableitung von Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit benötigt eine statistisch fundierte Basis, mit deren Hilfe Problemfelder aufgedeckt und Lösungsansätze entwickelt werden können. Die europaweite Betrachtung und Analyse des Verkehrsunfallgeschehens setzt die gleichgerichtete Unfallerhebung in allen Teilnehmerstaaten voraus. Alle Staaten der EU-25<sup>9</sup> haben ein mehr oder weniger leistungsfähiges System zur Erfassung von Unfalldaten, dennoch ist der internationale Vergleich schon allein durch unterschiedliche Erhebungsmethoden, Definitionen und Erhebungszeiträume sehr schwierig. Im Zuge der europäischen Harmonisierung werden im Rahmen von SafetyNet<sup>10</sup> und der CARE<sup>11</sup>-Unfalldatenbank so-

---

<sup>9</sup> EU-25 = Europäische Union; Mitgliedsstaaten: Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande, Dänemark, Irland, Vereinigtes Königreich, Griechenland, Portugal, Spanien, Finnland, Österreich, Schweden, Estland, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn, Zypern.

<sup>10</sup> SafetyNet – EU-Projekt zur Entwicklung eines Europäischen Verkehrssicherheits-Observatoriums, <http://safety.net.swov.nl/index.htm>.

<sup>11</sup> CARE – Communiy Road Accident Database - internationale Unfalldatenbank der Europäischen Union, [http://ec.europa.eu/transport/care/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/care/index_en.htm).

wie durch EUROSTAT<sup>12</sup> selbst Unfalldaten erhoben. Trotz allem bedeutet derzeit der innereuropäische Vergleich von Unfallzahlen noch immer einen großen Aufwand zur Zusammenstellung aktueller Statistiken.

### 1.2.1 Europa

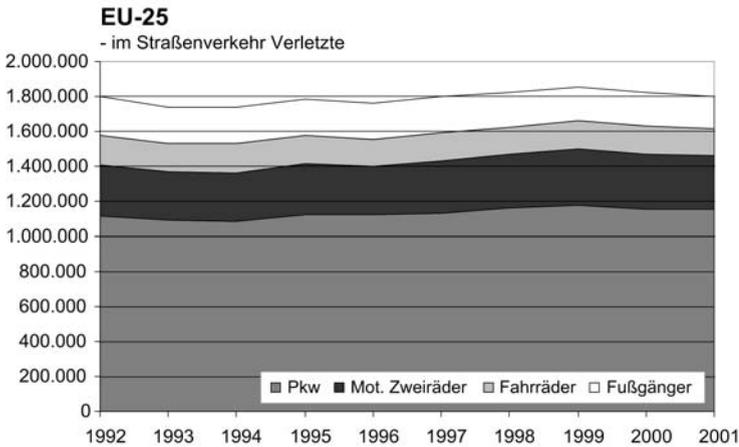
Der Trend im Unfallgeschehen in der Europäischen Union (EU) stellt sich wie folgt dar: Auf den europäischen Straßen ereignen sich jährlich 1,3 Mio. Unfälle mit mehr als 40.000 getöteten Menschen und 1,8 Mio. Verletzten. Dadurch entstehen der EU Kosten in Höhe von rund 160 Mrd. Euro. Dies entspricht ca. 2 % des Bruttosozialproduktes. Diese Zahlen haben die Kommission der Europäischen Gemeinschaft veranlasst, das Ziel vorzuschlagen, bis 2010 die Zahl der Verkehrstoten um 50 % zu verringern. Insbesondere die Einbeziehung der Verletzungsfolgekosten ergänzend zu den Getötetenzahlen in die Betrachtungen zur Verkehrssicherheit ist ein bisher neuer Ansatz in der Verkehrssicherheitspolitik. Das dazu notwendige Aktionsprogramm beinhaltet einen umfassenden Ansatz, der die Verkehrsteilnehmer, die Fahrzeuge selbst und die Infrastruktur durch konkrete Maßnahmen einbezieht (Kommission 2003).

Pkw-Insassen bilden den größten Anteil der im europäischen Straßenverkehr verletzten Verkehrsteilnehmer, gefolgt von den Motorradfahrern und den Fußgängern (s. Abb. 1.4). Betrachtet man die Zahl der im Straßenverkehr getöteten Verkehrsteilnehmer (s. Abb. 1.3), so sind die Fußgänger nach den Pkw-Insassen am zweithäufigsten betroffen. Die Gruppe der ungeschützten Verkehrsteilnehmer insgesamt (Fußgänger, Rad- und Motorradfahrer) war im Verkehrsraum der EU-25 mit ca. 30 % an der Gesamtzahl der getöteten Personen im Straßenverkehr vertreten. Fußgänger bilden innerhalb der Gruppe der ungeschützten Verkehrsteilnehmer die größte Untergruppe. Insgesamt ist bei Betrachtung der EU-25 im zeitlichen Verlauf ein Abwärtstrend der Getötetenzahlen zu erkennen (s. auch Abb. 1.24).

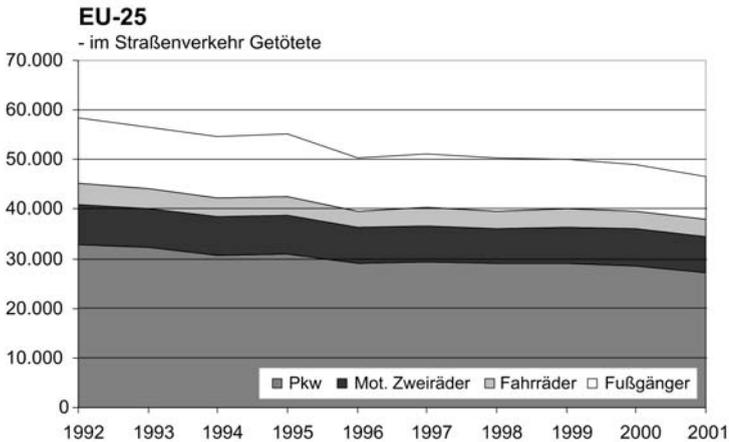
Es bleibt zu hoffen, dass dieser auch bei fortschreitender Motorisierung in den osteuropäischen Staaten fortgeführt werden kann. Ein rascher Anstieg der Motorisierung ohne entsprechende Anpassungen von Infrastruktur und Nutzerverhalten könnte tendenziell höhere Unfallzahlen hervorrufen, wie man in den fünf neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung beobachten konnte.

---

<sup>12</sup> EUROSTAT – Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaft,  
<http://www.europa.eu.int/comm/eurostat/>.



**Abb. 1.3** Im Straßenverkehr verletzte Personen in der EU-25 unterteilt nach Art der Verkehrsteilnahme (Zahlenwerte s. Tabelle A.1).

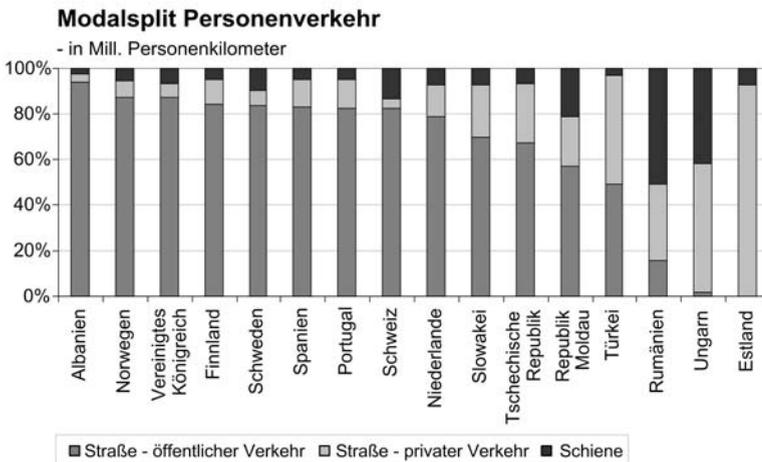


**Abb. 1.4** Im Straßenverkehr getötete Personen in der EU-25 unterteilt nach Art der Verkehrsteilnahme (Zahlenwerte s. Tabelle A.2).

Betrachtet man die Zahl der im Straßenverkehr verletzten Personen (s. Abb. 1.4), so ist eine Stagnation auf hohem Niveau festzustellen. Im Jahr 2001 wurden im Gebiet der EU-25 ca. 1,9 Millionen Personen im Straßenverkehr verletzt, davon ca. 185.000 Fußgänger. Ungeschützte Verkehrsteilnehmer haben mit ca. 650.000 Verletzten auch hier einen Anteil von ca. 30 %. Fußgänger bilden in der Gruppe der verletzten Straßenver-

kehrsteilnehmer einen Anteil von ca. 10 %. Es ist zu erkennen, dass die Zahl der im Straßenverkehr verletzten Personen noch nicht von der zunehmend verbesserten (passiven) Sicherheitsausstattung der Fahrzeuge profitieren konnte. Als Ursachen sind hier der gegenläufige Trend der steigenden Verkehrsleistung sowie der starken Nichtlinearität zwischen Fahrzeugsicherheit und Verletzungsvermeidung zu sehen. Die Zahl der getöteten Straßenverkehrsteilnehmer konnte durch die erhöhte passive Fahrzeugsicherheit und auch durch die Verbesserungen im Rettungswesen und der anschließenden medizinischen Versorgung reduziert werden. Eine signifikante Absenkung der Unfallzahlen und damit auch der Verletztenzahlen wird sich nur durch unfallvermeidende Sicherheitssysteme (wie z. B. ESP oder Bremsassistentensysteme) erreichen lassen. Erste Untersuchungen scheinen dies zu beweisen (Lie et al. 2005; Kreiss et al. 2005).

Der Modal Split<sup>13</sup> des europäischen Personenverkehrs stellt sich uneinheitlich dar (s. Abb. 1.5). Von Land zu Land existieren sehr unterschiedliche Verteilungen des Transportaufkommens.



**Abb. 1.5** Anteil der drei Modi des Personenverkehrs in ausgewählten Ländern Europas (Zahlenwerte s. Tabelle A.3).

Ein sehr hoher Anteil des MIV<sup>14</sup> kann zum einen auf ein unterentwickeltes öffentliches Verkehrssystem schließen lassen, andererseits haben gera-

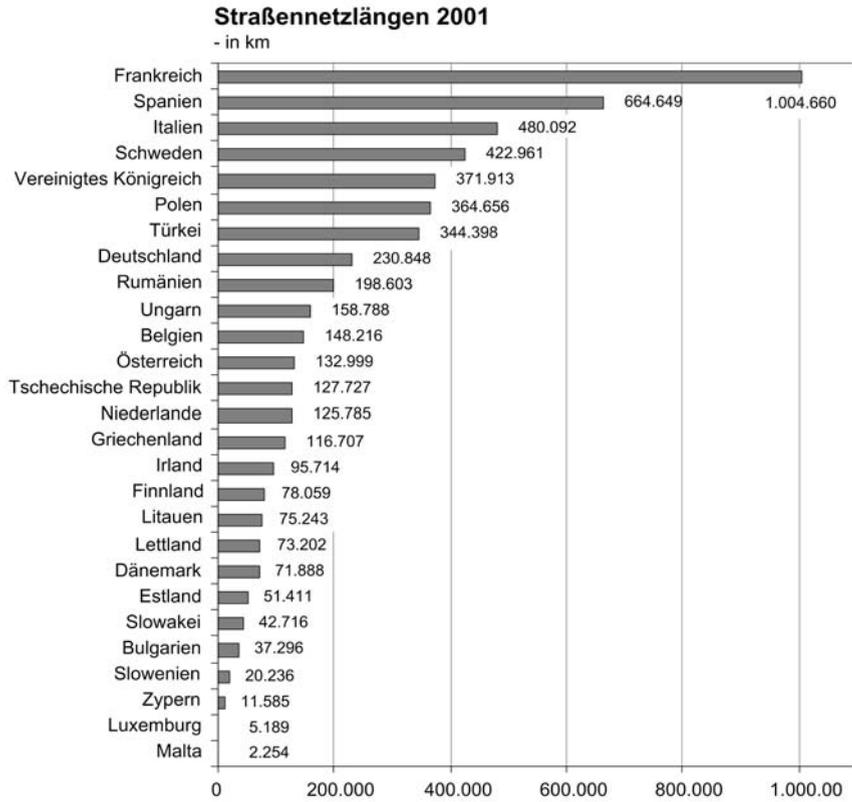
<sup>13</sup> Modal Split: Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsträger (Modi).

<sup>14</sup> MIV: motorisierter Individualverkehr; Kraftfahrzeuge zur individuellen Nutzung.

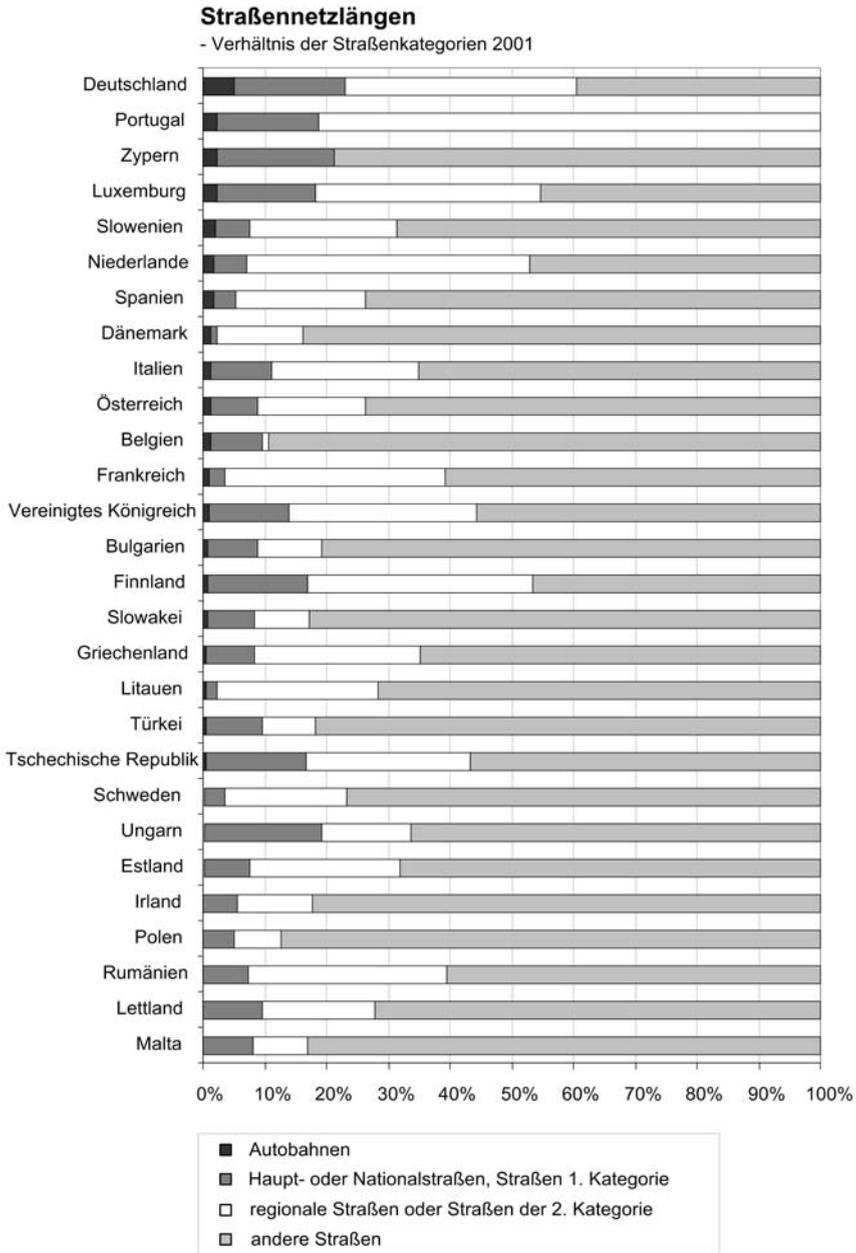
de wirtschaftlich höher entwickelte Länder steigende MIV-Anteile zu verzeichnen, da sich dort immer mehr Menschen einen Pkw leisten können und ihn alltäglich nutzen. In nahezu allen wirtschaftlich hoch entwickelten Ländern hat der MIV eine überragende Bedeutung bei der Bewältigung von Personentransporten (s. auch Abb. 1.20, USA mit 89,4 % Straßenverkehrsanteil).

In der folgenden statistischen Analyse wurden Maßzahlen erarbeitet, die einen Vergleich des Straßenverkehrsgeschehens in den einzelnen Ländern der EU-25 erlauben. Die Straßennetzlänge, die Einwohnerzahl und der Pkw-Bestand eines Landes stellen wichtige Bezugsgrößen dar, um absolute unfallstatistische Kennzahlen in vergleichbare Maßzahlen zu wandeln. Im Anschluss soll die Relevanz des Fußgängerunfalls anhand einiger ausgewählter Maßzahlen diskutiert werden.

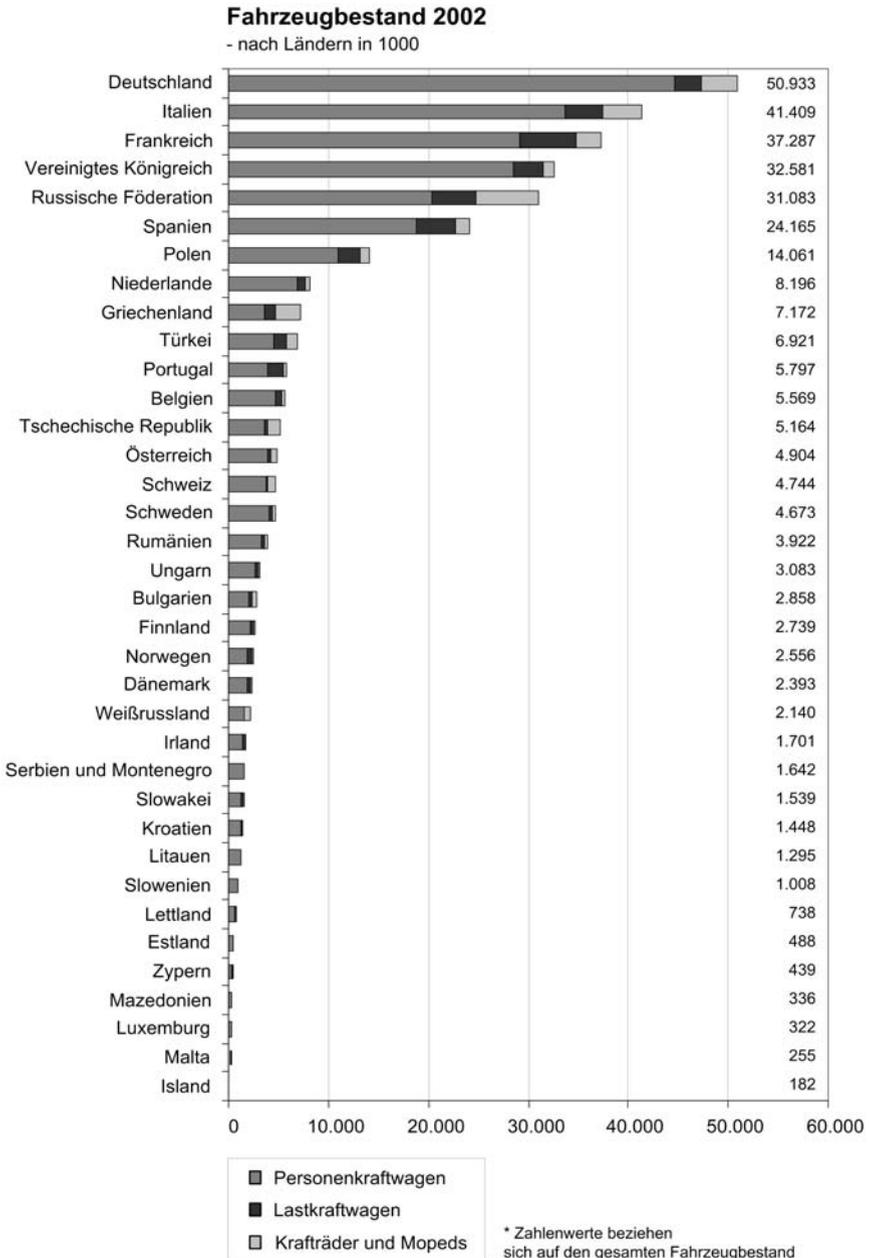
Die Länge des Straßennetzes der einzelnen Länder ist in erster Näherung proportional zur flächenmäßigen Ausdehnung (s. Abb. 1.6). Wie auch in der europäischen Unfallerfassung gibt es Unterschiede in der Erfassung der Straßennetze in den einzelnen Ländern. Frankreich und Spanien weisen als flächenmäßig vergleichsweise große europäische Länder laut Statistik mit Abstand das größte Straßennetz auf. Das deutsche Straßennetz besitzt den größten Anteil an Autobahnen, einer Straßenart, die Pkw- und Lkw-Verkehr sehr effizient und sicher abwickelt und definitionsgemäß durch u.a. die Sperrung für Fußgänger und Radfahrer die Wahrscheinlichkeit für Fußgängerunfälle minimiert (s. Abb. 1.7). Die bauliche Trennung oder die geschickte Routenführung einzelner Nutzergruppen auf höherrangigen Straßen ist für die allgemeine Verkehrssicherheit sehr dienlich. Durch die Einführung von Ortsumgehungsstraßen kann so z. B. das innerstädtische Verkehrsaufkommen reduziert werden.



**Abb. 1.6** Länge des Straßennetzes in ausgewählten Ländern Europas.

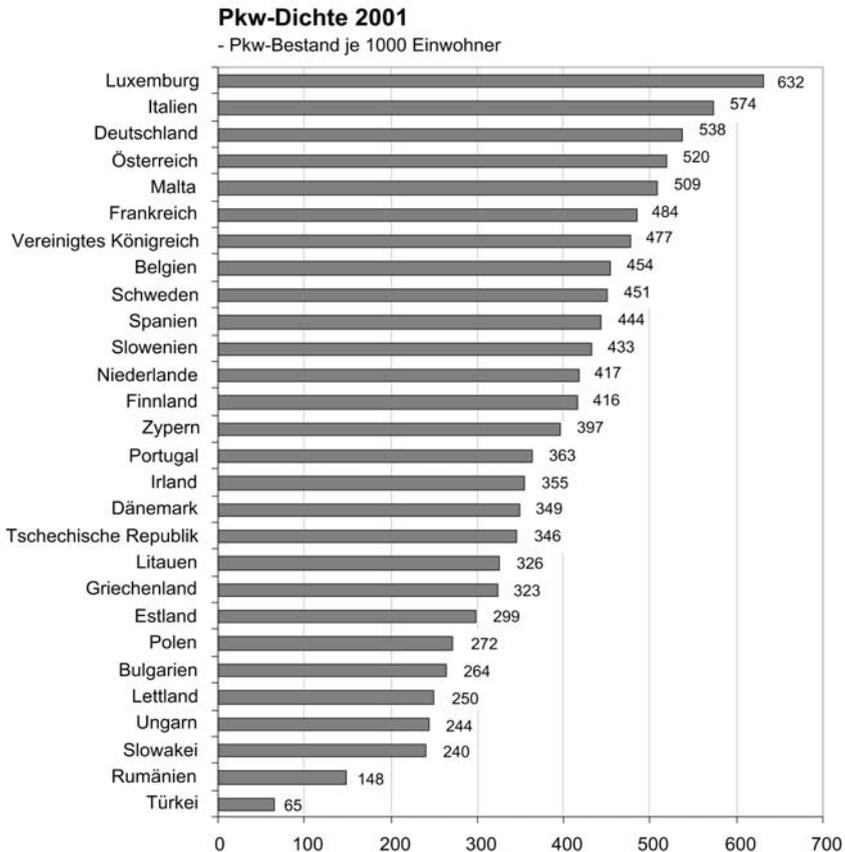


**Abb. 1.7** Anteil der einzelnen Straßenklassen am Gesamtstraßennetz in ausgewählten Ländern Europas (Zahlenwerte s. Tabelle A.4).

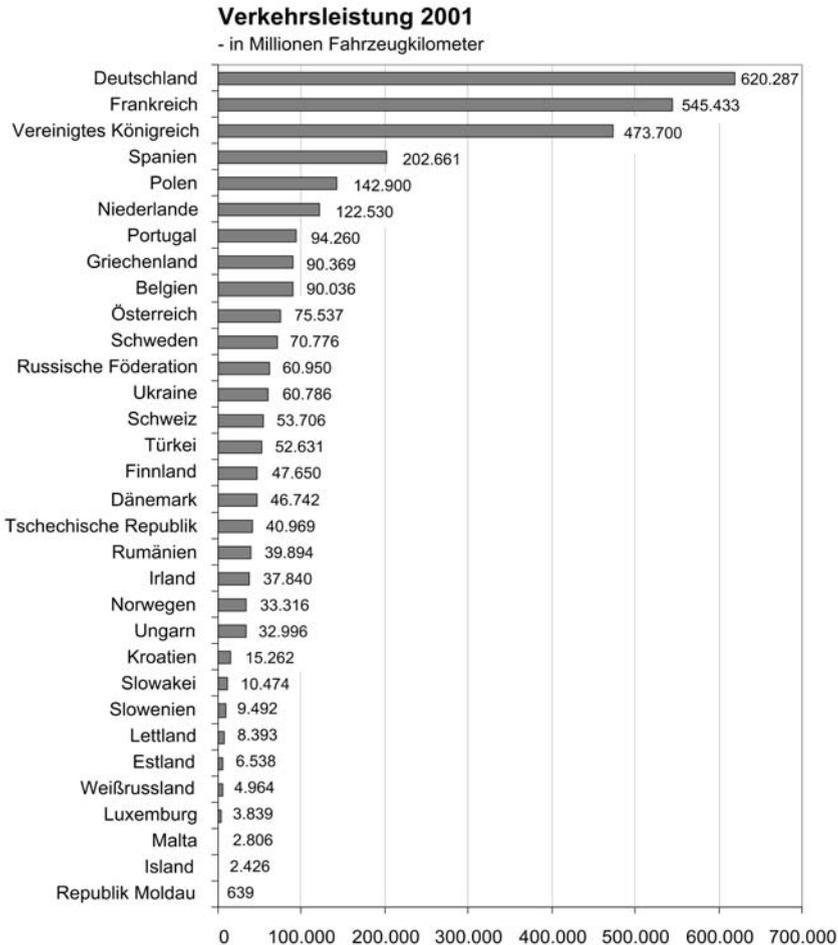


**Abb. 1.8** Der Fahrzeugbestand in den Ländern Europas unterteilt nach Fahrzeugart (in Tausend), (Zahlenwerte s. Tabelle A.5).

Betrachtet man den Fahrzeugbestand in den einzelnen Ländern, so führt nach absoluten Zahlen Deutschland (50,9 Mio. Pkw) vor Italien (41,4 Mio. Pkw) und Frankreich (38,3 Mio. Pkw) (s. Abb. 1.8). Bezogen auf die Einwohnerzahl führt jedoch Luxemburg vor Italien und Deutschland (s. Abb. 1.9). In allen drei Ländern besitzt mehr als jeder zweite Einwohner ein Pkw. In den Staaten des ehemaligen Ostblocks besitzt ca. jeder dritte bis vierte Einwohner einen Pkw. Langfristig wird voraussichtlich auch in diesen Ländern ein westeuropäisches Niveau erreicht werden.



**Abb. 1.9** Pkw-Dichte in ausgewählten Ländern Europas für das Jahr 2001.



**Abb. 1.10** Verkehrsleistung des MIV (nur Pkw) in ausgewählten Ländern Europas für das Jahr 2001.

Deutschland und die folgenden größeren westeuropäischen Länder können im europäischen Vergleich ihre führende Stellung im Fahrzeugbestand auch in der Verkehrsleistung behaupten (s. Abb. 1.10).

Insgesamt kann in den folgenden Diagrammen gezeigt werden, dass die Zahl der getöteten oder verletzten Verkehrsteilnehmer nicht zwingend proportional zur Fahrzeugdichte oder Verkehrsleistung ist. Bezieht man die Zahl der getöteten oder verletzten Fußgänger auf die Einwohnerzahl oder auf den Pkw-Bestand des jeweiligen Landes, so ergeben sich Maßzahlen, die näherungsweise als Unfallrisiko interpretiert werden können.

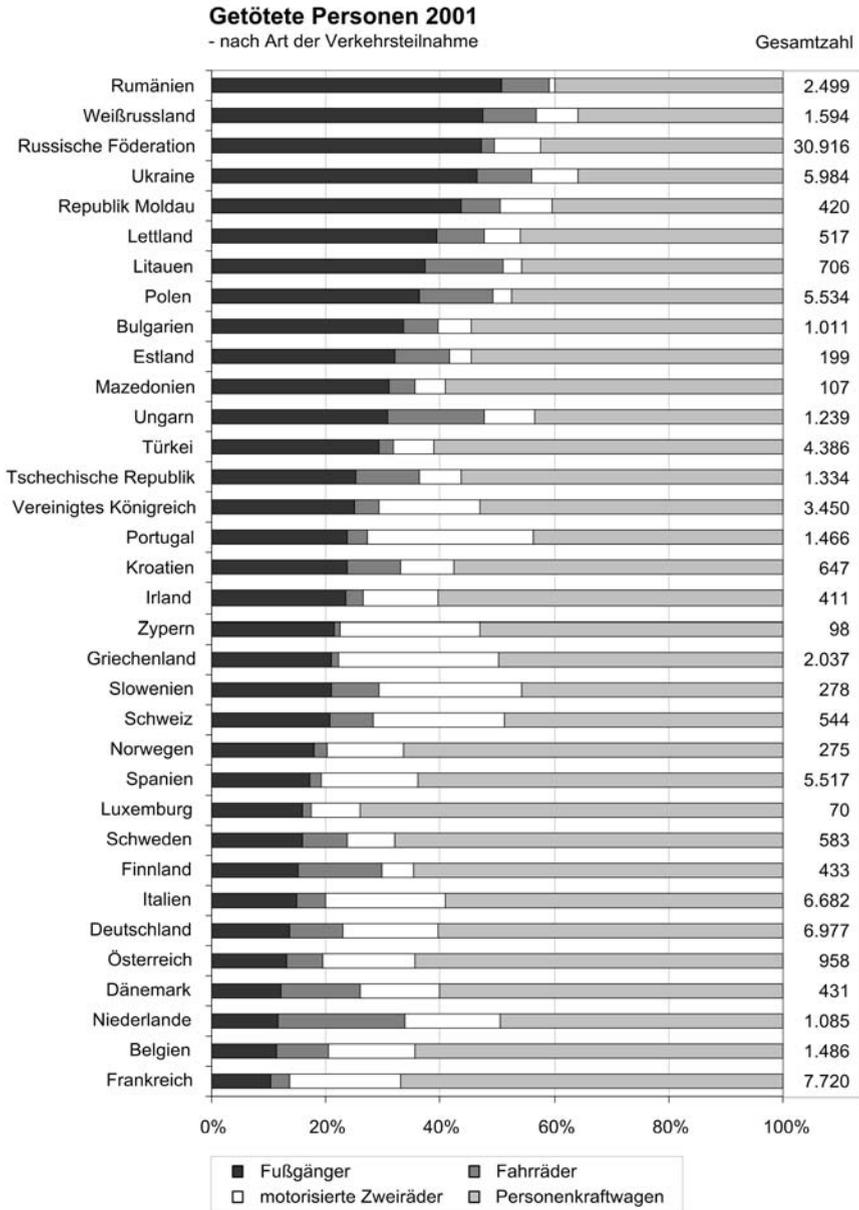
Insbesondere in den ehemaligen Ostblockstaaten ist trotz geringerem Pkw-Bestand und Verkehrsaufkommen das Risiko, einen Unfall mit tödlichem Ausgang zu erleiden, stark erhöht. Ein derart erhöhtes Unfallrisiko lässt sich gerade beim Fußgängerunfall nicht allein durch fahrzeugseitige Effekte erklären. Es lässt u.a. darauf schließen, dass in den westlichen Ländern unfallvermeidende Maßnahmen wie Verkehrserziehung und Infrastruktur erfolgreich umgesetzt werden konnten und ein entsprechend effizientes Rettungswesen die Unfallfolgen weiter reduzieren kann. Zusätzlich wirkt sich der modernere Fuhrpark in den westlichen Ländern positiv aus. Diese Erfahrungen gilt es auch in Ländern mit entsprechenden Defiziten in der Verkehrssicherheit umzusetzen.

Die Staaten in den Abb. 1.11 und 1.12 sind entsprechend des Anteils getöteter bzw. verletzter Fußgänger geordnet. Sie zeigen den prozentualen Anteil der getöteten bzw. verletzten Verkehrsteilnehmer nach Art der Verkehrsbeteiligung. Generell muss in diesem Kontext auf die innerhalb Europas sehr unterschiedlichen Definitionen von Getöteten und Verletzten hingewiesen werden. Dadurch sind im Einzelfall Verzerrungen möglich.

In Westeuropa werden die Insassen von Personenkraftwagen bei Verkehrsunfällen am häufigsten verletzt. Betrachtet man zusätzlich die Getöteten, so verschiebt sich das Verhältnis zu Ungunsten der Fußgänger. Sie sind ungeschützt und die Folgen von Unfällen wirken sich direkt in schwereren Verletzungen aus. Der hohe Anteil an motorisierten Zweirädern im Fahrzeugbestand z. B. von Griechenland wirkt sich auch auf die Zahlen der Verletzten und Getöteten Zweiradfahrer aus. Griechenland ist eines der wenigen Länder mit einem höheren Anteil an getöteten Zweiradfahrern als an getöteten Fußgängern in der Statistik. In der Verletztenstatistik verschiebt sich das Verhältnis noch weiter in Richtung der motorisierten Zweiradfahrer. Es verletzen sich dort mehr als dreimal so viele motorisierte Zweiradfahrer wie Fußgänger. Damit werden in Griechenland fast genauso viele Fahrer motorisierter Zweiräder verletzt wie Pkw-Insassen.

Der Anteil der verunglückten Fahrradfahrer ist in vielen Ländern verglichen mit anderen Arten der Verkehrsteilnahme am geringsten. Die Niederlande haben – unter den europäischen Ländern – den größten Anteil sowohl bei den getöteten als auch den verletzten Fahrradfahrern. Als eines von wenigen Ländern übersteigen diese Zahlen die Werte für die Fußgänger.

In allen Ländern Osteuropas kommt dem Fußgängerunfall sowohl bei den verletzten als auch bei den getöteten Straßenverkehrsteilnehmern eine überragende Bedeutung zu. Dieser Trend besteht auch bei Bezug der Getöteten- und Verletztenzahlen auf den Fahrzeugbestand, die Einwohnerzahl und die Verkehrsleistung.



**Abb. 1.11** Getötete Personen im Straßenverkehr in ausgewählten Ländern Europas unterteilt nach Art der Verkehrsteilnahme für das Jahr 2001. Die Zahl neben dem Diagramm gibt die Zahl aller im Straßenverkehr getöteten Personen an (Zahlenwerte s. Tabelle A.6).