

# **Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 224**

The logo for the Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) is displayed in a stylized, lowercase, green font with a white outline. The letters are bold and rounded, with the 'a' and 's' having a slightly irregular, hand-drawn appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

# Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020

von

Reinhold Maier

Professur Straßenverkehrstechnik (QSV)

Gerd-Axel Ahrens

Professur Verkehrs- und Infrastrukturplanung (VIP)

Allan P. Aurich  
Christian Bartz  
Christian Schiller  
Christian Winkler  
Rico Wittwer

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“  
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 224**

**bast**

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

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

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

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

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

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.301/2006:**  
Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020

**Projektbetreuung**  
Susanne Schönebeck

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

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

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

ISSN 0943-9315  
ISBN 978-3-86918-232-2

Bergisch Gladbach, März 2012

Print  kompensiert  
Id-Nr. 1216932  
[www.bvdm-online.de](http://www.bvdm-online.de)

## Kurzfassung – Abstract

### **Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020**

Ziel des Forschungsprojektes war die quantitative Vorausschätzung des Straßenverkehrsunfallgeschehens der Jahre 2015 und 2020 in Deutschland mit Hilfe eines eigens entwickelten Prognoseverfahrens. Das Verfahren sollte eine größtmögliche Differenzierung des zukünftigen Unfallgeschehens nach Schweregrad, Art der Verkehrsbeteiligung und Alter der Verkehrsteilnehmer erlauben. Das Modell sollte grundsätzlich in der Lage sein, Ursache-Wirkungszusammenhänge differenzierter als in herkömmlichen Ansätzen der Zeitreihenanalyse und deren Trendfortschreibung abzubilden. Den Prognosehorizont bilden die Jahre 2015 und 2020.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts erfolgte für Deutschland erstmals eine Prognose der Unfall- und Verunglücktenzahlen über eine Risikoanalyse maßgebender Unfallkonstellationen. Dabei wurde sowohl nach Ortslagen, Unfallbeteiligten und Alter der Verkehrsteilnehmer unterschieden. Mit Hilfe des vorgestellten Prognosemodells lässt sich der künftige Grad der Straßenverkehrssicherheit differenziert beurteilen. Auswirkungen der sich ändernden Rahmenbedingungen auf das Unfallgeschehen werden sowohl auf der Ebene der Unfallentstehung als auch auf der Ebene der Unfallschwere berücksichtigt. Dabei kann insbesondere der Einfluss aus Demografie und sich verändernden Zugangsvoraussetzungen zu Verkehrsmitteln auf das Unfallgeschehen abgebildet werden. Der vorgestellte erste Entwicklungsstand des Modells bietet daher bereits sehr gute Möglichkeiten, Wirkungsanalysen bei veränderten Einflussgrößen durchzuführen.

Das Unfallprognosemodell wurde modular aufgebaut. Dadurch konnte eine logische und hierarchische Modellstruktur realisiert werden. In der Folge werden die einzelnen Module im Gesamtmodell sequenziell durchlaufen, sind in sich geschlossen und folgen eigenen Berechnungsvorschriften.

Eine Umsetzung des Modells erfolgte auf Basis verknüpfter Excel-Dateien mit Hilfe von VBA-Makros. Hierbei wurde auf eine stark getrennte Struktur der einzelnen Berechnungsschritte Wert gelegt, um die einzelnen Dateien übersichtlich und nachvollzieh-

bar zu gestalten. Gleichzeitig erfüllt das Modell die Forderung einer größtmöglichen Variabilität. So können sowohl geänderte Eingangsdaten zugrunde gelegt werden als auch die Auswahl der differenzierten Trendberechnung beliebig getroffen werden.

Im Ergebnis ist auf Basis der getroffenen Annahmen, der historischen Entwicklung und der konstellationfeinen Fortschreibung der Risikofaktoren ein deutlicher Rückgang der Unfall- und Verunglücktenzahlen in Deutschland für den Prognosezeitraum gegenüber 2006 zu erwarten. Bei den Unfällen mit Personenschaden ist bis 2020 mit einer Abnahme um nahezu 30 % zu rechnen, bei den Verunglückten kann von einer Reduzierung um 13 % ausgegangen werden. Die Zahl getöteter Personen sinkt dabei voraussichtlich von ca. 5.100 Personen (2006) auf 2.700 Personen (2020). In Bezug auf die Schwerverletzten ist im gleichen Zeitraum mit einem Rückgang um ca. 33.000 Personen zu rechnen (2006: 74.500 Personen). Ebenso sinkt gegenüber dem Analysejahr 2006 die Anzahl Leichtverletzter um etwa 6 % auf etwa 326.000 Personen.

Die Rückgänge der Verunglücktenzahlen liegen zwischen 2006 und 2015 sowie zwischen 2015 und 2020 zahlenmäßig auf einem vergleichbaren Niveau (55.000 bzw. 58.000 V). Somit wird etwa die Hälfte der Gesamtrückgänge im Prognosezeitraum allein in den letzten fünf Jahren der insgesamt fünfzehnjährigen Zeitspanne erreicht.

In der vorliegenden Veröffentlichung wird mehrfach auf den ausführlichen methodischen Schlussbericht der Projektgruppe Bezug genommen. Er liegt bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und ist dort einsehbar.

### **The development of traffic safety and its general conditions up to the year 2015/2020**

The objective of this research project was to predict the number of accidents and casualties in Germany in the years 2015 and 2020. Therefore a new model had to be developed, allowing a differentiation of the accidents and casualties in terms of traffic

mode, age and severity. The model should be able to predict future traffic safety according to cause-effect relationships and, thereby, be more flexible than conventional models, solely based on the extrapolation of the number of accidents and casualties.

For the first time a forecast of future traffic safety has been made, based on the prediction of accident risks of relevant accident constellations. These were determined separately for motorways, rural and urban roads. Furthermore, the risks of accidents and injuries were subdivided for each mode of traffic and age of road user. Changes in the general conditions of traffic safety are considered with regard to/in terms of the occurrence as well as the severity of accidents. This leads to the possibility of quantifying the impact of demographic shifts and changes in the accessibility of traffic modes. At the present stage of development the model allows an estimation of the effects of several determining factors on traffic safety.

For the sake of logical and hierarchical structure, the prediction model is designed in modules. The individual modules are run through sequentially. Each of them is self-contained and follows separate calculation rules.

The theoretical model was translated into a tool consisting of linked Excel-files. Specific procedures were realised as VBA-based macros. It was ensured that the single steps of the calculation are separated clearly and allow maximal variability. This includes the possibility of changing the input data as well as choosing the type of trends.

The forecast, based on the model developed and a prognosis of future traffic conditions in Germany, shows a considerable decrease in accidents and casualties in Germany compared to 2006. The reduction of accidents with injuries amounts to 30% in 2020, the decline in casualties as such lies at about 13%. The fatalities decrease from 5,100 (2006) to 2,700 (2020). In the same period the decrease of severely injured people per year amounts to 33,000 (2006: 74,500). The annual number of slight injuries decreases by 6% and leads to an estimated number of 326,000 people in the year 2020.

The decrease of total numbers of casualties between 2015 and 2020 is similar to the decline estimated for the period from 2006 to 2015 (58,000 compared to 55,000 casualties). Hence about half

of the total decrease of casualties between 2006 and 2020 is allotted to the last five years of the overall period of 15 years.

In the present publication reference is repeatedly made to the detailed methodological final report of the project group. This is available at the Federal Highway Research Institute and can be viewed there.

## Inhalt

|          |   |    |          |   |    |
|----------|---|----|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b> .....   | 7  | <b>4</b> | <b>Entwicklung des Unfallgeschehens in Deutschland</b> .....                            | 32 |
| 1.1      | Ausgangssituation und Problemstellung .....                                   | 7  | 4.1      | Entwicklung der Unfall- und Verunglücktenzahlen .....                                   | 32 |
| 1.2      | Zielstellung .....  | 8  | 4.2      | Unfallentwicklung differenziert nach Ortslagen .....                                    | 34 |
| 1.3      | Untersuchungsansatz .....   | 8  | 4.3      | Verteilung des Unfallgeschehens über die Unfallkonstellationen .....                    | 36 |
| 1.3.1    | Der Modellgedanke „Risikoanalyse“ .....                                       | 8  | 4.4      | Analyse eines möglichen Trendbruchs in den Unfall- und Verunglücktenentwicklungen ..... | 38 |
| 1.3.2    | Disaggregierungsmerkmale .....  | 12 |          |   |    |
| 1.3.3    | Bildung der Unfallkonstellationen .....                                       | 13 |          |   |    |
| 1.3.4    | Modellstruktur .....  | 13 |          |   |    |
| <b>2</b> | <b>Vorhandene Datengrundlagen</b> .....                                       | 18 | <b>5</b> | <b>Modellentwicklung</b> .....  | 39 |
| 2.1      | Unfalldaten .....   | 18 | 5.1      | Grundlagenberechnung zur Fahrleistung (Modul 1) .....                                   | 39 |
| 2.2      | Fahrzeugbestandsstatistik .....   | 18 | 5.1.1    | Berechnungsansatz .....   | 39 |
| 2.3      | Fahrerlaubnisbesitz .....   | 18 | 5.1.2    | Personenkraftwagen .....  | 42 |
| 2.4      | Fahrleistungsdaten bis zum Status quo .....                                   | 18 | 5.1.3    | Krad .....  | 45 |
| 2.5      | Fahrleistungsprognosen .....  | 23 | 5.1.4    | Moped/Mofa .....  | 46 |
|          |   |    | 5.1.5    | Rad .....   | 46 |
|          |   |    | 5.1.6    | Fuß .....   | 49 |
| <b>3</b> | <b>Quantifizierbare Rahmenbedingungen der Verkehrssicherheit</b> .....        | 24 | 5.2      | Abschätzung der künftigen Fahrleistung (Modul 2) .....                                  | 49 |
| 3.1      | Demografische Entwicklung .....   | 24 | 5.2.1    | Vorbemerkung .....  | 49 |
| 3.2      | Entwicklung des Fahrerlaubnisbesitzes .....                                   | 25 | 5.2.2    | Prognose der Fahrleistung nach Ortslage .....   | 50 |
| 3.3      | Entwicklung des Fahrzeugbestandes .....                                       | 27 | 5.2.3    | Prognose der anteiligen Fahrleistung nach Altersgruppen .....                           | 53 |
| 3.4      | Zusammenhang zwischen Fahrzeugbestand und Fahrerlaubnisbesitz .....           | 28 | 5.3      | Beschreibung des Moduls „Matrixverfahren“ (Modul 3) .....                               | 55 |
| 3.5      | Entwicklung der Fahrleistungen .....  | 28 | 5.4      | Berechnung der Unfälle (Modul 4) .....  | 56 |
| 3.5.1    | Vergangenheitsentwicklung differenziert nach Fahrzeugarten und Ortslage ..... | 28 | 5.4.1    | Konstellationenbildung .....  | 56 |
| 3.5.2    | Eckdaten zur Prognose der Fahrleistungen .....                                | 32 | 5.4.2    | Berechnung des Unfallrisikos .....  | 57 |
|          |   |    | 5.4.3    | Berechnung des Unfallanzahl .....   | 58 |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.5      | Berechnung der Anzahl<br>Verunglückter (Modul 5) .....               | 59        |
| 5.6      | Berechnung der Verunglückten-<br>struktur nach Alter (Modul 6) ..... | 62        |
| 5.7      | Zusammenführung der Ergebnisse<br>(Modul 7) .....                    | 66        |
| <b>6</b> | <b>Modellergebnisse</b> .....  | <b>67</b> |
| 6.1      | Unfallzahlen der Jahre 2015<br>und 2020 .....                        | 67        |
| 6.2      | Verunglücktenzahlen .....  | 68        |
| 6.2.1    | Verunglückte nach Ortslagen .....                                    | 69        |
| 6.2.2    | Verunglückte nach Verkehrs-<br>beteiligung .....                     | 71        |
| 6.2.3    | Verunglückte nach Alter .....  | 74        |
| 6.3      | Variantenvergleich .....   | 77        |
| 6.3.1    | Vorgehen .....   | 77        |
| 6.3.2    | Unfallzahlen .....   | 77        |
| 6.3.3    | Verunglücktenzahlen .....  | 77        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und<br/>Ausblick</b> .....                        | <b>78</b> |
| 7.1      | Resümee .....  | 78        |
| 7.2      | Weiterer Forschungsbedarf .....                                      | 79        |
|          | <b>Quellen und Literatur</b> .....                                   | <b>81</b> |

# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Entwicklung der Verunglückten- und Unfallzahlen im Straßenverkehr in Deutschland verlief in den letzten Jahren, trotz erhöhter Fahrleistungen, degressiv. Anzahl und Folgeschwere geschehener Unfälle zwingen dennoch nach wie vor dazu, sowohl der Verhütung von Verkehrsunfällen als auch der Minderung von Unfallfolgen in verstärktem Maße Aufmerksamkeit zu widmen. Somit ist der Erforschung der Gesetzmäßigkeiten des Unfallgeschehens, insbesondere der Ursache-Wirkungs-Mechanismen der Unfallentstehung, sowohl im mikroskopischen als auch im makroskopischen Sinne außerordentlich hohe Bedeutung beizumessen. In der praktischen Verkehrssicherheitsarbeit wurden in den vergangenen Jahrzehnten beträchtliche Fortschritte erzielt. Hinzu kamen erfolgreiche wissenschaftliche Untersuchungen, die sowohl die Einflüsse einzelner Elemente der Fahrbahn-, Fahrzeug-, Verkehrs-, Umwelt- und Umweltbedingungen auf Fahrverhalten und Unfallgeschehen zum Gegenstand hatten als auch die interdependenten Wirkungen mehrerer Einflussgrößen erforschten.

Der Straßenverkehr wird durch die Merkmale Individualität, Kollektivität und Komplexität bestimmt. Das heißt, die Individualität lässt dem Verkehrsteilnehmer eigene Entscheidungsspielräume. Die Kollektivität schränkt hingegen diese individuellen Spielräume ein, weil eine gegenseitige Abhängigkeit und Notwendigkeit der Rücksichtnahme bestehen. Die Komplexität des Straßenverkehrs ist dadurch gekennzeichnet, dass das Verhalten der Verkehrsteilnehmer durch eine Vielzahl von Einflussgrößen der Bereiche Mensch, Fahrzeug, Fahrbahn, Verkehr sowie Umwelt und Umfeld bestimmt wird, die im Zusammenspiel wirken und zum Teil in enger Wechselwirkung zueinander stehen.

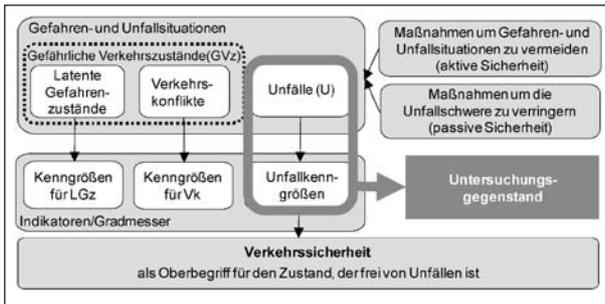
Hinzu kommt, dass die verschiedensten Entwicklungen gesellschaftlicher, wirtschaftlicher sowie ordnungsrechtlicher und verkehrspolitischer Rahmenbedingungen ebenfalls einen Einfluss auf den Straßenverkehr und damit auch auf das Verkehrsunfallgeschehen ausüben, deren Auswirkungen im Einzelnen und im komplexen Zusammenspiel analysiert und prognostiziert werden müssten.

Zu den Rahmenbedingungen gehören u. a.:

- demografische Entwicklung (Bevölkerung, Altersstruktur),
- gesamtwirtschaftliche Entwicklung,
- Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur,
- Entwicklung der Verkehrsmittelbenutzungskosten,
- Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrzeugtechnik,
- Entwicklung des Ordnungs-, Preis- und infrastrukturpolitischen Rahmens.

Die oben benannten Sachverhalte lassen deutlich werden, dass Unfallanalysen, d. h. die Beschreibung des Unfallgeschehens, einschließlich der Aufdeckung von Ursache-Wirkungs-Mechanismen, außerordentlich komplex sind. Das gesellschaftliche Interesse besteht allerdings nicht nur darin, allein Gesetzmäßigkeiten des Unfallgeschehens zu untersuchen. Auch die daraus abgeleitete Vorhersage des künftigen Unfallgeschehens unter bestimmten Randbedingungen ist von großer Bedeutung, weil die Kenntnis über Trends der Unfallentwicklung eine wesentliche Voraussetzung für deren positive Beeinflussung durch Maßnahmen der Verkehrssicherheitsarbeit darstellt.

Während für einen Zeitraum von bis zu fünf Jahren Vorhersagen von Unfallentwicklungen, zumindest unter annähernd gleich bleibenden Rahmenbedingungen, mit Hilfe von hoch aggregierten Trendextrapolationen möglich erscheinen, sind Prognosen für Zeiträume von zehn bis 20 Jahren angesichts der Schwankungen und der wechselseitigen Abhängigkeiten vieler Einflussgrößen mit Unsicherheiten behaftet. Aufgrund der Tatsache, dass sich künftiges Unfallgeschehen, i. d. R. repräsentiert durch Indikatoren wie absolute und relative Unfallanzahl, Anzahl der Todesopfer, Anzahl der Schwer- und Leichtverletzten sowie Sachschäden, durch Trendprognosen nur bedingt widerspiegeln lässt, erscheint die Entwicklung eines Prognosemodells, welches eine Vielzahl sich verändernder und in gegenseitiger Abhängigkeit stehender sicherheitsrelevanter Einflussgrößen berücksichtigt, zielführender. Eine Prognose der Auswirkungen oben genannter Einflussgrößen auf das Unfallgeschehen, die das Auftreten von Unfallereignissen sowohl unmittelbar als auch mittelbar bestimmen und die zudem in komplexer Wechselwirkung in Erscheinung treten, setzt voraus, dass eine oder mehrere Bezugsgrößen



**Bild 1:** Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

ßen definiert werden, die einerseits die komplexe Wirkung aller sicherheitsrelevanten Einflussgrößen repräsentieren und andererseits mit dem Unfallgeschehen im unmittelbaren Zusammenhang stehen.

Eine wesentliche Kenngröße, die auf das Unfallgeschehen einen erheblichen Einfluss ausübt, ist die Verkehrsgeschwindigkeit. Vergleichsweise geringere Verkehrsgeschwindigkeiten setzen nicht nur das Todesrisiko und die Verletzungsschwere herab, sondern bieten den Fahrzeugführern darüber hinaus in der Phase der Unfallentstehung mehr Zeit zur Abwendung einer akuten Unfallgefahr. Als so genannte „Beinahe-Unfälle“ (latente Gefahrensituationen und Verkehrskonflikte) bleiben diese gefährlichen Verkehrszustände folgenlos.

In der vorliegenden Untersuchung stehen ausschließlich tatsächliche Unfallereignisse im Mittelpunkt der Betrachtung. Unfallereignisse und deren Folgen lassen sich mit Hilfe von Unfallkenngrößen quantitativ sehr gut beschreiben und erlauben die Darstellung der Entwicklung der Verkehrssicherheit in Abhängigkeit sicherheitsrelevanter Einflussgrößen. Der Untersuchungsgegenstand ist in Bild 1 abgegrenzt.

## 1.2 Zielstellung

Das Ziel besteht darin, mit Hilfe eines zu entwickelnden Prognoseverfahrens das zukünftige Unfallgeschehen im Straßenverkehr quantitativ vorzuschätzen. Dabei wird die Prognose folgender Kenngrößen erwartet:

- Anzahl der Unfälle mit Personenschaden (U(P)),
- Anzahl Verunglückter, differenziert nach Schweregrad (V(SG)), d. h. Getötete, Schwerverletzte und Leichtverletzte (V(GT), V(SV), V(LV)).

Es wird dazu, die Zuordnung aller Unfälle und Verunglückten zu den jeweiligen Verkehrsbeteiligungs-

arten hergestellt und weiterhin eine Differenzierung der Verunglückten nach deren Alter vorgenommen. Darüber hinaus soll eine Prognose der Unfälle mit Sachschaden mit Hilfe eines vereinfachten Ansatzes erfolgen. Hierzu wird lediglich die Gesamtzahl der Unfälle für die Prognosejahre 2015 und 2020 abgeschätzt. Im Ergebnis der Untersuchung ist ein geschlossenes Modell zur Prognose des Unfallgeschehens vorzulegen, welches eine flexible Handhabung erlaubt. So soll es beispielsweise möglich sein, anhand der Veränderung bestimmter Eingangsgrößen die Auswirkung verschiedener Entwicklungen abzuschätzen.

Für den Fall, dass sich nach Fertigstellung des Modells empirisch ermittelte Eingangsgrößen verändern bzw. sich neue Erkenntnisse zur Qualitätsverbesserung der zunächst vorgenommen Schätzungen ergeben, soll das Modell so flexibel sein, dass veränderte Parameter nachträglich problemlos implementiert werden können.

## 1.3 Untersuchungsansatz

### 1.3.1 Der Modellgedanke „Risikoanalyse“

Im Folgenden wird der Untersuchungsansatz beschrieben. Der Ansatz besteht darin, die Prognose des Unfallgeschehens auf der Grundlage einer Risikoanalyse vorzunehmen. Hierzu wird ein Gedanke aus der aktuellen Forschung herangezogen, der von STIPDONK zuerst vorgestellt und in zwei Veröffentlichungen<sup>1</sup> zum Thema der Analyse des Unfallgeschehens beschrieben wurde.

Mit Hilfe einer Risikoanalyse wird das Ziel verfolgt, eine Aussage über Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß bestimmter Ereignisse zu treffen. Bei Betrachtung des Unfallgeschehens als Untersuchungsgegenstand erfolgt eine Bestimmung von Risikokennziffern für den Unfalleintritt und die Unfallschwere.

Häufig werden das Unfall- sowie das Verunglückungsrisiko einschließlich ihres zeitlichen Verlaufes auf der Basis der Pkw-Fahrleistungen oder des Pkw-Fahrzeugbestandes ermittelt. STIPDONK/BERENDS stellen dazu fest, dass dieser Ansatz für die Formulierung fundierter Aussagen zum Unfallgeschehen oftmals nicht hinreichend ist. Diese Ansicht begründen sie anhand einer Zeitreihenana-

<sup>1</sup> SWOV (2006) sowie STIPDONK/BERENDS (2008)

lyse der niederländischen Unfall- und Getötetenzahlen im Zeitraum von 1950 bis 2000. So eignet sich der beschriebene Ansatz schon deshalb kaum zur Abschätzung der Unfallzahlen, weil etwa ein Drittel der Todesfälle bei Unfallereignissen ohne Pkw-Beteiligung zu verzeichnen ist. Zudem finden sich Entwicklungen in den Zeitreihen, die sich nicht allein mit Veränderungen der Pkw-Fahrleistungen erklären lassen.

STIPDONK/BERENDS gehen daher bereits über den oben genannten Ansatz hinaus, indem sie in einem ersten Schritt eine Aufteilung des Unfallgeschehens nach verschiedenen Modi (Verkehrsbeteiligungsarten) vornehmen. Zur Berechnung des Unfall- sowie Getötetenrisikos der Verkehrsteilnehmer verwenden sie die entsprechenden „beteiligungsfeinen“ Fahrleistungen als Expositionsgröße. Beteiligungsfein bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Fahrleistung der jeweiligen Verkehrsteilnehmergruppen als Bezugsgröße direkt Verwendung findet.

In einem zweiten Schritt formulieren sie den Gedanken, dass das Auftreten eines Unfalls nicht nur von der Fahrleistung der einen Beteiligungsart bestimmt wird, sondern auch vom Auftreten des Unfallgegners bzw. der „Intensität“ (Fahrleistung \* Streckenlänge). In der Folge bilden Sie Unfallkonstellationen (z. B. „Pkw-Motorrad“) und analysieren die entsprechenden Verläufe der Unfall- und Getötetenzahlen. Da die Streckenlänge in einer derart großräumigen Betrachtung nicht zuverlässig ermittelbar ist, verwenden sie die reine Fahrleistung. Sie kommen über die Analyse der einzelnen Konstellationen unter anderem zu dem Schluss, dass sich unterschiedliche Getötetenrisiken pro Unfall ergeben. Um das Unfallgeschehen somit zutreffend beschreiben zu können, sollten Unfallkonstellationen verwendet werden. In einem weiteren Analyseschritt erfolgt eine altersfeine Differenzierung des Unfallgeschehens.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wird dieser Ansatz einer differenzierten Analyse des Unfallgeschehens aufgegriffen und – entsprechend der Datenlage – für eine Prognose aufbereitet. Die für die Verkehrssicherheit relevanten Einflussgrößen können – hinsichtlich ihrer Wirksamkeit – in unmittelbar und mittelbar wirkende Größen unterteilt werden. Unmittelbare Einflüsse wirken sich direkt auf das Unfallgeschehen aus. So führt zum Beispiel eine Zunahme des Umfangs der Verkehrsbeteiligung zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, dass zwei

Verkehrsteilnehmer im Verkehrsnetz miteinander in eine Unfallsituation geraten.<sup>2</sup> Demgegenüber existieren auch mittelbar wirkende Größen, die ihrerseits einen Einfluss auf die unmittelbar auf das Unfallgeschehen wirkenden Größen ausüben. So wirken beispielsweise demografische Veränderungen direkt auf die Art und den Umfang der Verkehrsbeteiligung und beeinflussen damit das Unfallgeschehen nur mittelbar. Eine Übersicht zentraler mittelbar und unmittelbar wirkender Einflussgrößen gibt Bild 2.<sup>3</sup>

Zunächst ist für das zu entwickelnde Unfallprognosemodell eine geeignete Expositionsgröße zur Berechnung des Unfallrisikos zu finden, die den Einfluss möglichst vieler mittelbar wirkender Größen repräsentiert und im unmittelbaren Zusammenhang zum Unfallgeschehen steht. Darüber hinaus müssen weitere Bezugsgrößen herangezogen werden, um das Verunglückungsrisiko zu bestimmen. Entscheidend für die Verwendbarkeit derartiger Bezugsgrößen sind sowohl deren quantitative Bestimmbarkeit als auch deren Prognostizierbarkeit.

Aus diesen Überlegungen heraus bietet es sich an, zur Bestimmung des Unfallrisikos als Expositionsgröße die Fahrleistung der einzelnen Fahrzeugarten, also die Zahl der zurückgelegten Fahrzeugkilometer je Zeiteinheit (Fzkm/Jahr) bzw. bei einer Verkehrsbeteiligung „zu Fuß“ Personenkilometer je Zeiteinheit (Pkm/Jahr), zu verwenden.<sup>4</sup> Folgende Gründe sind dafür maßgebend:

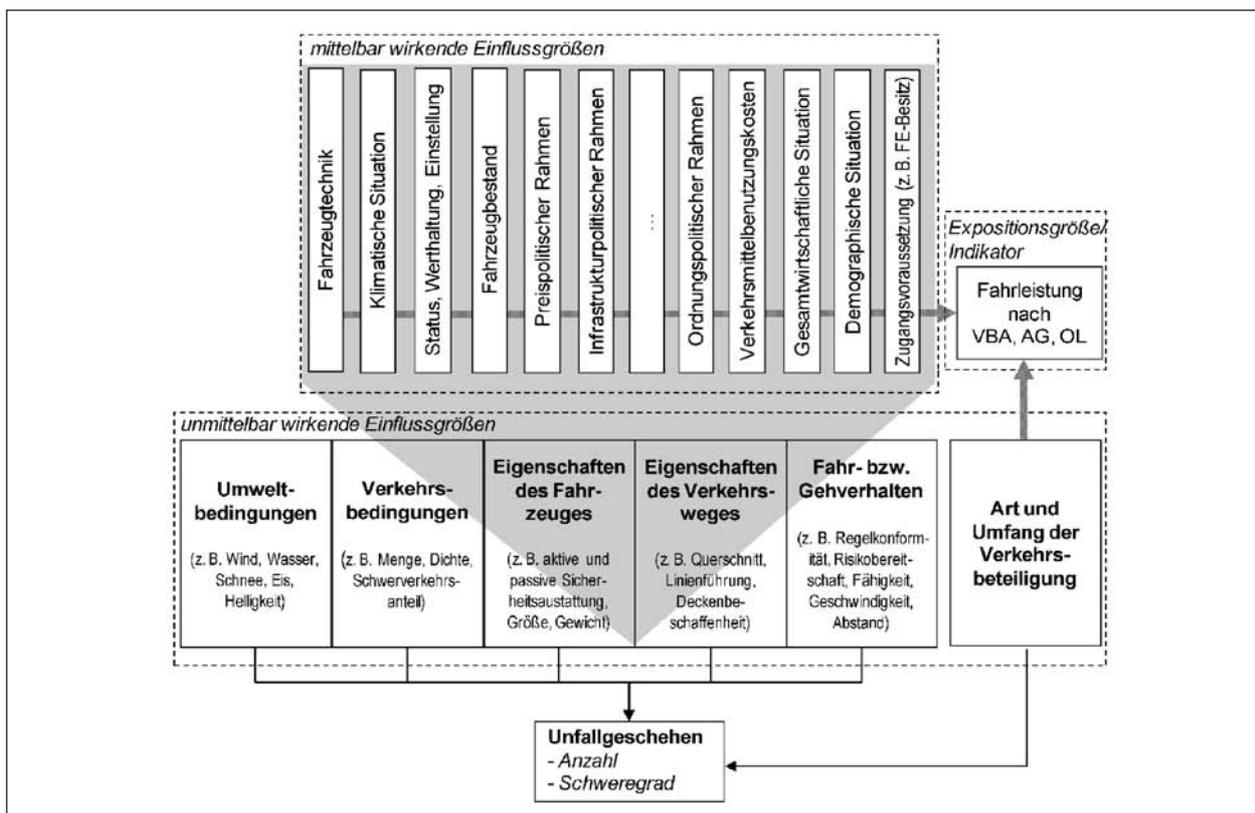
Im Gegensatz zu verschiedenen das Unfallgeschehen nur mittelbar beeinflussenden Bedingungen kann die Fahrleistung als Kenngröße für Art und Umfang der Verkehrsbeteiligung konkret bestimmt werden.

Die Fahrleistung einer Verkehrsbeteiligungsart lässt sich zahlenmäßig relativ gut beschreiben.

<sup>2</sup> Zu den unmittelbaren Einflussgrößen gehören u. a. auch Randbedingungen wie infrastrukturelle, rechtliche und fahrzeugtechnische Entwicklungen (Umsetzung neuer sicherheitsrelevanter Richtlinien, Telematikanwendungen, sicherheitsrelevante Fahrzeugausstattung etc.). Diese Faktoren wirken direkt auf die Verkehrssicherheit.

<sup>3</sup> Der Abbildung liegen wesentliche Zusammenhänge aus BARTZ (1987) und THOMAS et al. (1988) zu Grunde.

<sup>4</sup> Es versteht sich von selbst, dass eine Verkehrsbeteiligung „zu Fuß“ als Personenverkehrsleistung erbracht wird. Um die Übersichtlichkeit und Lesbarkeit des Textes zu gewährleisten, wird daher im Folgenden i. d. R. nur noch der Begriff Fahrleistung verwendet.



**Bild 2:** Einflussgrößen auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr

Hierfür stehen Erhebungen und Modellrechnungen zur Verfügung. Die Fahrleistungen der einzelnen Fahrzeugarten der Vergangenheit können, ebenso wie die Kennzahlen des Unfallgeschehens, in langen Zeitreihen amtlichen und nichtamtlichen Statistiken entnommen werden.

- Die Fahrleistungen der Kraftfahrzeuge sind für den Prognosezeitraum (2015/2020) aus vorhandenen Prognosen ableitbar (z. B. Gesamtverkehrsprognosen zur Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplans, Shell-Prognose als im zweijährlichen Rhythmus aktualisiertes Prognoseinstrument zur Kfz- und Fahrleistungsentwicklung u. a.).
- Die Fahrleistungen stellen eine aus umwelt- und energiepolitischer Sicht wichtige Kenngröße dar.
- Die Fahrleistung steht mit dem Unfallgeschehen in engem Zusammenhang und ist damit eine geeignete Basis für weitergehende Analysen und Prognosen zur Ableitung des Unfallgeschehens.

Die Fahrleistung ist neben den bisher genannten Aspekten auch deshalb als Expositionsgröße für Analysen und Prognosen des Unfallgeschehens verwendungsfähig, weil die Entwicklung oben ge-

nannter Rahmenbedingungen (z. B. gesamtwirtschaftliche Entwicklung, Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur, Entwicklung der Verkehrsmittelbenutzungspreise usw.) in der Fahrleistungsentwicklung ihren Ausdruck findet. Damit werden auch auf das Unfallgeschehen mittelbar wirkende Faktoren implizit berücksichtigt. Darüber hinaus ist es möglich, einige der mittelbar wirkenden Faktoren für den Prognosehorizont vorzuschätzen. Dementsprechend kann eine Veränderung dieser Wirkungsgrößen bei der Prognose berücksichtigt werden.

Für die Prognose der Unfallschwere steht das Unfallereignis im Mittelpunkt der Betrachtung. Wenn es zu einem Unfall kommt, ist die konkrete örtliche Situation für dessen Schwere entscheidend. Die in Bild 2 als unmittelbar wirkende Einflussgrößen beschriebenen Faktoren determinieren, neben einem stochastischen Anteil, den Schweregrad der Unfälle. Dementsprechend können sowohl das Unfallereignis an sich als auch die Anzahl der am Unfall beteiligten Personen zur Beschreibung der Unfallschwere als sinnvolle Bezugsgrößen angesehen werden. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass zur Prognose des Unfallgeschehens die Bezugsgrößen

- Fahrleistung,
- Unfallereignis und
- unfallbeteiligte Person

Verwendung finden.

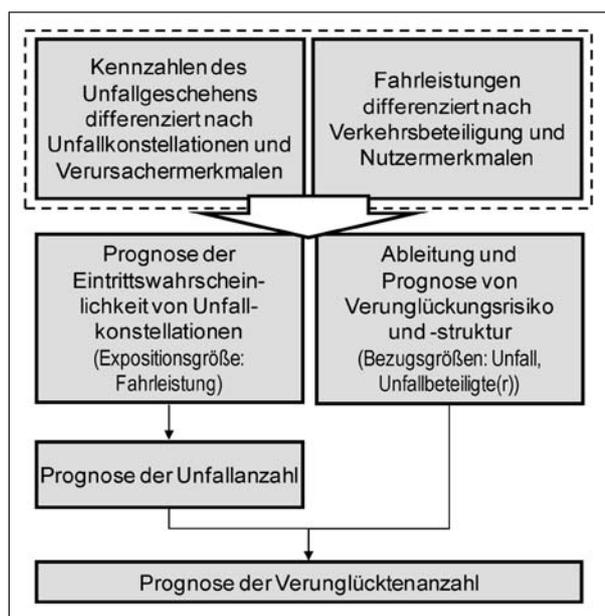
Der Modellansatz teilt sich grundsätzlich in zwei Einzelkomponenten auf:

- Ermittlung und Prognose des Unfallrisikos,
- Ermittlung und Prognose des Verunglückungsrisikos.

Das Unfallrisiko beschreibt die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls. Das Verunglückungsrisiko gibt die durchschnittlichen Folgen eines Unfalls in Anzahl Getöteter, Schwerverletzter und Leichtverletzter an. Diesem zweigeteilten Vorgehen liegt die Annahme zugrunde, dass sich Veränderungen in der Verkehrssicherheit sowohl in der Unfallzahl als auch in der Unfallschwere äußern (s. Bild 3).

Die Veränderungen in der Fahrleistung sowie aktive Sicherheitseinrichtungen in Fahrzeugen wirken sich direkt auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen aus, jedoch nicht zwingend auf die Unfallschwere. Der Fortschritt im Bereich der fahrzeugseitigen passiven Schutzeinrichtungen, genauso wie die Optimierung im Bereich des Rettungswesens, wirkt sich dahingegen auf die Unfallschwere aus, jedoch nicht auf die Unfallanzahl. Es ist davon auszugehen, dass die Zahl und Schwere von Unfällen verschiedenen Entwicklungen folgen und diese auch innerhalb der einzelnen Verkehrsbeteiligungsarten sich unterschiedlich darstellen. Die alleinige Berücksichtigung der Entwicklung innerhalb der einzelnen Verkehrsbeteiligungsarten für sich (wie in den meisten einschlägigen Untersuchungen üblich) führt jedoch zu Unschärfen in der Widerspiegelung der Zusammenhänge. Die Wahrscheinlichkeit, in einen Unfall verwickelt zu werden, hängt vielfach neben der eigenen Verkehrsbeteiligung auch von der gleichzeitigen Anwesenheit eines Unfallgegners ab. Aus diesem Zusammenhang heraus lässt sich die Überlegung einer nach Unfallkonstellationen (siehe Kapitel 1.3.4) differenzierten Betrachtung ableiten.

Die Ermittlung der Risikofaktoren erfolgt dabei auf Basis einer Zeitreihenanalyse der Unfall- und Verkehrsdaten von 1991 bis 2006. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls mit Personenschaden wird über den Bezug zur Fahrleistung ermittelt. Da-



**Bild 3:** Untersuchungsansatz zur Unfallprognose

gegen fungieren bei der Ermittlung der Verletzungsschwere sowohl Anzahl der Unfälle mit Personenschaden als auch die Zahl der am Unfall beteiligten Personen (Unfallbeteiligte) als Bezugsgrößen.

Auf diese Weise kann zunächst die Anzahl aller Unfälle mit Personenschaden für den Prognosehorizont bestimmt werden. Aus den prognostizierten Verunglückungsrisiken bei Unfallereignissen lässt sich in einem weiteren Schritt die Anzahl der Verunglückten abschätzen (s. Bild 3).

Veränderungen der Fahrleistungen verschiedener Verkehrsbeteiligungsarten führen zwangsläufig zu abweichenden Eintrittswahrscheinlichkeiten unterschiedlicher Unfallkonstellationen. So entwickelt sich z. B. die Wahrscheinlichkeit des Aufeinandertreffens eines Pkw und eines Lkw rückläufig, wenn (im hypothetischen Fall) die Fahrleistungen der Lkw zurückgehen, während die Fahrleistungen der Pkw konstant bleiben.

Diese Abhängigkeiten des Unfallgeschehens von den Fahrleistungen der einzelnen Beteiligungsarten haben auch deshalb einen entscheidenden Einfluss, weil Unfälle verschiedener Unfallkonstellationen einen unterschiedlichen Schweregrad (Struktur der Verunglückten) aufweisen. Ein Pkw-Fahrrad-Unfall zieht für die Pkw-Insassen in der Regel geringere Verletzungsfolgen nach sich als ein Unfall mit einem Lkw. Selbst wenn also die Summe aller Fahrleistungen konstant bleibt, können sich Unterschiede im Unfallgeschehen infolge veränderter Fahrleistungen einzelner Verkehrsbeteiligungsarten ergeben.

### 1.3.2 Disaggregierungsmerkmale

#### Art der Verkehrsbeteiligung

Eine differenzierte Betrachtung des Unfallgeschehens setzt aus zwei Gründen eine verkehrsbeteiligungsfeine Betrachtung voraus. Die Wahl der Verkehrsbeteiligungsart hat aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften (Geschwindigkeit, Masse, Bremsverhalten, Schutzrichtungen usw.) einen direkten Einfluss auf die Häufigkeit und die Folgen eines Unfalls.

Die Unterscheidung orientiert sich an den Angaben der amtlichen Statistik. Demnach werden für das vorliegende Modell acht Verkehrsbeteiligungsarten unterschieden:

- „Pkw“,
- „Krad“ (Kraffrad, Leichtkraffrad, Kraffroller),
- „Mofa“ (Kleinkraffträder, Mofa 25),
- „Bus“ (Kraffomnibus, Linienbus, Schulbus, Reisebus),
- „Gfz“ (Liefer- und Lastkraffwagen, Lastkraffwagen mit Spezialaufbau, Sattelschlepper, andere Zugmaschinen),
- „Rad“ (Fahrrad),
- „Fuß“ (Fußgänger),
- „Sonstige“ (Straßenbahn, Eisenbahn, Fuhrwerk, Tiergespann, sonstiges unbekanntes Fahrzeug, Handkarren, Handwagen, Tierführer, Tiertreiber, andere Person).

#### Ortslage

Die Charakteristik von Unfallereignissen unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Verkehrsanlage deutlich. Zum Beispiel unterscheiden sich Autobahnunfälle erheblich von Unfällen im Innerortsbereich. Um das Unfallgeschehen in Abhängigkeit dieser Charakteristik zutreffend abbilden zu können, ist daher eine Unterteilung nach Ortslage sinnvoll. Um eine Kompatibilität mit den bundesstatistischen Datensätzen zu gewährleisten, wird eine analoge Einteilung übernommen. Deshalb erfolgen sowohl Analyse als auch Prognose getrennt nach den Ortslagen

- „Autobahn“,
- „Außerorts (ohne Autobahn)“ und

- „Innerorts“.

Die Differenzierung nach Ortslagen führt zwangsläufig zu einer Aufteilung des Modells in drei Einzelebenen. Die Trennung dieser Ebenen ermöglicht es wiederum, die Modellbildung auf die speziellen Eigenschaften der Ortslagen auszurichten. So können zum Beispiel im Autobahn-Modell die Verkehrsbeteiligungsarten „Mofa“ und „Rad“ vernachlässigt werden, da diese auf Krafffahrstraßen nicht zugelassen sind. Für die Beteiligungsart „Fuß“ gilt das nur in eingeschränktem Maß. Fußgänger sind ebenfalls nicht zugelassen, jedoch treten auch auf Autobahnen Verkehrsteilnehmer dieser Gruppe (z. B. ausgestiegene Fahrzeugführer) in den Opferzahlen auf.

#### Alter

Das Alter hat sowohl hinsichtlich des Unfallrisikos als auch der Unfallschwere einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit. So ist zu vermuten, dass jüngere Verkehrsteilnehmer ein erhöhtes Unfallrisiko aufgrund einer größeren Risikobereitschaft bei gleichzeitig mangelnder Erfahrung aufweisen. Bei der Gruppe der älteren Menschen werden sich aller Voraussicht nach die Physiologie (nachlassende Sinne, biomechanische Einschränkungen, usw.) negativ auf Unfallrisiken und Unfallfolgen auswirken.

Es ist anzunehmen, dass das Alter nicht in allen Verkehrsbeteiligungsarten gleichermaßen berücksichtigt werden muss, da beispielsweise bestimmte Altersgruppen per Definition als Krafffahrzeugführer ausgeschlossen sind.

Unter den Aspekten

- Erlangung der Berechtigung, einen Pkw zu führen,
- Stellung im Lebenszyklus (insb. Renteneintrittsalter) und
- Besonderheiten älterer Verkehrsteilnehmer (als künftig stark wachsende Verkehrsteilnehmergruppe)

werden folgende sieben Altersgruppen unterschieden:

- 0 bis u. 15 Jahre,
- 15 bis u. 18 Jahre,

- 18 bis u. 25 Jahre,
- 25 bis u. 45 Jahre,
- 45 bis u. 65 Jahre,
- 65 bis u. 75 Jahre sowie
- 75 Jahre und älter.

Eine Differenzierung des Unfallgeschehens nach den oben aufgeführten Merkmalen geht stets mit einer mengenmäßigen Verringerung der einzelnen Unfallkollektive einher und führt damit unter Umständen zu einer Schwächung der statistischen Zusammenhänge. Im Rahmen der Modellentwicklung ist deshalb sowohl auf eine hinreichend genaue Differenzierung als auch auf die Beibehaltung eines Mindestmengengerüsts zu achten.

### 1.3.3 Bildung der Unfallkonstellationen

Um das Unfallgeschehen zutreffend beschreiben und gleichzeitig flexibel auf Verschiebungen in den Fahrleistungen reagieren zu können, ist daher eine konstellationenfeine Betrachtung notwendig. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls einerseits sowie die mittlere Schwere eines Unfalls andererseits werden für die einzelnen Unfallkonstellationen getrennt ermittelt. Grundlage hierfür sind die Fahrleistungen der entsprechenden Verkehrsbeteiligungsarten. Vereinfachend wird zunächst davon ausgegangen, dass für die Betrachtung der Unfallkonstellationen lediglich zwei Unfallgegner (Beteiligte mit den Ordnungsnummern „01“ und „02“ nach Unfallanzeige) maßgebend sind.

Aus der Betrachtung von acht Verkehrsbeteiligungsarten ergibt sich unter Berücksichtigung der Allein-Unfälle sowie der Tatsache, dass es definitionsgemäß keine Alleinunfälle mit Fußgängern gibt, eine Gesamtzahl von 71 möglichen beteiligungsbezogenen Unfallkonstellationen (s. Bild 4).

| Konstellationen |     |      |      |     |     |     |     |       |        |
|-----------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-------|--------|
|                 | Pkw | Krad | Mofa | Bus | Gfz | Rad | Fuß | Sonst | Allein |
| Pkw             | P-P | P-K  | P-M  | P-B | P-G | P-R | P-F | P-S   | P-A    |
| Krad            | K-P | K-K  | K-M  | K-B | K-G | K-R | K-F | K-S   | K-A    |
| Mofa            | M-P | M-K  | M-M  | M-B | M-G | M-R | M-F | M-S   | M-A    |
| Bus             | B-P | B-K  | B-M  | B-B | B-G | B-R | B-F | B-S   | B-A    |
| Gfz             | G-P | G-K  | G-M  | G-B | G-G | G-R | G-F | G-S   | G-A    |
| Rad             | R-P | R-K  | R-M  | R-B | R-G | R-R | R-F | R-S   | R-A    |
| Fg              | F-P | F-K  | F-M  | F-B | F-G | F-R | F-F | F-S   |        |
| Sonst           | S-P | S-K  | S-M  | S-B | S-G | S-R | S-F | S-S   | S-A    |

Bild 4: Grundkonstellationen für acht Verkehrsbeteiligungsarten

Die jeweils erstgenannte Verkehrsbeteiligungsart in jeder Konstellation gibt den Hauptunfallverursacher gemäß Festlegung der Polizei (Beteiligter mit der Ordnungsnummer „01“) an. Somit unterscheiden sich z. B. die Konstellationen „Pkw-Gfz“ (P-G) und „Gfz-Pkw“ (G-P) nicht in der Art der Verkehrsbeteiligungen, jedoch darin, wer von beiden den Unfall vermeintlich ausgelöst hat. Aus der Trennung der Ortslagen heraus werden sowohl die Unfallrisiken als auch die Verletzungsrisiken für die drei Ortslagen einzeln ermittelt. Faktisch entstehen daraus drei getrennte Modelle, die lediglich auf dem gleichen Modellansatz beruhen.

Da davon auszugehen ist, dass das Alter des (Haupt-)Unfallverursachers einen Einfluss auf das Zustandekommen eines Unfalls hat,<sup>5</sup> erfolgt eine Unterteilung der unfallverursachenden Beteiligungsart nach Altersgruppen. Als Hauptunfallverursacher wird der von der Polizei als Beteiligter mit der Ordnungsnummer „01“ geführte Verkehrsteilnehmer herangezogen.

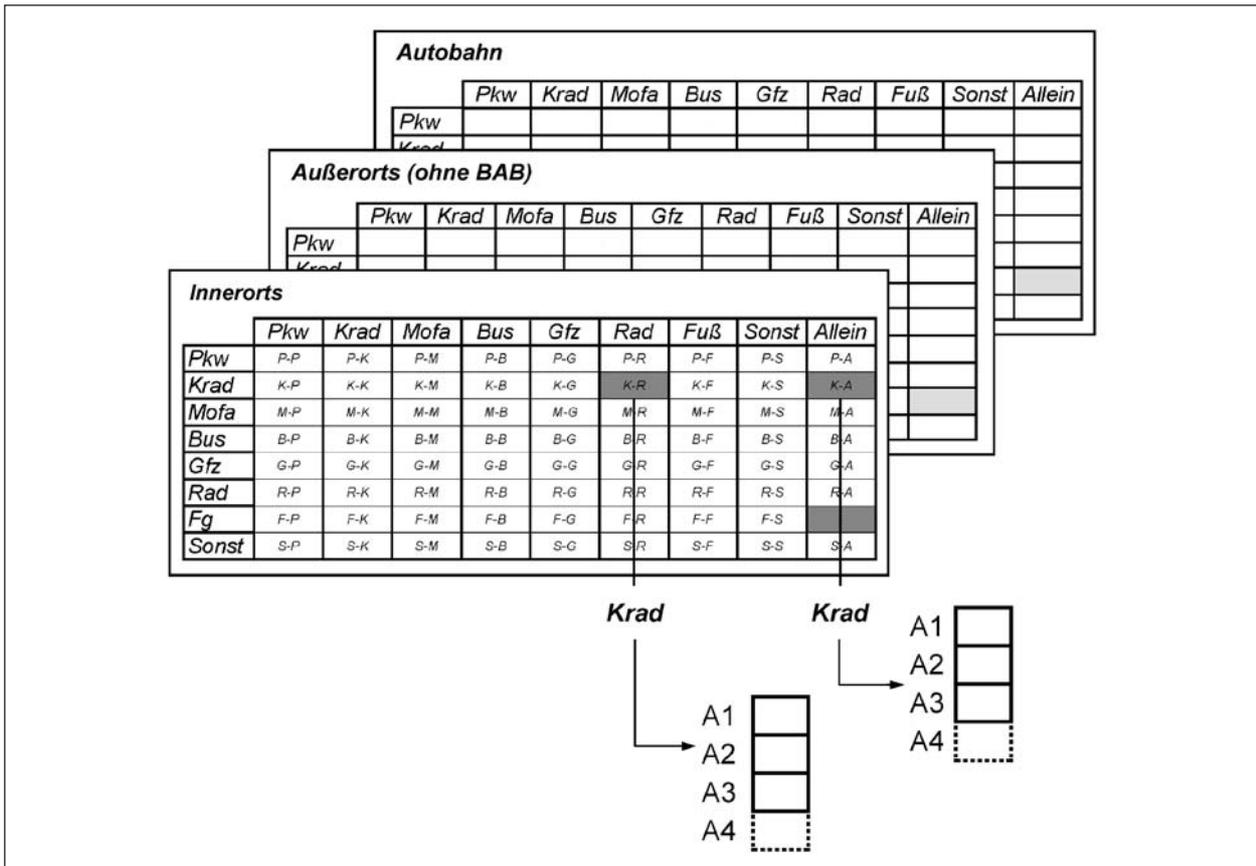
Durch die Hinzunahme des Alters auf der Verursachenseite, ergeben sich bei vier Altersgruppen 284 Teilkollektive je Ortslagenmodell (s. Bild 5). Die Gesamtzahl der 284 Teilkollektive ist für die Analyse des Unfallgeschehens nicht handhabbar. Neben dem immensen Auswertungsaufwand führt eine derartige Differenzierung zur Bildung nicht aussagefähiger Mengen. Eine Ableitung statistischer Zusammenhänge ist in diesem Falle, aller Voraussicht nach, nicht möglich.

Um eine handhabbare Differenzierung des Unfallgeschehens vorzunehmen, werden im Rahmen der Auswertung der Unfalldaten die Verteilungen der Unfälle und Verunglückten über die Konstellationen in den einzelnen Ortslagen untersucht (s. Kapitel 5).

### 1.3.4 Modellstruktur

Das Unfallprognosemodell ist modular aufgebaut, weil einerseits die einzelnen Module in sich geschlossen sind und eigenen Berechnungsvorschriften folgen sowie andererseits dadurch eine logi-

<sup>5</sup> Dies entspricht einerseits der Annahme, dass der Einfluss physischer und psychischer altersabhängiger Faktoren mitbestimmt, ob ein Verkehrsteilnehmer ein Fehlverhalten an den Tag legt und damit einen Unfall verursacht. Andererseits wird jedoch nicht berücksichtigt, dass das Alter des Unfallgegners einen Einfluss auf die Entstehung des Unfalls hat.



**Bild 5:** Differenzierung der Unfallkonstellationen nach Altersgruppen des Hauptverursachers für die verschiedenen Ortslagenmodelle

sche und hierarchische Modellstruktur realisiert werden kann (Bild 6).

Insges. gliedert sich das Modell in sieben Module:

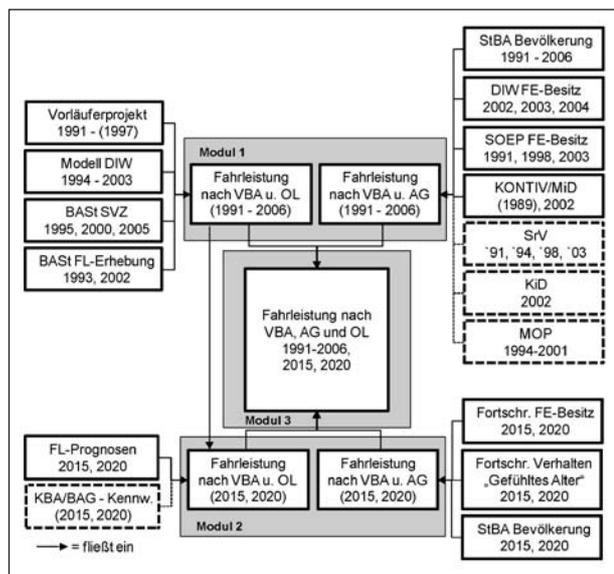
Modul 1: Ermittlung der Fahrleistung differenziert nach Verkehrsbeteiligungsart, Ortslage sowie anteilige Fahrleistung nach Altersgruppen der Fahrzeugführer (Analyse).

Modul 2: Abschätzung der Fahrleistung differenziert nach Verkehrsbeteiligungsart und Ortslage sowie anteilige Fahrleistung nach Altersgruppen der Fahrzeugführer (Prognose).

Modul 3: Matrixverfahren zur Berechnung der Fahrleistung in Abhängigkeit von Verkehrsbeteiligungsart, Ortslage und Altersgruppen der Fahrzeugführer.

Modul 4: Berechnung des Unfallrisikos für den Analysezeitraum, Prognose des Unfallrisikos sowie der Unfallanzahl.

Modul 5: Berechnung des Verunglückungsrisikos je Unfall für den Analysezeitraum und



**Bild 6:** Eingangsdaten zur Fahrleistungsdifferenzierung

konstellationenfeine Prognose der Unfallschwere nach VBA und OL.

Modul 6: Prognose der Altersstruktur der Verunglückten nach VBA.

Modul 7: Ergebnismodul zur Aggregation und Darstellung der Verunglücktenstruktur für den Prognosehorizont.

Die Struktur des Prognosemodells ist in Bild 7 aufgezeigt. Die Detailentwicklung einzelner Module erfolgt in Abhängigkeit des derzeitigen (empirischen) Erkenntnisstandes in Kapitel 5.

Der Aufbau des Modells orientiert sich am theoretischen Gedankenkonstrukt zum Unfallhergang. Der Risikoansatz baut auf einer konstellationenfeinen Betrachtung einzelner Unfalltypen auf. Vor diesem Hintergrund erfolgt mit Hilfe der Module 1-3 die Aufbereitung der Fahrleistungsinformationen in der notwendigen Differenzierung für den Analyse- und den Prognosezeitraum. Die Fahrleistungsinformationen können aus Sekundärstatistiken in der notwendigen Gliederungstiefe nicht direkt entnommen werden. Dementsprechend ist deren Aufbereitung mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Bild 7 enthält das Datengerüst, welches zugrunde gelegt wurde, um die Fahrleistungsberechnung durchzuführen. Die Ergebnisse aus Modul 1 und 2 werden im Anschluss als Eingangswerte dem Modul 3 übergeben. Die vorhandenen Datengrundlagen werden in Kapitel 2 und Kapitel 3 näher beschrieben. Das Modul 3 enthält ein auf Informationsgewinnminimierung basierendes Matrixverfahren. Dieses ermöglicht die Verknüpfung der Informationen zur Fahrleistung nach VBA und OL sowie nach VBA und Alter des Fahrzeugführers zu Fahrleistung von Fahrzeugführern einer VBA nach Ortslage und Alter.

Die Module 4-6 ermöglichen die konkrete Prognose des Unfallgeschehens. Dazu werden zunächst fahrleistungsbezogene Unfallrisiken differenziert nach Unfallkonstellationen für alle drei Ortslagenmodelle für die Analysejahre 1991-2006 berechnet. Für eine sachgerechte Unfallprognose sind insbesondere die Auswirkungen der künftigen Veränderungen in der soziodemografischen Struktur der Verkehrsteilnehmer im Unfallprognosemodell zu berücksichtigen. Es wird davon ausgegangen, dass das Alter des (Haupt-)Verursachers eines Unfallereignisses Einfluss auf das Unfallrisiko hat. Da die Altersstruktur im Prognosezeitraum relativ starken Veränderungen unterworfen ist, wird diese Einflussgröße bei der Prognose des Unfallgeschehens unmittelbar berücksichtigt.

Dieses Risiko wird konstellationenfein mittels Trendextrapolation fortgeschrieben. Ist kein gesicherter Trend erkennbar, ergibt sich das Unfallrisiko

einer Konstellation aus dem Mittelwert der Analysejahre. Anhand der künftigen Fahrleistung der Beteiligungsarten einer Unfallkonstellation erfolgt die Prognose der Unfallanzahl. Das Ergebnis des Moduls 4 sind demnach Unfallzahlen differenziert nach Unfallkonstellationen. Die Anzahl der Unfälle wird im Anschluss dem Modul 5 übergeben.

Das Modul 5 hat die Aufgabe, ortslagendifferenziert und konstellationenfein Verunglückungsrisiken zu bestimmen sowie daraus die Verunglückten nach Schweregrad zu prognostizieren. Anhand der Unfallzahlen von 1991-2006 erfolgt die Berechnung unfallbezogener Verunglückungsrisiken. Diese werden im Anschluss mittels Trendextrapolation fortgeschrieben. Ist kein Trend erkennbar, kommt das oben beschriebene Vorgehen analog zur Anwendung. Anhand der für 2015/2020 prognostizierten Unfallanzahl in einer Unfallkonstellation und deren Verunglückungsrisiko können im Anschluss Verunglücktenzahlen nach VBA und OL vorausgeschätzt werden.

Folgende vereinfachende Annahmen liegen diesem Prognoseansatz zu Grunde:

- Eine Unfallkonstellation wird von mittelbar und unmittelbar wirkenden Einflussgrößen geprägt.
- Der in der amtlichen Statistik als Beteiligter „01“ geführte Verkehrsteilnehmer ist Verursacher des Unfalls.
- Das Risiko für das Zustandekommen eines Unfalls ist vom Alter des verursachenden Fahrzeugführers (bzw. Radfahrers oder Fußgängers) abhängig, nicht jedoch vom Alter des Unfallgegners.
- Typische Unfallsituationen werden durch die Konstellationen hinreichend gut berücksichtigt.<sup>6</sup>
- Der Einfluss sich verändernder unmittelbar wirkender Faktoren kann über die Zeitreihenanaly-

<sup>6</sup> Beispielsweise zeigen Unfalltypen wie z. B. ein Außerortsunfall eines 18-25-jährigen Pkw-Fahrers als Hauptverursacher mit einem anderen Pkw wiederkehrende Unfallmerkmale. Diese werden z. B. überdurchschnittlich häufig nachts auf Außerortsstraßen, mit mehreren Insassen in den beteiligten Fahrzeugen, bei schlechten Witterungsverhältnissen, auf überhöhte Geschwindigkeit in engen Kurven zurückzuführen sein. Dementsprechend hat dieser Typ eine bestimmte Unfallhäufung und -schwere. Tritt dieser Typ aufgrund veränderter Rahmenbedingungen seltener auf (Demografie, Fahrleistung, ...), spiegelt sich dieser Sachverhalt auch in der prognostizierten Unfall- und Verunglücktenanzahl wider.

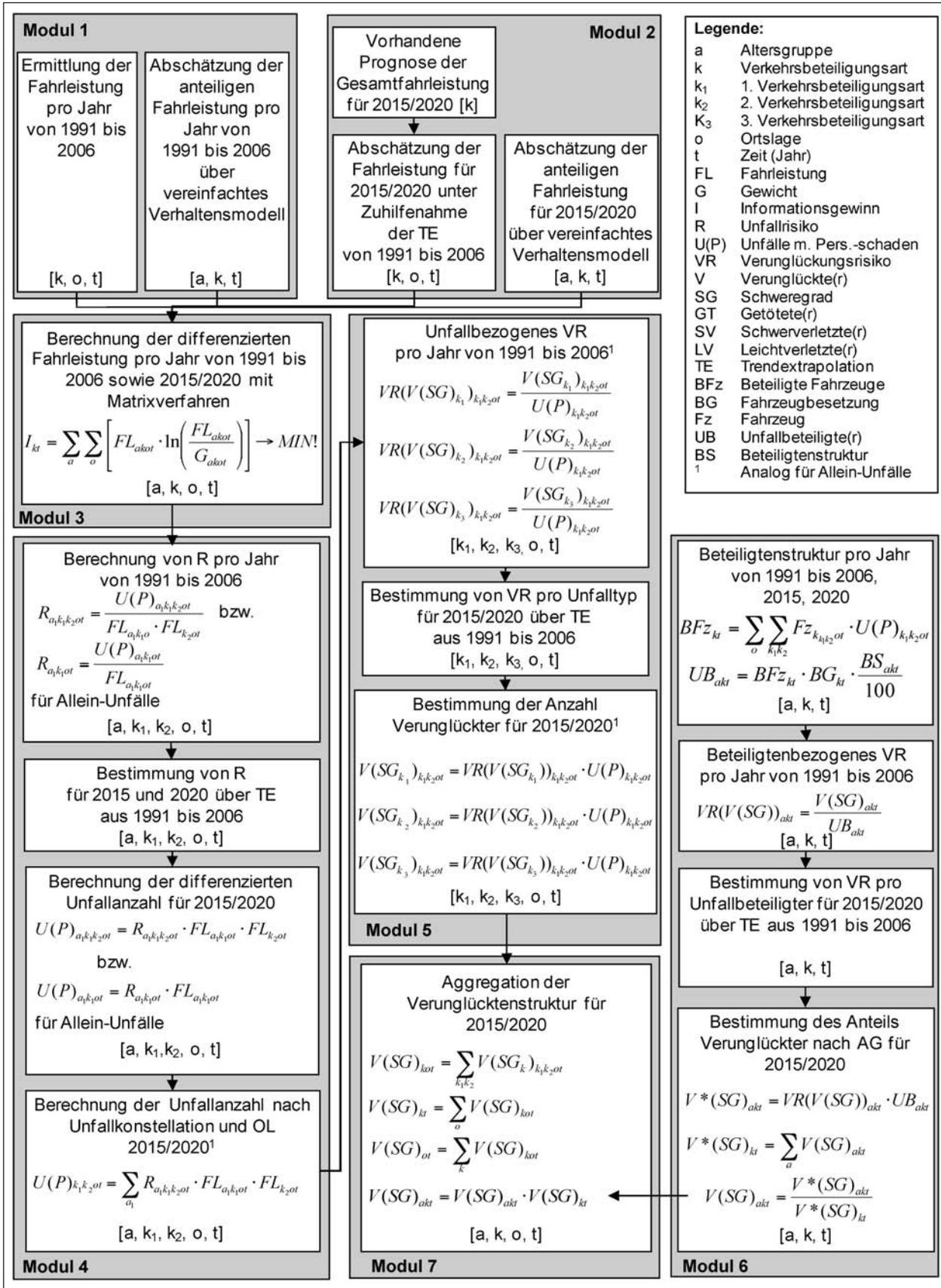


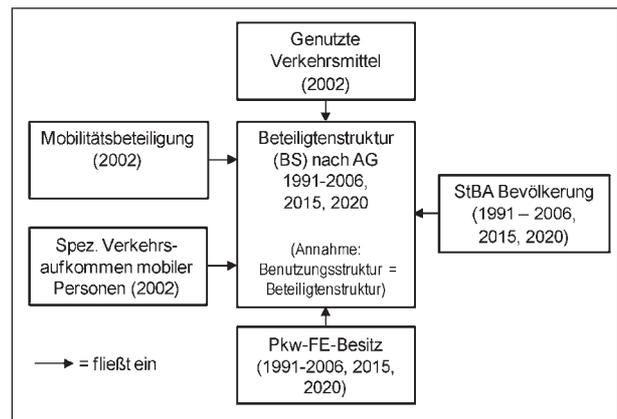
Bild 7: Modellstruktur zur Prognose des Unfallgeschehens mit Personenschaden im Straßenverkehr

se dann vorausgeschätzt werden, wenn die Stärke der Veränderungen als Trends auch in Zukunft zu erwarten sind.

- Die Berücksichtigung von maximal drei Verkehrsbeteiligungsarten je Unfallkonstellation bildet die reale Unfallsituation hinreichend ab.
- Das Alter des Unfallverursachers hat keinen durchschlagenden Einfluss auf die Unfallschwere und kann daher (aus Aufwandsgründen) vernachlässigt werden.

Das Alter des Verunglückten, als ein wichtiges Verunglückungsmerkmal, konnte anhand des bisherigen Vorgehens nicht direkt bestimmt werden. Grundsätzlich ist es möglich, das Modul 5 in der Form aufzubauen, dass Verunglückungsrisiken einer Unfallkonstellation je VBA in einer Matrix nach Alter differenziert ausgewertet und in Bezug zu Unfällen berechnet werden. Da Unfälle jedoch seltene Ereignisse sind und die statistische Menge je Unfallkonstellation nicht ausreicht, um fundierte Trends des Verunglückungsrisikos abzuleiten, erfolgt in Modul 6 eine gesonderte Bestimmung des Alters der Verunglückten.

Für Art und den Umfang der Verkehrsbeteiligung sind für die Unfallschwere insbesondere auch die Anzahl der am Unfall beteiligten Personen und deren Alter maßgebend. Diese Zahl ist jedoch unbekannt, da Personen, die an einem Unfall beteiligt sind, jedoch nicht verunglücken, d. h. diejenigen, die unverletzt bleiben, in den Unfalldaten nicht erfasst werden. Demnach sind Anzahl und Altersstruktur der an einem Unfall beteiligten Personen nicht direkt ableitbar. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu lösen, besteht darin, die Beteiligtenstruktur (BS) eines Unfalls anhand weiterführender Datenquellen für den Analyse- und Prognosezeitraum abzuschätzen. Für eine Prognose des Alters der Verunglückten ist diese Struktur von unmittelbarem Interesse. Ein relativ einfacher und nachvollziehbarer Ansatz besteht darin, die Beteiligungsstruktur in erster Näherung über die Benutzungsstruktur der Verkehrsmittel zu bestimmen. Dazu sind maßgebende Verkehrsverhaltenskennwerte, Kenngrößen zur Erfüllung von Zugangsvoraussetzungen (FE-Besitz) sowie die Bevölkerungsstruktur, jeweils differenziert nach Altersgruppen, als Eingangsgrößen erforderlich (vgl. Bild 8). Da diese Kenngrößen nicht nach Ortslagen differenziert ermittelt werden können, ist lediglich eine Aussage zur Altersstruktur aller Verunglückten (ohne Ortslegendendifferenzierung) möglich.



**Bild 8:** Vereinfachtes Modell zur Abschätzung der Beteiligtenstruktur (BS) bei Straßenverkehrsunfällen

Folgende Annahmen liegen diesem Gedanken zu Grunde:

- Die Benutzungsstruktur der Fahrzeuge (Altersverteilung) entspricht der Beteiligungsstruktur bei Unfällen.
- Die Unfallstruktur innerhalb einer Konstellation (Art und Anzahl beteiligter Fahrzeuge) ist zeitlich invariant.
- Die Veränderung des Pkw-FE-Besitzes und der demografischen Struktur der Personengruppen bestimmt die Beteiligtenstruktur bei Unfällen maßgeblich.
- Personengruppen, basierend auf den Merkmalen Alter und Pkw-Fahrerlaubnisbesitz, sind näherungsweise verhaltenshomogen (vereinfachtes Verhaltensmodell).
- Das Verhalten dieser Gruppen wird für den Analyse- und Prognosezeitraum zunächst als konstant angenommen.
- Risikobestimmend ist die Beteiligung an einem Unfall, unterschiedliche Risiken auf verschiedenen Sitzpositionen im Fahrzeug bleiben unberücksichtigt.

Unter Zugrundelegung dieser Annahmen kann zusammen mit der Zahl der an einem Unfall beteiligter Fahrzeuge und dem Besetzungsgrad der Fahrzeugarten die Struktur der unfallbeteiligten Personen für Analyse und Prognose geschätzt werden. Auf dieser Grundlage wird im Anschluss ein beteiligtenbezogenes Verunglückungsrisiko ermittelt. Bezugsgröße dieses Risikos ist also eine am Unfall beteiligte Person. Aus der Fortschreibung dessen kann eine altersgruppenbezogene Verteilung der

Unfallschwere für den Prognosehorizont errechnet werden. Im Anschluss lässt sich diese auf die im Modul 6 berechnete Verunglücktenanzahl übertragen. Modul 7 dient der übersichtlichen Zusammenstellung und Aggregation aller Ergebnisse. Hierbei können die Verunglückten als GT, SV und LV unterschieden werden nach

- Verkehrsbeteiligungsart,
- Ortslage,
- Alter,
- Verkehrsbeteiligungsart und Ortslage und
- Verkehrsbeteiligungsart und Alter.

Die Prognosegüte der mit dem Modell berechneten Unfallkenngrößen ist neben der erreichten Konsistenz und Komplexität des Modells von in Komplexität der Unfallereignisse unterschiedlichen Ortslagen abhängig. So wird beispielsweise für das Unfallgeschehen auf Autobahnen eine deutlich höhere Prognosegüte erwartet, als dies „Innerorts“ möglich ist.

## 2 Vorhandene Datengrundlagen

### 2.1 Unfalldaten

Für die Untersuchung der Unfallkonstellationen und die spätere Erstellung des Prognosemodells stehen die Datenreihen aller Unfälle mit Personenschaden in Deutschland für den Zeitraum zwischen 1991 und 2006 zur Verfügung. Neben den Unfallzahlen liegen darüber hinaus die Anzahlen der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten, getrennt nach Unfallkonstellation und Altersgruppe, vor. Eine Zuordnung der altersfeinen Verunglücktenstruktur zum Alter des Hauptverursachers ist nicht möglich und wird auch nicht als sinnvoll erachtet.

### 2.2 Fahrzeugbestandsstatistik

Informationen zum Fahrzeugbestand sind aus dem zentralen Fahrzeugregister des KBA verfügbar. Im zentralen Fahrzeugregister sind alle Fahrzeug- und Halterdaten der regionalen Zulassungsbehörden und Versicherer erfasst. Dementsprechend sind Bestandsinformationen für alle zulassungspflichtigen und -freien Fahrzeuge mit amtlichen Kennzeichen (d. h. einschl. Kfz-Anhänger) sowie Fahr-

zeuge mit Versicherungskennzeichen (Mofa, Leichtmofa, Mokick, Krankenfahrstühle u. Ä. enthalten) abrufbar. Damit ist eine vollumfängliche Datengrundlage zur Aufbereitung des Fahrzeugbestandes vorhanden.

### 2.3 Fahrerlaubnisbesitz

Bei einer Vielzahl von Fragestellungen, z. B. zur Verkehrssicherheit, sind Informationen zum Fahrerlaubnisbesitz von großer Bedeutung. Im KBA-Register werden Erteilungen, Umschreibungen und Entziehungen von Fahrerlaubnissen statistisch erfasst. Eine regelmäßige, jährliche Statistik zum Fahrerlaubnisbestand in Deutschland existiert jedoch nicht<sup>7</sup>. Zwar sind seit der zentralen Erfassung in Flensburg<sup>8</sup> (1999) Veränderungen der Fahrerlaubnisdaten leichter nachvollziehbar, eine vollständige Statistik wird derzeit vom KBA jedoch nicht angeboten.

Aufgrund dieser Tatsache existieren nur bedingt geschlossene Statistiken zur Vergangenheitsentwicklung des Fahrerlaubnisbestandes. KALINOWSKA et al. (2006) stellen ein Verfahren (Bevölkerungskohortenmodell) zur Verfügung, mit dem eine jährliche Fortschreibung des Fahrerlaubnisbestandes ermöglicht wird. Ausgangspunkt der Statistik ist das Jahr 2002. Eine Fortschreibung der Bestandsstatistik erfolgte für die Jahre 2003 und 2004. Datengrundlagen für die Untersuchung waren die Erhebungen „Mobilität in Deutschland – MiD 2002“, das Deutsche Mobilitätspanel (MOP) sowie ausgewählte Wellen des sozioökonomischen Panels.

### 2.4 Fahrleistungsdaten bis zum Status quo

Für die Bereitstellung von Daten zur Fahrleistungsentwicklung stehen unterschiedliche Quellen zur Verfügung. Eine wesentliche Grundlage bildet das Forschungsprojekt „Determinanten der Verkehrssicherheit 2000/2010“<sup>9</sup>, in dessen Rahmen für den Zeitraum von 1960 bis 1997 die Entwicklung der

<sup>7</sup> KALINOWSKA et al. (2006), S. 1

<sup>8</sup> Mit der Einführung des EU-Führerscheins wird seit 01.01.1999 ein zentrales Fahrerlaubnisregister (ZFER) beim KBA geführt.

<sup>9</sup> RATZENBERGER (2000)

Fahrleistungswerte der Fahrzeugarten Pkw, Krafträder, Mofas/Mopeds, Omnibusse und Güterverkehrs-Kfz nach den Ortslagen „Innerorts“, „Außerorts“ und „Auf Autobahnen“ sowohl analysiert als auch abgeschätzt wurden.

Einen weiteren Baustein zur Fortschreibung der Fahrleistungen nach Fahrzeugarten stellt die Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung des DIW dar. Grundlage sind die im Jahre 2002 revidierten Werte der Fahrleistung nach Fahrzeugarten für den Zeitraum von 1994 bis 2001. Ab 2002 weist das DIW Fahrleistungswerte auf Basis des aktualisierten Berechnungsmodells aus. Die Konsistenz ist dadurch gegeben, dass die Zahlen des DIW bereits im Vorgängerprojekt als Ausgangsbasis fungierten.

Im Rahmen eines komplexen Systems von Verkehrserhebungen im Jahr 2002 ist ein breiter Fundus an Datenmaterial entstanden. Teile dieses Mengengerüsts können in der vorliegenden Untersuchung genutzt werden, um Lücken im erforderlichen Differenzierungsgrad zu schließen. Insbesondere betrifft das die Fahrleistungserhebung der BAST „Mobilität in Deutschland (MiD) 2002“ und ggf. die Erhebung „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD) 2002“.

Die im Auftrag der BAST durchgeführten Straßenverkehrszählungen sind als weitere wichtige Grundlage zu nennen. Diese Daten wurden auf der Basis manueller Zählungen, differenziert nach verschiedenen Straßenklassen, sowie aus den automatischen Dauerzählstellen der Bundesfernstraßen gewonnen. Weiterhin können die Erhebungen „Mobilität in Städten – SrV“ und das deutsche Mobilitätspanel (MOP) zum Erkenntnisgewinn beitragen.

### **Forschungsprojekt „Determinanten der Verkehrssicherheit 2000/2010“**

Ausgangspunkt für die Darstellung der retrospektiven Entwicklung der Fahrleistungen stellt der ausführliche Schlussbericht zum FE 82.057/1995 „Determinanten der Verkehrssicherheit 2000/2010“<sup>10</sup> dar. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Inlandsfahrleistung für den Analysezeitraum 1960 bis 1997 nach Fahrzeugarten und Ortslage aufbereitet sowie nach alten und neuen Bundesländern differenziert. Die Schätzung der bisherigen Entwicklung (bis 1997) basiert auf Eckwerten, die teilweise gut und zum Teil weniger gut empirisch abgesichert sind. Die Innerortsfahrleistung einer Fahrzeugart wurde dabei grundsätzlich als Differenz zwischen

der empirisch abgesicherten Gesamtfahrleistung und der empirisch relativ validen Außerortsfahrleistung gebildet.

### **Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung des DIW Berlin**

Die Ergebnisse der jährlichen Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung des DIW werden in der Broschüre „Verkehr in Zahlen“, herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, als Inländerfahrleistungen ausgewiesen.

Der Grundgedanke der Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung des DIW besteht darin, dass

1. die im Straßenverkehr verbrauchte Menge an Kraftstoff aus den von Tankstellen abgesetzten Mengen geschätzt und
2. die Tankmenge [Liter] aus dem Produkt von Fahrzeugbestand, dem durchschnittlichen Verbrauch und der durchschnittlichen Fahrleistung der Fahrzeuge berechnet werden kann.

In einem iterativen Prozess müssen die Elemente der Rechnung so bestimmt werden, dass die Äquivalenz zwischen diesen Größen hergestellt ist.<sup>11</sup>

Eine Aktualisierung der Fahrleistungsberechnung erfolgte aufgrund der neu gewonnenen Erkenntnisse zur Nutzung von Kraftfahrzeugen aus der Fahrleistungserhebung der BAST des Jahres 2002. Diese und andere Erhebungen (MiD 2002, KiD 2002) kommen in ihrem Ergebnis zu deutlich höheren Pkw-Fahrleistungen als die ursprünglichen Berechnungen des DIW für das Jahr 2002. Mit den bis zum damaligen Zeitpunkt getroffenen Annahmen gäbe es eine so genannte „Kraftstofflücke“ in der Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung. Die Revision der DIW-Berechnung wurde deshalb mit dem Ziel vorgenommen, alle Elemente der Äquivalenzbeziehung zwischen Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch zu berücksichtigen. Demnach wurden<sup>12</sup>

- der graue Im- und Export von Kraftstoff,
- der mobile Kraftstoffverbrauch außerhalb des Verkehrs (z. B. Rasenmäher, Motorboote, Arbeitsgeräte) und

<sup>10</sup> RATZENBERGER (2000)

<sup>11</sup> DIW (2004) S. 606 (Wochenbericht des DIW Nr. 41/2004)

<sup>12</sup> ebenda, S. 606

- die Verwendung von Biodiesel

als weitere Einflussgrößen in die Überlegungen einbezogen.

Das DIW hat eine Überleitungsrechnung entwickelt, um von der Inländerfahrleistung auf die Inlandsfahrleistung schließen zu können. Der Inländerfahrleistung sind demnach die von ausländischen Fahrzeugen in Deutschland gefahrenen Kilometer hinzuzufügen und die von deutschen Fahrzeugen im Ausland erbrachten Streckenkilometer abzuziehen. Die dadurch erzeugten (revidierten) Inlandsfahrleistungen für die Jahre 1994 bis 2003 nach Fahrzeugarten sind in KALINOWSKA et al. (2005, S. 86) dokumentiert.

### Fahrleistungserhebungen der BAST

Die Bundesanstalt für Straßenwesen gibt in unregelmäßigen Abständen Erhebungen zur Fahrleistung von Kraftfahrzeugen in Form von Halterbefragungen in Auftrag. Bislang fanden in dieser Form drei Erhebungen (1990, 1993 und 2002) statt. Dabei wurden neben der eigentlichen Grunderhebung zur Fahrleistung der Inländer zusätzlich Erhebungen zum grenzüberschreitenden Verkehr durchgeführt. Dabei wird die Ermittlung der Inlandsfahrleistung durch Zusammenführung beider Teile ermöglicht. Diese Fahrleistung wurde und wird von der BAST benötigt, um u. a. als Bezugsgröße zur Abschätzung des Unfallrisikos von Verkehrsteilnehmergruppen zu fungieren.<sup>13</sup>

Die Ergebnisse der Erhebungen von 1990 und 1993 sind bereits in RATZENBERGER (2000) eingeflossen. Ursprüngliches Ziel der vorliegenden Studie war es, die Resultate der Fahrleistungserhebung von 2002, zunächst in analoger Form, als Eckgrößen zur Fahrleistungsbestimmung der Kfz nach Ortslage zu nutzen.

Die Fahrleistungserhebung des Jahres 2002 ermöglicht eine Untergliederung der Fahrleistung nach Fahrzeug- und Fahrtenmerkmalen. Jedoch fällt diese Differenzierung für die Inlandsfahrleistungen deutlich einfacher aus als für die Inländerfahrleistungen. Ursachen dafür sind u. a. die beschränkten Möglichkeiten einer Disaggregation der Ergebnisse zum grenzüberschreitenden Verkehr.<sup>14</sup>

Ein Gedanke bei der Konzipierung der Fahrleistungserhebung 2002 bestand auch darin, dass ein Großteil der Daten, die in den Vorgängerprojekten

erst durch eigene ergänzende Erhebungen bereitgestellt werden mussten, im Gegensatz dazu direkt in die Fahrleistungserhebung einfließen können. Synergieeffekte sollten unter anderem dadurch erzielt werden, dass bei MiD und KiD eine getrennte Erfassung des inner- und außerörtlichen Teils der Weglänge erfolgen sollte. Dies wäre Voraussetzung dafür gewesen, den Fahrleistungsgesamtwert nach Ortslage zu gliedern.<sup>15</sup>

Für die MiD 2002 ist es grundsätzlich möglich, für erfolgreich geokodierte Wegedaten<sup>16</sup> eine nach Ortslage getrennte Wegelänge zu ermitteln. Nach DIW/INFAS (2003, S. 98) sind derartige Analysen nur von infas selbst durchführbar, da aus datenschutzrechtlichen Gründen die Veröffentlichung haugenauer Koordinaten an Dritte gesetzlich nicht zugelassen ist.

### BAST-Straßenverkehrszählungen

Die Straßenverkehrszählungen der BAST werden in regelmäßigen Abständen (Fünfjahres-Turnus) durchgeführt. Die letzte Zählung fand im Jahr 2005 statt. Die letzte Veröffentlichung zu Fahrleistungen auf Basis der Straßenverkehrszählungen ist im Jahr 2003 für die Erhebung aus dem Jahr 2000 erschienen. Die Erhebungen werden von den Straßenbauverwaltungen der Länder nach einheitlichen Richtlinien organisiert.

Die Zählstellen befinden sich grundsätzlich auf der „freien Strecke“, wobei die Definition der freien Strecke z. T. von straßenverkehrsrechtlichen Festlegungen abweicht. Die „freie Strecke“ für die SVZ 2000 repräsentiert Strecken außerhalb von Ortschaften, Strecken zwischen Gemeindeteilen<sup>17</sup>, die in der Baulast des Bundes verblieben sind, sowie Strecken innerhalb von Ortschaften

- mit weniger als 5.000 EW sowie
- in Orten mit einer Einwohnerzahl zwischen 5.000 bis unter 80.000 EW, wenn sie
  - a. beiderseits an freie Strecken anschließen und kürzer als 1.000 m sind oder

<sup>13</sup> HAUTZINGER et al. (2005a), S. 7

<sup>14</sup> Vgl. ebenda, S. 8

<sup>15</sup> ebenda, S. 12

<sup>16</sup> 49 % der Wege sind zumindest straßenabschnittsfein mit Start und Ziel verortet.

<sup>17</sup> In Gemeinden mit eigener Straßenbaulast für die Ortsdurchfahrten

- b. nur einseitig an freie Strecken anschließen und kürzer als 500 m sind.

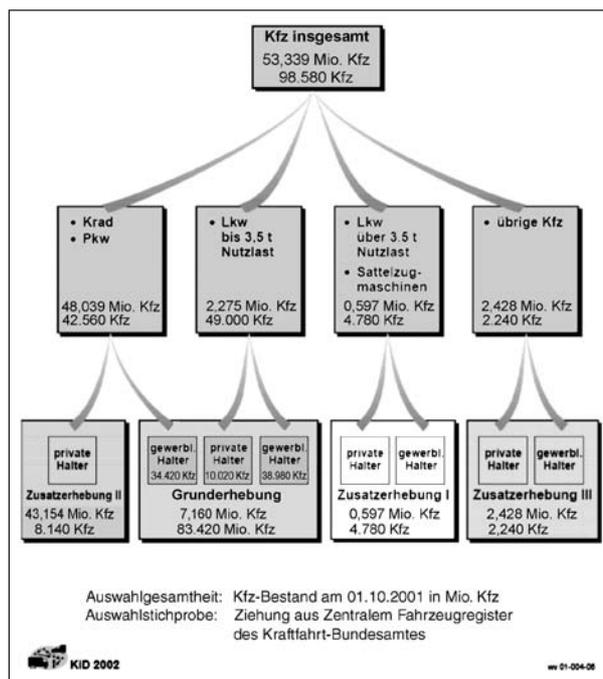
Somit beinhaltet die Abgrenzung der „freien Strecke“ auch Teile des innerörtlichen Straßennetzes.<sup>18</sup>

In LENSING (2003) sind Fahrleistungswerte der „freien Strecke“ für sieben verschiedene Fahrzeugarten (Fahrräder, Kräder, Pkw, Busse, Lkw < 3,5 t, Lkw ohne Anhänger und Lastzüge) und nach Straßenklassen Autobahnen (BAB), Bundesstraßen (B), Landesstraßen (L) sowie Kreisstraßen (K) differenziert ausgewiesen. Neben der bundesweiten Zählung der Verkehrsstärken auf Bundesstraßen ist zusätzlich in allen Bundesländern der Verkehr auf Landesstraßen (bzw. Staatsstraßen) erhoben worden. In den ABL sind darüber hinaus Kreisstraßen erfasst. Die Fahrleistungen werden über die Netzlänge der Streckenabschnitte (Zählabschnittslänge) in Verbindung mit den gezählten DTV-Werten berechnet.

Weitere Eckgrößen können aus den automatischen Dauerzählstellen der Bundesfernstraßen gewonnen werden. Die Ergebnisse liegen jährlich vor. Dabei ist grundsätzlich eine Unterscheidung nach Fahrzeugarten möglich. Dokumentiert sind die Kennwerte in den Jahresauswertungen der Zählstellen sowie letztmalig für Einzel- und Dauerzählstellen in KATHMANN (2004).

### Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD 2002)

Die KiD 2002 wurde als schriftlich-postalische Stichtagsbefragung so konzipiert, dass ein Gesamtüberblick über den Verkehr mit deutschen Kraftfahrzeugen gewonnen werden kann. Dabei wurden eine Grunderhebung und drei Zusatzerhebungen, also vier Teilerhebungen, durchgeführt. Der Fokus lag insbesondere auf dem Wirtschaftsverkehr. Die speziell auf diesen Verkehr zugeschnittene Grunderhebung umfasst alle Kräder und Pkw gewerblicher Halter (ca. 10 % aller zugelassenen Fahrzeuge dieser Fahrzeugarten) sowie Lkw bis 3,5 t Nutzlast. Die Zusatzerhebung I umfasst die Lkw über 3,5 t Nutzlast und Sattelzugmaschinen,



**Bild 9:** Struktur der Erhebung KiD 2002 – Auswahlgrundgesamtheit und -stichprobe [WERMUTH et al. (2003), S. 38]

die Zusatzerhebung II Kräder und Pkw privater Halter und die Zusatzerhebung III die übrigen Kfz mit amtlichen Kennzeichen (Bild 9). Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen waren nicht Gegenstand der Erhebung. Zielgrößen sind insbesondere Kenngrößen zum Verkehrsaufkommen, der Verkehrsleistung, der Verkehrsbeteiligungsdauer und der Länge und Struktur von Fahrtenketten des Wirtschaftsverkehrs.<sup>19</sup>

### KONTIV/Mobilität in Deutschland

Die Tradition der Erhebungen im KONTIV-Design reicht bis Mitte der 1970er Jahre zurück. Die kontinuierlichen Erhebungen zum Verkehrsverhalten (KONTIV) wurden in den Jahren 1976, 1982, 1989 für das Gebiet der damaligen Bundesrepublik Deutschland und 2002 unter dem neuen Namen „Mobilität in Deutschland“ erstmals für das wiedervereinigte Deutschland im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen durchgeführt. Dabei handelte es sich um Befragungen mit jeweils ähnlichem Design. Zielstellung war, durch Befragung privater Haushalte repräsentative Daten zum Alltagsverkehr eines Jahres einschließlich wesentlicher Basisdaten der Haushalte und der dort lebenden Personen zu erfassen<sup>20</sup>. Die Durchführung der KONTIV/MiD-Durchgänge lag dabei in der Verantwortung unterschiedlicher Institute. Es ist

<sup>18</sup> LENSING (2003), S. 8

<sup>19</sup> WERMUTH et al. (2003), S. 12 ff.

<sup>20</sup> DIW/INFAS (2003), S. 1

festzustellen, dass sich das Erhebungsdesign in Teilbereichen immer wieder veränderte. Während zwischen den Erhebungen 1972 und 1982 noch weitgehende Kontinuität bestand, erfolgte vor allem durch den Wechsel des durchführenden Institutes 1989 auch ein Methodenwechsel. Die aktuelle Erhebung MiD 2002 wurde von DIW Berlin und Infas vorbereitet und durchgeführt. Im Rahmen der Vorbereitung dieser Erhebung wurde das Design erneut überarbeitet.<sup>21</sup>

Als Ergebnis einer Methodenstudie entschied man sich aufgrund der zu erwartenden höheren Datenqualität, aber auch aus Kostengründen, 2002 erstmals für die Durchführung einer telefonischen Befragung (CATI: Computer Assisted Telephone Interview). Da jedoch nicht für alle gezogenen Zielpersonen die Telefonnummer recherchiert werden kann und sich die zu erwartende Zusammensetzung der Antwortter von einer schriftlichen Befragung unterscheidet (höherer Ausländeranteil, höherer Anteil von in den letzten Monaten umgezogenen Haushalten etc.)<sup>22</sup>, wurde die telefonische Befragung durch eine schriftlich-postalische ergänzt (PAPI – Paper And Pencil Interview).

Die MiD 2002 ermöglicht es, das Verkehrsverhalten der Bevölkerung Deutschlands im Alltagsverkehr ganzjährig vertieft zu analysieren. Hervorzuheben ist dabei, dass neben den eigentlichen Informationen jeder einzelnen Ortsveränderung auch alle soziodemografischen Merkmale der Personen erfasst werden. Dies ermöglicht z. B. die Auswertung des Verkehrsverhaltens nach Altersgruppen und Geschlecht. Die Nettostichprobengröße in MiD 2002 betrug für die Basisdaten (ohne Aufstockungen) 25.848 Haushalte, 61.729 Personen und 167.851 Wege.

### SrV/Mobilität in Städten

Auf dem Gebiet der ehemaligen DDR kommt bereits seit 1972 das ‚SrV – System repräsentativer Verkehrsbefragungen‘ als kontinuierliches Erhebungsinstrument für das Verkehrsverhalten der städtischen Bevölkerung zum Einsatz. Das an der TU Dresden entwickelte Erhebungskonzept zielt ab auf eine Mobilitätsbefragung von Haushalten, die

zeitgleich in mehreren Städten durchgeführt und durch zyklische Wiederholung als langjährige Zeitreihe vergleichbar fortgeschrieben wurde. Das KONTIV/MiD-Design ist dem des SrV sehr ähnlich, wobei SrV das werktägliche Verkehrsverhalten, MiD das Verhalten an allen Wochentagen abbildet.

Das SrV-Konzept verfolgt im Wesentlichen drei Zielstellungen:

- Die Entwicklung des Stadtverkehrs soll über größere Zeiträume kontinuierlich analysiert werden, um damit auch die Wirksamkeit einzelner Planungsmaßnahmen im Kontext der verkehrlichen Gesamtentwicklung einer Stadt beurteilen zu können.
- Ermittlung von Kennziffern für die Parametrisierung und Kalibrierung von Verkehrsmodellen.
- Bereitstellung kompatibler Kennziffern zur vergleichenden Analyse von Verkehrsentwicklungen zwischen verschiedenen Städten.

Gegenstand der Befragung ist das Mobilitätsverhalten von Personen in zufällig ausgewählten Haushalten an einem vorgegebenen Stichtag. Dazu werden strukturelle und soziodemografische Haushalts- und Personendaten sowie Wegedaten erfasst.

Als Stichtag gilt der mittlere Werktag, der i. d. R. als Dimensionierungsgröße für verkehrsplanerische Berechnungen dient. Die SrV-Erhebungen fanden bislang standardmäßig in den Monaten April-Juni statt.

Die 1972 begonnene Zeitreihe wurde inzwischen durch weitere sieben Befragungsdurchgänge durchgeführt. Der Regelabstand, in dem SrV-Erhebungen durchgeführt werden, liegt bei fünf Jahren. Mit verkürzten Befragungszyklen im Zusammenhang mit der politischen Wende 1989 gelang es durch die SrV-Befragungen 1991, 1994 und 1998, die verkehrlichen Auswirkungen des gesellschaftlichen Wandels zu dokumentieren.

Die Zahl der an den Befragungsdurchgängen teilnehmenden Städte schwankte zwischen 16 im Jahr 1972 und 34 im Jahr 2003. Eine Vielzahl der Städte nahm kontinuierlich an allen Erhebungen teil und verfügt somit über umfangreiche Zeitreihen der Verkehrskennziffern. 1998 nahm erstmals eine westdeutsche Stadt (Frankfurt am Main) teil, 2003 waren es bereits vier westdeutsche Städte (Frankfurt am Main, Fürth, Göttingen, Augsburg).

<sup>21</sup> Vgl. auch AHRENS/BADROW/KUNERT/LIEßKE (2003), S. 10

<sup>22</sup> Vgl. Selektivitätsanalysen in DIW/INFAS 2003, S. 48 ff.

Seit dem SrV 2003 wurde die SrV-Zeitreihe wieder im üblichen Fünfjahresrhythmus fortgeschrieben. Die Erfahrungen des SrV-Befragungsdurchganges 1998 erforderten eine Überarbeitung des Erhebungskonzeptes. Dies erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes ‚KONTIV/SrV – Kompatibilität von Verkehrserhebungen‘, das als Teilprojekt der Erhebung ‚Mobilität in Deutschland – MiD 2002‘ durchgeführt wurde.<sup>23</sup> Ein Hauptziel lag dabei in der Verbesserung der Kompatibilität zur Verkehrserhebung des Bundes ‚Mobilität in Deutschland – MiD 2002‘. Deshalb orientiert sich die Methode des SrV 2003 weitgehend am Konzept der MiD und wurde auch als telefonisch-schriftlich/postalische Befragung durchgeführt.

Im Ergebnis des Projektes lagen sowohl methodische als auch inhaltliche Festlegungen vor, die zur Verbesserung der Vergleichbarkeit beider Erhebungen beitrugen. Einige zentrale SrV-Elemente, wie die Begrenzung auf den Befragungszeitraum im Frühjahr sowie die Konzentration auf den mittleren Werktag, wurden beibehalten, um die Vergleichbarkeit innerhalb der SrV-Zeitreihe sicherzustellen.

„Mobilität in Städten – SrV“ liefert grundsätzlich wie MiD vergleichbare Aussagen zum Verkehrsverhalten. Jedoch ist zu beachten, dass SrV eine städtische Verkehrsbefragung ist. Im Gegensatz zur MiD wird es dadurch möglich, auch Auswertungen zum Binnenverkehr einer speziellen Stadt (d. h. Ortsveränderungen die „Innerorts“ stattfinden) vorzunehmen. Darüber hinaus sind Daten im Wesentlichen zum Verkehrsverhalten in den neuen Bundesländern über eine lange Zeitreihe vorhanden. Die Gesamtstichprobe betrug im SrV 2003 13.529 Haushalte, 33.278 Personen und 100.492 Wege.<sup>24</sup>

### Deutsches Mobilitätspanel (MOP)

Das Deutsche Mobilitätspanel ist als kontinuierlich durchgeführte Erhebungsreihe mit dem Ziel konzipiert worden, einerseits als Bindeglied zwischen den Erhebungspausen der KONTIV/MiD zu fungieren, andererseits als Längsschnitterhebung intrapersonelle Verkehrsverhaltensänderungen zu erfassen. Die Stichprobe ist ein rotierendes Panel, in

dem jährlich das Mobilitätsverhalten von ca. 750-1.000 Haushalten mit ca. 1.500-2.000 Personen, über einen längeren Zeitraum (i. d. R. eine Woche) erhoben wird. Etwa zwei Drittel dieser Personen sind dabei Wiederholer. Insgesamt werden pro Jahr für den Berichtszeitraum etwa 37.000 Wege erfasst. Spezielle Erhebungen zur Fahrleistung und zu Kraftstoffverbräuchen erfolgen jährlich für etwa 350 Pkw.<sup>25</sup>

Die Ergebnisse der Panelerhebungen lassen sich in Verbindung mit den Querschnittsbefragungen KONTIV und SrV einordnen und nutzen. Ein direkter Vergleich mit MiD- oder SrV-Daten bedarf, angesichts der grundsätzlich anderen Zielsetzung des MOP, jedoch einer besonderen Beachtung der Panelstruktur.<sup>26</sup> Zur Panelproblematik gibt es sowohl national als auch international eine Vielzahl von Veröffentlichungen.

## 2.5 Fahrleistungsprognosen

Aussagen zur künftigen Entwicklung der Fahr- bzw. Verkehrsleistung von Fahrzeugen bzw. Fußgängern sind bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen getroffen worden. Dabei unterscheiden sich die Prognosen häufig hinsichtlich Komplexität und Genauigkeitsanforderung deutlich. Im Rahmen der Recherche fand eine Auswertung insbesondere der folgenden Untersuchungen statt:

- OELTZE, S.; BRACHER, T. et al.: „Mobilität 2050 – Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050“
- BVU, DLR, ISL (Hrsg.): „Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr“
- Shell Deutschland Oil, External Affairs Central Europe (Hrsg.): „Shell – Pkw-Szenarien bis 2030 – Flexibilität bestimmt Motorisierung“. (Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2030)
- Shell Deutschland (Hrsg.): „Shell – Pkw-Szenarien – Mehr Autos – weniger Verkehr?“. (Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020)
- Prognos (Hrsg.): „Erarbeitung von Entwürfen alternativer verkehrspolitischer Szenarien zur Verkehrsprognose 2015“.

<sup>23</sup> Vgl. AHRENS/BADROW/KUNERT/LIEßKE (2003)

<sup>24</sup> Vgl. WITTEWITZ (2008), S. 107

<sup>25</sup> IFV KARLSRUHE (2007)

<sup>26</sup> Siehe dazu auch AHRENS/BADROW/KUNERT/LIEßKE (2003), S. 6

| Altersgruppe | 2005 Analyse | 2020    |               |         |               |         |               |         |               |
|--------------|--------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
|              |              | V1 – W1 | Veränd. in %* | V1 – W2 | Veränd. in %* | V2 – W1 | Veränd. in %* | V2 – W2 | Veränd. in %* |
| 0 bis u. 15  | 11.650       | 9.846   | -15,5         | 10.053  | -13,7         | 9.846   | -15,5         | 10.055  | -13,7         |
| 15 bis u. 18 | 2.908        | 2.148   | -26,1         | 2.174   | -25,2         | 2.148   | -26,1         | 2.174   | -25,2         |
| 18 bis u. 25 | 6.782        | 5.692   | -16,1         | 5.825   | -14,1         | 5.692   | -16,1         | 5.827   | -14,1         |
| 25 bis u. 45 | 23.736       | 19.536  | -17,7         | 20.194  | -14,9         | 19.533  | -17,7         | 20.194  | -14,9         |
| 45 bis u. 65 | 21.492       | 24.270  | 12,9          | 24.482  | 13,9          | 24.283  | 13,0          | 24.498  | 14,0          |
| 65 bis u. 75 | 9.134        | 9.134   | 0,0           | 9.154   | 0,2           | 9.189   | 0,6           | 9.208   | 0,8           |
| 75 u. älter  | 6.736        | 9.430   | 40,0          | 9.446   | 40,2          | 9.762   | 44,9          | 9.776   | 45,1          |
| Insg.        | 82.438       | 80.057  | -2,9          | 81.328  | -1,3          | 80.464  | -2,4          | 81.736  | -0,9          |

\* Basis: 2005

Tab. 1: Veränderung der Altersstruktur für den Prognosezeitraum (Angaben in 1.000 Personen)

Auf Basis dieser Arbeiten lassen sich Eckwerte zur Verkehrs- bzw. Fahrleistungsentwicklung gewinnen, die als Grundlage der Prognose für die vorliegende Untersuchung dienen.

### 3 Quantifizierbare Rahmenbedingungen der Verkehrssicherheit

#### 3.1 Demografische Entwicklung

Es ist davon auszugehen, dass die Entwicklung der Bevölkerung, insbesondere Veränderungen in der Altersstruktur, einen Einfluss auf die Fahrleistung und damit auch auf das Unfallgeschehen ausübt.

Aus diesem Grund ist es erforderlich, demografische Veränderungen bis zum Jahr 2020 mit hinreichender Genauigkeit zu prognostizieren, um mögliche verkehrssicherheitsrelevante Verschiebungen hinsichtlich Anzahl und Struktur berücksichtigen zu können.

Eine gute Grundlage bietet hierfür die 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes, in deren Rahmen zwölf verschiedene Varianten für die Prognose der Bevölkerungsentwicklung erarbeitet wurden. Die zwölf Varianten resultieren aus unterschiedlichen Kombinationen der Annahmen zur Geburtenhäufigkeit, Lebenserwartung und vor allem zum Wanderungssaldo. Dabei sind vier Varianten für die Entwicklung bis zum Jahr 2020 für die Prognose des Unfallgeschehens von Bedeutung.

Variante 1 – W1 geht von einer Lebenserwartung Neugeborener im Jahr 2050 von 83,5 Jahren (männlich) bzw. 88,0 Jahren (weiblich) und einem jährlichen Wanderungssaldo von 100.000 Personen aus.

Variante 1 – W2 geht von der gleichen Lebenserwartung und einem höheren Wanderungssaldo von 200.000 Personen pro Jahr aus.

Variante 2 – W1 geht von einer Lebenserwartung Neugeborener im Jahre 2050 von 85,4 Jahren (männlich) bzw. 89,8 Jahren (weiblich) und einem jährlichen Wanderungssaldo von 100.000 Personen aus.

Variante 2 – W2 geht von der gleichen Lebenserwartung wie Variante 2 – W1 und einem höheren Wanderungssaldo von 200.000 Personen pro Jahr aus.

Für alle vier Varianten wird eine annähernd konstante Geburtenhäufigkeit von 1,4 Kindern je Frau angesetzt.

Hierbei zeigt sich (vgl. Tabelle 1), dass grundsätzlich bei allen vier betrachteten Varianten die Bevölkerung bis zum Jahr 2020 in den Altersgruppen „0 bis u. 15“, „15 bis u. 18“, „18 bis u. 25“ und „25 bis u. 45“ gegenüber dem Analysejahr 2005 deutlich schrumpfen wird (Abnahme zwischen 13,7 % und 26,1 %).

Im Gegensatz dazu, nimmt die Bevölkerung in der Altersgruppe „45 bis u. 65“ in allen Varianten um 13 bis 14 % zu. Die Altersgruppe der „65- bis u. 75-Jährigen“ bleibt nahezu unverändert und die Bevölkerung in der Altersgruppe „75 und älter“ nimmt deutlich, nämlich um 40 % in den Varianten V1 – W1 und V1 – W2 sowie um 45 % in den Varianten V2 – W1 und V2 – W2, zu.

Bezogen auf die Gesamtbevölkerung gibt es im Prognosezeitraum voraussichtlich nur geringfügige Veränderungen. Tendenziell ist die Entwicklung in allen Szenarien leicht abnehmend (zwischen 0,9 und 2,9 %).

Derartige, zum Teil gravierende, Veränderungen in der Altersstruktur werden künftig einen spürbaren Einfluss sowohl auf die Fahrleistungen in den einzelnen Altersgruppen als auch auf das Unfallgeschehen ausüben. So wird beispielsweise die zahlenmäßig reduzierte „Risiko-Altersgruppe“ der „18- bis u. 25-Jährigen“ eine Verringerung der Unfallzahlen zur Folge haben.

Die annähernde Verdoppelung der Personen in der Altersgruppe „75 und älter“ bis zum Jahr 2020 wird zu einer deutlich höheren Verkehrsbeteiligung älterer Personen führen. Die dargelegten Zusammenhänge verdeutlichen, dass die demografische Entwicklung der Bevölkerung eine wesentliche sicherheitsrelevante Einflussgröße darstellt und sie demzufolge in dem zu entwickelnden Prognosemodell in exponierter Form Berücksichtigung finden muss.

### 3.2 Entwicklung des Fahrerlaubnisbesitzes

Für die vorliegende Fragestellung ist insbesondere der Fahrerlaubnisbesitz für Pkw, Motorrad und Moped von Bedeutung. Dazu lagen dem Forschungsnehmer für jede Fahrerlaubnisklasse die auf Basis des Jahres 2002 für die Jahre 2003 und 2004 fortgeschriebenen Einzeldaten für jedes Geburtsjahr/jede Bevölkerungskohorte aus KALINOWSKA et al. (2006) vor. Auf dieser Grundlage wurde die im vorliegenden Projekt verwendete Altersgruppierung generiert.

Die Kfz-Verfügbarkeit ist ein zentraler Parameter, der das Verkehrsverhalten der Bevölkerung determiniert. Durch den Erwerb einer Fahrerlaubnis (FE) entfällt die gesetzliche Zugangsbeschränkung für die geltende Kraftfahrzeugart. Dadurch wird eine

unmittelbare Kfz-Verfügbarkeit grundsätzlich erst möglich. Dieser Sachverhalt gilt als maßgeblich verhaltensbeeinflussend.

Der Besitz einer Fahrerlaubnis ist als Indikator der Kfz-Verfügbarkeit gut geeignet. Häufig wird dieser durch andere Indikatoren ergänzt bzw. kombiniert (z. B. Pkw-Motorisierung des Haushalts). Der Vorteil des Parameters „Fahrerlaubnisbesitz“ liegt in seiner Prognostizierbarkeit. Daher findet dieser im vorliegenden Modellansatz Verwendung.

Um eine aussagekräftige Zeitreihe zu erstellen, kann die Vergangenheitsentwicklung für den Zeitraum von 1999 bis 2002 prinzipiell unter Zugrundelegung des in KALINOWSKA et al. (2006) beschriebenen Fortschreibungsverfahrens rekonstruiert werden.

Für eine Rückrechnung sind für jedes Geburtsjahr/jede Bevölkerungskohorte des entsprechenden Jahres u. a. folgende Informationen erforderlich:<sup>27</sup>

- Erteilungen von FE,
- Entziehungen von FE (z. B. infolge von Strafmaßnahmen),
- Umschreibungen von FE,
- Wegfall von FE durch Tod (Gestorbene mit FE),
- Zuzüge von Personen mit FE aus dem Ausland und
- Fortzüge von Personen mit FE ins Ausland.

| AG           | 1991 gegenüber 1998<br>Veränderungsrate | 1998 gegenüber 2003<br>Veränderungsrate |
|--------------|---|---|
| 0 bis u. 15  | 0                                       | 0                                       |
| 15 bis u. 18 | 1,24                                    | 0,31                                    |
| 18 bis u. 25 | 0,91                                    | 0,99                                    |
| 25 bis u. 45 | 1,00                                    | 1,01                                    |
| 45 bis u. 65 | 1,03                                    | 1,09                                    |
| 65 bis u. 75 | 0,86                                    | 1,20                                    |
| 75 u. älter  | 1,18                                    | 1,53                                    |

Quelle: eigene Berechnung basierend auf SOEP 1991, 1998, 2003, vgl. Tabelle SOEP Pkw-Fahrerlaubnis im Projektbericht

**Tab. 2:** Veränderungsrate der Ausstattungsquote mit Pkw-Fahrerlaubnis

<sup>27</sup> Vgl. KALINOWSKA et al. (2006), S. 78

Dieses hinsichtlich der Datenbeschaffung aufwändige Verfahren, in dem wiederum bestimmte Annahmen getroffen werden müssen, rechtfertigt eine Anwendung im Rahmen des vorgesehenen Projektumfangs nicht. Darüber hinaus wird die Datenbeschaffung für den Zeitraum vor 1999 aufgrund nicht zentral geführter Register für Erteilungen/Entziehungen von FE als praktisch undurchführbar erachtet. Daher wird zur Abschätzung der Vergangenheitsentwicklung zunächst folgender vereinfachter Ansatz gewählt:

Aus dem sozioökonomischen Panel der Jahrgänge 1991, 1998, 2003 sind Veränderungsraten des FE-Besitzes nach Altersgruppen berechenbar. Für Pkw-Fahrerlaubnisse liegen die im SOEP für 2003 ermittelten Ausstattungsquoten/Besitzquoten in einer ähnlichen Größenordnung wie nach KALINOWSKA et al. (2006). Daher werden die Veränderungsraten/Steigerungsfaktoren der Jahre 1991 gegenüber 1998 bzw. 1998 gegenüber 2003 aus dem SOEP zugrunde gelegt (Tabelle 2).

Daraus kann der FE-Besitz für Pkw für 1991 und 1998 abgeleitet werden. Die Ermittlung der Besitzquoten für die übrigen Jahre erfolgt durch Interpolation bzw. Extrapolation. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst dargestellt.

Die Abschätzung der Vergangenheitsentwicklung der FE-Ausstattungsquoten „Motorrad“ und „Moped“ gestaltet sich deutlich schwieriger. Die im SOEP ausgewiesenen Ausstattungsquoten unterscheiden sich, insbesondere in den oberen Altersgruppen, erheblich von denen aus KALINOWSKA et al. (2006). Demzufolge sind auch die Veränderungsraten des SOEP nicht ohne weiteres übertragbar.

Für Motorrad-FE (1, 1a, 1b bzw. A, A1) bedeutet dies, dass ohne vertiefende Analysen keine fundierten Rückschlüsse auf die Vergangenheitsentwicklung gezogen werden können und demnach die Werte von 2003 zunächst als konstant anzunehmen sind.

| AG           | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    |
| 0 bis u. 15  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 15 bis u. 18 | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |
| 18 bis u. 25 | 78,1 | 77,2 | 76,2 | 75,2 | 74,2 | 73,2 | 72,3 | 71,3 | 71,1 | 70,9 | 71,6 | 72,3 | 70,6 | 70,4 | 69,8 | 69,3 |
| 25 bis u. 45 | 88,8 | 88,8 | 88,8 | 88,7 | 88,7 | 88,6 | 88,6 | 88,6 | 88,8 | 89,0 | 89,3 | 89,7 | 89,4 | 89,2 | 89,3 | 89,3 |
| 45 bis u. 65 | 73,9 | 74,2 | 74,6 | 74,9 | 75,3 | 75,6 | 76,0 | 76,3 | 78,1 | 79,8 | 81,2 | 82,5 | 83,3 | 84,1 | 85,0 | 85,8 |
| 65 bis u. 75 | 63,9 | 62,6 | 61,3 | 60,0 | 58,7 | 57,4 | 56,0 | 54,7 | 57,5 | 60,3 | 62,4 | 64,4 | 65,8 | 67,4 | 67,7 | 68,0 |
| 75 u. älter  | 23,1 | 23,7 | 24,3 | 25,0 | 25,6 | 26,2 | 26,8 | 27,4 | 31,0 | 34,6 | 37,1 | 39,5 | 41,8 | 44,0 | 45,6 | 47,3 |

Quelle: KALINOWSKA et al. (2006): „Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland“. Jahre 2003, 2004: Berechnungen des DIW, Trend: Sozioökonomisches Panel, Zwischenwerte abgeschätzt (interpoliert/extrapoliert)

Tab. 3: Pkw-Fahrerlaubnisbesitz nach Altersgruppen von 1991 bis 2006

| AG           | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    | %    |
| 0 bis u. 15  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 15 bis u. 18 | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,5  | 6,5  | 6,5  |
| 18 bis u. 25 | 79,1 | 78,1 | 77,1 | 76,1 | 75,1 | 74,1 | 73,1 | 72,1 | 72,4 | 72,6 | 72,8 | 73,0 | 71,4 | 71,3 | 70,7 | 70,2 |
| 25 bis u. 45 | 88,9 | 88,9 | 88,8 | 88,8 | 88,8 | 88,7 | 88,7 | 88,6 | 88,9 | 89,2 | 89,5 | 89,7 | 89,4 | 89,5 | 89,5 | 89,6 |
| 45 bis u. 65 | 73,9 | 74,3 | 74,6 | 75,0 | 75,3 | 75,7 | 76,0 | 76,4 | 77,9 | 79,4 | 81,0 | 82,5 | 83,4 | 84,3 | 85,1 | 85,9 |
| 65 bis u. 75 | 63,9 | 62,6 | 61,3 | 60,0 | 58,7 | 57,4 | 56,1 | 54,7 | 57,2 | 59,6 | 62,0 | 64,4 | 65,8 | 67,5 | 67,7 | 68,0 |
| 75 u. älter  | 23,1 | 23,7 | 24,3 | 24,9 | 25,5 | 26,1 | 26,7 | 27,3 | 30,4 | 33,4 | 36,5 | 39,5 | 41,8 | 43,8 | 45,4 | 47,1 |

Quelle: KALINOWSKA et al. (2006): „Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland“. Jahre 2003, 2004: Berechnungen des DIW, Trend: Entwickl. Pkw-FE im Sozioökonomischen Panel, Zwischenwerte abgeschätzt (interpoliert/extrapoliert)

Tab. 4: Moped-Fahrerlaubnisbesitz nach Altersgruppen von 1991 bis 2006

Für die Moped-FE (Klasse 4 bzw. M) kann die Entwicklung der Pkw-FE als Gradmesser genutzt werden. Dies wird damit begründet, dass bei Erteilung einer Pkw-FE die Klasse 4 bzw. M automatisch mit erteilt wird. Mit Ausnahme der jüngeren Altersgruppen (insb. „15 bis u. 18 Jahre“) orientiert sich die Entwicklung der FE der Klasse M maßgeblich an der von Pkw-FE.<sup>28</sup> Demzufolge erscheint es gerechtfertigt, o. g. Veränderungsdaten der Pkw-FE in erster Näherung auch für die Entwicklung der Moped-FE anzusetzen. Lediglich in der Altersgruppe „15 bis u. 18 Jahre“ wird der Wert von 2002 mangels gesicherter Informationen für alle anderen Jahre übernommen (vgl. Tabelle 4).

### 3.3 Entwicklung des Fahrzeugbestandes

Die Bestandsentwicklung motorisierter, aber auch nichtmotorisierter Fahrzeuge wird im Wesentlichen durch die Bevölkerungs- und Haushaltsgrößenentwicklung sowie die Wirtschaftsentwicklung (dazu gehört u. a. auch die Entwicklung des Pro-Kopf-Einkommens der Bevölkerung) bestimmt. Darüber hinaus gibt es weitere Größen, wie z. B. individuelle Einstellungen/Verhaltensweisen, ordnungs-, preis- und steuerpolitische Maßnahmen, die ihrerseits Einfluss auf die Bestandsentwicklung haben.

Sowohl in den alten als auch in den neuen Bundesländern waren und sind bislang stets steigende Pkw-Bestände festzustellen. Diese bewegten sich bekanntermaßen vor 1990 unabhängig voneinander auf unterschiedlichem Niveau. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands haben die NBL zunächst eine progressive Entwicklung der Bestandszahlen gezeigt, mittlerweile hat sich der Motorisierungsgrad<sup>29</sup> immer mehr an den der ABL angenähert. Generell ist seit den 1990er Jahren für den Pkw-Bestand Gesamtdeutschlands ein weiterhin steigender – in seiner Stärke jedoch gedämpfter – Trend zu verzeichnen (vgl. Bild 10). Interessant ist auch die Entwicklung der Pkw-Bestände differenziert nach Antriebsarten. Dabei zeigten bislang die Dieselfahrzeuge seit 1990 einen stetig steigenden Trend. Bei Pkw mit Otto-Motor ist dieser seit 2001 tendenziell rückläufig.

Zugenommen hat seit der Jahrtausendwende insbesondere der Anteil sonstiger Antriebsarten. Im

Zeitraum von 2003 bis 2006 ist nahezu eine Ver vierfachung des Bestandes zu verzeichnen. Insgesamt ist der Anteil sonstiger Antriebsarten, gemessen an allen Pkw, jedoch noch gering.

Die meisten Prognosen gehen i. Allg. von weiter wachsenden Beständen und Pkw-Dichten aus. DUDENHÖFFER (2004, S. 134 ff.) führt als Gründe dafür an, dass bis 2015 diese Erwartung aufgrund neuer Fahrzeugkonzepte besteht, erst nach 2015 führt die demografische Entwicklung nach seiner Ansicht zu einem Bremsen des Wachstums der Pkw-Dichte.

Bild 11 zeigt die Bestandsentwicklung weiterer Fahrzeugarten. Dabei ist insbesondere der stark

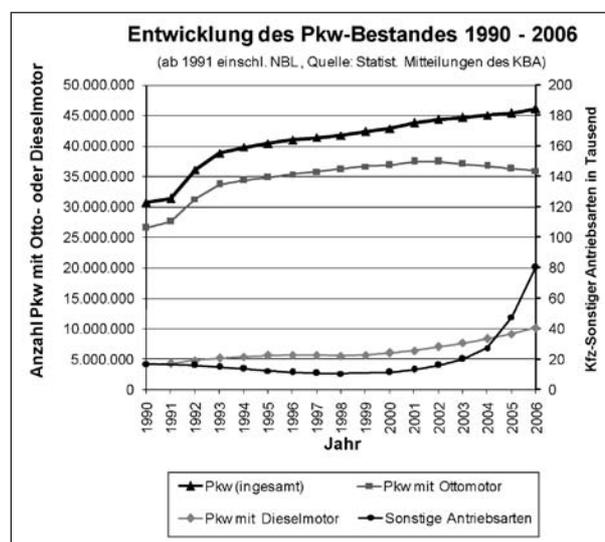


Bild 10: Entwicklung des Pkw-Bestandes 1990-2006 (Gesamtdeutschland)

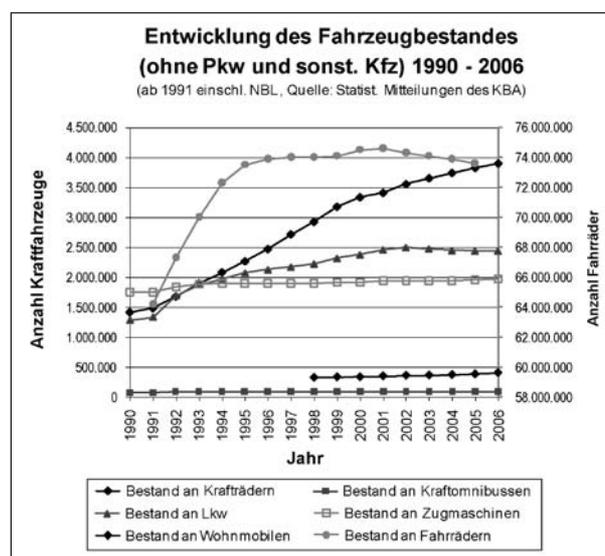


Bild 11: Entwicklung ausgewählter Fahrzeugarten von 1990-2006

<sup>28</sup> Vgl. dazu Ausführungen in KALINOWSKA et al. (2006), S. 96

<sup>29</sup> Ausgedrückt in Fahrzeugen je 1.000 Einwohner

ansteigende Bestand an Krafträdern im Zeitraum von 1990 bis 2006 hervorzuheben. Bemerkenswert ist auch die Bestandsentwicklung für Fahrräder. Während von 1991 bis 1996 ein starker Anstieg zu verzeichnen ist, schwankt seit 1999 der Bestand zwischen 74 und 75 Mio. Fahrrädern. Seit 2002 nimmt der Bestand wiederum leicht ab.

Darüber hinaus lassen sich weitere – auch die Verkehrssicherheit beeinflussende – Faktoren aus der Vergangenheitsentwicklung des Bestandes ablesen. Bild 12 zeigt die Entwicklung des durchschnittlichen Flottenalters unterschiedlicher Kraftfahrzeugarten. Deutlich zu erkennen ist ein über alle Fahrzeugarten zu verzeichnender Anstieg des Durchschnittsalters. Besonders deutlich trifft dieser Sachverhalt auf Zugmaschinen und Krafträder zu. Allerdings zeigen auch alle übrigen Fahrzeugarten eine steigende Alterung des Fahrzeugkollektivs. Gründe dafür sind einerseits bei ökonomischen Randbedingungen zu suchen, andererseits ist sicher auch eine steigende Fahrzeugqualität für längere Haltedauern verantwortlich. Bedeutung für die Entwicklung der Verkehrssicherheit erlangt dieser Umstand dadurch, dass technische Innovationen und Weiterentwicklungen, z. B. der passiven Fahrzeugsicherheit, bei längeren Haltedauern erst deutlich später als bislang sich in der Fahrzeugflotte niederschlagen und damit zu einem sicherheitsrelevanten Einflussfaktor werden.

### 3.4 Zusammenhang zwischen Fahrzeugbestand und Fahrerlaubnisbesitz

Ein für die vorliegende Fragestellung zentraler Parameter ist der Zugang zu Kraftfahrzeugen, häufig auch als Kfz-Verfügbarkeit bezeichnet. Dabei sind der Pkw als die das Unfallgeschehen (insb. der Unfallanzahl) am stärksten beeinflussende Fahrzeugart und der Zugang zu dieser von wesentlicher Bedeutung. Die Frage, die sich dem Prognostiker dabei stellt, ist, wie dieser Sachverhalt modellmäßig berücksichtigt werden kann. In Kapitel 3.2 wurde diese Problematik bereits angesprochen.

Bild 13 zeigt neben dem Pkw-Bestand und dem Bestand an Personen mit Pkw-FE zusätzlich den Quotienten aus beiden Werten. Dieser Quotient kann als Indikator verwendet werden, um zu beurteilen, inwieweit die Entwicklung des Fahrerlaubnisbesitzes im Zusammenhang mit der des Pkw-Bestandes steht.

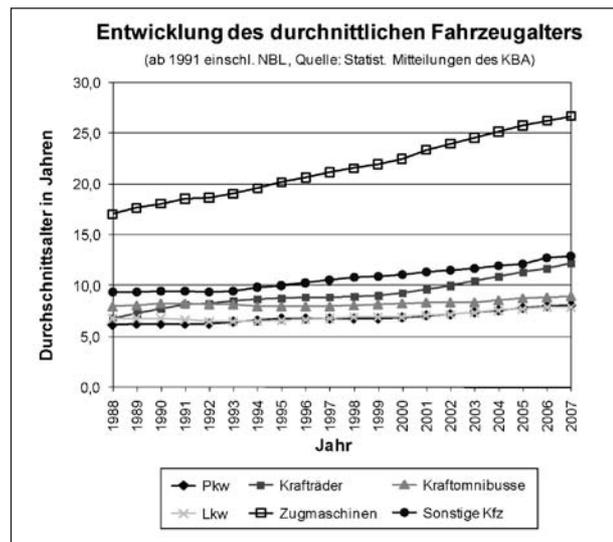


Bild 12: Entwicklung des durchschnittlichen Kraftfahrzeugalters von 1988-2007

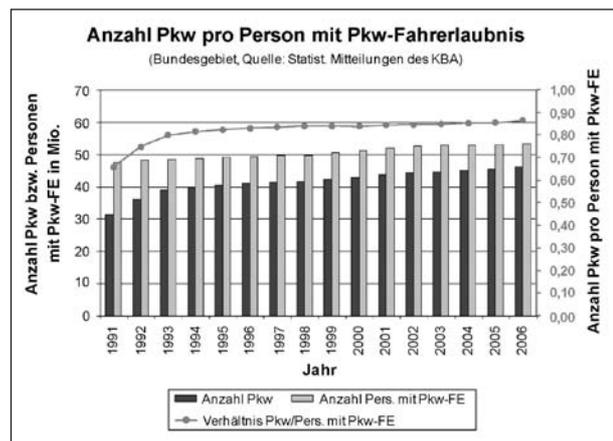


Bild 13: Zusammenhang zwischen Pkw-Bestand und Bestand an Pkw-Fahrerlaubnissen

### 3.5 Entwicklung der Fahrleistungen

#### 3.5.1 Vergangenheitsentwicklung differenziert nach Fahrzeugarten und Ortslage

##### Gesamtjahresfahrleistung aller Kraftfahrzeuge nach Ortslage

Fahrleistungen nach Fahrzeugarten und Ortslage sind für die ABL für den Zeitraum von 1960-1990, für die NBL für den Zeitraum 1991-1997 und für Gesamtdeutschland für 1991-1997 in RATZENBERGER (2000) enthalten. Ausgangspunkt der Fahrleistungsbetrachtung bilden dabei die revidierten Eckwerte zur Inlandsfahrleistung aller Kraftfahrzeuge des DIW. Die Fahrleistungswerte aller Kraftfahrzeuge für 1994-2003 werden KALINOWSKA et al. (2005, S. 86) entnommen. Darüber hinaus können

aus KALINOWSKA et al. (2005, S. 88) für den Zeitraum von 1993-2003 Fahrleistungseckwerte für Autobahnen, auf Basis der automatischen Straßenverkehrs-zählungen der BAST, genutzt werden. Zwei weitere Stützstellen zur Vervollständigung des Fahrleistungsmengengerüsts bis zum Analysejahr 2006 sind durch die manuellen Straßenverkehrs-zählungen der Jahre 2000 und 2005 gegeben.

Die Außerortsfahrleistung auf Autobahnen aus LENSING (2003, S. 19) stimmt für das Jahr 2000 mit der in KALINOWSKA et al. (2005, S. 88) ausgewiesenen Kenngröße überein. Der Fahrleistungswert für die Außerortsstrecken ohne BAB für das Jahr 2000 kann in LENSING (2003) nicht direkt abgelesen werden. Aus diesem Grund ist eine näherungsweise Ermittlung erforderlich. Aus der Straßenverkehrs-zählung 2000 ergibt sich für die „freie Strecke“ im Zeitraum von 1995-2000 die folgende Entwicklung der Jahresfahrleistung nach Straßenklassen<sup>30</sup>.

Unter der Annahme, dass auf den o. g. vier klassifizierten Straßenkategorien der „freien Strecke“ im Wesentlichen die Außerortsfahrleistung erbracht wird und die darin enthaltene Innerortsfahrleistung vernachlässigbar gering ist, gilt folgender Zusammenhang:

$$JFL_{Kfz}(\text{Gesamt}) = JFL_{Kfz}(\text{BAB}) + JFL_{Kfz}(\text{B}) + JFL_{Kfz}(\text{L}) + JFL_{Kfz}(\text{K}) + JFL_{Kfz}(\text{innerorts}) \quad (3.1)$$

<sup>30</sup> Vgl. LENSING (2003) S. 16 f.

Da für Kreisstraßen seit der SVZ 2000 keine Fahrleistung mehr ausgewiesen wird, muss diese aus den Werten des Jahres 1995 indirekt unter Hinzuziehung der Werte aus RATZENBERGER (2000) berechnet werden. Dieser Rückrechnung sind die in Tabelle 5 dargestellten Veränderungs-raten zugrunde gelegt. Die Verfahrensweise ist dem ausführlichen Projektbericht zu entnehmen.

Für das Jahr 2002 sind Informationen für Außerortsstrecken ohne BAB und Innerortsstrecken nach dem oben dargestellten Verfahren nicht mehr herzuleiten. Dies ist vor allem mit einer Umstellung der BAST-Fahrleistungserhebung zu begründen, die zur Folge hat, dass aktuell nur noch in die Fahrzeugarten Leicht- und Schwerverkehr (vgl. Bild 14) sowie nach den Straßenklassen Autobahnen, außerörtliche Bundesstraßen und übrige Straßen unterschieden wird.

| Straßenklassen (Angaben für freie Strecke) | Rel. Veränderung 2000 gegenüber 1995 | Jahresfahrleistung (JFL) (2000) in Mrd. Fzkm |
|--|--------------------------------------|--|
| BAB  | +13,6 %                              | 203,379                                      |
| Bundesstraßen (B)                          | +1,4 %                               | 108,172                                      |
| Landes-/Staatsstraßen (L)                  | +3,6 %                               | 93,853                                       |
| Kreisstraßen (K)*                          | +4,5 %                               | k. A.  |

Datengrundlage: SVZ 2000 \* nur 8 alte Bundesländer

Tab. 5: Relative Veränderung der Jahresfahrleistung aller Kfz im Zeitraum 1995 bis 2000 in Abhängigkeit von der Straßenklasse

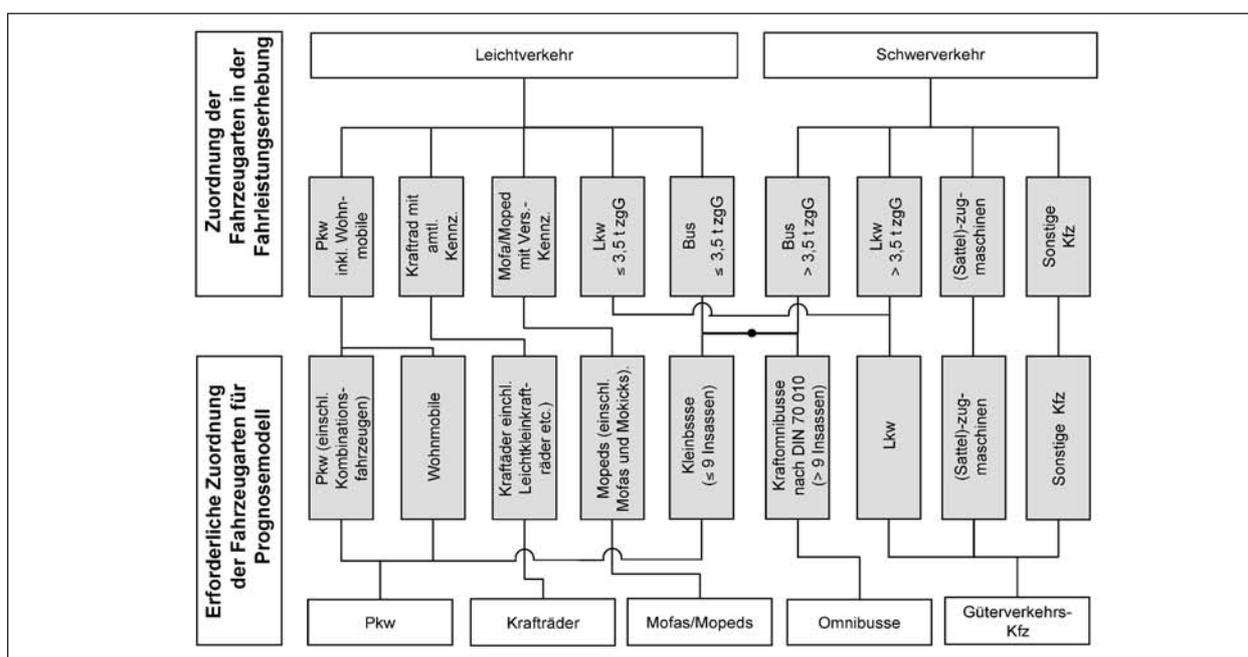


Bild 14: Darstellung der Unterschiede für die Zuordnung der Fahrzeugarten aus der Fahrleistungserhebung 2002 für das Prognosemodell

Eine weitere Stützstelle ergibt sich durch die SVZ 2005. Für BAB, B- und L-Straßen sind Fahrleistungswerte bekannt. Für Niedersachsen erfolgte 2005 jedoch keine Zählung auf L-Straßen. Daher wurde näherungsweise der Wert der SVZ 2000 für Niedersachsen für 2005 übernommen. Darüber hinaus musste für K-Straßen der Wert geschätzt werden. Es wurde ein leichter Rückgang der Fahrleistungen gegenüber 2000 angenommen. Diese Einschätzung stützt sich auf eine entsprechende qualitative Aussage zur SVZ 2005 (KATHMANN (2007, S. 17).

Damit steht ein entsprechender Wert für die Außerortsfahrleistung ohne BAB zur Verfügung. Die Innerortsfahrleistung kann wiederum durch Differenzbildung ermittelt werden. Die exakte Berechnungsvorschrift ist wiederum dem ausführlichen Projektbericht zu entnehmen.

Die Gesamtjahresfahrleistungen (alle Kfz) für die Jahre 2004-2006 wurden anhand der Veränderungsraten der Inländerfahrleistungen aus BMVBS (2007) bestimmt. Die ausgewiesenen prozentualen Veränderungen gegenüber dem Vorjahr wurden beginnend mit dem DIW-Eckwert 2003 fortgeschrieben. Den Gesamtüberblick des zur Verfügung stehenden Datenbestandes für Kfz (insgesamt) zeigt Tabelle 6. Die noch fehlenden Werte waren entsprechend anzunähern bzw. zu interpolieren.

### Gesamtjahresfahrleistung nach Fahrzeugarten und Ortslage

Im nächsten Schritt werden die Fahrleistungen für die einzelnen Fahrzeugarten nach Ortslage differenziert abgeschätzt. Für das gesamte Bundesgebiet liegen auf Basis KALINOWSKA et al. (2005, S. 86) die Eckwerte für die Jahre 1994-2003 für die Gesamtfahrleistung der einzelnen Fahrzeugarten vor. Für die Jahre 2004-2006 erfolgte die Bestimmung wiederum anhand der jährlichen Veränderungsraten für den Inländerverkehr aus BMVBS (2007) bezogen auf die DIW-Eckwerte des Jahres 2003.

Eine empirische Stützstelle zur Aufteilung der Gesamtfahrleistung nach Fahrzeugarten und Ortslage ist für das Jahr 2000 und 2005 durch die SVZ der BAST gegeben. LENSING (2003, S. 19 ff.) und KATHMANN (2007, S. 19 ff.) ermöglichen, Fahrleistungswerte für die Autobahnen direkt zu übernehmen.

Für die näherungsweise Bestimmung der Außerortsfahrleistungen o. BAB wurde folgender Ansatz

angewandt: Ausgehend von den Werten aus LENSING (2003, S. 19) bzw. KATHMANN (2007, S. 19) ergeben sich für alle Fahrzeugarten Fahrleistungswerte für B- und L-Straßen. Die Fahrleistung auf Kreisstraßen ist nur für die ABL ausgewiesen. Für B- und L-Straßen ist nach LENSING (2003, S. 19 ff.) der Anteil der NBL an der Fahrleistung einer Fahrzeugart bekannt. Mangels besserer Datenlage wird daher davon ausgegangen, dass auch für die Kreisstraßen diese Anteile für die NBL Gültigkeit besitzen. Die Außerortsfahrleistung ohne BAB lässt sich nach folgender Beziehung berechnen.

$$FL_{(B+L+K)} = FL_{(B)} + FL_{(L)} + \frac{FL_{(K,ABL)}}{(1 - Anteil_{(NBL)})} \quad (3.2)$$

Die Innerortsfahrleistung für das Jahr 2000 ergibt sich aus der Differenzbildung. Für 2005 ist zusätzlich zu beachten, dass für Kreisstraßen keine Informationen zur Verfügung stehen. Daher wurden die Werte aus 2000 übernommen. Weiterhin wurde im Jahr 2005 in Niedersachsen auf Landstraßen nicht gezählt. Daher wurde auch hier der Wert aus der SVZ 2000 übernommen.

Für das Jahr 2002 liegen aus der BAST-Fahrleistungserhebung (Inland) für Autobahnen folgende Erkenntnisse vor. Im Leichtverkehr ( $\leq 3,5$  t) wurden 179,2436 Mrd. Fzkm ermittelt. Aus dem Jahr 2000 ist bekannt, dass auf Autobahnen die Fahrleistung von Lkw  $< 3,5$  t 8,1125 Mrd. Fzkm und von Krädern 1,3585 Mrd. Fzkm betrug. Alle übrigen o. g. Fahrzeugarten können Pkw zugerechnet werden. Demnach ergibt sich für 2002 eine Autobahnfahrleistung für Pkw von 169,773 Mrd. Fzkm.

Die Fahrleistungseckwerte für das Jahr 2000 und 2005 für Mofas/Mopeds – darunter fallen alle Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen – differenziert nach Ortslage, setzen sich wie folgt zusammen: Da Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen i. Allg. Autobahnen nicht befahren dürfen (50 km/h Begrenzung), ist der Wert für diese Ortslage „null“. Da für die Aufteilung nach Ortslage in den aktuellen Veröffentlichungen zur SVZ 2000 und 2005 kein Anhaltswert vorliegt, wird in erster Näherung der Aufteilungssatz des Jahres 1995 übernommen. Aufgrund der insgesamt sehr geringen Fahrleistung und der Aufteilung auf lediglich zwei Ortslagen ist das Fehlerrisiko als sehr niedrig einzustufen.

Nach Bestimmung der Fahrleistungen differenziert nach Kfz und Ortslage erfolgte noch eine iterative Anpassung der Randsummen. Da die Abweichungen insgesamt sehr gering waren, sind nur wenige

| Entwicklung der Kfz-Fahrleistungen<br>nach Fahrzeugarten und nach der Ortslage |                        |                          |                   |           |              |                          |                   |
|--|------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|--------------|--------------------------|-------------------|
| a) Kfz insgesamt   |                        |                          |                   |           |              |                          |                   |
| Jahr   | Mrd. Fahrzeugkilometer |                          |                   |           | Anteile in % |                          |                   |
|  | Innerorts              | Außerorts<br>ohne Autob. | Auf<br>Autobahnen | Insgesamt | Innerorts    | Außerorts<br>ohne Autob. | Auf<br>Autobahnen |
| <b>Alte Bundesländer</b>   |                        |                          |                   |           |              |                          |                   |
| 1960   | 49,159                 | 59,933                   | 10,254            | 119,346   | 41,2 %       | 50,2 %                   | 8,6 %             |
| 1961   | 54,846                 | 65,996                   | 11,977            | 132,819   | 41,3 %       | 49,7 %                   | 9,0 %             |
| 1962   | 60,196                 | 71,322                   | 13,624            | 145,142   | 41,5 %       | 49,1 %                   | 9,4 %             |
| 1963   | 65,403                 | 76,008                   | 14,953            | 156,363   | 41,8 %       | 48,6 %                   | 9,6 %             |
| 1964   | 72,714                 | 83,580                   | 17,555            | 173,849   | 41,8 %       | 48,1 %                   | 10,1 %            |
| 1965   | 78,339                 | 89,354                   | 19,884            | 187,578   | 41,8 %       | 47,6 %                   | 10,6 %            |
| 1966   | 85,280                 | 97,057                   | 22,437            | 204,775   | 41,6 %       | 47,4 %                   | 11,0 %            |
| 1967   | 87,195                 | 98,634                   | 23,496            | 209,325   | 41,7 %       | 47,1 %                   | 11,2 %            |
| 1968   | 89,620                 | 102,379                  | 25,306            | 217,305   | 41,2 %       | 47,1 %                   | 11,6 %            |
| 1969   | 93,673                 | 108,937                  | 29,518            | 232,128   | 40,4 %       | 46,9 %                   | 12,7 %            |
| 1970   | 98,343                 | 117,485                  | 35,015            | 250,843   | 39,2 %       | 46,8 %                   | 14,0 %            |
| 1971   | 106,646                | 122,500                  | 38,300            | 267,446   | 39,9 %       | 45,8 %                   | 14,3 %            |
| 1972   | 106,384                | 127,800                  | 41,400            | 275,584   | 38,6 %       | 46,4 %                   | 15,0 %            |
| 1973   | 110,925                | 130,982                  | 46,118            | 288,025   | 38,5 %       | 45,5 %                   | 16,0 %            |
| 1974   | 109,239                | 128,900                  | 45,100            | 283,239   | 38,6 %       | 45,5 %                   | 15,9 %            |
| 1975   | 115,429                | 130,584                  | 56,071            | 302,084   | 38,2 %       | 43,2 %                   | 18,6 %            |
| 1976   | 120,899                | 133,740                  | 62,496            | 317,135   | 38,1 %       | 42,2 %                   | 19,7 %            |
| 1977   | 124,800                | 136,951                  | 69,079            | 330,829   | 37,7 %       | 41,4 %                   | 20,9 %            |
| 1978   | 130,000                | 144,718                  | 73,020            | 347,738   | 37,4 %       | 41,6 %                   | 21,0 %            |
| 1979   | 137,209                | 145,842                  | 78,191            | 361,242   | 38,0 %       | 40,4 %                   | 21,6 %            |
| 1980   | 144,701                | 142,624                  | 80,707            | 368,033   | 39,3 %       | 38,8 %                   | 21,9 %            |
| 1981   | 128,401                | 139,696                  | 81,738            | 349,834   | 36,7 %       | 39,9 %                   | 23,4 %            |
| 1982   | 131,401                | 145,309                  | 84,787            | 361,496   | 36,3 %       | 40,2 %                   | 23,5 %            |
| 1983   | 134,099                | 150,256                  | 88,696            | 373,052   | 35,9 %       | 40,3 %                   | 23,8 %            |
| 1984   | 137,900                | 154,257                  | 92,625            | 384,781   | 35,8 %       | 40,1 %                   | 24,1 %            |
| 1985   | 137,301                | 152,712                  | 94,526            | 384,538   | 35,7 %       | 39,7 %                   | 24,6 %            |
| 1986   | 147,700                | 161,509                  | 102,938           | 412,147   | 35,8 %       | 39,2 %                   | 25,0 %            |
| 1987   | 156,500                | 169,320                  | 110,184           | 436,003   | 35,9 %       | 38,8 %                   | 25,3 %            |
| 1988   | 161,899                | 177,831                  | 119,941           | 459,672   | 35,2 %       | 38,7 %                   | 26,1 %            |
| 1989   | 158,299                | 183,598                  | 127,424           | 469,321   | 33,7 %       | 39,1 %                   | 27,2 %            |
| 1990   | 151,000                | 201,850                  | 135,650           | 488,499   | 30,9 %       | 41,3 %                   | 27,8 %            |
| <b>Deutschland</b>   |                        |                          |                   |           |              |                          |                   |
| 1991   | 180,454                | 237,814                  | 155,952           | 574,219   | 31,4 %       | 41,4 %                   | 27,2 %            |
| 1992   | 179,124                | 246,008                  | 164,830           | 589,962   | 30,4 %       | 41,7 %                   | 27,9 %            |
| 1993   | 174,333                | 251,354                  | 172,208           | 597,895   | 29,2 %       | 42,0 %                   | 28,8 %            |
| 1994   | 182,490                | 253,910                  | 175,701           | 612,100   | 29,8 %       | 41,5 %                   | 28,7 %            |
| 1995   | 189,281                | 254,231                  | 179,088           | 622,600   | 30,4 %       | 40,8 %                   | 28,8 %            |
| 1996   | 190,976                | 256,624                  | 181,700           | 629,300   | 30,3 %       | 40,8 %                   | 28,9 %            |
| 1997   | 190,604                | 256,796                  | 187,100           | 634,500   | 30,0 %       | 40,5 %                   | 29,5 %            |
| 1998   | 194,009                | 261,691                  | 193,100           | 648,800   | 29,9 %       | 40,3 %                   | 29,8 %            |
| 1999   | 200,347                | 270,253                  | 199,500           | 670,100   | 29,9 %       | 40,3 %                   | 29,8 %            |
| 2000   | 201,967                | 259,455                  | 203,378           | 664,800   | 30,4 %       | 39,0 %                   | 30,6 %            |
| 2001   | 212,729                | 263,871                  | 206,300           | 682,900   | 31,2 %       | 38,6 %                   | 30,2 %            |
| 2002   | 214,240                | 263,060                  | 210,400           | 687,700   | 31,2 %       | 38,3 %                   | 30,6 %            |
| 2003   | 209,638                | 258,462                  | 214,500           | 682,600   | 30,7 %       | 37,9 %                   | 31,4 %            |
| 2004   | 220,792                | 262,117                  | 213,899           | 696,808   | 31,7 %       | 37,6 %                   | 30,7 %            |
| 2005   | 217,455                | 253,948                  | 213,298           | 684,701   | 31,8 %       | 37,1 %                   | 31,2 %            |
| 2006   | 219,095                | 256,029                  | 214,981           | 690,104   | 31,7 %       | 37,1 %                   | 31,2 %            |

Anmerkung: Die Werte in Grau sind empirisch abgestützt, in hellgrau gut; in dunkelgrau weniger gut.  
Quelle: Bis 1992: RATZENBERGER (2000), ab 1993: DIW, BAST, eigene Berechnung/Schätzung

Tab. 6: Fahrleistungen aller Kfz differenziert nach Ortslage

Iterationsschritte nötig gewesen. Die Tabellen zu den einzelnen Kraftfahrzeugarten [b.) bis h.)] befinden sich im Anhang des ausführlichen Projektberichtes.

Im Anschluss erfolgt die Fortschreibung der Fahrleistung nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer. Die Fahrleistung der Fahrräder wird anhand der Angaben zur Personenverkehrsleistung vorgenommen. BMVBS (2006, S. 218) enthält Eckwerte in Mrd. Pkm. Die Werte ab 2002 sind nur noch eingeschränkt mit denen der vorangegangenen Jahre vergleichbar, da Abgrenzungen geändert wurden und Neuberechnungen stattfanden. In RATZENBERGER (2000, S. 254) sind anhand der Unfallzahlen entsprechende Besetzungen der Fahrräder ausgewiesen. Diese bewegten sich stets zwischen 1,01 und 1,02 Personen je Fahrrad. Zur Umrechnung der Verkehrsleistung in Fahrleistung wurde dieser Besetzungsgrad (1,02 P/Fz) berücksichtigt. Darüber hinaus wird aufgrund mangelnder Detailkenntnis bei den Fahrrädern die Inländerfahrleistung gleich der Inlandsfahrleistung gesetzt wird. Die auftretenden Unschärfen dürften dabei minimal sein. Die Autobahnfahrleistung ist für Fahrräder mit „null“ anzusetzen. Die Fahrleistung der Fahrräder für B-, L- und K-Straßen betrug nach SVZ 2000 3,739 Mrd. Fz-km. Dies entspricht einem Anteil von 16,0 % an der Gesamtfahrleistung des Jahres 2000. Die SVZ 2005 weist 3,933 Mrd. Fz-km aus. Diese entspricht einem Anteil von 13,2 %. Die Zunahme der Radfahrleistung wird demnach fast ausschließlich auf Innerortsstrecken erbracht.

Für die Verkehrsleistung der Fußgänger wird ebenso verfahren, wie für den Fahrradverkehr. Verkehrsleistung und „Fahrleistung“ sind für die Fußgänger identisch. Ebenso wird vereinfachend die Inländerverkehrsleistung aus BMVBS (2006, S. 218) als Inlandsverkehrsleistung betrachtet. Aufgrund fehlender Erkenntnisse zur Ortslagendifferenzierung im Fußgängerverkehr wird in erster Näherung ein AO-Anteil von 3 % angenommen. Die Autobahnfahrleistung wird für Fußgänger wiederum mit „null“ angenommen.

### 3.5.2 Eckdaten zur Prognose der Fahrleistungen

Die recherchierten Datengrundlagen ermöglichen es, Eckdaten zur Verkehrs- bzw. Fahrleistung nach Fahrzeugarten zu gewinnen. Eckdaten können nach vorliegendem Recherchestand aus fünf

Prognosen entnommen werden. Die Prognosen unterscheiden zumeist in verschiedene Szenarien. Insgesamt liegen zehn Szenarien vor.

Die Prognosen haben zum Teil unterschiedliche Sachbezüge wie

- Fahrleistung vs. Verkehrsleistung,
- Verkehrsbeteiligungsarten vs. Ortsveränderungsgruppen,
- Inländerprinzip vs. Inlandprinzip.

Sie können daher lediglich als Anhaltswerte dienen. Zur Anwendung der Prognosen ist eine Normierung auf die für den Analysezeitraum ermittelten Fahrleistungen notwendig. Die Auswahl und der Umgang mit Eckwerten und deren weitere Differenzierung, insbesondere nach Ortslagen, werden im Kapitel der Modellentwicklung (Kapitel 5.2) näher beschrieben. Die Prognosen einschließlich deren Szenarien sind im ausführlichen Projektbericht zusammengefasst dargestellt.

## 4 Entwicklung des Unfallgeschehens in Deutschland

### 4.1 Entwicklung der Unfall- und Verunglücktenzahlen

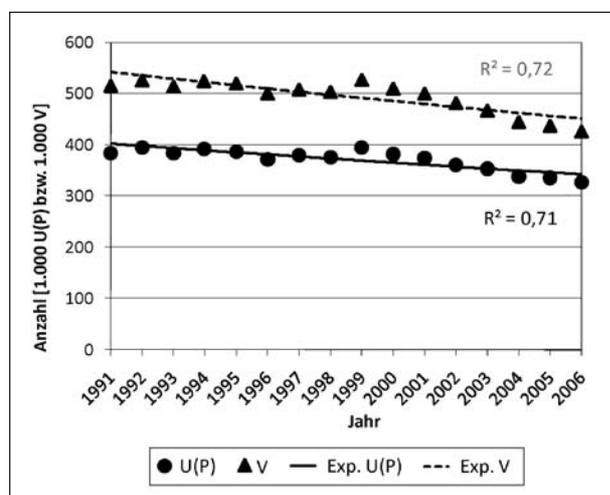
Die Analyse der Zeitreihen zwischen 1991 und 2006 wird im Folgenden mit Hilfe von Regressionsrechnungen vorgenommen. Hierbei werden lineare und exponentielle Funktionen zugrunde gelegt und hinsichtlich ihrer Bestimmtheitsmaße ausgewertet. Bei der Auswertung der Funktionen ist zu berücksichtigen, dass neben der Analyse der Vergangenheitsentwicklung auch eine mögliche Fortschreibung der Zeitreihen zur Abbildung der zukünftigen Entwicklung untersucht werden soll. So sind bei rückläufigen Entwicklungen lineare und quadratische Trendfunktionen tendenziell nicht geeignet, einen realistischen künftigen Verlauf der Unfallzahlen abzubilden, da der Funktionsgraph naturgemäß einen Schnittpunkt mit der Abszisse aufweist und somit einen vollständigen Rückgang der Unfall- und Verunglücktenzahlen ausweisen würde. Während lineare Trends bei geringen Anstiegen im Rahmen des Prognosehorizonts durchaus in der Lage sein können, plausible Werte zu liefern, sind insbesondere degressive quadratische Trends für Prognoseaussagen ungeeignet.

Zwischen 1991 und 2006 wurden im Straßennetz Deutschlands 5,95 Mio. Unfälle mit Personenschaden amtlich registriert. Der jährliche Mittelwert liegt in diesem Zeitraum bei 372.000 U(P). Dabei wurden im Durchschnitt jährlich etwa 8.000 Personen getötet, 106.000 Personen schwer und 382.000 Personen leicht verletzt.

Die Gesamtentwicklung des Unfallgeschehens mit Personenschaden ist insgesamt rückläufig, weist jedoch ein Maximum im Jahr 1999 auf (vgl. Bild 15). Der Verlauf lässt sich mit vergleichbarer Anpassungsgüte sowohl mit einem exponentiellen als auch einem linearen Trend beschreiben ( $R^2 = 0,7$ ). Aus den zuvor genannten Gründen werden im Folgenden lediglich die exponentiellen Trends angeführt.

Die Entwicklung der Verunglücktenzahlen weist grundsätzlich einen ähnlichen Verlauf auf wie die der Unfälle (vgl. Bild 15), jedoch ist ein geringfügig stärkerer Rückgang der Verunglücktenzahlen zu verzeichnen. Die Abnahme der Unfälle mit Personenschaden beträgt im gesamten Betrachtungszeitraum 15 %, der Rückgang der Verunglückten ist mit 17 % größer.

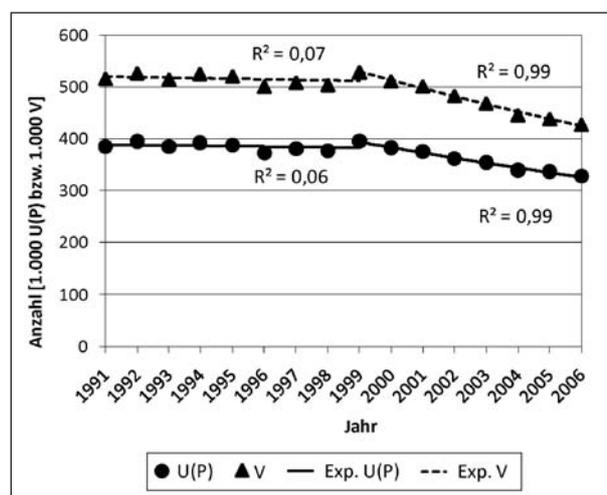
Die Entwicklung der Unfall- und Verunglücktenzahlen veranlassen zu der Schlussfolgerung, dass innerhalb der Zeitreihe zwei unterschiedliche Trends auftreten. Während die Werte zwischen 1991 und 1999 einen nahezu linearen Verlauf aufweisen, ist die Entwicklung ab 1999 stetig rückläufig. Eine Aufteilung der Datenreihen in Zeiträume vor und nach 1999 bestätigt diese Annahme (s. Bild 16). Während die Bestimmtheitsmaße im Zeitraum



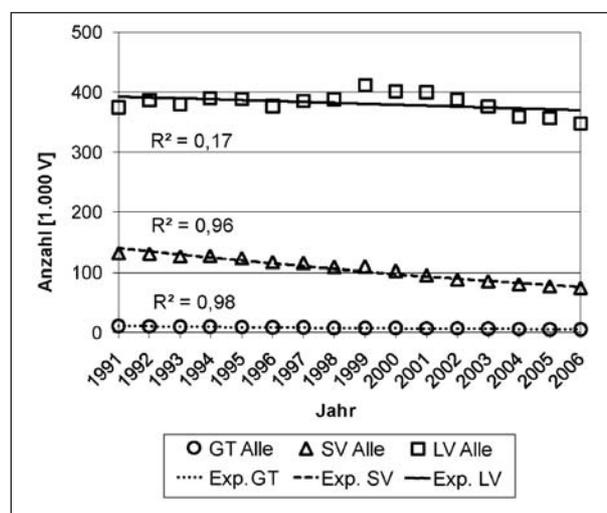
**Bild 15:** Unfälle mit Personenschaden und Verunglückte von 1991-2006

bis 1999 im Vergleich zur vollständigen Datenreihe abnehmen, lässt sich die Entwicklung ab 1999 mit exponentiellen Regressionen mit einer hohen Bestimmtheit beschreiben. Die Bestimmtheitsmaße liegen sowohl bei den Verunglückten als auch den Unfällen im Bereich von  $R^2 = 0,99$ .

Eine nach Personenschadenskategorie differenzierte Betrachtung zeigt, dass sich die Entwicklungen der Anzahl der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten zum Teil deutlich unterscheiden (s. Bild 17). Während die schweren Personenschäden (SV und GT) in einem größeren Maße zurückgehen als die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden (55 % und 43 %), nahm die Zahl der Leichtverletzten zwischen den Jahren 1991 und 2006 lediglich um 7 % ab.



**Bild 16:** Unfälle mit Personenschaden und Verunglückte von 1991-2006 – Aufteilung der Trends im Jahr 1999



**Bild 17:** Verunglückte nach Verletzungsschwere von 1991-2006

Der Rückgang in den Leichtverletztenzahlen ist damit geringer als derjenige der Unfallzahlen. Demzufolge nimmt die Anzahl der Leichtverletzten pro Unfall mit Personenschaden im Verlauf der Zeitreihe zu. Eine mögliche Begründung ist in dem Zusammenhang zu finden, dass sich die Zunahme im Sicherheitsniveau vornehmlich im Rückgang der Schwerverletzten- und Getötetenzahlen äußert und die Wirkung bei den Leichtverletzten nicht einsetzt. Während also leichte Verletzungen nicht vermieden werden, verunglücken Personen, die zuvor einen schweren Personenschaden erlitten hätten, nun ebenfalls leicht. Dieser Zusammenhang würde eine Verschiebung der Verletztenzahlen hin zu leichten Verletzungen bedeuten und zusammen mit allgemein abnehmenden Unfallzahlen zu einem gebremsten Rückgang der Leichtverletztenzahlen führen.

Die Beschreibung der Entwicklung der Getöteten- und Schwerverletztenzahlen Deutschlands mit Hilfe linearer und exponentieller Trendfunktionen liefert gute Übereinstimmungen. Die Bestimmtheitsmaße liegen in beiden Fällen über einem Wert von  $R^2 = 0,95$ . Der anteilige Rückgang der Getötetenzahlen zwischen den Jahren 1991 und 2006 (55 %) fällt dabei höher aus als der anteilige Rückgang der Anzahl schwerverletzter Personen (43 %). Im Unterschied dazu liegen die Bestimmtheitsmaße der Trendfunktionen der Leichtverletztenentwicklung lediglich im Bereich von  $R^2 = 0,16$ . Das kleine Bestimmtheitsmaß lässt sich mit einem geringen Rückgang der Zahlen bei einem stetigen Fortgang der Zeitreihe erklären. Der Verlauf lässt sich mit einer linearen oder exponentiellen Funktion nur unzureichend beschreiben.

Aufgrund der weitaus größeren Zahl der Leichtverletzten gegenüber den Verunglückten mit schwerem Personenschaden wird die Entwicklung aller Verunglückten maßgeblich von den Leichtverletzten bestimmt. Der oben beschriebene Bruch im Trend der Zeitreihe der Verunglückten ist demnach vor allem auf die Entwicklung der Anzahl Leichtverletzter zurückzuführen, findet sich jedoch auch in den weiteren Schadenskategorien wieder.

Im Zusammenhang mit der Prognose der Unfallentwicklung ist die Frage zu klären, ob der Trendbruch in der Entwicklung der Unfall- und Verunglücktenzahlen berücksichtigt werden sollte. Die Entscheidung für oder gegen die Berücksichtigung des Trendbruchs kann jedoch nur auf Grundlage der Zeitreihen innerhalb der einzelnen Beteiligungsarten bzw. der Unfallkonstellationen erfolgen. Zu

diesem Zweck erfolgt in Kapitel 4.4 eine zusammenfassende Analyse der Entwicklungen.

## 4.2 Unfallentwicklung differenziert nach Ortslagen

Die Ausprägungen der Zeitreihenverläufe von Unfällen mit Personenschaden und von Verunglückten finden sich in den nach drei Ortslagen differenzierten Datenreihen grundsätzlich wieder. Im Jahr 1999 weisen alle Verläufe ein lokales Maximum auf. Zudem unterscheiden sich die Entwicklungen in den Zeiträumen vor und nach 1999. Unterschiede in der Unfallausprägung der Ortslagen werden im Folgenden näher beschrieben.

### Autobahn

Im Zeitraum zwischen 1991 und 2006 kam es auf Autobahnen in der Bundesrepublik Deutschland zu insgesamt 394.317 Unfällen mit Personenschaden. Hierbei wurden 14.958 Menschen getötet, 132.857 schwer sowie 488.136 Personen leicht verletzt. Im Mittel verunglückten jährlich nahezu 40.000 Personen bei durchschnittlich 22.645 Unfällen (U(P)).

Die Zahl der Unfälle mit Personenschaden verzeichnet insgesamt eine Abnahme von 25 % (s. Bild 18). Der prozentuale Rückgang der Verunglücktenzahlen ist stärker ausgeprägt als der Rückgang der Unfallzahlen (GT = 58 %, SV = 47 %, LV = 28 %) (s. Bild 19).

Die Bestimmtheitsmaße der exponentiellen Trendfunktionen liegen bei den Unfällen im Bereich von

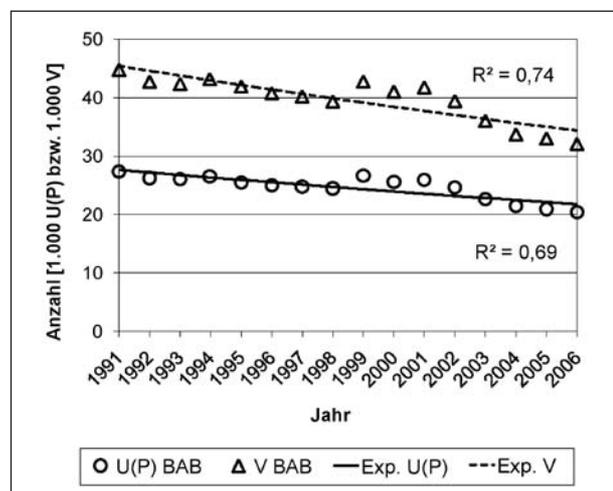
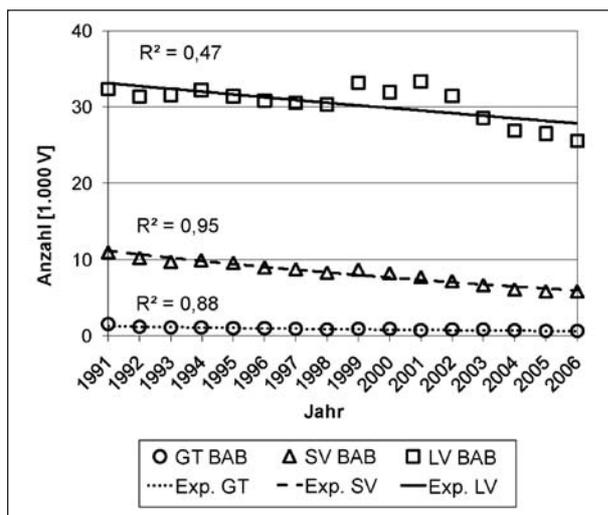


Bild 18: Unfälle mit Personenschaden und Verunglückte auf Autobahnen von 1991-2006



**Bild 19:** Verunglückte nach Verletzungsschwere auf Autobahnen von 1991-2006

ca.  $R^2 = 0,7$ , bei den Verunglückten bei ca.  $R^2 = 0,75$ . Der Zuwachs in den Verunglücktenzahlen vom Jahr 1998 zum Jahr 1999 lag bei 3.400 Personen bei einer zusätzlichen Zahl von 2.140 U(P).

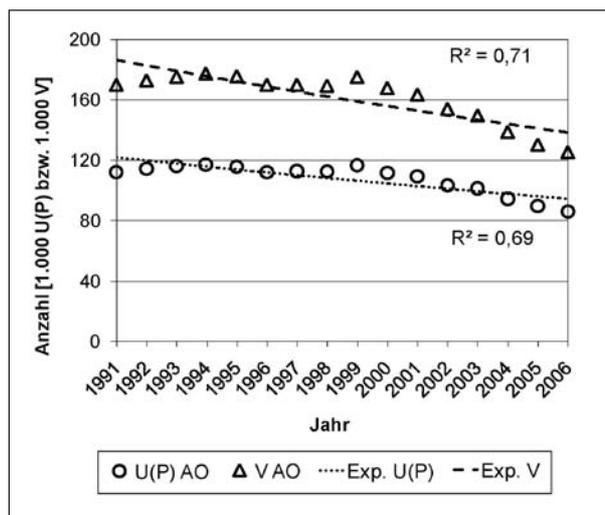
### Außerorts

Bei 1,73 Mio. Unfällen mit Personenschaden auf Außerortsstraßen im Zeitraum von 1991 bis 2006 verunglückten 2,58 Mio. Personen. Dabei ist eine rückläufige Entwicklung zu verzeichnen, die dem Trend des Unfallgeschehens auf Autobahnen im gleichen Zeitraum ähnelt (s. Bild 20). Die Anzahl der Getöteten auf Außerortsstraßen beträgt 79.766, die der Schwerverletzten 748.924, die der Leichtverletzten 1.755.892. Wie auch bei den Unfällen auf Autobahnen übersteigt der prozentuale Rückgang der Verunglücktenzahlen (26 %) den der Unfallzahlen (23 %) (s. Bild 21).

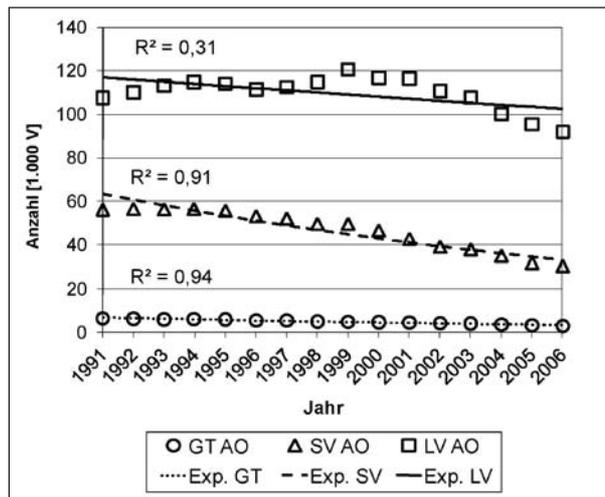
Die Bestimmtheitsmaße der Trendfunktionen liegen bei den Schwerverletzten und Getöteten auf einem ähnlich hohen Niveau wie bei den Autobahnen. Die der Leichtverletztenentwicklung liegen mit etwa  $R^2 = 0,3$  unter denen der Autobahn.

### Innerorts

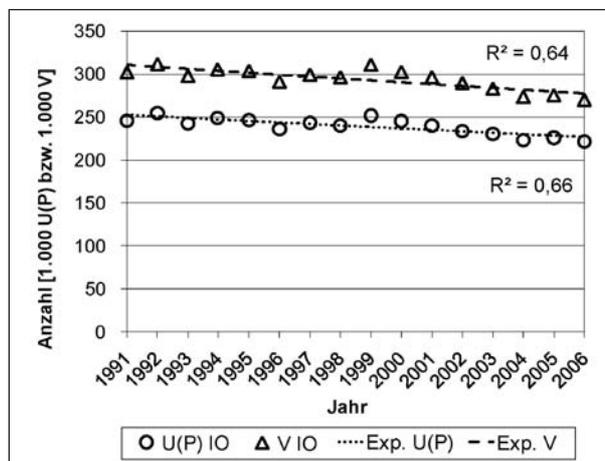
Die Zahl der bei insgesamt 3,8 Mio. Unfällen auf Innerortsstraßen zwischen 1991 und 2006 verunglückten Personen beläuft sich auf 4,7 Mio. Auch in diesem Fall weist die Entwicklung der Unfälle eine abnehmende Tendenz auf (s. Bild 22). Die Bestimmtheitsmaße der exponentiellen und linearen



**Bild 20:** Unfälle mit Personenschaden und Verunglückte auf Außerortsstraßen von 1991-2006



**Bild 21:** Verunglückte nach Verletzungsschwere auf Außerortsstraßen von 1991-2006



**Bild 22:** Unfälle mit Personenschaden und Verunglückte auf Innerortsstraßen von 1991-2006

Trendlinien liegen nur geringfügig unter denen der beiden zuvor behandelten Ortslagen.

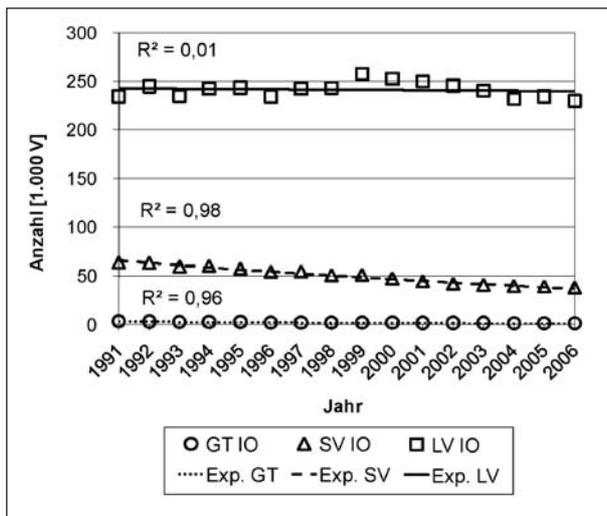


Bild 23: Verunglückte nach Verletzungsschwere auf Innerortsstraßen 1991-2006

Der Rückgang der Unfallzahlen (nur U(P)) beträgt im Betrachtungszeitraum 10 % und liegt damit deutlich unter den Entwicklungen der beiden anderen Ortslagen. Die Abnahme der Anzahl der Verunglückten beläuft sich auf 11 %. Die Differenz der Werte von 2006 zu 1991 ist bei Leichtverletzten außerordentlich gering und beträgt lediglich 2 % (s. Bild 23).

Die bisherige Entwicklung im Betrachtungszeitraum lässt sich weder mit einem linearen noch einem exponentiellen Trend statistisch zuverlässig beschreiben. Mit Bestimmtheitsmaßen von etwa  $R^2 = 0,1$  ist ein Zusammenhang nicht erkennbar.

Wie die Auswertung verdeutlicht, unterliegen Unfall- und Verunglücktenzahlen unterschiedlichen Entwicklungen. Um das zukünftige Unfallgeschehen abbilden zu können, erscheint es weiterhin zweckmäßig, das Unfall- und Verletzungsrisiko getrennt voneinander auszuwerten und modellmäßig zu beschreiben.

### 4.3 Verteilung des Unfallgeschehens über die Unfallkonstellationen

Um eine sachgerechte Auswahl der für die Untersuchung maßgebenden Unfallkonstellationen vornehmen zu können, werden die nach Ortslagen getrennten Unfalldaten in Form von Konzentrationskurven (LORENZ-Kurven) aufbereitet. Dafür werden zunächst die verschiedenen Unfallkonstellationen (z. B. „Pkw-Pkw“, „Pkw-Lkw“) entsprechend ihrem Anteil an allen Unfällen mit Personenschaden geordnet und im Anschluss in Form von LORENZ-

Kurven ausgewertet und grafisch dargestellt. Dieser Arbeitsschritt erfolgt sowohl für Unfälle mit Personenschaden als auch für die Anzahl verunglückter Personen. Dadurch sollen diejenigen Konstellationen herausgefunden werden, die einen besonders großen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben.

Maßgebende Größe bei der Auswertung der LORENZ-Kurven ist der Konzentrationsindex „KI“. Er nimmt Werte zwischen 0 und 1 an und beschreibt die Abweichung der Kurve von der Gleichverteilungsgeraden (der Wert „0“ entspricht einer Gleichverteilung). Daraus ist abzulesen, in welchem Maß sich eine untersuchte Ausprägung (in diesem Fall der Anteil Verunglückter bzw. der Unfälle) auf die betrachteten Kollektive (Konstellationen) verteilt. KI berechnet sich zu:

$$KI = 1 - 10^{-4} \cdot \sum_{j=1}^k f_j \cdot (\sum e_{j-1} + \sum e_j) \quad (4.1)$$

mit:

k Anzahl der Klassen

$f_j$  relative Häufigkeit [%] des einen Merkmals für Klasse j

$\sum e_j$  relative Summenhäufigkeit [%] des anderen Merkmals von Klasse 1 bis Klasse j;  $e_0 = 0$  [%]

Ein hoher Konzentrationsindex zeugt von einer Beschränkung eines großen Anteils des Unfallgeschehens auf eine relativ geringe Anzahl an Konstellationen. Ein niedriger Konzentrationsindex besagt hingegen, dass sich das Unfallgeschehen auf eine große Anzahl unterschiedlicher Kollektive relativ gleichmäßig verteilt. Die Konzentrationsindizes der Verteilungskurven sind in Tabelle 7 für die drei Ortslagen getrennt aufgeführt.

Um eine Vorauswahl der zu untersuchenden Unfallkonstellationen zu treffen, wurden die LORENZ-Kurven auf das 90%-Quantil aller Verunglückten sowie aller Unfälle mit Personenschaden in den einzelnen Ortslagen geprüft. Dieses Vorgehen folgt dem Gedanken, dass in jedem der späteren Ortslagenmodelle mindestens 90 % des maßgebenden Unfallgeschehens differenziert nach Unfallkonstellationen abgebildet werden und demzufolge maximal 10 % in der Gruppe „Übrige“ zusammengefasst werden.

In Bild 24 und Bild 25 sind die LORENZ-Kurven der Unfälle mit Personenschaden sowie der Verun-

glückten über die Konstellationen für alle Ortslagen aufgeführt.

Die Höhe der Konzentrationsindizes lässt keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Wahl zwischen der Anzahl der U(P) oder der Verunglückten zu. Die KI-Werte sind nahezu identisch, lediglich in der Ortslage „Außerorts“ liegt der Konzentrationsindex für V über dem für U(P) (s. Tabelle 7).

| Konzentrationsindizes | U(P) | V    | GT   | SV   | LV   |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| BAB                   | 0,94 | 0,94 | 0,91 | 0,93 | 0,95 |
| Außerorts             | 0,90 | 0,91 | 0,87 | 0,90 | 0,92 |
| Innerorts             | 0,86 | 0,86 | 0,75 | 0,82 | 0,87 |

Tab. 7: Konzentrationsindizes der Verteilungskurven aller Ortslagen

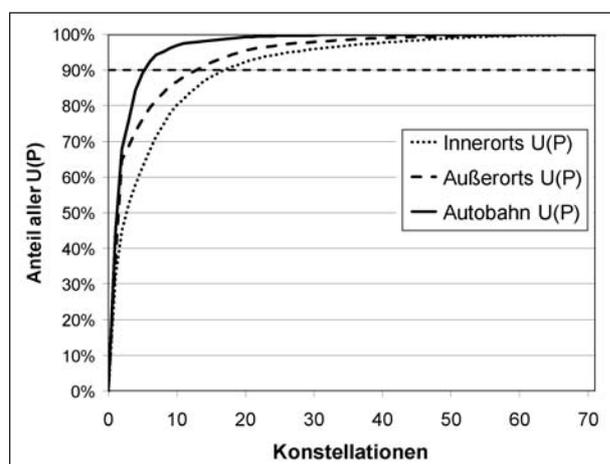


Bild 24: Anteil der Unfälle mit Personenschaden nach Konstellationen getrennt für alle Ortslagen (LORENZ-Kurven der Jahre 1991-2006)

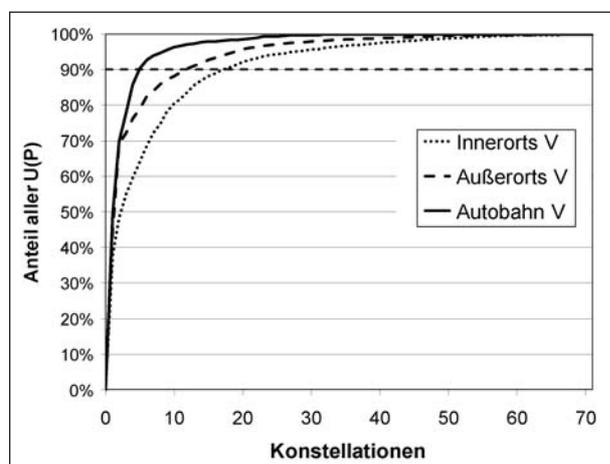


Bild 25: Anteil der Verunglückten nach Konstellationen getrennt für alle Ortslagen (LORENZ-Kurven der Jahre 1991-2006)

Die Auswahl der differenziert zu betrachtenden Konstellationen erfolgt anhand der Verteilung der Verunglückten. Im Ergebnis soll die Prognose einen wahrscheinlichen Wert für die zukünftige Anzahl verunglückter Personen liefern. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, das Vorgehen bei der Modellbildung hinsichtlich dieser Größe zu optimieren.

Im Folgenden wird auf die Verteilung des Unfallgeschehens über die Konstellationen in den einzelnen Ortslagen näher eingegangen.

### Autobahn

Die Konzentrationsindizes der Verunglückten und U(P) weisen sehr hohe Werte von  $KI = 0,94$  auf. Ein großer Anteil am Unfallgeschehen verteilt sich somit auf eine relativ geringe Anzahl von Konstellationen. So führen die Unfälle der fünf höchstbelasteten Konstellationen zu 91 % aller Verunglückten und besitzen einen Anteil von 89 % an allen Unfällen mit Personenschaden.

Differenziert nach Verletzungskategorien umfassen die fünf häufigsten Unfallkonstellationen 92 % der leicht verletzten Personen, 87 % der schwer verletzten Personen und 83 % der Getöteten. Grundsätzlich konzentrieren sich die Leichtverletzten in höherem Maß als die Schwerverletzten und die Getöteten. Um 90 % der Schwerverletzten zu berücksichtigen, müssten dementsprechend sechs Konstellationen betrachtet werden, für die Erfassung von 90 % der Getöteten wären es zehn Konstellationen.

### Außerortsstraßen (ohne Autobahn)

Die Konzentrationsindizes der LORENZ-Verteilungen für die Unfälle auf Außerortsstraßen liegen unter denen des Unfallgeschehens auf Autobahnen. Das 90%-Quantil wird bei der Anzahl Verunglückter mit 12 Konstellationen erreicht.

Auch auf Außerortsstraßen liegt wegen des höheren Konzentrationsindex die Kurve der prozentualen Verteilung Leichtverletzter über denen der Schwerverletzten und Getöteten. Die ersten zwölf Konstellationen decken 91 % der Leicht-, 89 % der Schwerverletzten und 84 % der Getöteten ab. Bei der konstellationfeinen Auswertung des Unfallgeschehens sind auch in dieser Ortslage die Getöteten tendenziell unterrepräsentiert. Um 90 % der Getöteten zu erfassen, wäre eine getrennte Auswertung von 18 Konstellationen notwendig.

### Innerorts

Das Unfallgeschehen „Innerorts“ verteilt sich im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Ortslagen auf eine deutlich größere Anzahl von Unfallkonstellationen. Dieser Zusammenhang wird auch anhand der Konzentrationsindizes deutlich (s. Tabelle 7). Das 90%-Quantil ( $V$ ) wird „Innerorts“ erst bei 17 Konstellationen erreicht.

Auffällig ist die geringere Konzentration der schweren Personenschäden, speziell der Getöteten. Für eine differenzierte Beschreibung des Unfallgeschehens mit 90 % aller Getöteten wäre eine Betrachtung von 31 Konstellationen notwendig. Die Anzahl der getöteten Unfallopfer ist „Innerorts“ somit gleichmäßiger über die Konstellationen verteilt als in den beiden anderen Ortslagen ( $KI = 0,75$ ).

## 4.4 Analyse eines möglichen Trendbruchs in den Unfall- und Verunglücktenentwicklungen

Wie eingangs dargestellt, lässt sich für das Jahr 1999 sowohl in der Zeitreihe der Unfälle mit Personenschaden als auch in der zeitlichen Entwicklung der Verunglücktenzahlen über alle Ortslagen gemeinsam ein Bruch im Trend feststellen. Bis zum Jahr 1999 stagniert die Entwicklung der Unfall- und Verunglücktenzahlen nahezu bzw. verläuft leicht fallend. Ab dem Jahr 1999 ist eine deutliche degressive Abnahme der Unfall- und Verunglücktenzahlen zu verzeichnen, die sich mit hoher Übereinstimmung mit einer negativ-exponentiellen Trendfunktion beschreiben lässt (s. Kapitel 4.1).

Zur Klärung der Frage, ob der Prognose der Unfallentwicklung eine über die gesamte Zeitreihe ermittelte Entwicklung oder ein über die Jahre ab dem Bruch (1999-2006) berechneter Trend zugrunde zu legen ist, erfolgt eine Untersuchung der zeitlichen Verläufe auf einer niedrigeren Aggregatsebene. So werden zunächst die Zeitreihen der Absolutzahlen der Unfälle mit Personenschaden und der Verunglückten unterschieden nach den einzelnen Beteiligungsarten untersucht. Hierbei werden die Verläufe der Unfall- und der Verunglücktenzahlen aller acht Beteiligungsarten getrennt betrachtet. Folgende Zeitreihen werden aufbereitet und untersucht:

- Unfälle mit Personenschaden ( $(U(P)_{ges})$ ) über alle Ortslagen gemeinsam,

- Summe der Verunglückten ( $V_{ges}$ ) einerseits sowie Getötete ( $GT_{ges}$ ), Schwerverletzte ( $SV_{ges}$ ) und Leichtverletzte ( $LV_{ges}$ ) über alle Ortslagen zusammen und
- Leichtverletzte getrennt nach Ortslagen ( $LV_{BAB}$ ,  $LV_{AO}$ ,  $LV_{IO}$ ).

In einem zweiten Schritt erfolgt eine Analyse der Zeitreihen für die Unfallrisiken. Ziel ist hierbei die Beantwortung der Frage, ob die Trendbrüche in den Verläufen der Absolutzahlen auf Änderungen in den Zeitreihen der Fahrleistungen zurückzuführen sind. Im Falle eines solchen strengen Zusammenhangs würde der Einfluss der Fahrleistung als Expositionsgröße zu einer Verstetigung des Verlaufs führen. Die Analyse dieser Reihen wird ortslagenfein für die in Kapitel 4.3 ermittelten Konstellationen der 90%-Quantile aller Verunglückten vorgenommen.

Als Gütekriterium zur Beurteilung der Passgenauigkeit der Trendfunktionen dient, wie auch im weiteren Vorgehen bei der Projektbearbeitung, das Bestimmtheitsmaß. Das Bestimmtheitsmaß allein kann jedoch nur als Hilfsgröße bei der Bewertung fungieren. Entscheidend ist vor allem der logisch richtige Verlauf der Funktionsgraphen. Im Falle sinkender Werte wird auf exponentielle Trends, bei steigenden Werten auf logarithmische Trends zurückgegriffen. Dem liegt der Gedanke zu Grunde, dass Unfallrisiken und damit auch die Unfallzahlen nicht beliebig ansteigen werden, sondern sich viel mehr einem Höchstwert annähern und die Steigung der Graphen daher degressiv verlaufen muss. Im Einzelfall wurde bei stark streuenden Werten ohne erkennbaren Trend eine Mittelwertbildung aus den Jahren 1991 bis 2006 vorgenommen.

Folgende Ergebnisse konnten gewonnen werden:

- Deutliche Brüche im Trend zeigen sich grundsätzlich bei den Zeitreihen der Unfälle mit Personenschaden sowie bei denen aller Verunglückten und der Leichtverletzten. Die Verläufe der Schwerverletzten- sowie der Getöteten zahlen folgen dahingegen durchgehenden, zumeist negativ-exponentiellen Trends.
- Die Brüche treten bei den Beteiligungsarten Pkw, Gfz, Krad, Bus und Sonstige auf, nicht jedoch bei den nichtmotorisierten Verkehrsbeteiligungsarten sowie beim Unfallgeschehen mit Beteiligung von Mofas.
- Die Trendveränderungen werden in vielen Fällen bei Betrachtung der zeitlichen Verläufe der

Unfallrisiken aufgehoben oder abgemindert. Ein Teil der unterschiedlichen Verläufe vor und nach 1999 lässt sich demnach durch die Entwicklung der Verkehrsleistungen erklären. Hierzu zählen auch die Unfälle mit Pkw-Beteiligung, die das zahlenmäßig am stärksten besetzte Kollektiv darstellen.

- Bei der konstellationfeinen Berechnung der Unfallrisiken führt die Trennung der Verläufe vor und nach 1999 in den Fällen der gebrochenen Graphen ausschließlich zu einem stärkeren Rückgang nach 1999, als dieser durch den Gesamttrend beschrieben wird.

Als Folge der Zeitreihenbetrachtung vor dem Hintergrund der eingangs erwähnten gedanklichen Grundlagen bei der Modellentwicklung wurden im weiteren Vorgehen die durchgängigen Trends für die Fortschreibung verwendet und mögliche Brüche in den Verläufen der Zeitreihen ignoriert.

Folgende Überlegungen sprechen gegen die Berücksichtigung einer zweigeteilten Entwicklung und für eine Verwendung der gesamten Reihen von 1991 bis 2006:

- Eine Begründung für eine Veränderung der Unfallentwicklung konnte nicht gefunden werden. Es liegen weder rechtliche noch gesellschaftliche Maßnahmen auf der Hand, die eine prägende Veränderung der Sicherheitslage ab 1999 erklären würden. Insofern ist es ebenso wahrscheinlich, dass der Verlauf der betreffenden Jahre Ergebnis statistischer Schwankungen ist. Darüber hinaus bleiben alle erklärenden Einflüsse, die aus Veränderungen der Verkehrsleistungen resultieren, ohnehin durch die Wahl der Fahrleistungen als Expositionsgröße unberücksichtigt.
- In Anbetracht der Erfordernisse und Unsicherheiten zeitreihenbezogener Prognosen sind bereits 16 Jahre ein relativ kurzer Zeitraum für eine Fortschreibung der zukünftigen Entwicklung. Eine weitere Verkürzung der Bestandsreihe für einzelne Verkehrsarten auf 8 Jahre würde zu weiteren Unsicherheiten in der Prognose führen und wäre nur mit einem sachlogischen Erklärungsansatz zu begründen.

Bei allen Reihen, in denen die beschriebene Veränderung der Sicherheitsentwicklung auftritt, würde eine Trendfortschreibung der geteilten Reihe ab 1999 zu niedrigeren Unfall- und Verunglücktenzahlen

in der Prognose führen. Die zukünftigen Zahlen würden daher tendenziell eher unterschätzt als überschätzt. In diesem Zusammenhang ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass von der Annahme ausgegangen wird, die zukünftigen Unfall und Verunglücktenzahlen werden sich einem Grundsicherheitsniveau angleichen. Demnach wäre eine vollständige Vermeidung von Unfällen auch in ferner Zukunft unwahrscheinlich. Die Verwendung negativ-exponentieller Trends beinhaltet jedoch bereits die Schwäche einer asymptotischen Annäherung an die Abszisse und führt damit auf lange Sicht tendenziell zu einer Unterschätzung der Risiken und Verunglücktenzahlen. Einer weiteren Unterschätzung der zukünftigen Entwicklung sollte bereits aus diesem Grund entgegengewirkt werden.

## 5 Modellentwicklung

### 5.1 Grundlagenberechnung zur Fahrleistung (Modul 1)

#### 5.1.1 Berechnungsansatz

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Nutzung von Erhebungen zum Verkehrsverhalten, um eine Differenzierung der Fahrleistung nach Altersgruppen (noch ohne Bezug zur Ortslage) vornehmen zu können. Dabei wird für den ersten Modellentwurf vereinfachend angenommen, dass das Alter der Fahrzeugführer der Verkehrsbeteiligungsarten Bus und Güterverkehrs-Kfz aufgrund der bei Berufskraftfahrern hohen jährlichen Fahrleistung, der Fahrtenüberwachung durch Fahrtenschreiber und anderer das Risiko beeinflussender Faktoren keinen maßgebenden Einfluss auf das Unfallgeschehen ausübt. Dementsprechend erfolgt eine Differenzierung der Fahrleistung nach Alter der Fahrzeugführer zunächst nur für die Verkehrsbeteiligungsarten

- Personenkraftwagen,
- Kraftrad (inkl. Leichtkrafträder),
- Mofa/Moped,
- Fahrrad und
- Fußgänger.

Für eine Abschätzung der Fahrleistung nach Alter der Fahrzeugführer wird grundsätzlich von der Fahrtenhäufigkeit und mittleren Weglänge, differenziert

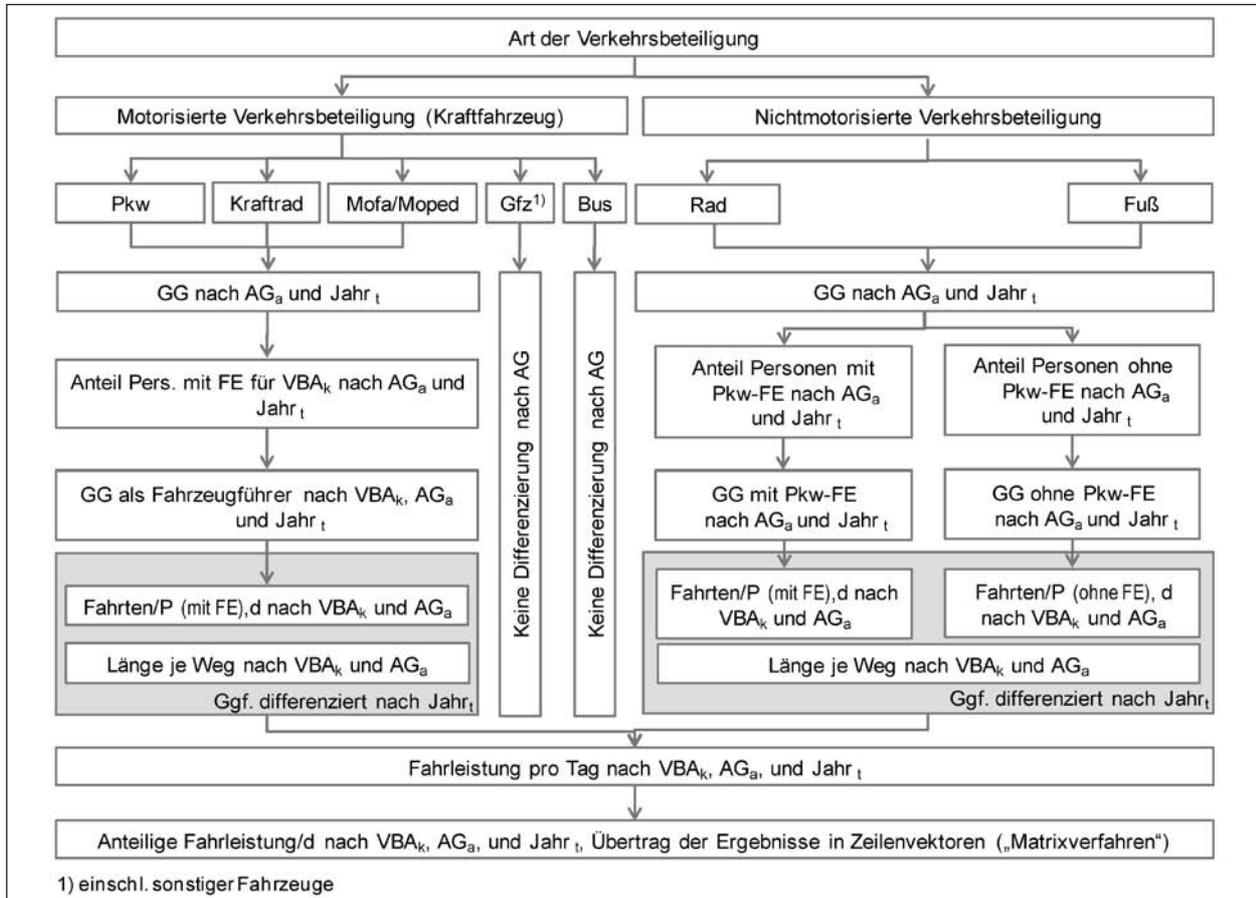
nach Fahrzeugart und Altersgruppe, ausgegangen. Diese werden aus verkehrsverhaltensbezogenen Erhebungen, insbesondere aus „Mobilität in Deutschland – MiD 2002“, gewonnen. Die Fahrleistung bestimmt sich durch multiplikative Verknüpfung beider Größen. Es liegt auf der Hand, dass eine aus den Erhebungen auswertbare Verkehrsmittelbenutzung als „Pkw-Fahrer“ gleichzeitig einer Fahrt des Fahrzeugführers und damit des Fahrzeuges selbst entspricht. Bei Mofa/Moped bzw. Kradfahrten trifft dieser Sachverhalt im Grundsatz ebenso zu.

Für Fahrten im Fahrradverkehr wird im Rahmen der gängigen Erhebungen zum Verkehrsverhalten häufig auf eine gezielte Abfrage der Verkehrsmittelnutzung als „Fahrer“ und „Mitfahrer“ aufgrund Geringfügigkeit der „Mitfahrten“ verzichtet. Bei Fußgängern ist dieser Zusammenhang naturgemäß ohne Bedeutung.

Der allgemeine Verfahrensablauf zur Ermittlung der anteiligen Fahrleistungen nach Alter der Fahrzeugführer und Verkehrsbeteiligungsart ist in Bild 26 dargestellt.

Das Vorgehen ist für alle Verkehrsbeteiligungsarten grundsätzlich ähnlich, im Detail gibt es jedoch Unterschiede, die im Folgenden näher beschrieben werden. Ausgangspunkt der Berechnung stellt der Umfang der Grundgesamtheit (GG) dar. Diese setzt sich aus den als Fahrzeugführer/Fußgänger infrage kommenden Personen zusammen. Für eine motorisierte Verkehrsbeteiligung kommt diese Grundgesamtheit dem Personenkreis gleich, der über eine Fahrerlaubnis für eine der Kraftfahrzeugarten Pkw, Kraftrad oder Mofa/Moped verfügt.

Anhand der Kennwerte Fahrten/Person (mit Fahrerlaubnis (FE)) und Tag und der mittleren Länge eines Weges, jeweils differenziert nach Verkehrsbeteiligungsart (VBA) und Altersgruppe (AG), können Fahrleistungswerte bestimmt werden. Daraus wird im Anschluss die anteilige Fahrleistung errechnet. Diese kann dann in Zeilenvektoren ausgelesen und durch Aufteilung der relativ gesicherten Absolutwerte zu den Fahrleistungen nach VBA aus Modul 1 dem Matrixverfahren übergeben werden.



**Bild 26:** Ansatz zur Berechnung der anteiligen Fahrleistungen nach Altersgruppen und Verkehrsbeteiligungsarten (vereinfachtes Verhaltensmodell)

Für eine nicht motorisierte Verkehrsbeteiligung gibt es grundsätzlich keine Einschränkung des als GG infrage kommenden Personenkreises. Jedoch erweist sich der Wegfall der Zugangsbeschränkung zur Benutzung eines motorisierten Kraftfahrzeuges als Fahrzeugführer als bedeutender und maßgeblich verhaltensbeeinflussender Faktor<sup>31</sup> (Verkehrsmittelwahlfreiheit). Insbesondere ist dafür das Vorhandensein einer Pkw-Fahrerlaubnis ein zentraler Indikator. Somit wird die Grundgesamtheit aufgeteilt in Personen mit und ohne Pkw-Fahrerlaubnis. Die dazugehörigen Fahrtenhäufigkeiten können berechnet werden. Durch Multiplikation mit der mittleren Länge eines Weges ergeben sich die entsprechenden Fahrleistungswerte. Die übrigen Schritte erfolgen analog zur motorisierten Verkehrsbeteiligung. Dieses Vorgehen ermöglicht es demnach grundsätzlich, für jedes Jahr  $t$  des Analysezeitraumes die anteiligen Fahrleistungen pro Person und Tag in der gewünschten Differenzierung zu berechnen.

Für den zu analysierenden Zeitraum 1991 bis 2006 liegen zunächst lediglich für das Bezugsjahr 2002 empirische Daten zur Fahrtenhäufigkeit und mittleren Weglänge für das gesamte Bundesgebiet vor.

Für dieses Jahr können mit Hilfe der Erhebung MiD 2002 die erforderlichen Kenngrößen zum Verhalten der Wohnbevölkerung Deutschlands im Alltagsverkehr für einen durchschnittlichen Tag des Jahres gewonnen werden. Deshalb wird in einem ersten

Schritt für das Bezugsjahr 2002 die Berechnung der mittleren Fahrtenzahl und der mittleren Weglänge als Fahrzeugführer nach Verkehrsbeteiligungsart (VBA) und Altersgruppe (AG) vorgenommen. Gleichzeitig wird anhand weiterer Datenquellen zum Verkehrsverhalten der Versuch unternommen, zu prüfen, inwieweit Veränderungen dieser Größen im o. g. Analysezeitraum auftraten und ob diese Veränderungen bei der Berechnung berücksichtigt werden können oder vernachlässigbar sind. Das Verfahren erlaubt es somit, eine voraussichtlich gute Schätzung der anteiligen Fahrleistungen nach Fahrzeugarten und Altersgruppen der Fahrzeugführer für das Jahr 2002 vorzunehmen und vernünftige Schätzwerte für die übrigen Analysejahre bereitzustellen. Dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich bei einer solchen Berechnung einerseits um Inländerfahrleistungen handelt und andererseits die Werte in wesentlichen Teilen nur den privaten Personenverkehr enthalten.

Wird die Struktur des Kraftfahrzeugbestandes und des Fahrzeugeinsatzes näher untersucht, ist festzustellen, dass in der Erhebung „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland – KiD 2002“ an einem durchschnittlichen Tag eines Jahres lediglich 6 % der Pkw und 0,9 % der Kräder im reinen Wirtschaftsverkehr eingesetzt werden (vgl. Tabelle 8). Diese Verkehrsarten sind in MiD 2002 sicherlich unterrepräsentiert. Die Verzerrung der anteiligen Fahrleistungen nach Altersgruppen ohne Berücksichtigung dieses Sachverhaltes wird jedoch als gering eingeschätzt.

Für jede Verkehrsbeteiligungsart ist im Anschluss zu klären, inwieweit die o. g. Komponenten in einem zeitlichen Zusammenhang stehen. Eine Analyse vorliegender empirischer Datengrundlagen nach unterschiedlichen Erhebungsjahren ist grundsätzlich für „Mobilität in Städten – SrV 1987 bis

<sup>31</sup> Eine unmittelbare Verkehrsmittelverfügbarkeit bzw. zumindest eine Verfügbarkeit nach Absprache ergibt sich streng genommen erst durch den Fahrerlaubnisbesitz für eine Kraftfahrzeugart und dem Vorhandensein eines oder mehrerer Kraftfahrzeuge im Haushalt. Jedoch ist der Besitz einer Fahrerlaubnis bereits ein wesentlicher und auch ohne größere Schwierigkeiten prognostizierbarer Indikator.

| Fahrzeugart nach Halter  | GG nach KiD 2002 in 1.000 Kfz | davon Anteil mobiler Kfz je Tag (Mo-Fr) | davon reiner WV | reiner PV | WV+PV | Anteil mobiler Kfz je Tag (Sa, So, Feiertag) | davon reiner WV | reiner PV | WV+PV | Gesamt reiner WV | Gesamt reiner PV | Gesamt PV und WV |
|--------------------------|-------------------------------|---|-----------------|-----------|-------|--|-----------------|-----------|-------|------------------|------------------|------------------|
| Pkw gewerblicher Halter  | 4.476,2                       | 70,9%                                   | 39,3%           | 29,3%     | 31,4% | 30,3%  | 20,2%           | 65,7%     | 14,1% | 6,5%             | 83,3%            | 10,2%            |
| Pkw privater Halter      | 39.034,5                      | 70,1%                                   | 4,1%            | 86,7%     | 9,3%  | 46,5%  | 1,1%            | 94,9%     | 4,0%  |                  |                  |                  |
| Krad gewerblicher Halter | 91,2                          | 12,8%                                   | 55,2%           | 34,3%     | 10,5% | 7,8%   | 25,9%           | 64,3%     | 9,8%  | 0,9%             | 97,2%            | 1,9%             |
| Pkw privater Halter      | 3.223,4                       | 19,9%                                   | 0,0%            | 98,9%     | 1,1%  | 13,8%  | 0,0%            | 95,8%     | 4,2%  |                  |                  |                  |

Tab. 8: Fahrzeugeinsatz im Wirtschafts- und Personenverkehr von Pkw und Krädern

2003“ und das „Deutschen Mobilitätspanel – MOP 1994 bis 2006“ möglich. Beide Erhebungen liegen dem Forschungsnehmer in Form der Einzeldatensätze vor, beide zeigen jedoch für die Beantwortung der Fragestellung Vor- und Nachteile. In Tabelle 9 sind diese zusammengestellt.

Werden Vor- und Nachteile verglichen, ist festzustellen, dass weder SrV noch das MOP für sich dafür geeignet ist, die vorliegende Fragestellung zu beantworten. Das MOP hat zwar den Vorteil, dass die GG und der Erhebungszeitraum zum Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Betrachtungen passen, allerdings ist der Stichprobenumfang je Erhebungswelle für derart differenzierte Auswertungen nach Altersjahren zu gering.

| Mobilität in Städten – SrV  | Deutsches Mobilitätspanel – MOP   |
|---|---|
| <p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzeldaten liegen in aufbereiteter, plausibilisierter Form in einer Datenbank vor und können direkt analysiert werden.</li> <li>• SrV ist als Querschnittserhebung konzipiert, die Untersuchungseinheiten aller Jahrgänge wurden unabhängig voneinander erhoben.</li> <li>• Der SrV-Städtepegel umfasst pro Erhebungsdurchgang ca. 15.000 Personen. Eine Differenzierung nach VBA und AG lässt statistisch verwertbare Ergebnisse erwarten.</li> <li>• ...</li> </ul> <p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SrV repräsentiert nur bestimmte (Teilnehmer-)Städte.</li> <li>• SrV-Städtepegel enthält lediglich 15 Städte aus den NBL, die seit 1972 kontinuierlich teilnahmen.</li> <li>• Städte sind hauptsächlich große Städte/Oberzentren,</li> <li>• Erhebung erfolgt an mittleren Werktagen.</li> </ul> | <p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MOP repräsentiert grundsätzlich das gesamte Bundesgebiet ab dem Jahr 1998.</li> <li>• Erhebung erfasst Daten über die gesamte Woche.</li> <li>• ...</li> </ul> <p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzeldaten liegen für jedes Jahr in eigenständigen Datenbanken vor und müssen in einem ersten Schritt zusammengeführt werden.</li> <li>• Panelstruktur ist nur bedingt für die Beantwortung von Querschnittsfragen geeignet (Unabhängigkeit der Untersuchungseinheiten).</li> <li>• Vor 1998 existieren nur Datensätze für die ABL.</li> <li>• Pro Erhebungsdurchgang werden lediglich ca. 750 Haushalte befragt (2/3 sind dabei Wiederholer).</li> <li>• ...</li> </ul> |

**Tab. 9:** Vor- und Nachteile der Erhebungen SrV und MOP für das vorliegende Forschungsvorhaben (Auswahl)

Die SrV-Stichprobe des Städtepegels repräsentiert zwar nur große Städte der NBL, jedoch wird angenommen, dass Veränderungen im Bezugszeitraum 1990-2006 in den NBL in weit stärkerem Maße auftraten als in den ABL.<sup>32</sup> Dementsprechend kann für den Fall, dass keine nennenswerten Unterschiede über die Zeit in den NBL festzustellen sind, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch für die ABL von Konstanz ausgegangen werden. Im anderen Falle ist zu prüfen, inwieweit Erkenntnisse zu den ABL empirisch vorliegen. Sind zu den ABL keine gesicherten Aussagen verfügbar, können diese im Modell vorerst auch keine Berücksichtigung finden.

Die SrV-Stichprobe des Städtepegels ist pro Erhebungsdurchgang deutlich größer. Jedoch ist die Streuung der Kennwerte z. T. so stark, dass die Auswertung eines Jahres keine verwertbaren Erkenntnisse liefert. Daher werden die Jahre 1991/ 1994 sowie 1998/2003 zu Jahresgruppen zusammengefasst und vergleichend gegenübergestellt.

### 5.1.2 Personenkraftwagen

Für die Verkehrsbeteiligungsart „Pkw“, als die den Verkehr und das Unfallgeschehen dominierende Gruppe, ergibt sich aus dem in Bild 26 dargestellten Verfahren folgende Rechenvorschrift:

$$FL_{Pkw,a,t} = F_{(Pkw,a,t,mittl-F)} \cdot WL_{(Pkw,a,t)} \cdot GG_{(a,t)} \cdot A(PkwFE)_{a,t} \quad (5.1)$$

mit

- FL = Fahrleistung [Pkm/d]
- F = Fahrtenhäufigkeit [Fahrten/P, d]
- WL = Weglänge [km/Fahrt]
- GG = Grundgesamtheit [Pers.]
- A(PkwFE) = Anteil Pers. mit Pkw-Fahrerlaubnis [%]
- a = Altersgruppe
- t = Jahr

Die anteilige Fahrleistung einer Altersgruppe bestimmt sich anschließend zu:

$$FL_{\% Pkw,a,t} = \frac{FL_{Pkw,a,t}}{FL_{Pkw,t}} \cdot 100 \quad (5.2)$$

<sup>32</sup> In den ABL existierten schon vor der polit. Wende weitgehend gefestigte Strukturen. U. a. sind ausgeprägte Suburbanisierungsprozesse, die zweifelsohne einen Einfluss auf die mittl. Weglänge zeigen, vielerorts schon vor 1990 abgeschlossen gewesen.

Aus Bild 27 (rechte Seite) ist ersichtlich, dass sowohl die Fahrtenhäufigkeit als auch die Weglänge von Pkw-Fahrern mit steigendem Alter eine fallende Tendenz aufweisen, wobei das Absinken der

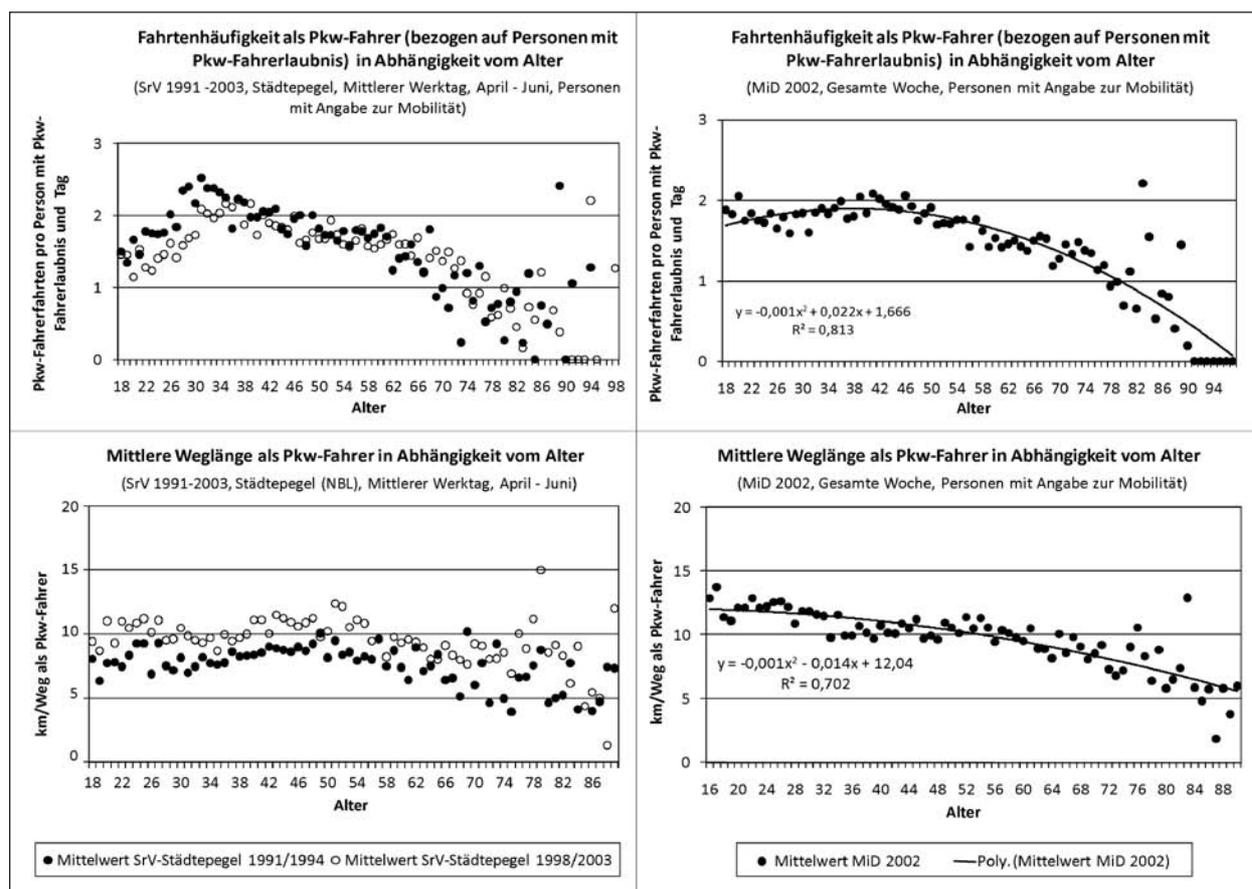


Bild 27: Fahrtenhäufigkeit und Weglänge (Pkw) in Abhängigkeit vom Alter

Fahrtenhäufigkeit erst ab einem Alter von ca. 45 Jahren besonders deutlich wird.

Wird MiD 2002 unter Zugrundelegung der im Modell verwendeten Altersgruppen ausgewertet, lassen sich somit Kennwerte zur Fahrzeugnutzung für das Jahr 2002 ableiten (Tabelle 10).

Bild 27 (linke Seite) zeigt die Auswertung des SrV-Städtepegels (NBL) für den mittleren Werktag. Insgesamt ist die Fahrtenhäufigkeit zwischen den Altersgruppen ähnlich (Bild 27, links oben). Lediglich für Personen unter 35 Jahre ist deskriptiv ein Unterschied in der Fahrtenhäufigkeit auszumachen. Die Weglänge (Bild 27, links unten) ist tendenziell in den Erhebungswellen 1998/2003 größer als noch 1991/1994. Demnach ist für den SrV-Städtepegel in Bezug auf die Fahrtenhäufigkeit ein schwacher, auf die Weglänge dagegen ein stärkerer Zusammenhang mit dem Erhebungsjahr festzustellen. Für die Weglänge ist jedoch auch festzuhalten, dass dieser Effekt über alle Altersjahre in ähnlicher Stärke auftritt.

Die Vermutung liegt nahe, dass sowohl mittlere Fahrtenhäufigkeit als auch Weglänge in den ABL,

| AG der Zielperson (klassiert) | Pkw-Fahrer-fahrten/P (mit FE), Tag | n (unge-wichtet) | km/Pkw-Fahrer-fahrt | n (unge-wichtet) |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| 0 bis u. 15                   | 0,00                               | 2                | 17,9                | 8                |
| 15 bis u. 18                  | 0,31                               | 4                | 11,0                | 41               |
| 18 bis u. 25                  | 1,82                               | 2.898            | 12,2                | 6.954            |
| 25 bis u. 45                  | 1,86                               | 13.982           | 11,1                | 26.307           |
| 45 bis u. 65                  | 1,68                               | 11.222           | 10,4                | 25.261           |
| 65 bis u. 75                  | 1,41                               | 3.474            | 8,6                 | 5.013            |
| 75 u. älter                   | 1,03                               | 1.632            | 8,2                 | 1.151            |
| Insgesamt                     | 1,71                               | 33.215           | 10,7                | 64.735           |

(MiD 2002, gesamte Woche, gewichtet, Personen mit Pkw-FE und Angaben zur Mobilität, komplexe Reiseweite, Weglänge für Wege < 100 km)

Tab. 10: Mittlere Fahrtenhäufigkeit (Pkw) nach Altersgruppen der Fahrzeugführer und mittl. Weglänge für das Jahr 2002

aufgrund der gefestigteren Strukturen im Zeitraum von 1991 bis 2005, nicht so starke Veränderungen aufweisen wie in den NBL. Auswertungen des Deutschen Mobilitätspanels im Zeitraum von 1994 bis 2001 für die mittlere Pkw-Fahrleistung pro Tag

(Verkehrsleistung der Pkw-Fahrer, siehe Bild 28) stützen diese Einschätzung.

Das Gleiche gilt auch für die mittleren Weglängen, die im Vergleich der KONTIV 1989 und MiD 2002 für die ABL (hier allerdings ohne Altersdifferenzierung) nahezu identische Werte zeigen (vgl. Bild 29). Die Veränderungen in den NBL (nach SrV) sind hingegen über alle Altersgruppen hinweg sichtbar. Die dargestellten Zusammenhänge berechtigen zu der Schlussfolgerung, dass ein zeitlicher Einfluss auf die Veränderungen der Kenngrößen Fahrtenhäufigkeit und Weglänge ganz überwiegend durch die sich angleichenden gesellschaftlichen Verhältnisse der NBL an die ABL verursacht wird.

Durch den Zusammenhang

$$\text{Fahrleistung [km/Fz, Zeiteinheit]} = \text{Fahrtenhäufigkeit [Fahrten/Fz, Zeiteinheit]} * \text{Weglänge [km/Fahrt]} \quad (5.3)$$

kann demnach für die ABL auch von einem annähernd konstanten Wert der Fahrtenhäufigkeit aus-

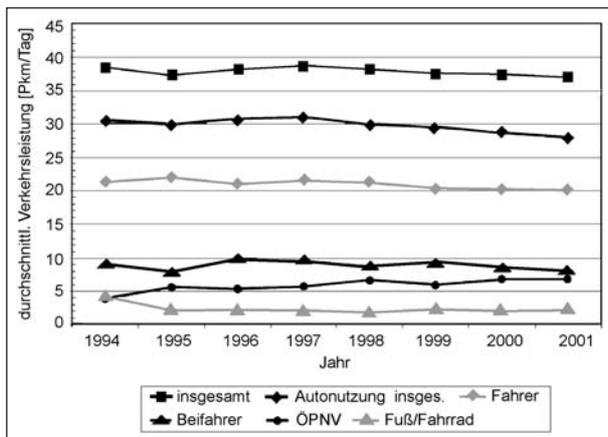


Bild 28: Entwicklung der Verkehrsleistung (Pkm/Tag) für unterschiedliche Verkehrsmittel (MOP) nach HAUTZINGER et al. (2004) S. 128

gegangen werden. Es kann weiterhin angenommen werden, dass dieser Zusammenhang gleichermaßen bei einer Differenzierung nach Altersgruppen Gültigkeit besitzt. Plausibel ist diese Annahme u. a. dadurch, dass zwar in den NBL eine zeitabhängige Veränderung der Größen Weglänge und Fahrtenhäufigkeit vorhanden, jedoch für alle untersuchten Altersgruppen eine vergleichbare Tendenz sichtbar ist (vgl. Bild 29). Werden die beiden Komponenten aus MiD 2002 konstant gehalten und nur die Unterschiede in der Bevölkerungsverteilung in der Berechnung berücksichtigt, entspricht die anteilige Fahrleistung für 2002 bzw. 1991 (ABL) den in Tabelle 11 ausgewiesenen Werten.

HAUTZINGER et al. (1996c) ermittelten auf Basis eines Schätzverfahrens die Inlandsfahrleistung der Inländer (westdeutsche Wohnbevölkerung ohne Ausländer) und bestimmen damit u. a. die Fahrleistung (Verkehrsleistung als Pkw-Fahrer) für 1991 (ABL) gegliedert nach Altersgruppen. Tabelle 11

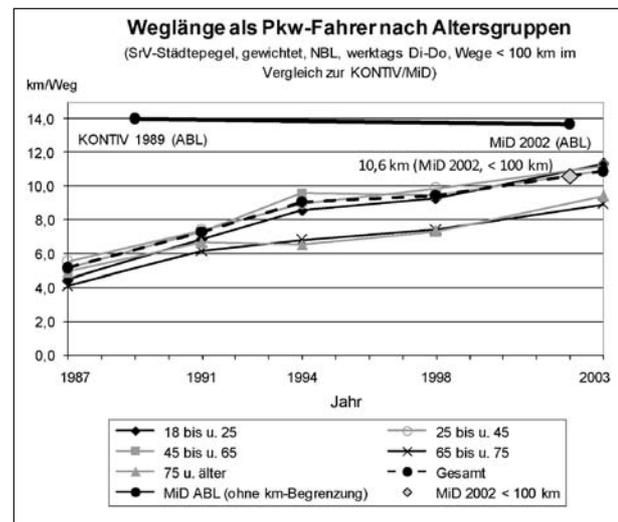


Bild 29: Mittlere Weglänge als Pkw-Fahrer aus KONTIV/MiD (ABL) und SrV für Städte der NBL 1987 bis 2003

| Alter der Zielperson (klassiert) | km/P, Tag | GG 2002 in TEW | Pkw-FE2002 | Fahrleistung in 1.000 km/Tag | %       | GG 1991 (ABL) in TEW | Pkw-FE1991 | Fahrleistung in 1.000 km/Tag |
|----------------------------------|-----------|----------------|------------|------------------------------|---------|----------------------|------------|------------------------------|
| 0 bis u. 15                      | 0,000     | 12.416         | 0,0 %      | 0                            | 0,0 %   | 9.920                | 0,0 %      | 0                            |
| 15 bis u. 18                     | 3,381     | 2.821          | 0,1 %      | 8                            | 0,0 %   | 1.909                | 0,1 %      | 9                            |
| 18 bis u. 25                     | 22,312    | 6.693          | 70,7 %     | 105.607                      | 11,1 %  | 6.630                | 78,1 %     | 115.603                      |
| 25 bis u. 45                     | 20,639    | 24.764         | 89,2 %     | 455.871                      | 47,9 %  | 19.622               | 88,8 %     | 359.816                      |
| 45 bis u. 65                     | 17,448    | 21.404         | 81,9 %     | 305.910                      | 32,2 %  | 16.193               | 73,9 %     | 208.733                      |
| 65 bis u. 75                     | 12,140    | 8.217          | 63,6 %     | 63.443                       | 6,7 %   | 5.246                | 63,9 %     | 40.688                       |
| 75 u. älter                      | 8,453     | 6.221          | 39,0 %     | 20.483                       | 2,2 %   | 4.554                | 23,1 %     | 8.904                        |
| Insgesamt                        |           | 82.536         |            | 951.322                      | 100,0 % | 64.074               |            | 733.744                      |

Tab. 11: Fahrleistung (Pkw-Fahrer) der westdeutschen Wohnbevölkerung (1991) nach Altersgruppen

| Inlandsfahrleistung der Inländer nach HAUTZINGER (1996c) nach AG für 1991 (ABL) |  |        | % Abweichung zur Berechnung nach vereinfachten Ansatz nach TUD |
|---|--|--------|--|
| Alter von ... bis unter ...   | Total der Fahrleistung (ABL) (Pkw-Fahrer) 1991 [km/Jahr] | Anteil |  |
| 18 bis u. 25  | 55.688   | 14,1 % | -1,6 %   |
| 25 bis u. 45  | 194.346  | 49,2 % | 0,2 %  |
| 45 bis u. 65  | 122.567  | 31,1 % | 2,6 %  |
| 65 bis u. 75  | 17.587   | 4,5 %  | -1,1 %   |
| 75 u. älter   | 4.433  | 1,1 %  | -0,1 %   |
| Insgesamt   | 394.621  | 100 %  |  |

Quelle: eigene Darstellung auf Basis HAUTZINGER et al. (1996c, S. 77)

**Tab. 12:** Fahrleistungen (Pkw) bzw. anteilige Fahrleistungen nach Altersgruppen der Fahrzeugführer für das Jahr 1991 (ABL) und 2002 (gesamtes Bundesgebiet)

enthält das Ergebnis. Zusätzlich ist die prozentuale Abweichung zu den Berechnungsergebnissen aus Tabelle 12 (vereinfachter Berechnungsansatz) angefügt, wobei die maximale Abweichung 2,6 % beträgt. Die Ergebnisse der eigenen Berechnungen erreichen die von HAUTZINGER et al. ausgewiesenen Werte in guter Näherung.

Alle im Projekt durchgeführten Testrechnungen verdeutlichen, dass der Einfluss auf die anteiligen Fahrleistungen, der durch Veränderungen in den NBL (insbesondere bei der Weglänge) auftritt, durch den geringen Anteil der Wohnbevölkerung gegenüber den ABL sehr klein ist (unter einem Prozentpunkt je Altersgruppe). Es kann keine spürbare Ergebnisverbesserung erzielt werden.

Nach Ansicht der Autoren ist daher die Praktikabilität des vorgestellten vereinfachten Berechnungsansatzes für die Disaggregation der Pkw-Fahrleistung nach Altersgruppen in hinreichender Genauigkeit gegeben.

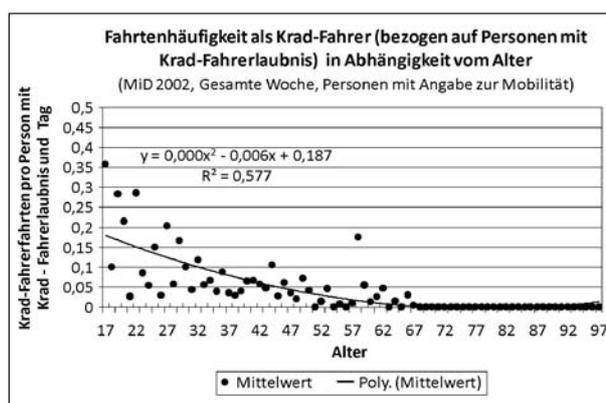
### 5.1.3 Krad

Das grundlegende Vorgehen zur Berechnung der anteiligen Fahrleistungen für die VBA „Krad“ entspricht dem in Tabelle 11 und 12 dargestellten Verfahren für Pkw. Bild 30 zeigt die bivariate Analyse der Fahrtenhäufigkeit in Abhängigkeit vom Alter der Fahrzeugführer für MiD 2002. Tendenziell ist eine mit steigendem Alter abnehmende Fahrtenhäufigkeit auszumachen. Jedoch muss festgestellt werden, dass die Streuung zwischen den Altersschei-

| Alter der Zielperson (Klassiert) | Kradfahrer-fahrten/P (mit FE), Tag | n (unge-wichtet) | km/Krad-Fahrer-fahrt | n (unge-wichtet) |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|
| 0 bis u. 15                      | 0,000                              | 0                | 0,00                 | 0                |
| 15 bis u. 18                     | 0,293                              | 22               | 9,52                 | 30               |
| 18 bis u. 25                     | 0,145                              | 333              | 10,17                | 49               |
| 25 bis u. 45                     | 0,072                              | 2.822            | 14,86                | 204              |
| 45 bis u. 65                     | 0,035                              | 2.770            | 13,61                | 86               |
| 65 bis u. 75                     | 0,005                              | 929              | 11,94                | 4                |
| 75 u. älter                      | 0,000                              | 195              | 0,00                 | 0                |
| Insgesamt                        |                                    | 7.071            |                      | 373              |

(MiD 2002, gesamte Woche, gewichtet, Personen mit Angaben zur Mobilität, komplexe Reiseweite, Weglänge für Wege < 100 km)

**Tab. 13:** Mittlere Fahrtenhäufigkeit und Weglänge (Krad) nach Altersgruppen der Fahrzeugführer für das Jahr 2002



**Bild 30:** Fahrtenhäufigkeit mit Krad in Abhängigkeit vom Alter (MiD 2002)

ben, insbesondere zwischen 18 und 40 Jahren, sehr stark ist. Dies ist auf die geringen Fallzahlen berichteter Kradfahrten zurückzuführen.

Tabelle 13 zeigt die Fahrtenhäufigkeit und Weglänge bei Kradfahrten für MiD 2002. Die Fallzahlen für Kradfahrten sind sehr gering, wodurch an die Genauigkeit der Weglänge keine sehr hohen Erwartungen gestellt werden dürfen. Die Altersgruppe „75 Jahre und älter“ bleibt in MiD 2002 für die Weglänge aufgrund fehlender Radfahrten gänzlich unbesetzt.

Aufgrund der relativ geringen Häufigkeiten von Kradfahrten in den Erhebungen SrV und MOP lassen sich auch keine verwertbaren Aussagen zur zeitlichen Veränderung der Komponenten gewinnen. Erschwerend kommt hinzu, dass im SrV 1998 und 2003 keine gesonderte Erfassung von Krafträdern und Kleinkrafträdern erfolgte und demnach

kein spezieller Vergleich im SrV-Zeitverlauf für Krafräder vorgenommen werden kann. Unabhängig davon ist, analog zu MiD 2002, auch in den SrV-Durchgängen nur eine extrem geringe Anzahl von Wegen mit motorisierten Zweirädern erfasst worden.

Die Kennwerte sind demnach in erster Näherung konstant anzunehmen. Die Veränderung der anteiligen Fahrleistung bei Kradfahrten kann für den Untersuchungszeitraum 1990-2006 somit lediglich durch demografische Veränderungen berücksichtigt werden. Die Berechnung erfolgt analog wie für Pkw jedoch für Personen mit Krad-FE.

#### 5.1.4 Moped/Mofa

Für Fahrten mit „Moped/Mofa“ gelten die in Kapitel 5.1.3 dargestellten Aussagen analog. Tabelle 14 zeigen die Merkmalsausprägungen der Fahrten-

| Alter der Zielperson (klassiert) | Moped-Fahrerfahrten/P (mit FE), Tag | n (ungewichtet) | km/Moped-Fahrt | n (ungewichtet) |
|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 0 bis u. 15                      | 0,000                               | 1               | 6,52           | 22              |
| 15 bis u. 18                     | 1,385                               | 189             | 7,68           | 354             |
| 18 bis u. 25                     | 0,030                               | 954             | 7,68           | 66              |
| 25 bis u. 45                     | 0,036                               | 4.482           | 6,13           | 235             |
| 45 bis u. 65                     | 0,022                               | 3.981           | 7,41           | 149             |
| 65 bis u. 75                     | 0,019                               | 777             | 2,35           | 23              |
| 75 u. älter                      | 0,008                               | 171             | 4,00           | 2               |
| Insgesamt                        |                                     | 10.555          |                | 851             |

(MiD 2002, gesamte Woche, gewichtet, Personen mit Angaben zur Mobilität, komplexe Reiseweite, Weglänge für Wege < 100 km)

Tab. 14: Mittlere Fahrtenhäufigkeit (Moped) nach Altersgruppen der Fahrzeugführer für das Jahr 2002

| Alter der Zielperson (Klassiert) | Radfahrten/P (ohne FE), Tag | n (ungewichtet) | Radfahrten/P (mit FE), Tag | n (ungewichtet) | km/ Radfahrt | n (ungewichtet) |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 0 bis u. 15                      | 0,438                       | 7.682           | 0,000                      | 0               | 2,096        | 3.665           |
| 15 bis u. 18                     | 0,568                       | 2.636           | 0,286                      | 7               | 2,564        | 1.122           |
| 18 bis u. 25                     | 0,380                       | 555             | 0,268                      | 2.936           | 4,033        | 1.229           |
| 25 bis u. 45                     | 0,468                       | 727             | 0,258                      | 12.235          | 3,056        | 4.478           |
| 45 bis u. 65                     | 0,376                       | 1.695           | 0,313                      | 13.214          | 3,584        | 4.715           |
| 65 bis u. 75                     | 0,301                       | 1.207           | 0,287                      | 3.206           | 2,881        | 1.572           |
| 75 u. älter                      | 0,221                       | 670             | 0,195                      | 942             | 2,483        | 657             |
| Insgesamt                        |                             | 15.172          |                            | 32.541          |              | 17.438          |

(MiD 2002, gesamte Woche, gewichtet, Personen mit Angaben zur Mobilität, komplexe Reiseweite, Weglänge für Wege < 100 km)

Tab. 15: Mittlere Fahrtenhäufigkeit nach Altersgruppen der Fahrzeugführer (mit/ohne Pkw-FE) und Weglänge (Rad) für das Jahr 2002

häufigkeit und Weglänge für das Jahr 2002 aus MiD. Eine Analyse der zeitlichen Veränderung kann aus bereits genannten Gründen für Moped/ Mofa nicht erfolgen. Die Kennwerte sind demnach in erster Näherung wiederum als konstant anzunehmen. Veränderungen der anteiligen Fahrleistung bei Mopedfahrten können für den Untersuchungszeitraum 1990-2006 damit nur auf der Grundlage demografischer Verschiebungen abgebildet werden. Die Berechnung erfolgt im Grundsatz analog zur VBA Pkw.

#### 5.1.5 Rad

Die Aufteilung der Fahrleistung nach Altersgruppen der VBA „Rad“ erfolgt grundsätzlich wie in Tabelle 15 beschrieben.

Wie an anderer Stelle schon erwähnt, ist der Wegfall der Zugangsbeschränkung zu motorisierten Kraftfahrzeugen eine zentrale verhaltensbeeinflussende Größe. Vor allem spielt dabei der Erwerb bzw. der Besitz einer gültigen Pkw-Fahrerlaubnis eine zentrale Rolle. Daher wird die Fahrtenhäufigkeit getrennt nach Personen mit und ohne Pkw-FE ermittelt. Tabelle 15 zeigt die Fahrtenhäufigkeit mit Rad für Personen ohne und mit Pkw-FE nach AG aus MiD 2002. Dabei sind für die Mehrzahl der Altersgruppen Unterschiede erkennbar. Tabelle 15 weist weiterhin die zugehörige mittlere Weglänge für Radfahrten (MiD 2002) aus. Die Fahrleistung einer Altersgruppe  $a$  in einem Jahr  $t$  bestimmt sich entsprechend nachstehender Gleichung zu:

$$FL_{Rad,a,t} = (F_{(Rad,a,t,mil'FE)} \cdot WL_{(Rad,a,t)} \cdot GG_{(a,t)} \cdot A(PkwFE)_{a,t}) + (F_{(Rad,a,t,ohne'FE)} \cdot WL_{(Rad,a,t)} \cdot GG_{(a,t)} \cdot (1 - A(PkwFE)_{a,t})) \quad (5.4)$$

Die anteilige Fahrleistung einer Altersgruppe bestimmt sich anschließend zu:

$$FL_{\%Rad,a,t} = \frac{FL_{Rad,a,t}}{FL_{Rad,t}} \quad (5.5)$$

Im nächsten Schritt wird der Frage nachgegangen, ob eine Veränderung der Kennwerte über die Jahre  $t$  anzunehmen ist oder ob für die Aufteilung der Fahrleistungen plausibel von einer Konstanz der Kenngrößen ausgegangen werden kann.

Wird die Auswertung des SrV-Städtepegels (vgl. Bild 31) zur Beantwortung dieser Frage zugrunde gelegt, ist festzustellen, dass für Personen ohne

Pkw-FE aufgrund der Streuung der Fahrtenhäufigkeit kein Unterschied von 1991/1994 zu 1998/2003 erkennbar ist. Diese Einschätzung trifft auch auf Personen mit Pkw-FE zu, wobei für Personen unter 40 Jahre 1998/2003 in der Tendenz eine leicht höhere Fahrtenhäufigkeit auftritt.

Für die mittlere Weglänge ist festzustellen, dass die Verläufe sich für die zwei Bezugszeiträume stark ähneln, jedoch 1998/2003 ein leichter Anstieg der Weglänge im Radverkehr auszumachen ist. Insgesamt wird jedoch davon ausgegangen, dass die Unterschiede nicht in dem Maße auftreten, um eine Berücksichtigung dieses Sachverhaltes für die Be-

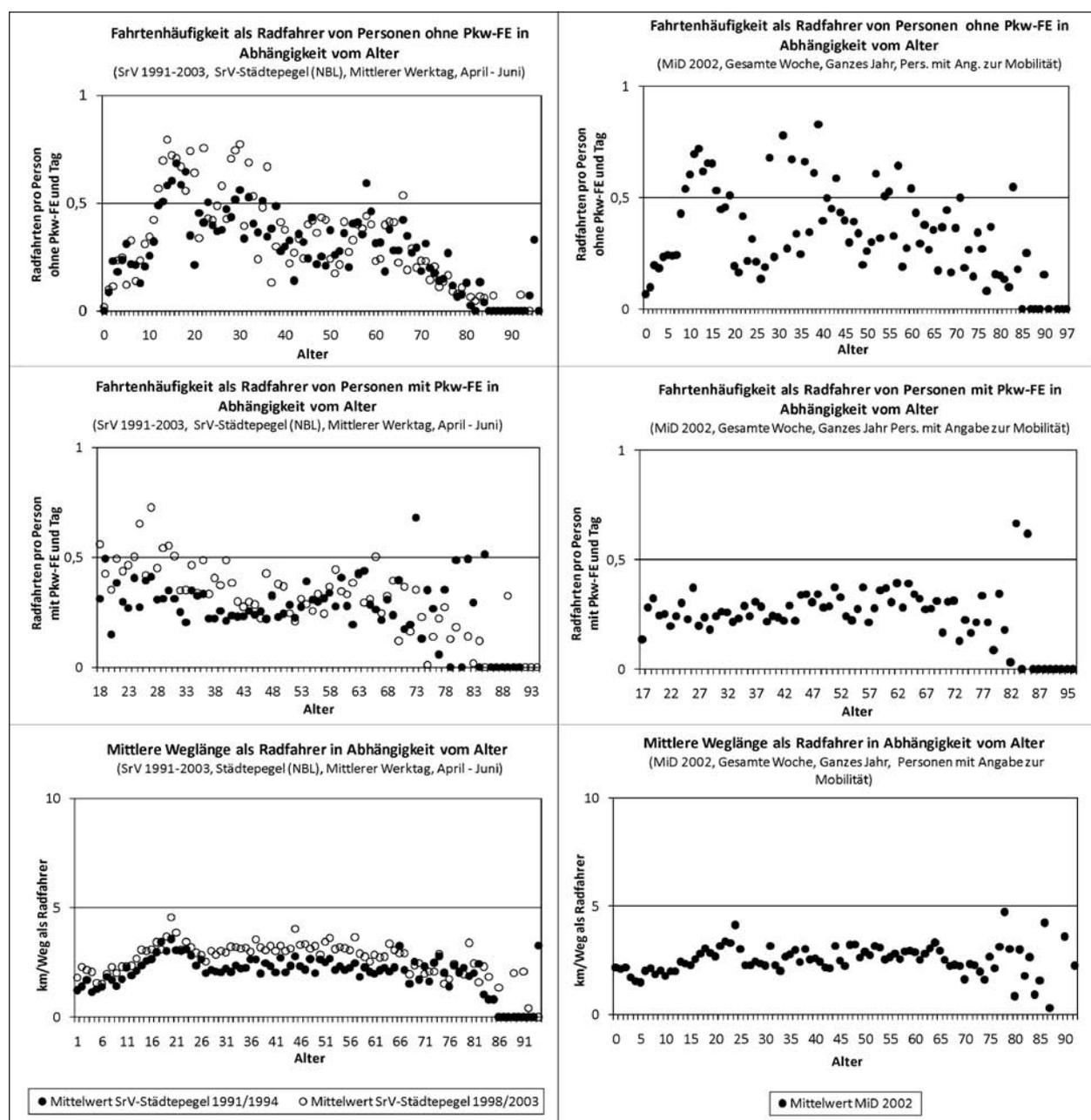


Bild 31: Fahrtenhäufigkeit und Weglänge (Rad) in Abhängigkeit vom Alter

| Alter der Zielperson (klassiert) | Fußwege/P (ohne FE), Tag | n (ungewichtet) | Fußwege/P (mit FE), Tag | n (ungewichtet) | km/ Fußweg | n (ungewichtet) |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| 0 bis u. 15                      | 1,04                     | 7.682           | 0,00                    | 0               | 1,038      | 9.023           |
| 15 bis u. 18                     | 0,86                     | 2.636           | 0,43                    | 7               | 1,091      | 1.717           |
| 18 bis u. 25                     | 0,90                     | 555             | 0,51                    | 2936            | 1,224      | 2.597           |
| 25 bis u. 45                     | 1,01                     | 727             | 0,69                    | 12235           | 1,164      | 11.508          |
| 45 bis u. 65                     | 1,12                     | 1.695           | 0,75                    | 13214           | 1,354      | 11.234          |
| 65 bis u. 75                     | 1,07                     | 1.207           | 0,92                    | 3206            | 1,266      | 4.967           |
| 75 u. älter                      | 1,05                     | 670             | 0,90                    | 942             | 1,025      | 33.37           |
| Insgesamt                        |                          | 15.172          |                         | 32.541          |            | 44.383          |

(MiD 2002, gesamte Woche, gewichtet, Personen mit Angaben zur Mobilität, komplexe Reiseweite, Weglänge für Wege < 100 km)

Tab. 16: Mittlere Weghäufigkeit (Fußgänger) nach Altersgruppen (mit/ohne Pkw-FE) und Weglänge für das Jahr 2002

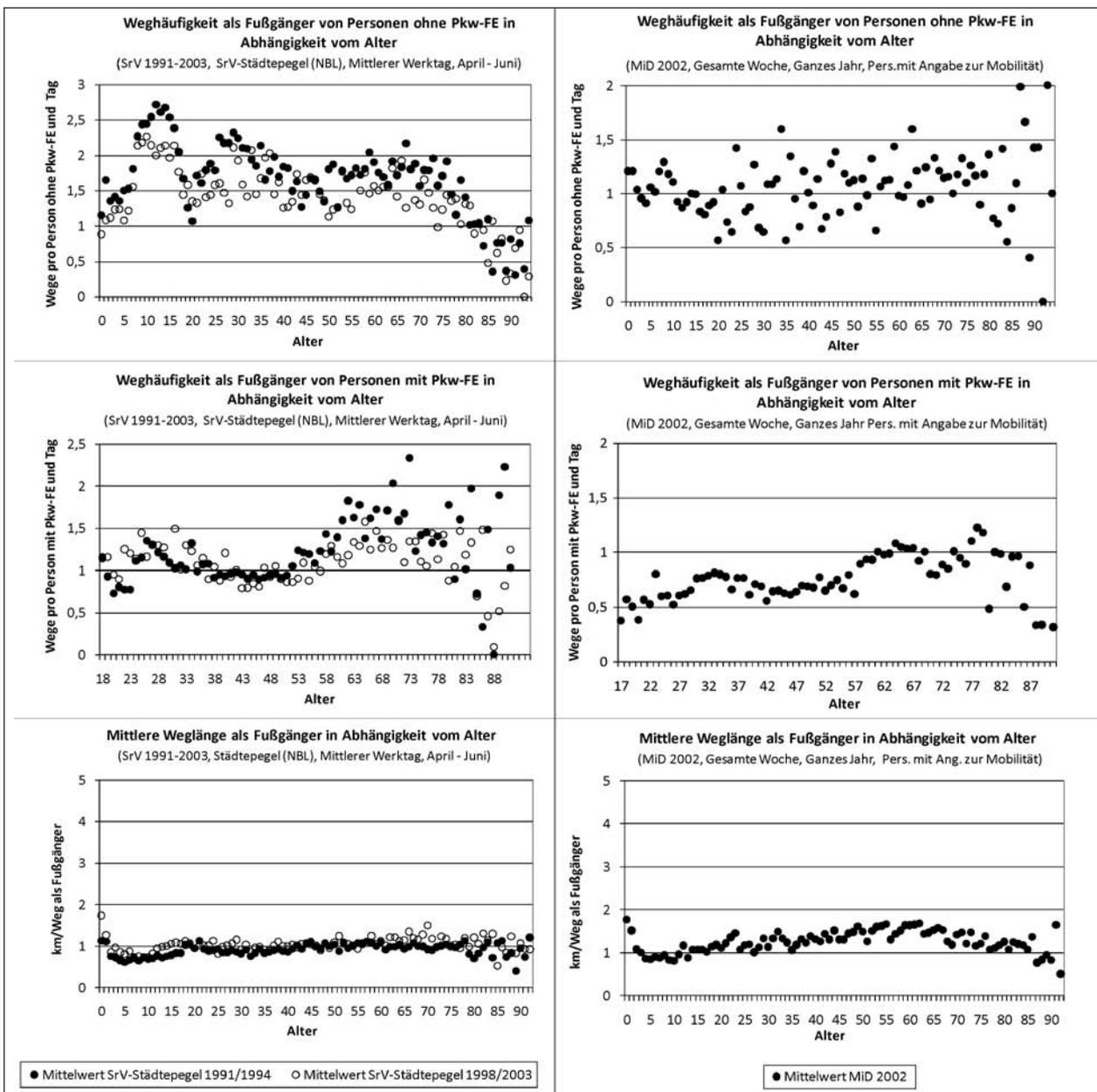


Bild 32: Fahrhäufigkeit und Weglänge (Fuß) in Abhängigkeit vom Alter

rechnung der Radfahrleistungen zu rechtfertigen. Bei der Weglänge ist zudem anzumerken, dass die gleichmäßige Erhöhung der Absolutwerte über alle Altersscheiben keinen Einfluss auf die anteilige Fahrleistung hat.

### 5.1.6 Fuß

Für die VBA „Fußgänger“ ist die mittlere Weghäufigkeit, zusammen mit der Weglänge, die zu verwendende Kenngröße zur Berechnung der Verkehrsleistung. Tabelle 16 enthält die errechneten Werte aus MiD 2002. Die Weghäufigkeit wird wiederum aus o. g. Gründen getrennt für Personen mit und ohne Pkw-FE ausgewiesen. Dabei sind deutliche Unterschiede innerhalb einer Altersgruppe für Personen mit und ohne Pkw-FE zu erkennen.

Bild 32 (linke Seite) zeigt die Auswertungen des SrV-Städtepegels (NBL) für die Gruppierungen 1991/1994 und 1998/2003. Insgesamt sind unter Berücksichtigung der Streuung nur geringfügige Unterschiede zu verzeichnen.

Die Verkehrsleistung für die VBA „Fußgänger“ errechnet sich analog zu der Fahrleistung der „Radfahrer“. Die anteilige Fahrleistung ergibt sich im Anschluss zu:

$$FL_{\%Fu\beta,a,t} = \frac{FL_{Fu\beta,a,t}}{FL_{Fu\beta,t}} \quad (5.6)$$

## 5.2 Abschätzung der künftigen Fahrleistung (Modul 2)

### 5.2.1 Vorbemerkung

Für den Prognosezeitraum (Modul 2) werden die Ergebnisse aus der Analyse (Modul 1) verwendet, um die Fahrleistungen in der notwendigen Differenziertheit, im Wesentlichen über Trendextrapolation, aus den Ortslagenwerten der Vergangenheit zu bestimmen. Grundlage für die Prognose bilden Eckwerte zur Gesamtjahresfahrleistung nach Fahrzeugarten, die aus bereits vorhandenen Untersuchungen als Ergebnis übernommen werden. Das grundsätzliche Vorgehen zeigt Bild 33.

Die Prognose der Gesamtjahresfahrleistung erfolgt – entsprechend dem verfügbaren Datenmaterial – für die zu untersuchenden VBA auf unterschiedliche Weise. Dabei werden aus verfahrenstechnischen Gründen die Gruppen

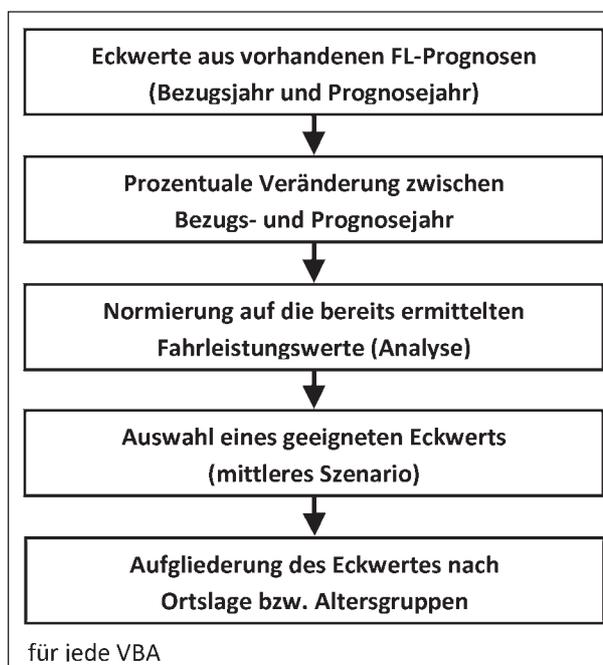
- Pkw,
- Bus, Rad, Fuß,
- Krad, Moped und
- Gfz

jeweils einer differenzierten Betrachtung unterzogen.

Zur Aufteilung der Gesamtjahresfahrleistung nach Ortslage wird für alle VBA ein einheitliches Verfahren in Ansatz gebracht, bei dem aus den Analysewerten für die verschiedenen Ortslagen für den Zeitraum von 1991 bis 2006 Trendfunktionen entwickelt werden. Hierfür gibt es zwei mögliche Herangehensweisen.

Variante 1 sieht vor, dass die Fahrleistungen für alle drei Ortslagen über Trendextrapolationen prognostiziert werden. Daraus ergibt sich ein bestimmtes Aufteilungsverhältnis, mit dem die prognostizierte Gesamtjahresfahrleistung nach Ortslagen differenziert ausgewiesen werden kann.

Variante 2 besteht darin, je nach Anpassungsgüte und logischer Konsistenz lediglich zwei Ortslagen<sup>33</sup> zu extrapolieren. Die dritte Ortslage ergibt sich



**Bild 33:** Vorgehen zur Bestimmung der Prognosefahrleistung einer VBA

<sup>33</sup> bzw. nur eine, falls eine Ortslage aus straßenverkehrsrechtlichen Gründen für die VBA entfällt (z. B. Rad auf BAB)

dann aus der Differenz zur prognostizierten Gesamtjahresfahrleistung.

In einem weiteren Schritt erfolgt für den Prognosezeitraum die Aufteilung der Gesamtjahresfahrleistung nach Altersgruppen. Dabei ist zu beachten, dass analog zur Analyse eine Altersgruppenuntergliederung der Fahrleistungen für die VBA „Bus“ und „Gfz“ nicht vorgesehen ist (vgl. Kapitel 5.1.1). Es wird Variante 2 umgesetzt.

### 5.2.2 Prognose der Fahrleistung nach Ortslage

Zur Abschätzung der Fahrleistung für 2015/2020 können auf der Grundlage der Recherche mehrere mögliche Prognose-Eckwerte herangezogen werden. Ausgangsbasis für die Festlegung eines geeigneten Eckwertes bilden die im ausführlichen Projektbericht dargestellten Zusammenhänge. Zunächst werden dazu die originalskalierten Prognosewerte der Fahr- bzw. Verkehrsleistung auf Grundlage der vorliegenden Szenarien herangezogen. Anhand der Veränderungsrate von Bezugsjahr und Prognosejahr erfolgt im nächsten Schritt eine Normierung<sup>34</sup> auf die in der Analyse ausgewiesenen Fahrleistungswerte des Bezugsjahres.

<sup>34</sup> Die Normierung erfolgte in allen Fällen nach dem gleichen Schema. Zunächst wurde für jedes Szenario die sich mit dem Bezugsjahr ergebende „jährliche Veränderungsrate“ bestimmt. Diese wurde im Anschluss auf das jeweilige Bezugsjahr übertragen. Somit kann die Fahrleistung für den Prognosehorizont bestimmt werden. Lag der Eckwert lediglich für eine Verkehrsmittelgruppe vor, die eine Aggregation mehrerer VBA darstellt (z. B. MIV), wurde vereinfachend die Veränderungsrate aus dieser Gruppe auf die jeweilige VBA übertragen.

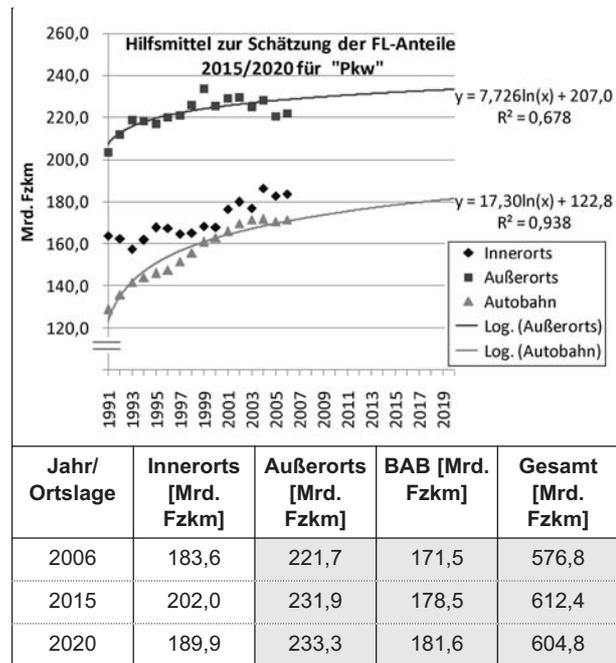
<sup>35</sup> Die Festlegung dient zunächst dazu, eine erste Prognoseberechnung des Unfallgeschehens mit Hilfe des Modellalgorithmus durchzuführen. Durch Variation der Fahrleistung, bzw. Wahl eines anderen Eckwertes, können im Prognosemodell jederzeit andere mögliche Entwicklungen in Szenarien abgebildet werden.

### Pkw-Fahrleistung

Tabelle 17 enthält die durch die Normierung ermittelten Prognosewerte der vier für die VBA „Pkw“ infrage kommenden Quellen und deren Szenarien.

Im nächsten Schritt wird ein mittleres Szenario für die Fahrleistungsprognose ausgewählt<sup>35</sup>. Wie aus Tabelle 17 ersichtlich, ist nach Normierung die Streuung der Prognosen verhältnismäßig gering.

Werden die beiden Extremfälle (oberes und unteres Szenario) gestrichen, schwankt die prognostizierte Fahrleistung für 2020 zwischen 586,3 Mrd. Fzkm und 628,8 Mrd. Fzkm. Im Resultat dieser Betrachtung wurde die Prognose „Shell-Szenarien bis 2030“ im Szenario „Tradition“ verwendet. Diese Festlegung erlaubt in der Folge eine weitere Differenzierung der Prognosefahrleistung nach Ortslage bzw. Altersgruppen.



| Jahr/ Ortslage | Innerorts [Mrd. Fzkm] | Außerorts [Mrd. Fzkm] | BAB [Mrd. Fzkm] | Gesamt [Mrd. Fzkm] |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| 2006           | 183,6                 | 221,7                 | 171,5           | 576,8              |
| 2015           | 202,0                 | 231,9                 | 178,5           | 612,4              |
| 2020           | 189,9                 | 233,3                 | 181,6           | 604,8              |

Bild 34: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Pkw“

| Prognose                  | Mobilität 2050 |                     |                | Shell-Szenarien bis 2030 |           | Shell-Pkw-Szenarien |             | Verkehrsprognose (BVWP) 2015 |             |
|---------------------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------------|-----------|---------------------|-------------|------------------------------|-------------|
|                           | Status quo     | gleitender Übergang | dyn. Anpassung | Impuls                   | Tradition | One World           | Kaleidoskop | Trend                        | Integration |
| 1997                      |                |                     |                |                          |           |                     |             | 537,6                        | 537,6       |
| 2002                      | 579,4          | 579,4               | 579,4          | 579,4                    | 579,4     | 567,5               | 557,8       |                              |             |
| 2015                      | 584,4          | 616,5               | 591,8          | 622,7                    | 612,4     | 617,4               | 542,1       | 656,3                        | 625,8       |
| 2020                      | 586,3          | 630,8               | 596,5          | 628,8                    | 604,8     | 622,7               | 520,5       |                              |             |
| Prognose Pkw in Mrd. Fzkm |                |                     |                |                          |           |                     |             |                              |             |

Tab. 17: Normierte Fahrleistungseckwerte für die VBA „Pkw“

In einem weiteren Schritt wird die Aufteilung der Gesamtjahresfahrleistung nach Ortslage gemäß der oben beschriebenen „Variante zwei“ umgesetzt. Die Grundlage hierfür bilden die in Bild 34 dargestellten Funktionen. Die geschätzten Fahrleistungswerte für „Außerorts“ und „BAB“ ergeben sich durch Trendfortschreibung. Der Wert „Innerorts“ wird aus Differenzenbildung mit der Gesamtjahresfahrleistung ermittelt (vgl. Bild 34).

### Fahrleistung für Bus, Rad und Fuß

Die Abschätzung der künftigen Gesamtjahresfahrleistung für „Bus“, „Rad“ und „Fuß“ erfolgt prinzipiell nach dem gleichen Muster wie für die VBA „Pkw“. Die Ergebnisse dieser Überlegung sind analog zu „Pkw“ in Tabelle 18 dargestellt. Die Tabelle zeigt somit mögliche normierte Fahrleistungseckdaten für die VBA „Bus“, „Rad“ und „Fuß“ und der zwei verwendbaren Quellen in insgesamt fünf Szenarien. Dabei ist wiederum ein Szenario auszuwählen. Auffällig ist, dass die Prognosen in ihrer Gesamtheit sehr eng beieinander liegen und gegenüber dem Bezugsjahr nur geringe Veränderungen aufweisen.

Angesichts dieser Tatsache wird als Quelle „Mobilität 2050“ im Szenario „dynamische Anpassung“ zu

| Prognose                         | Mobilität 2050 |                     |                | Verkehrsprognose (BVWP) 2015 |             |
|----------------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------------|-------------|
|                                  | Status quo     | gleitender Übergang | dyn. Anpassung | Trend                        | Integration |
| <b>Prognose Bus in Mrd. Fzkm</b> |                |                     |                |                              |             |
| 1997                             |                |                     |                | 3,657                        | 3,657       |
| 2002                             | 3,502          | 3,502               | 3,502          |                              |             |
| 2015                             | 3,365          | 3,441               | 3,426          | 3,462                        | 3,790       |
| 2020                             | 3,312          | 3,418               | 3,397          |                              |             |
| <b>Prognose Rad in Mrd. Fzkm</b> |                |                     |                |                              |             |
| 1997                             |                |                     |                | 22,941                       | 22,941      |
| 2002                             | 29,706         | 29,706              | 29,706         |                              |             |
| 2015                             | 29,371         | 29,371              | 29,505         | 22,887                       | 24,895      |
| 2020                             | 29,242         | 29,242              | 29,428         |                              |             |
| <b>Prognose Fuß in Mrd. Pkm</b>  |                |                     |                |                              |             |
| 1997                             |                |                     |                | 29,418                       | 29,418      |
| 2002                             | 37,539         | 37,539              | 37,539         |                              |             |
| 2015                             | 37,115         | 37,115              | 37,285         | 28,324                       | 29,318      |
| 2020                             | 36,952         | 36,952              | 37,187         |                              |             |

Tab. 18: Normierte Fahrleistungseckdaten für die VBA „Bus“, „Rad“ und „Fuß“

Grunde gelegt. Im nächsten Schritt wird die Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage vorgenommen. Dies erfolgt für „Bus“, „Rad“ und „Fuß“ wiederum nach „Variante zwei“. Die Grundlage für die VBA „Bus“ bilden die in Bild 35 dargestellten Funktionen. Verwendung finden die Fahrleistungswerte für die Ortslage „Innerorts“ und „BAB“, die sich durch Trendfortschreibung ergeben. Der Außerortswert wird für diesen Fall aus Differenzenbildung ermittelt.

Für die Differenzierung nach Ortslage für die VBA „Rad“ wird wie folgt vorgegangen: Die Zeitreihenanalyse ergibt für die Außerortsfahrleistung einen relativ konstanten Funktionsverlauf (Bild 36). Eine Fahrleistung auf BAB ist für den Radverkehr aus straßenverkehrsrechtlichen Gründen ausgeschlossen. Demnach wird anhand der extrapolierten Außerortswerte eine Prognosefahrleistung ermittelt. Die Innerortsfahrleistung ergibt sich im Anschluss aus dem Gesamteckwert abzüglich der Außerortsfahrleistung.

Für die Verkehrsleistung der VBA „Fuß“ wird die vorhandene Datenbasis analog zur Datenbasis „Rad“ behandelt. Die Zeitreihenanalyse ergibt für die Außerortsfahrleistung einen stetigen Funktionsverlauf (Bild 37). Eine Fahrleistung auf „BAB“ ist für den Fußgängerverkehr so wie bei „Rad“ ebenfalls ausgeschlossen.

Dadurch kann anhand der extrapolierten Außerortswerte eine Prognosefahrleistung für diese Ortslage

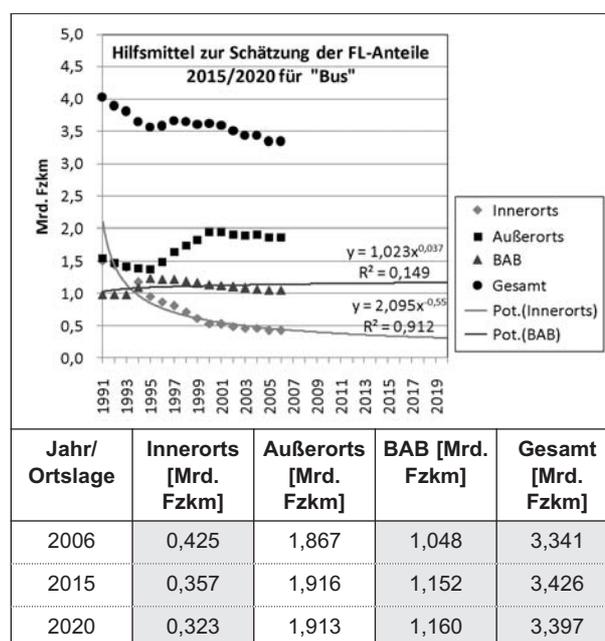


Bild 35: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Bus“

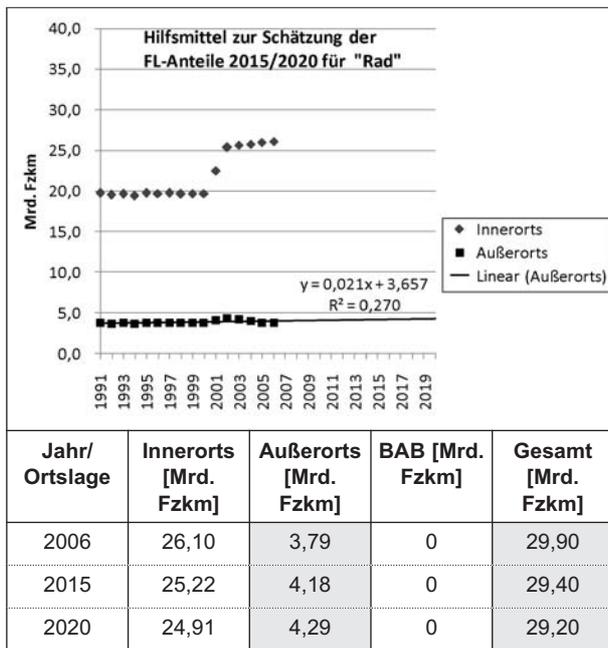


Bild 36: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Rad“

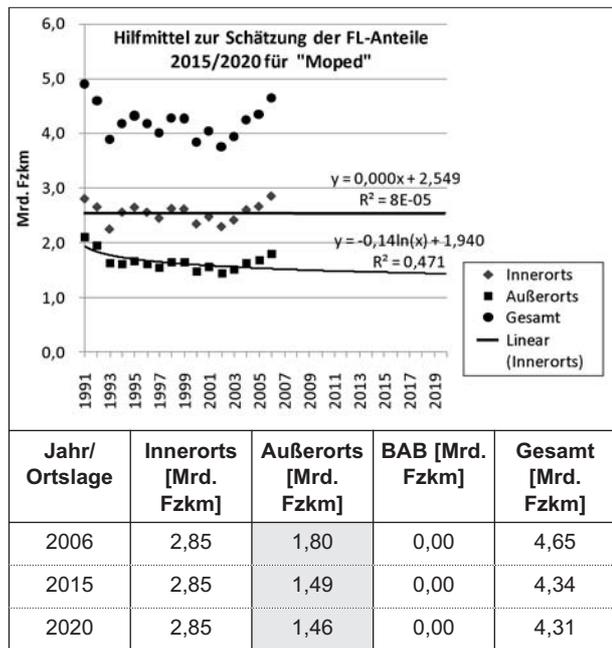


Bild 38: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Moped“

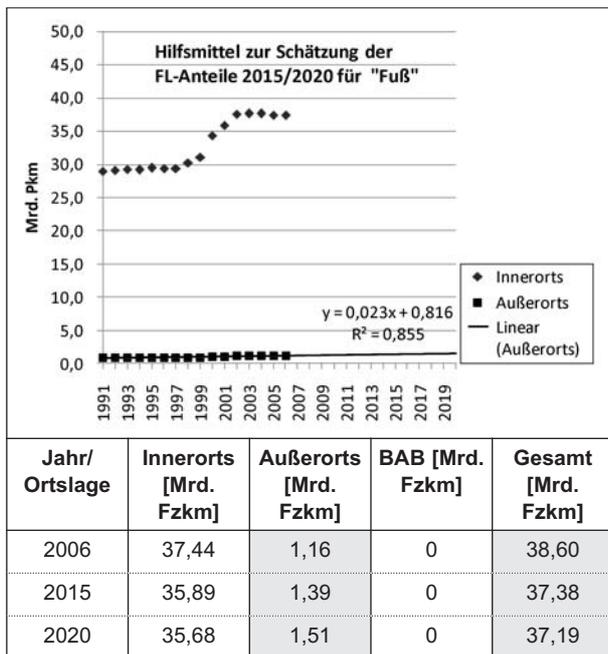


Bild 37: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Fuß“

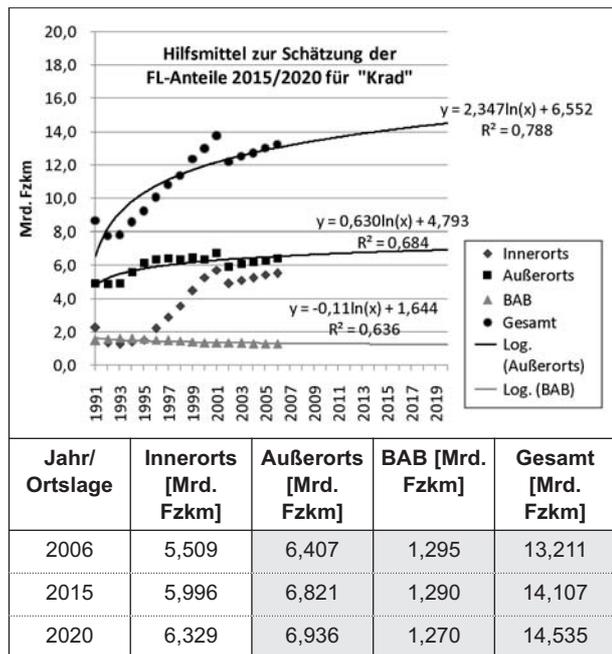


Bild 39: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Krad“

ermittelt werden. Die Innerortsfahrleistung ergibt sich im Anschluss durch entsprechende Differenzbildung.

### Fahrleistung für Moped, Krad

Im nächsten Schritt erfolgt die Prognose der Fahrleistung der VBA „Moped“ und „Krad“. Für diese beiden Gruppen liegen anhand der recherchierten

Prognosen keine separaten Fahrleistungseckwerte vor. Dementsprechend wird ein vereinfachter Ansatz gewählt.

Dabei ist die Schätzung für die VBA „Moped“ wiederum relativ unkompliziert. Durch den Umstand, dass die Benutzung von Bundesautobahnen ausgeschlossen ist, reduziert sich die Berechnung auf die Ortslagen „Außerorts“ und „Innerorts“. Anhand des in Bild 38 dargestellten funktionalen Zusam-

menhangs können Fahrleistungswerte dieser zwei Ortslagen durch Trendextrapolation bestimmt werden. Die Aufsummierung beider Werte ergibt eine geschätzte Gesamtfahrleistung für die VBA „Moped“ im Prognosezeitraum.

Für die VBA „Krad“ erfolgt die Berechnung der Prognosefahrleistung, indem zunächst der Gesamteckwert über Trendextrapolation bestimmt wird.

Im Anschluss werden Prognosewerte aus dem mutmaßlich funktionalen Zusammenhang von „BAB“ und „Außerorts“ ermittelt. Aus Differenzenbildung erfolgt die Bestimmung der Innerortsfahrleistung. Die entsprechenden Werte und Zusammenhänge sind in Bild 39 dargestellt.

### Fahrleistung für Gfz

Für die VBA „Gfz“ lässt sich anhand der Prognose der Bundesverkehrswegeplanung ein Eckwert zur prognostizierten Beförderungsmenge im Straßengüterverkehr (Gfz) ableiten. Die Umrechnung der Eckwerte in Fahrzeugkilometer ist nicht ohne weiteres möglich. Dies ist damit zu begründen, dass die Fahrleistung der Fahrzeuge nicht nur von der beförderten Menge abhängt, sondern auch von Randbedingungen wie Auslastungsgrad, der mittleren zulässigen Nutzlast, dem Leerfahrtenanteil u. a.

Da sich die Fahrleistungsentwicklung im Analysezeitraum sehr gut funktional beschreiben lässt, wird

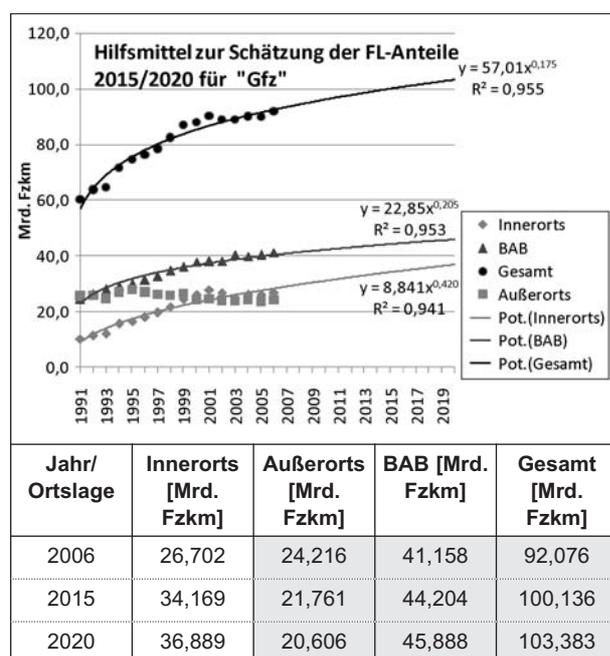


Bild 40: Aufteilung der Fahrleistung nach Ortslage für die VBA „Gfz“

in einem ersten Schritt eine Trendextrapolation zur Eckwertbestimmung der Gesamtfahrleistung favorisiert. Im Anschluss daran erfolgt die Bestimmung der Ortslagenwerte für „BAB“ und „Außerorts“ anhand einer Trendfortschreibung.

Aus Differenzenbildung, wiederum analog zum bisherigen Vorgehen, wird die Innerortsfahrleistung berechnet. Bild 40 zeigt die entsprechenden Zusammenhänge und Fahrleistungswerte.

### 5.2.3 Prognose der anteiligen Fahrleistung nach Altersgruppen

Die Prognose der anteiligen Fahrleistung nach Altersgruppen erfolgt für die VBA „Pkw“, „Krad“, „Moped“, „Rad“ und „Fuß“. Dabei sind, wie schon für die Analyse der Fahrerlaubnisbesitz, die Fahrhäufigkeit und die Weglänge von Personen differenziert nach Altersgruppen notwendige Berechnungsgrößen.

Von zentraler Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung des Fahrerlaubnisbesitzes. Der Besitz einer Fahrerlaubnis ermöglicht es erst, neben nichtmotorisierten individuellen bzw. öffentlichen Verkehrsmitteln auch Verkehrsmittel des motorisierten Individualverkehrs nicht nur als Mitfahrer, sondern auch als Fahrer zu nutzen.

Somit übt der Fahrerlaubnisbesitz einen entscheidenden Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl und dementsprechend auf die Fahrleistungskennwerte aus. Es gibt darüber hinaus noch den Effekt, bestimmte Verhaltensweisen in die Zukunft „mitzunehmen“. Dieser Sachverhalt wird als „Kohorteneffekt“ bezeichnet. Durch die folgenden Ansätze soll versucht werden, beiden Aspekten Rechnung zu tragen.

### Fahrerlaubnisbesitz

Die Prognose des Fahrerlaubnisbesitzes erfolgt unter der Annahme, dass die derzeitigen Gewohnheiten zum Erwerb einer Fahrerlaubnis im Prognosezeitraum im Wesentlichen unverändert bleiben. Für diesen Fall kommt lediglich der Kohorteneffekt zum Tragen. Dieser lässt sich insbesondere für den Besitz einer Fahrerlaubnis relativ genau vorhersagen, da i. d. R. die Fahrerlaubnis im Laufe des Lebens einmal erworben wird und dann normalerweise bis zum Lebensende ihre Gültigkeit behält. Unabhängig davon, wie häufig in bestimmten Altersklassen dann die Nutzungsintensität der dazugehö-

| AG                                | 0 bis<br>u. 15 | 15 bis<br>u. 18 | 18 bis<br>u. 25 | 25 bis<br>u. 45 | 45 bis<br>u. 65 | 65 bis<br>u. 75 | 75 u.<br>älter |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <b>Personen mit Pkw-FE in %</b>   |                |                 |                 |                 |                 |                 |                |
| 2015                              | 0,00           | 0,14            | 70,5            | 89,6            | 89,1            | 81,7            | 65,3           |
| 2020                              | 0,00           | 0,14            | 70,7            | 89,8            | 90,4            | 84,9            | 72,1           |
| <b>Personen mit Krad-FE in %</b>  |                |                 |                 |                 |                 |                 |                |
| 2015                              | 0              | 3,29            | 11,9            | 22,8            | 48,1            | 75,1            | 62,2           |
| 2020                              | 0              | 3,31            | 11,9            | 23,1            | 39,1            | 79,8            | 68,2           |
| <b>Personen mit Moped-FE in %</b> |                |                 |                 |                 |                 |                 |                |
| 2015                              | 0,00           | 6,49            | 72,0            | 89,7            | 88,8            | 80,3            | 62,0           |
| 2020                              | 0,00           | 6,53            | 72,2            | 89,8            | 90,4            | 84,6            | 71,3           |

**Tab. 19:** Prognose des Besitzes einer Fahrerlaubnis für Pkw, Krad und Moped nach Alter

rigen VBA ist, kann davon ausgegangen werden, dass künftig weder ab einem bestimmten Alter die Fahrerlaubnis aus Altersgründen entzogen wird noch künftig ältere Leute in höherem Maße als heute diese aufgrund von Regelverstößen verlieren. Da in Verbindung mit dem Erwerb einer Pkw-Fahrerlaubnis unter heutigen Rahmenbedingungen automatisch eine „Moped“-Fahrerlaubnis (Klasse 4 bzw. M) erteilt wird, ähnelt die Besitzquote für Moped stark der für Pkw.

Unter den oben genannten Voraussetzungen lässt sich der Fahrerlaubnisbesitz ab dem Alter, bei dem nach heutiger Verhaltensweise der Fahrerlaubniserwerb im Wesentlichen abgeschlossen ist, in den Prognosezeitraum verschieben. Zusammen mit der prognostizierten Bevölkerungsmenge der Altersscheiben (Variante 1 – W1, 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung) ergibt sich somit der Fahrerlaubnisbesitz nach Altersgruppen für den Prognosehorizont (Tabelle 19).

### Fahrtenhäufigkeit und Weglänge

Zur Abschätzung der anteiligen Fahrleistung nach Altersgruppen wurde bereits für die Aufteilung der Fahrleistung im Analysezeitraum ein vereinfachter Ansatz über die spezifische Fahrtenhäufigkeit und Weglänge favorisiert. Für die Prognose soll analog dazu die Ermittlung von entsprechenden Kenngrößen erfolgen, die in Verbindung mit der vorausberechneten künftigen Bevölkerungsverteilung die anteilige Fahrleistung der Altersgruppen näherungsweise abbildet.

Der Einfluss des Alters (Fahrzeugführer) soll auch in der Prognose der Unfallhäufigkeit für die VBA

„Pkw“, „Krad“, „Moped“, „Rad“ und „Fuß“ modellhaft berücksichtigt werden.

Aufgrund der vorhandenen Datenlage ist es erforderlich, die Kennwerte zur Fahrtenhäufigkeit und Weglänge für „Moped“, „Rad“ und „Fuß“ aus der Analyse zunächst zu übernehmen. Dies ist insbesondere bei der Weglänge sinnvoll, da sich nicht abzeichnet, dass diese für o. g. VBA maßgeblichen Veränderungen unterworfen ist (siehe dazu auch Kapitel 5.1). Auch für die Fahrtenhäufigkeit lassen sich Veränderungen mit den vorhandenen Grundlagen sowohl empirisch als auch funktional nur schwer fassen.

Für die VBA „Pkw“ (als die Fahrleistung dominierende VBA) und „Krad“ ist es jedoch möglich, die funktionalen Zusammenhänge zwischen Alter und Fahrtenhäufigkeit als Fahrer bzw. für „Pkw“ auch für die Weglänge zu nutzen, um veränderliche Verhaltensweisen im Modell bereits als Option zu berücksichtigen. Dieser Sachverhalt wird in der aktuellen Diskussion häufig unter dem Begriff des „gefühlten Alters“ geführt.

Darüber hinaus ist auch zu überlegen, ob für bestimmte Altersgruppen durch unterschiedliche Einstellungen (Lebenssituation/-zyklus/-planung, beispielsweise bewusster Erwerb einer Krad-Fahrerlaubnis für „zweiradmotorisierte Freizeitaktivitäten“ oder auch die durch das spätere Renteneintrittsalter verursachte verlängerte „Pflichtmobilität“ von Erwerbstätigen) ebenfalls Kohorteneffekte der Verhaltensweise zu berücksichtigen sind.

Diese Problematik ist jedoch derzeit kaum bzw. nur mit hohem Aufwand empirisch verifizierbar. Für den vorliegenden Prognosehorizont (2015/2020) sind die Effekte ohnehin nur von untergeordneter Bedeutung, da dieser relativ zeitnah gefasst ist. Dennoch soll der Versuch unternommen werden, diese Sachverhalte zumindest modellhaft nachzuvollziehen und bereits in ersten Ansätzen zu berücksichtigen.

Für das Prognosemodell lassen sich funktional beschreibbare Zusammenhänge für „Pkw“ und „Krad“ nutzen, indem sowohl Korrelationen herangezogen werden, um altersgruppenspezifische Kennwerte unter Prognosebedingungen neu zu berechnen, als auch Verhaltensänderungen durch den Effekt des „gefühlten Alters“ zu berücksichtigen. Die Vorgehensweise zur Berechnung der künftigen Verhaltensweisen ist dem ausführlichen Projektbericht zu entnehmen.

### 5.3 Beschreibung des Moduls „Matrixverfahren“ (Modul 3)

Um die für die weitere Berechnung benötigte Größe „Fahrleistung pro Jahr je Verkehrsbeteiligungsart, Ortslage und Altersgruppe“ zu erhalten, müssen die Eingangsgrößen „Fahrleistung pro Jahr je Verkehrsbeteiligungsart und Ortslage“ sowie „anteilige Fahrleistung pro Jahr je Altersgruppe“ in einem Matrixverfahren kombiniert werden. Dazu kann eine zweidimensionale Matrix aufgespannt werden, bei der die eine Randsumme durch die Fahrleistung pro Jahr je Verkehrsbeteiligungsart und Ortslage und die andere durch die anteilige Fahrleistung je Altersgruppe und Verkehrsbeteiligungsart bestimmt werden.

In einem ersten Schritt ist das Aggregat der Randsummen der anteiligen Fahrleistung pro Jahr je Altersgruppe und Verkehrsbeteiligungsart auf die Ecksumme der Randsummen der Fahrleistungen pro Jahr je Verkehrsbeteiligungsart und Ortslage zu normieren. Dazu ist eine entsprechende Berechnung durchzuführen, die folgende Bedingung erfüllt:

$$\sum_k \sum_o FL_{kot} = \sum_k \sum_a FL_{kat} \quad (5.7)$$

In einem zweiten Schritt wird die eigentliche Berechnung der Größe „Fahrleistung pro Jahr je Verkehrsbeteiligungsart, Ortslage und Altersgruppe“ durchgeführt. Um die wahrscheinlichste Aufteilung zu erreichen, muss, ausgehend von einer Gewichtung<sup>36</sup>  $G_{akot}$  der einzelnen Matrixwerte, folgende Minimierungsfunktion gelöst werden:

$$I_{kt} = \sum_a \sum_o \left[ FL_{akot} \cdot \ln \left( \frac{FL_{akot}}{G_{akot}} \right) \right] \rightarrow MIN! \quad (5.8)$$

Der beschriebene Informationsgewinn  $I$  kann modelltheoretisch durch die Minimierung eines zu definierenden Abstandsmaßes zwischen zwei Zuständen (hier  $F$  und  $G$ ) nachgebildet werden. Der Informationsgewinn stellt daher auch das Maß der Abweichung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung von einer anderen gegebenen Verteilung dar. Unter allen Lösungen ist dabei die Matrix zu finden, wel-

che den geringsten Informationsgewinn besitzt. Diese ist dann die wahrscheinlichste Matrix.

Zur notwendigen Bestimmung des Informationsgewinnminimums kann ein von BREGMAN (1967, S. 147 ff.) entwickeltes Verfahren zur Anwendung kommen, welches eine Relaxationsmethode zur Bestimmung des gemeinsamen Punktes konvexer Mengen und ihre Anwendung zur Lösung konvexer Optimierungsaufgaben ist.

Nach BREGMAN kann eine gegebene Matrix  $G_{akot}$  mit ihren Nebenbedingungen

$$\begin{aligned} \sum_a FL_{akot} &= FL_{kot} \\ \sum_o FL_{akot} &= FL_{akt} \end{aligned} \quad (5.9)$$

und der zugehörigen gesuchten Matrix

$$FL_{akot} = G_{akot} \cdot f_{akt} \cdot f_{kot} \quad (5.10)$$

auch als Lösung des konvexen Minimierungsproblems mit den (affin-linearen) Nebenbedingungen beschrieben werden.

Mit der Multiplikationsmethode von Lagrange kann für dieses Optimierungsproblem mit Nebenbedingungen die nachstehende Lagrange-Funktion

$$\begin{aligned} \varphi_{kt} &= \sum_a \sum_o \left[ FL_{akot} \cdot \ln \left( \frac{FL_{akot}}{G_{akot}} \right) - FL_{akot} \right] + \sum_a \lambda_{akt} \cdot \\ &\left( \sum_o FL_{akot} - FL_{akt} \right) + \sum_o \mu_{kot} \cdot \left( \sum_a FL_{akot} - FL_{kot} \right) \end{aligned} \quad (5.11)$$

mit den Kuhn-Tucker-Bedingungen

$$\begin{aligned} \ln \left( \frac{FL_{akot}}{G_{akot}} \right) + \lambda_{akt} + \mu_{kot} &= 0 \\ \sum_o FL_{akot} - FL_{akt} &= 0 \\ \sum_a FL_{akot} - FL_{kot} &= 0 \end{aligned} \quad (5.12)$$

entwickelt werden (vgl. z. B. ELLINGER et al. (1998, S. 210 ff.))

Die Lösungsverfahren zur Bestimmung des Informationsgewinnminimums über die entsprechenden konvexen Optimierungsprobleme mit Lagrange-Funktion und deren Kuhn-Tucker-Bedingungen sind äußerst komplex und sollen deshalb an dieser Stelle nicht weiter aufgezeigt werden. Ausführliche Ausarbeitungen zu iterativen Lösungsverfahren

<sup>36</sup> Die Gewichtung kann im einfachsten Fall für jede Zelle „eins“ betragen, kann allerdings auch je nach Notwendigkeit je Zelle variiert werden. Damit ergibt sich ein weiterer elementar wichtiger Anpassungsspielraum für das Modell.

bieten beispielsweise LOHSE (1997) und SCHILLER (2007).

Wenn allerdings alle Gewichtungen  $G_{\text{akot}}$  der einzelnen Matrixwerte den Wert 1 besitzen, ergibt sich ein sehr einfach zu berechnendes Gleichungssystem zur Bestimmung des Informationsgewinnminimums. In diesem Fall kann die Berechnung über

$$FL_{\text{akot}} = \frac{FL_{\text{akt}} \cdot FL_{\text{kot}}}{FL_{\text{kt}}} \quad (5.13)$$

erfolgen. Der Gültigkeitsbereich der angeführten Berechnungsvorschriften erstreckt sich gleichermaßen sowohl auf den Analyse- als auch auf den Prognosefall.

## 5.4 Berechnung der Unfälle (Modul 4)

### 5.4.1 Konstellationenbildung

Die Umsetzung der sachgerechten Bildung von Unfallkonstellationen stellt ein Optimierungsproblem dar. Einerseits soll versucht werden, einen hohen Anteil der Unfallereignisse konstellationsfein abzubilden, um die Wirkungszusammenhänge möglichst detailliert beschreiben zu können. Andererseits muss hierbei die Aussagekraft der statistischen Kenngrößen innerhalb der einzelnen Kollektive berücksichtigt werden. Je kleiner die Kollektive werden, desto schwächer sind die statistischen Zusammenhänge innerhalb der betrachteten Zeitreihe. Aufgabe der Modellerstellung ist es, ein möglichst differenziertes Wirkungsmodell unter Wahrung einer statistischen Belastbarkeit zu formulieren.

Die Konstellationenbildung wurde aufbauend auf den Ergebnissen des Kapitels 4 vorgenommen. In einem ersten Schritt erfolgte die zuvor beschriebene Auswertung der Anzahl von Konstellationen zur Erreichung des 90%-Quantils aller Verunglückten je Ortslage. Somit lassen sich jeweils 90 % der Verunglücktenzahlen differenziert nach Unfallkonstellationen abbilden. Zusätzlich werden solche einbezogen, die aufgrund ihres hohen Anteils an den Getötetenzenahlen eine gesonderte Betrachtung erfordern.

### BAB

Bedingt durch die Funktion der Autobahn als Kraftfahrstraße reduziert sich die Anzahl der zu betrachtenden Verkehrsbeteiligungsarten. Wird der o. g.

| Nr. | Konstellation | V    | U(P) | GT   | SV   | LV   |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| 1   | Pkw-Pkw       | 49 % | 44 % | 25 % | 35 % | 54 % |
| 2   | Pkw-Allein    | 20 % | 23 % | 25 % | 28 % | 18 % |
| 3   | Gfz-Pkw       | 8 %  | 8 %  | 9 %  | 7 %  | 9 %  |
| 4   | Pkw-Gfz       | 8 %  | 8 %  | 15 % | 11 % | 7 %  |
| 5   | Gfz-Gfz       | 5 %  | 5 %  | 8 %  | 7 %  | 4 %  |
| 6   | Gfz-Allein    | 2 %  | 3 %  | 2 %  | 3 %  | 2 %  |
| 7   | Krad-Allein   | 1 %  | 2 %  | 2 %  | 3 %  | 1 %  |
|     | Summe         | 94 % | 94 % | 88 % | 93 % | 95 % |

Tab. 20: Prozentuale Verteilung von Unfällen und Verunglückten auf Unfallkonstellationen, Autobahnen 2006

Maßstab zugrunde gelegt, sind zunächst fünf Unfallkonstellationen und zusätzlich die Gruppe der „übrigen“ Unfälle zu berücksichtigen.

Nahezu die Hälfte (49 %) der Anzahl der Verunglückten ist 2006 auf Unfälle zwischen Pkw zurückzuführen.

So resultiert aus 44 % aller Unfälle mit Personenschaden ein Viertel der Getöteten. Der Anteil Getöteter bei Alleinunfällen von Pkw liegt bemerkenswerterweise in der gleichen Größenordnung, obwohl diese Unfälle mit nur 23 % einen zahlenmäßig weitaus geringeren Anteil am Unfallgeschehen mit Personenschaden ausmachen.

Die fünf Konstellationen schließen 88 % der Unfälle mit Personenschaden und 91 % der verunglückten Personen ein. Dabei liegt die Anzahl der Leichtverletzten bei 92 %. Die Anteile an den Schwerverletzten (87 %) und Getöteten (83 %) liegen jeweils darunter.

Aufgrund ihres relativ großen Anteils an den Getöteten werden zusätzlich die Konstellationen „Krad-Allein“ sowie „Gfz-Allein“ betrachtet. Auf beide Unfallkollektive entfallen jeweils ca. 2 % aller bei Unfällen auf Autobahnen getöteten Personen (Stand 2006). Somit werden im Ortslagenmodell für Autobahnen insgesamt sieben Unfallkonstellationen differenziert betrachtet und der Rest zu einer achten Konstellation „Übrige“ zusammengefasst (Tabelle 20).

### Außerorts (ohne BAB)

Ähnlich wie bei den Unfällen auf Autobahnen entfällt 2006 der größte Anteil der Verunglückten auf die Konstellation „Pkw-Pkw“ (45 %) (s. Tabelle 21). Ebenso stellen die Pkw-Alleinunfälle das zweit-

| Nr. | Konstellation | V    | U(P) | GT   | SV   | LV   |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| 1   | Pkw-Pkw       | 45 % | 37 % | 24 % | 34 % | 50 % |
| 2   | Pkw-Allein    | 25 % | 28 % | 33 % | 30 % | 22 % |
| 3   | Gfz-Pkw       | 4 %  | 4 %  | 2 %  | 3 %  | 4 %  |
| 4   | Pkw-Gfz       | 3 %  | 3 %  | 8 %  | 4 %  | 3 %  |
| 5   | Krad-Allein   | 3 %  | 4 %  | 4 %  | 5 %  | 2 %  |
| 6   | Pkw-Krad      | 3 %  | 3 %  | 3 %  | 4 %  | 3 %  |
| 7   | Krad-Pkw      | 2 %  | 2 %  | 3 %  | 3 %  | 2 %  |
| 8   | Pkw-Rad       | 2 %  | 2 %  | 2 %  | 1 %  | 2 %  |
| 9   | Rad-Allein    | 1 %  | 2 %  | 1 %  | 2 %  | 1 %  |
| 10  | Gfz-Allein    | 1 %  | 1 %  | 1 %  | 1 %  | 1 %  |
| 11  | Rad-Pkw       | 1 %  | 1 %  | 2 %  | 1 %  | 1 %  |
| 12  | Pkw-Fuß       | 1 %  | 1 %  | 3 %  | 1 %  | 1 %  |
| 13  | Fuß-Pkw       | 1 %  | 1 %  | 2 %  | 1 %  | 0 %  |
|     | Summe         | 91 % | 90 % | 89 % | 90 % | 91 % |

**Tab. 21:** Prozentuale Verteilung von Unfällen und Verunglückten auf Unfallkonstellationen, „Außerorts“ 2006

größte Kollektiv dar (25 % aller Verunglückten). Somit entfallen 70 % aller Verunglückten auf nur zwei Konstellationen. Das Erreichen des 90%-Quantils der Verunglückten erfordert die Berücksichtigung weiterer 10 Konstellationen.

Unter den 12 Konstellationen befindet sich auch das Kollektiv der Unfälle „Sonst-Pkw“, das in der Folge nicht als eigenständige Konstellation berücksichtigt werden kann. Für die Beteiligungsart „Sonstige“ stehen keine Fahrleistungsdaten zur Verfügung. Eine differenzierte Berechnung fahrleistungsbezogener Unfallrisiken war aus diesem Grund nicht möglich

Aufgrund ihrer Bedeutung bei den Getöteten werden zusätzlich die Konstellationen „Fuß-Pkw“ und „Pkw-Fuß“ berücksichtigt. Gemeinsam mit den zuvor genannten erfolgt somit in dieser Ortslage eine differenzierte Betrachtung von 13 Konstellationen (s. Tabelle 21).

### Innerorts

Aufgrund der stärkeren Vielfalt verkehrlicher Nutzungsansprüche im städtischen Raum verteilt sich das Unfallgeschehen auf eine gegenüber Autobahnen und Außerortsstraßen größere Anzahl von Konstellationen. Die Berücksichtigung des o. g. Abgrenzungskriteriums macht eine Betrachtung von 17 Unfallkonstellationen (zzgl. „Übrige“) erforderlich (s. Tabelle 22).

| Nr. | Konstellation | V    | U(P) | GT   | SV   | LV   |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| 1   | Pkw-Pkw       | 38 % | 32 % | 8 %  | 17 % | 42 % |
| 2   | Pkw-Rad       | 11 % | 13 % | 3 %  | 9 %  | 11 % |
| 3   | Pkw-Fuß       | 7 %  | 8 %  | 16 % | 11 % | 6 %  |
| 4   | Pkw-Allein    | 5 %  | 4 %  | 15 % | 8 %  | 4 %  |
| 5   | Pkw-Krad      | 5 %  | 5 %  | 3 %  | 6 %  | 4 %  |
| 6   | Rad-Pkw       | 4 %  | 5 %  | 4 %  | 6 %  | 4 %  |
| 7   | Fuß-Pkw       | 4 %  | 4 %  | 9 %  | 8 %  | 3 %  |
| 8   | Gfz-Pkw       | 3 %  | 3 %  | 1 %  | 1 %  | 4 %  |
| 9   | Rad-Allein    | 3 %  | 3 %  | 4 %  | 6 %  | 2 %  |
| 10  | Pkw-Mofa      | 2 %  | 3 %  | 1 %  | 2 %  | 2 %  |
| 11  | Rad-Rad       | 2 %  | 2 %  | 0 %  | 2 %  | 2 %  |
| 12  | Pkw-Gfz       | 2 %  | 2 %  | 3 %  | 2 %  | 2 %  |
| 13  | Krad-Pkw      | 2 %  | 2 %  | 2 %  | 3 %  | 2 %  |
| 14  | Mofa-Pkw      | 1 %  | 1 %  | 1 %  | 2 %  | 1 %  |
| 15  | Krad-Allein   | 1 %  | 1 %  | 3 %  | 2 %  | 1 %  |
| 16  | Rad-Fuß       | 1 %  | 1 %  | 0 %  | 1 %  | 1 %  |
| 17  | Gfz-Rad       | 1 %  | 1 %  | 3 %  | 1 %  | 1 %  |
| 18  | Gfz-Fuß       | 0 %  | 1 %  | 4 %  | 1 %  | 0 %  |
|     | Summe         | 90 % | 91 % | 80 % | 88 % | 91 % |

**Tab. 22:** Prozentuale Verteilung von Unfällen und Verunglückten nach Unfallkonstellationen, „Innerorts“ 2006

Die 17 Unfallkonstellationen umfassen im Jahr 2006 90 % der Innerortsunfälle mit Personenschaden und 76 % aller Unfälle mit Getöteten. Aufgrund des relativ hohen Anteils von 4 % aller Getöteten wird darüber hinaus die Konstellation „Gfz-Fuß“ hinzugezogen.

### 5.4.2 Berechnung des Unfallrisikos

Aufbauend auf den vorangegangenen Überlegungen ergibt sich das Risiko (R) des Auftretens eines Unfalls für alle Jahre t des Analysezeitraumes von 1991 bis 2006

- in einer Ortslage o,
- zwischen einem Verkehrsteilnehmer der Altersgruppe  $a_1$ , der Verkehrsbeteiligungsart  $k_1$  und
- einem Verkehrsteilnehmer der Verkehrsbeteiligungsart  $k_2$  ( $R_{a_1, k_1, k_2, ot}$ )

aus der Summe aller Unfälle mit Personenschaden dieser Konstellation ( $U(P)_{a_1, k_1, k_2, ot}$ ) dividiert durch das Produkt der Gesamtjahresfahrleistungen beider Verkehrsbeteiligungsarten ( $FL_{a_1, k_1, ot}$ ;  $FL_{k_2, ot}$ ) zu:

$$R_{a_1k_1k_2ot} = \frac{U(P)_{a_1k_1k_2ot}}{FL_{a_1k_1ot} \cdot FL_{k_2ot}} \quad (5.14)$$

Für die Risikoberechnung der Allein-Unfälle wird lediglich die Fahrleistung der entsprechenden Beteiligungsart berücksichtigt. Das Risiko berechnet sich in dem Fall zu:

$$R_{a_1k_1ot} = \frac{U(P)_{a_1k_1ot}}{FL_{a_1k_1ot}} \quad (5.15)$$

Die Bestimmung der Unfallrisikofaktoren für den Prognosehorizont 2015/2020 erfolgt im Anschluss auf Basis einer Trendextrapolation für jede Unfallkonstellation. Hierzu wird die Berechnung linearer, exponentieller und logarithmischer Trendfunktionen vorgenommen. Bei fallenden Verläufen der Zeitreihen wird der Trend grundsätzlich auf der Basis exponentieller Funktionen bestimmt. Bei steigenden Verläufen wird die Verwendung logarithmischer Trendfunktionen als zielführend erachtet. Die Berechnung der linearen Trends wird ausschließlich zu Vergleichszwecken herangezogen. Eine Verwendung bei der Trendprognose ist aus den in den vorangegangenen Kapiteln genannten Gründen nicht sinnvoll.

Zeigt der zeitliche Verlauf der nach Alter des Hauptverursachers differenzierten Unfallrisiken einen funktionalen Zusammenhang, wird das Risiko durch Extrapolation der Trends berechnet. Ist ein derartiger Zusammenhang nicht erkennbar (z. B. durch ein zu kleines Kollektiv oder eine zu starke Streuung, wird das Risiko als Mittelwert aus den Analysejahren 1991 bis 2006 bestimmt bzw. auf die Altersdifferenzierung verzichtet (innerorts: „Rad-Allein“, „Pkw-Mofa“ und „Mofa-Pkw“).

### 5.4.3 Berechnung des Unfallanzahl

Aus den prognostizierten Risikofaktoren und der prognostizierten Fahrleistung des Moduls 3 erfolgt in Modul 4 die Berechnung der Unfallanzahl für den Prognosehorizont 2015/2020 auf der Grundlage der Beziehung:

$$U(P)_{a_1k_1k_2ot} = R_{a_1k_1k_2ot} \cdot FL_{a_1k_1ot} \cdot FL_{k_2ot} \quad (5.16)$$

*(FL<sub>k2,ot</sub> = 1 bei Alleinunfällen)*

Im Ergebnis der Berechnung liegen somit Unfallanzahlen für jede untersuchte Unfallkonstellation differenziert nach Ortslagen und Alter des Hauptver-

ursachers vor. Die Unfallanzahl einer Unfallkonstellation ergibt sich anschließend zu:

$$U(P)_{k_1k_2ot} = \sum_{a_1} R_{a_1k_1k_2ot} \cdot FL_{a_1k_1ot} \cdot FL_{k_2ot} \quad (5.17)$$

*(FL<sub>k2,ot</sub> = 1 bei Alleinunfällen)*

Die Gesamtunfallanzahl mit Personenschaden errechnet sich für den Prognosezeitraum nach:

$$U(P)_I = \sum_o \sum_{k_1k_2} \sum_{a_1} R_{a_1k_1k_2ot} \cdot FL_{a_1k_1ot} \cdot FL_{k_2ot} \quad (5.18)$$

*(FL<sub>k2,ot</sub> = 1 bei Alleinunfällen)*

Neben der differenzierten Berechnung der Unfallzahlen für das Unfallgeschehen mit Personenschaden erfolgt eine vereinfachte Prognose der Unfälle mit Sachschaden aus der Zeitreihe von 1991 bis 2006. Hierbei werden die Gesamtzahlen zugrunde gelegt. Eine Differenzierung der Daten nach Alter und Verkehrsbeteiligung wird nicht vorgenommen.

| Nr. | BAB         | Hauptverurs. nach Alter | Außerorts   | Hauptverurs. nach Alter | Innerorts   | Hauptverurs. nach Alter |
|-----|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1   | Pkw-Pkw     | Ja                      | Pkw-Pkw     | Ja                      | Pkw-Pkw     | Ja                      |
| 2   | Pkw-Allein  | Ja                      | Pkw-Allein  | Ja                      | Pkw-Rad     | Ja                      |
| 3   | Gfz-Pkw     | Nein                    | Gfz-Pkw     | Nein                    | Pkw-Fuß     | Ja                      |
| 4   | Pkw-Gfz     | Ja                      | Pkw-Gfz     | Ja                      | Pkw-Allein  | Ja                      |
| 5   | Gfz-Gfz     | Nein                    | Krad-Allein | Ja                      | Pkw-Krad    | Ja                      |
| 6   | Gfz-Allein  | Nein                    | Pkw-Krad    | Ja                      | Rad-Pkw     | Ja                      |
| 7   | Krad-Allein | Ja                      | Krad-Pkw    | Ja                      | Fuß-Pkw     | Ja                      |
| 8   | Übrige      | Nein                    | Pkw-Rad     | Ja                      | Gfz-Pkw     | Nein                    |
| 9   |             |                         | Rad-Allein  | Ja                      | Rad-Allein  | Nein                    |
| 10  |             |                         | Gfz-Allein  | Nein                    | Pkw-Mofa    | Nein                    |
| 11  |             |                         | Rad-Pkw     | Ja                      | Rad-Rad     | Ja                      |
| 12  |             |                         | Pkw-Fuß     | Ja                      | Pkw-Gfz     | Ja                      |
| 13  |             |                         | Fuß-Pkw     | Ja                      | Krad-Pkw    | Ja                      |
| 14  |             |                         | Übrige      | Nein                    | Mofa-Pkw    | Nein                    |
| 15  |             |                         |             |                         | Krad-Allein | Ja                      |
| 16  |             |                         |             |                         | Rad-Fuß     | Ja                      |
| 17  |             |                         |             |                         | Gfz-Rad     | Nein                    |
| 18  |             |                         |             |                         | Gfz-Fuß     | Nein                    |
| 19  |             |                         |             |                         | Übrige      | Nein                    |

Tab. 23: Im Modell verwendete Unfallkonstellationen nach Ortslage

Im Falle einer altersfeinen Berechnung wird neben den Zeitreihen der einzelnen Altersklassen auch die Anzahl der Unfälle mit unbestimmtem Alter des verursachenden Fahrzeugführers (bzw. Fußgängers) als Mittelwert des jeweiligen Anteils am Unfallgeschehen der Analysejahre berücksichtigt. Der Anteil an Unfällen mit unbestimmtem Alter des Unfallverursachers wird dann in der Prognose der ermittelten Unfallanzahl hinzugerechnet.

In Tabelle 23 sind die Konstellationen aufgeführt, die in den einzelnen Ortslagenmodellen bei der Berechnung berücksichtigt werden. Zusätzlich ist aus der Tabelle ersichtlich, für welche Konstellationen eine Differenzierung nach Alter des Hauptverursachers erfolgt.

## 5.5 Berechnung der Anzahl Verunglückter (Modul 5)

Das Verunglückungsrisiko resultiert aus der Verunglücktenstruktur ausgedrückt in Anzahl der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten pro Unfall mit Personenschaden. Im Ergebnis sollen die Verunglücktenzahlen in jedem Ortslagenmodell differenziert nach Art der Verkehrsbeteiligung berechnet werden. Das ortslagenfeine (o) Verunglückungsrisiko innerhalb einer Konstellation der Beteiligungsarten  $k_1$  und  $k_2$  äußert sich in dem Quotienten aus Anzahl der Verunglückten und Anzahl der Unfälle mit Personenschaden:

$$VR_{k_1 k_2 o t} = \frac{V(SG)_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} \quad (5.19)$$

Aufgrund der Forderung, die Verunglückten im Ergebnis den jeweiligen Verkehrsbeteiligungsarten zuweisen zu können, muss auch das Verunglückungsrisiko nach Beteiligungsarten getrennt werden:

$$\begin{aligned} VR(V(SG)_{k_1})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(SG_{k_1})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} ; \\ VR(V(SG)_{k_2})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(SG_{k_2})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} \end{aligned} \quad (5.20)$$

Mit „SG“ wird der Schweregrad (GT, SV, LV) der Verletzung beschrieben. Für alle drei Schweregrade gilt dieser Zusammenhang in gleicher Weise. Das Verunglückungsrisiko für den Prognosehorizont 2015/2020 wird analog zur Unfallanzahl mittels Trendextrapolation bestimmt.

Wie die Auswertungen des Unfallgeschehens in Deutschland (s. Kapitel 4) gezeigt haben, folgen die Entwicklungen der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten unterschiedlichen Verläufen. Es wird daher als sinnvoll und notwendig erachtet, die Anzahl der Verletzten in den drei Personenschadenskategorien einzeln fortzuschreiben. Die nach der Unfallschwere differenzierten Verunglückungsrisiken lassen sich wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned} VR(GT_{k_1})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(GT_{k_1})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} ; \\ VR(GT_{k_2})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(GT_{k_2})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} \end{aligned} \quad (5.21)$$

$$\begin{aligned} VR(SV_{k_1})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(SV_{k_1})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} ; \\ VR(SV_{k_2})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(SV_{k_2})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} \end{aligned} \quad (5.22)$$

$$\begin{aligned} VR(LV_{k_1})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(LV_{k_1})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} ; \\ VR(LV_{k_2})_{k_1 k_2 o t} &= \frac{V(LV_{k_2})_{k_1 k_2 o t}}{U(P)_{k_1 k_2 o t}} \end{aligned} \quad (5.23)$$

Im Zusammenhang mit der Verunglücktenstruktur ist die Frage bedeutsam, ob mit der alleinigen Berücksichtigung zweier Verkehrsbeteiligungsarten pro Unfall das gesamte Unfallgeschehen ausreichend zutreffend beschrieben wird. Da Verkehrsteilnehmer auch als zusätzliche Beteiligte in einen Unfall verwickelt werden können (Beispiel: ein Gfz, das als drittes Fahrzeug an einem Unfall zwischen zwei Pkw beteiligt ist), wurde für das weitere Vorgehen untersucht, ob diese zusätzlichen Verunglückten einen entscheidenden Anteil am Unfallgeschehen haben und in welchen Konstellationen diese vornehmlich auftreten.

Im Falle eines zahlenmäßig bedeutenden Aufkommens zusätzlicher Beteiligter sollten diese im Rahmen der Prognose eine spezifische Berücksichtigung finden. Ist deren Beitrag an den Verunglücktenzahlen unbedeutend, erscheint es vertretbar, diese einer der in der Konstellation maßgebenden Beteiligungsarten zuzuweisen, solange sie in der Summe der Verunglücktenprognose zahlenmäßig berücksichtigt werden.

Eine Berücksichtigung aller Beteiligungsarten in jeder der betrachteten Unfallkonstellationen ist

bei Zugrundelegung des derzeitigen Kenntnisstandes nicht zweckmäßig. Eine derart starke Disaggregation der Verunglücktenzahlen führt unweigerlich zu dem Problem der kleinen Zahlen und somit zu einer starken Unzuverlässigkeit der Prognose. Eine solche Unterscheidung ergäbe nur Sinn, wenn die Verunglücktenstruktur in den einzelnen Konstellationen maßgeblich von Verunglückten der zusätzlich beteiligten Verkehrsteilnehmer bestimmt würde.

Um den Einfluss der zusätzlichen Beteiligten auf die Unfallschwerestruktur bestimmen zu können, werden die Verunglücktenzahlen Deutschlands der Jahre 1991 bis 2006 getrennt nach Ortslage analysiert (s. Tabelle 24 und Tabelle 25).

## BAB

In den Jahren von 1991 bis 2006 traten in den sieben maßgebenden Konstellationen (ohne „Übrige“) jährlich insgesamt 19 Getötete zusätzlicher Verkehrsbeteiligungen auf (2 %). Bei den Alleinunfällen kommen diese per Definition nicht vor.

Bei den Konstellationen „Pkw-Pkw“, „Gfz-Pkw“ und „Pkw-Gfz“ liegen sie mit maximal 2 % im geringen Bereich (s. Tabelle 24). In der Konstellation „Gfz-Gfz“ treten allerdings Getötete außerhalb der ersten beiden Beteiligten in einer Größenordnung von nahezu 15 % auf. Bei den Schwerverletzten reduzieren sich die Anteile der Verunglückten zusätzlicher Verkehrsbeteiligungen. In allen sieben Konstellationen beträgt der Anteil 1,2 %. Bei den Unfällen zwischen Güterverkehrsfahrzeugen sind es noch 8 %. Wie auch bei den Getöteten sind es zum weitaus größten Teil Pkw-Insassen, die in dieser Konstellation zusätzlich auftreten.

| Konstellation | GT   |      | SV   |      | LV   |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
|               | Anz. | Ant. | Anz. | Ant. | Anz. | Ant. |
| Pkw-Pkw       | 6    | 2 %  | 36   | 1 %  | 124  | 1 %  |
| Pkw-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Gfz-Pkw       | 2    | 2 %  | 9    | 2 %  | 20   | 1 %  |
| Pkw-Gfz       | 0    | 0 %  | 4    | 0 %  | 12   | 1 %  |
| Gfz-Gfz       | 11   | 15 % | 3    | 8 %  | 18   | 14 % |
| Gfz-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Krad-Allein   | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |

**Tab. 24:** Anzahl und Anteil Verunglückter zusätzlicher Beteiligter nach Konstellation pro Jahr auf Autobahnen (Bundesgebiet, Mittelwert aus 1991 bis 2006)

Der Anteil der Leichtverletzten aus den zusätzlichen Verkehrsbeteiligungen liegt in den fünf maßgebenden Konstellationen bei etwa 1 %. Nennenswert hoch ist wiederum der Anteil verunglückter Pkw-Insassen in der Konstellation „Gfz-Gfz“.

Der Anteil der Pkw-Insassen an den Verunglücktenzahlen der Konstellation „Gfz-Gfz“ liegt in einer Größenordnung, die eine getrennte Berücksichtigung notwendig macht.

Die Beteiligung von Fußgängern an Unfällen auf Autobahnen stellt eine Besonderheit der Unfallstatistik dar. Die verunglückten Personen sind erfahrungsgemäß nur in wenigen Fällen als Fußgänger am Verkehrsgeschehen beteiligt. Vielmehr handelt es sich um ausgestiegene Fahrzeuginsassen. Im Durchschnitt wurden jährlich ca. 51 solcher „Fußgänger“ auf Autobahnen getötet, 55 schwer und 61 leicht verletzt. Der Großteil dieser Fälle ist im Kollektiv „Übrige“ enthalten. Eine Berücksichtigung als Fußgänger wird im Rahmen der Verunglücktenprognose als nicht sinnvoll erachtet. Vereinfachend werden die Verunglückten daher im weiteren Verlauf den in den Konstellationen maßgebenden Beteiligungsorten zugerechnet.

## Außerorts

Der Anteil Verunglückter, die nicht den maßgebenden Beteiligungsorten der jeweiligen Konstellationen angehören, liegt „Außerorts“ (ohne BAB) in allen Schadenskategorien bei etwa 0,3 %. Im Fall der Getöteten entspricht dieser Wert 15 Unfallopfern (s. Tabelle 25).

Bei den Konstellationen „Pkw-Pkw“ und „Gfz-Pkw“ liegen die Anteile bei den Getöteten im Bereich von 1 %. Bei den Schwer- und Leichtverletzten wird in keinem der Fälle ein Wert von 1 % erreicht.

Bei der Abbildung der Verunglücktenstruktur für die Ortslage „Außerorts“ bewegen sich die Anteile der Verunglückten, die keiner der maßgebenden Beteiligungsorten angehören, im vernachlässigbaren Bereich. Die Berücksichtigung einer weiteren Beteiligungsortart erscheint in keiner der differenziert betrachteten Konstellationen erforderlich.

## Innerorts

Bei Unfällen der Konstellation „Pkw-Pkw“ wurden im betreffenden Analysezeitraum jährlich 9 Fußgänger und 1 Radfahrer getötet (s. Tabelle 26).

| Konstellation | GT   |      | SV   |      | LV   |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
|               | Anz. | Ant. | Anz. | Ant. | Anz. | Ant. |
| Pkw-Pkw       | 12   | 1 %  | 90   | 1 %  | 269  | 0 %  |
| Pkw-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Gfz-Pkw       | 1    | 1 %  | 8    | 1 %  | 21   | 0 %  |
| Pkw-Gfz       | 2    | 0 %  | 7    | 0 %  | 21   | 1 %  |
| Krad-Allein   | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Pkw-Krad      | 0    | 0 %  | 2    | 0 %  | 6    | 0 %  |
| Krad-Pkw      | 0    | 0 %  | 2    | 0 %  | 6    | 0 %  |
| Pkw-Rad       | 0    | 0 %  | 2    | 0 %  | 3    | 0 %  |
| Rad-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Gfz-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Rad-Pkw       | 0    | 0 %  | 1    | 0 %  | 3    | 0 %  |
| Pkw-Fuß       | 0    | 0 %  | 1    | 0 %  | 1    | 0 %  |
| Fuß-Pkw       | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 1    | 0 %  |

**Tab. 25:** Anzahl und Anteil Verunglückter zusätzlicher Beteiligter nach Konstellation pro Jahr auf Außerortsstraßen (Bundesgebiet, Mittelwert aus 1991 bis 2006)

| Konstellation | GT   |      | SV   |      | LV   |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
|               | Anz. | Ant. | Anz. | Ant. | Anz. | Ant. |
| Pkw-Pkw       | 10   | 6 %  | 174  | 2 %  | 775  | 1 %  |
| Pkw-Rad       | 0    | 0 %  | 3    | 0 %  | 28   | 0 %  |
| Pkw-Fuß       | 0    | 0 %  | 3    | 0 %  | 15   | 0 %  |
| Pkw-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Pkw-Krad      | 0    | 0 %  | 5    | 0 %  | 24   | 0 %  |
| Rad-Pkw       | 0    | 0 %  | 2    | 0 %  | 14   | 0 %  |
| Fuß-Pkw       | 0    | 0 %  | 2    | 0 %  | 16   | 0 %  |
| Gfz-Pkw       | 1    | 5 %  | 15   | 2 %  | 74   | 1 %  |
| Rad-Allein    | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Pkw-Mofa      | 0    | 0 %  | 2    | 0 %  | 12   | 0 %  |
| Rad-Rad       | 0    | 0 %  | 4    | 0 %  | 31   | 1 %  |
| Pkw-Gfz       | 1    | 2 %  | 15   | 1 %  | 59   | 1 %  |
| Kra-Pkw       | 0    | 0 %  | 3    | 0 %  | 10   | 0 %  |
| Mofa-Pkw      | 0    | 0 %  | 1    | 0 %  | 6    | 0 %  |
| Krad-Allein   | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  |
| Rad-Fuß       | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 1    | 0 %  |
| Gfz-Rad       | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 3    | 0 %  |
| Gfz-Fuß       | 0    | 0 %  | 0    | 0 %  | 3    | 0 %  |

**Tab. 26:** Anzahl und Anteil Verunglückter zusätzlicher Beteiligter nach Konstellation pro Jahr auf Innerortsstraßen (Bundesgebiet, Mittelwert aus 1991 bis 2006)

Dies entspricht nahezu 6 % aller Unfallopfer dieser Konstellation auf Innerortsstraßen. Im Bereich über

5 % liegt auch der Anteil zusätzlicher Beteiligter in der Konstellation „Gfz-Pkw“. Über alle differenzierten Konstellationen hinweg beträgt der Anteil Getöteter zusätzlicher Verkehrsbeteiligungen 0,8 %.

Etwa 0,5 % aller Schwerverletzten fallen in die Gruppe derer, die nicht den maßgeblichen Verkehrsbeteiligungen der getrennt betrachteten Konstellation angehören. Bei den Leichtverletzten sind es 0,4 %. Der größte Teil dieser Verunglückten tritt in der Konstellation „Pkw-Pkw“ auf, die insgesamt auch die zahlenmäßig am stärksten besetzte Konstellation darstellt.

In der Summe der Konstellationen liegen auch die Anteile Verunglückter zusätzlicher Beteiligungsarten in der Ortslage „Innerorts“ im tolerierbaren Bereich. Lediglich der hohe Fremdanteil bei den Getöteten in den Konstellationen „Pkw-Pkw“ und „Gfz-Pkw“ bedarf einer Überprüfung.

Der Anteil von 5,4 % bei den Unfällen zwischen Gfz und Pkw erklärt sich durch die geringe Gesamtzahl der Getöteten in dieser Konstellation. Bei nur 18 Getöteten im jährlichen Mittel wird dieser Wert bereits durch einen zusätzlichen Getöteten erreicht. Eine gesonderte Betrachtung weiterer Beteiligungsarten ist daher nicht sinnvoll.

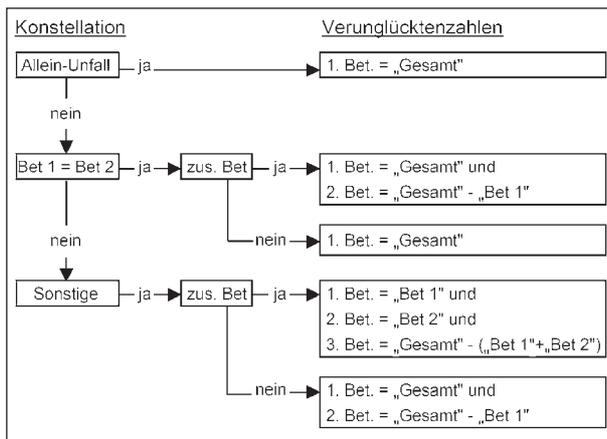
Bei Unfällen zwischen Pkw ist der Fremdanteil größtenteils auf Fußgänger zurückzuführen. Im Durchschnitt sind es neun getötete Fußgänger jährlich. Der Wert streut in der Zeitreihe zwischen 1991 und 2006 zwischen 4 und 16. Eine eindeutige Tendenz im Kurvenverlauf ist dabei nicht erkennbar.

Eine detailliertere Aufteilung der Verunglücktenzahlen nach weiteren Beteiligungsarten in jeder Unfallkonstellation ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht zweckmäßig. Die Anteile der Verunglückten, die nicht den maßgeblichen Beteiligungsarten der jeweiligen Konstellation angehören, bewegen sich je nach Ortslage zwischen 0,3 % („Außerorts“ ohne BAB) und 1,2 % (Autobahn). Der Fehler in der Zuordnung liegt damit grundsätzlich in einem tolerierbaren Bereich.

Im Rahmen der Prognose werden in allen Konstellationen die Beteiligungsarten 01 und 02 berechnet. Lediglich in den Konstellationen

1. „Gfz-Gfz“ auf Autobahnen und
2. „Pkw-Pkw“ auf Innerortsstraßen

liegen die Fremdanteile über einem vernachlässigbaren Niveau. In beiden Fällen wird jeweils eine



**Bild 41:** Ablaufdiagramm für die Bestimmung der beteiligungsfeinen Verunglücktenzahlen innerhalb der Konstellationen

dritte Beteiligungsart berücksichtigt (Pkw bei 1., Fußgänger bei 2.).

Im Sinne einer Abstufung der Genauigkeit im Zuge einer Disaggregation der Daten wird innerhalb der Konstellationen eine Plausibilisierung der beteiligungsfeinen Verunglücktenzahlen anhand der Gesamtzahl vorgenommen. Die Berechnung der Verunglücktenzahlen erfolgt grundsätzlich auf Basis der im Trend fortgeschriebenen Risikowerte. Hierbei wird jedoch der Trend der Gesamtzahl aller Verunglückten als maßgebend betrachtet. Die Berechnung der zweiten und dritten Beteiligungsart erfolgt als Differenzbildung des Gesamttrends und der zahlenmäßig am stärksten vertretenen weiteren Beteiligungsart(en). Das Vorgehen führt zu einer Plausibilisierung der beteiligungsfeinen Verunglücktenzahlen anhand der Gesamtentwicklung innerhalb jeder Konstellation. Die Berechnungsvorschrift, wie sie im Modell eingesetzt ist, ist im Ablaufdiagramm (s. Bild 41) aufgeführt. Hierbei gilt die Bedingung, dass negative Werte (durch Differenzenbildung) nicht akzeptiert werden und den Wert „0“ erhalten.

Das beschriebene Vorgehen birgt hinsichtlich der beteiligungsfeinen Prognose der Verunglücktenzahlen folgende Unsicherheiten:

1. Infolge der in den meisten Fällen stattfindenden ausschließlichen Berücksichtigung der maßgebenden Beteiligungen (außer der zwei oben genannten Fälle) werden in relativ geringen Zahlen auftretende zusätzliche Beteiligungsarten hinsichtlich ihrer Verunglücktenzahlen tendenziell unterschätzt, während einige zahlenmäßig ohnehin stärker vertretene Modi geringfügig überschätzt werden. Der dadurch entstehende Feh-

ler kann jedoch aufgrund der vorausgegangenen Analyse als vernachlässigbar gering eingeschätzt werden.

2. Bei den in zwei Fällen berücksichtigten dritten Beteiligungsarten wird vernachlässigt, dass das Auftreten eines zusätzlichen Beteiligten in den Verunglücktenzahlen in einem direkten Zusammenhang mit der Fahrleistung und der daraus resultierenden Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Verkehrsteilnehmers steht. Während die vereinfachende Annahme, ein zusätzlich beteiligtes Fahrzeug habe keinen relevanten Einfluss auf das Zustandekommen eines Unfalls, als gerechtfertigt erachtet wird, ist es nicht plausibel anzunehmen, dass das Auftreten dieses Beteiligten keinen Einfluss auf die Verunglücktenzahl hat. Im hypothetischen Fall eines vollständigen Rückgangs der Fahrleistung der Beteiligungsart „Pkw“ würden „Außerorts“ dennoch verunglückte Pkw-Insassen in der Konstellation „Gfz-Gfz“ zahlenmäßig berücksichtigt werden. Die Berechnung einer dritten Beteiligungsart erfolgt lediglich in zwei Fällen, zudem ist kaum mit derartigen Veränderungen des Verkehrsaufkommens zu rechnen, die zahlenmäßig bedeutsame Umbrüche in der Prognose erwarten ließen. Die mit diesem Vorgehen behafteten Unsicherheiten werden aus diesen Gründen als tolerierbar erachtet.

## 5.6 Berechnung der Verunglücktenstruktur nach Alter (Modul 6)

Nachdem die Anzahl der Verunglückten bestimmt wurde, erfolgt mit Hilfe des Moduls 6 die Prognose und deren Altersstruktur. Zur Bestimmung des Risikos, als Person eines bestimmten Alters zu verunglücken, wird die Bezugsgröße „Unfallbeteiligte Person“ verwendet. Die Veränderung der Beteiligtenstruktur bei Unfällen fließt damit in die Prognose der Altersstruktur der Verunglückten ein. Die Beteiligtenstruktur bei Unfällen lässt sich weder retrospektiv noch prognostisch aus Statistiken ableiten. Daher wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Beteiligtenstruktur näherungsweise der Benutzungsstruktur von Fahrzeugen bzw. der „Zu Fuß“-Beteiligung im Straßenverkehr entspricht.

Die Benutzungsstruktur nach Altersgruppen kann über ein vereinfachtes Verhaltensmodell näherungsweise rechnerisch bestimmt werden. Die dazu erforderlichen Kenngrößen werden aus der

Erhebung zur Alltagsmobilität „Mobilität in Deutschland – MiD“ gewonnen. Eine Ortslagendifferenzierung ist jedoch für MiD-Daten nicht möglich (vgl. Kapitel 2.4).

Die Beteiligtenstruktur bei Unfällen wird sowohl für den Analysezeitraum als auch für die Prognose für jedes Jahr  $t$  nach folgendem Ansatz berechnet:

$$UB_{akt} = BFz_{kt} \cdot BG_{kt} \cdot \frac{BS_{akt}}{100} \quad (5.24)$$

UB = Unfallbeteiligter

BFz = beteiligte Fahrzeuge

BG = Fahrzeugbesetzung [P/Fz]

BS = Beteiligtenstruktur [%]

a = Altersgruppe

k = Verkehrsbeteiligungsart

t = Jahr

Die Anzahl unfallbeteiligter Personen nach AG und VBA ergibt sich demnach durch multiplikative Verknüpfung der am Unfall beteiligten Fahrzeuge, deren Besetzungsgrad und der Beteiligtenstruktur nach Alter bei Nutzung des jeweiligen Verkehrsmittels. Die Anzahl der an Unfällen beteiligten Fahrzeuge einer VBA lässt sich aus den Unfallkonstellationen, zusammen mit deren Auftrittshäufigkeit, ableiten. Der Auftragnehmer konnte dabei auf die EUSka-Datenbanken der Jahre 2004-2006 der Bundesländer Sachsen-Anhalt und Sachsen direkt zurückgreifen.

Für die zugrunde gelegten Unfallkonstellationen der drei Ortslagenmodelle ergibt sich ein sehr differenziertes Bild der unfallbeteiligten Fahrzeuge.

Bei einer Vielzahl von Unfallkonstellationen ist eine Beteiligung weiterer VBA zu verzeichnen. So kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass auf BAB bei „Pkw-Gfz“-Unfällen in einem von 200 Fällen auch ein Bus beteiligt ist (vgl. Auswertungen im ausführlichen Projektbericht). Da weder deutschlandweite Daten verfügbar sind noch Zeitreihenanalysen vorliegen, wird in erster Näherung die aus der EUSKA-Datenbank ausgewertete Beteiligtenstruktur verwendet.

Anhand der Unfallanzahl einer Konstellation aus Modul 4 kann somit für Analyse und Prognose für jedes Jahr  $t$  die Fahrzeugbeteiligung einer VBA bei Unfällen mit Personenschaden rechnerisch bestimmt werden zu:

$$BFz_{kt} = \sum_o \sum_{k_1 k_2} Fz_{k_1 k_2 o t} \cdot U(P)_{k_1 k_2 o t} \quad (5.25)$$

BFz = beteiligte Fahrzeuge

Fz = Anzahl der Fahrzeuge

k = Verkehrsbeteiligungsart

o = Ortslage

t = Jahr

Die nächste Berechnungsgröße ist die Besetzung der Fahrzeuge. In RATZENBERGER (2000) sind Werte zur Fahrzeugbesetzung für die Jahre 1991 und 1997 ausgewiesen. Weiterhin können mit Hilfe der MiD 2002 Anhaltswerte zur generellen Fahrzeugbesetzung für alle Beteiligungsarten außer „Bus“ gewonnen werden.

Um einen Vergleichswert für die Bus-Besetzung zu RATZENBERGER (2002) zu erhalten, wird eine einfache überschlägliche Rechnung angestellt. Die Verkehrsbeteiligung mit Bussen kann im Linien-, Gelegenheits- und Sonderverkehr erfolgen. Der VDV (2006) weist für 2005 eine mittlere Kapazität von 85 Plätzen (Sitz- und Stehplätze) im Busverkehr (Bus inkl. Obus) aus (Tabelle 27).

Für alle Verkehrsformen<sup>37</sup> wurden vom VDV (2006) mittlere Auslastungen für die Jahre 2004/ 2005 von

| Jahr   | Anzahl Fahrzeuge* | Sitz- und Stehplätze* | Mittlere Kapazität in Plätzen |
|--|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1996   | 41.202            | 3.423.403             | 83,1                          |
| 1997   | 41.380            | 3.522.387             | 85,1                          |
| 1998   | 41.579            | 3.435.436             | 82,6                          |
| 1999   | 42.157            | 3.554.514             | 84,3                          |
| 2000   | 42.175            | 3.630.270             | 86,1                          |
| 2001   | 42.334            | 3.566.035             | 84,2                          |
| 2002   | 41.120            | 3.437.695             | 83,6                          |
| 2003   | 41.353            | 3.482.878             | 84,2                          |
| 2004   | 39.552            | 3.334.191             | 84,3                          |
| 2005   | 37.815            | 3.213.537             | 85,0                          |
| Arithmetisches Mittel:   |                   |                       | 84,3                          |
| * Sparte Bus inkl. Obus<br>Berechnung auf Basis VDV (2006) S. 25 |                   |                       |                               |

Tab. 27: Mittlere Kapazität im Busverkehr

<sup>37</sup> Die Kennzahlen beziehen sich auf alle Verkehrsformen, d. h. Linienverkehr, Sonderlinienverkehr, freigestellter Schülerverkehr und Gelegenheitsverkehr inkl. Straßenbahnen usw.

| VBA      | RATZENBERGER (2000)    | MiD 2002/             |
|----------|------------------------|-----------------------|
| VBA      | (1991/1997)<br>in P/Fz | VDV (2006)<br>in P/Fz |
| Pkw      | 1,57/1,53              | 1,46*                 |
| Gfz      | 1,30/1,27              | 1,41*                 |
| Bus      | 16,6/16,77             | 17,40**               |
| Motorrad | 1,18/1,12              | 1,03*                 |
| Moped    | 1,10/1,11              | 1,05*                 |
| Rad      | 1,02/1,01              | 1,00                  |
| Fuß      | 1,00                   | 1,00                  |

\* MiD-Wert für 2002 berechnet aus Fahrern und Mitfahrern  
\*\* 2005

Tab. 28: Besetzung (BG) der Fahrzeuge

19,33 bzw. 20,46 % ausgewiesen. Bei Zugrundelegung dieser Zahlenwerte würde die mittlere Besetzung der Fahrzeuge im Jahr 2004 16,3 und 2005 17,4 Personen pro Fahrzeug betragen. Demzufolge liegt die Fahrzeugbesetzung in einer ähnlichen Größenordnung wie in RATZENBERGER (2000) angegeben.

Werden die Erkenntnisse zur Fahrzeugbesetzung zusammengeführt ergeben sich die in Tabelle 28 dargestellten Werte zur Fahrzeugbesetzung.

Anhand des Besetzungsgrades nach VBA und der mittleren Anzahl beteiligter Fahrzeuge lässt sich bereits die Menge der an einem Unfall beteiligten Personen bestimmen. Ziel ist jedoch, die Unfallbeteiligten nach Altersgruppen zu differenzieren. Daher ist die Kenntnis der Beteiligungsstruktur bei Unfällen eine wesentliche Kenngröße. Diese ist für Unfälle jedoch unbekannt, da nicht verletzte Personen in der Unfalldatenbank nicht erfasst werden. Demzufolge ist vereinfachend anzunehmen, dass die Beteiligungsstruktur der Benutzungsstruktur entspricht.

Die Beteiligungsstruktur nach Alter ergibt sich für ein Jahr  $t$  zu:

$$BS_{akt} = BNS_{akt} = \frac{VMN_{akt}}{\sum_a VMN_{akt}} \cdot 100 \quad (5.26)$$

BS = Beteiligungsstruktur [%]

BNS = Benutzungsstruktur [%]

VMN = Verkehrsmittelnutzung [Wege/d]

a = Altersgruppe

k = Verkehrsbeteiligungsart

t = Jahr

Die Verkehrsmittelnutzung wird über ein vereinfachtes Verhaltensmodell wie folgt bestimmt:

$$VMN_{akt} = AH_{at(mitFE)} \cdot SVA_{at(mobil,mitFE)} \cdot VMA_{akt(mitFE)} \cdot P_{at(mitFE)} + AH_{at(ohneFE)} \cdot SVA_{at(mobil,ohneFE)} \cdot VMA_{akt(ohneFE)} \cdot P_{at(ohneFE)} \quad (5.27)$$

VMN = Verkehrsmittelnutzung [Wege/d]

AH = Außer-Haus-Anteil [%]

SVA = spezifisches Verkehrsaufkommen [Wege/P, d]

VMA = Anteil genutzter Verkehrsmittel [%]

P = Personen der Population

mobil = mobile Person

mitFE = mit Pkw-Fahrerlaubnis

ohneFE = ohne Pkw-Fahrerlaubnis

a = Altersgruppe

k = Verkehrsbeteiligungsart

t = Jahr

Es werden demnach der Außer-Haus-Anteil und das spezifische Verkehrsaufkommen nach Altersgruppen von Personen mit und ohne Pkw-Fahrerlaubnis mit dem Verkehrsmittelanteil dieser Personengruppen verknüpft. Anhand der für das jeweilige Jahr zu Grunde zu legendenden Population ( $P_{at(mitFE)}$  bzw.  $P_{at(ohneFE)}$ ) lässt sich die Häufigkeit der Verkehrsmittelnutzung nach Alter, VBA und Jahr bestimmen. Die erforderlichen Berechnungsgrößen zum Fahrerlaubnisbesitz und der Bevölkerung wurden in den Kapiteln 3.1 und 3.2 bereits ausführlich dargestellt.

Die übrigen Kenngrößen (Außer-Haus-Anteil, spezifisches Verkehrsaufkommen und Verkehrsmittelanteil) wurden in erster Näherung MiD 2002 entnommen. Die Kenngrößen sind in den Tabellen 29 bis 32 ausgewiesen.

Wird für die Datengrundlage MiD 2002 das genutzte Verkehrsmittel ausgewertet und aus der Häufigkeit der Nennungen eine Verkehrsmittelwahl gebildet, so ist zu beachten, dass auf einem Weg mehrere Verkehrsmittel genutzt werden können und jede Nutzung für sich eigentlich eine eigene „Fahrt“ darstellt. Beispielsweise sind für einen Weg, der die Verkehrsmittelkette „zu Fuß“-„Bus“-„Straßenbahn“-„Bus“-„zu Fuß“ aufweist, nur die Information der genutzten Verkehrsmittel „zu Fuß“, „Bus“, „Straßen-

| AG           | OHNE<br>Pkw-Fahrerlaubnis |        | MIT<br>Pkw-Fahrerlaubnis |        |
|--------------|---------------------------|--------|--------------------------|--------|
|              | AH                        | n      | AH                       | n      |
| 0 bis u. 15  | 91,3 %                    | 7.376  | 100,0 %                  | 2      |
| 15 bis u. 18 | 89,0 %                    | 1.853  | 100,0 %                  | 4      |
| 18 bis u. 25 | 84,2 %                    | 487    | 91,1 %                   | 2.898  |
| 25 bis u. 45 | 81,5 %                    | 786    | 89,2 %                   | 13.982 |
| 45 bis u. 65 | 78,0 %                    | 1.504  | 86,3 %                   | 11.222 |
| 65 bis u. 75 | 71,5 %                    | 1.339  | 82,3 %                   | 3.474  |
| 75 u. älter  | 65,4 %                    | 1.465  | 76,3 %                   | 1.632  |
| Insgesamt    | 84,5 %                    | 14.810 | 87,0 %                   | 33.215 |

Datengrundlage: MiD 2002

Tab. 29: Außer-Haus-Anteil von Personen MIT und OHNE Pkw-Fahrerlaubnis

| AG           | OHNE<br>Pkw-Fahrerlaubnis |        | MIT<br>Pkw-Fahrerlaubnis |        |
|--------------|---------------------------|--------|--------------------------|--------|
|              | SVA<br>(mobil)            | n      | SVA<br>(mobil)           | n      |
| 0 bis u. 15  | 3,48                      | 6.731  | 4,00                     | 2      |
| 15 bis u. 18 | 3,63                      | 1.649  | 3,50                     | 4      |
| 18 bis u. 25 | 3,53                      | 410    | 3,99                     | 2.641  |
| 25 bis u. 45 | 3,49                      | 641    | 4,00                     | 12.470 |
| 45 bis u. 65 | 3,51                      | 1.173  | 3,97                     | 9.679  |
| 65 bis u. 75 | 3,35                      | 958    | 3,93                     | 2.859  |
| 75 u. älter  | 2,96                      | 958    | 3,50                     | 1.246  |
| Insgesamt    | 3,45                      | 12.519 | 3,96                     | 28.902 |

Datengrundlage: MiD 2002

Tab. 30: Spez. Verkehrsaufkommen mobiler Personen MIT und OHNE Pkw-Fahrerlaubnis

bahn“ bekannt. Demnach wären eigentlich fünf Nutzungen (Fahrten bzw. Fußwege) für die Verkehrsmittelwahl relevant. Bekannt ist jedoch nur die Nutzung dreier Verkehrsmittel. Wären also komplexe Verkehrsmittelketten die Regel, wäre die Verkehrsmittelnutzung verzerrt.

Tabelle 33 zeigt die Anzahl angegebener Verkehrsmittel je Weg in MiD 2002 für Personen mit und ohne Pkw-Fahrerlaubnis. Es ist zu erkennen, dass je Weg im Mittel zwischen 1,08 und 1,31 Verkehrsmittel angegeben werden. Insgesamt ist der Wert sehr niedrig. Die mögliche Verzerrung der Nutzungshäufigkeit von Verkehrsmitteln im Straßenverkehr ist daher als sehr gering einzuschätzen.

Das Verhalten o. g. (näherungsweise verhaltenshomogener) Personengruppen wird für den Prog-

| Personen<br>MIT<br>Pkw-FE | Pkw  | Gfz | Bus  | Krad | Moped | Rad | Fuß  | Sonstige |
|---------------------------|------|-----|------|------|-------|-----|------|----------|
| 0 bis u. 15               | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 0,0  | 0,0      |
| 15 bis u. 18              | 27,6 | 0,0 | 21,0 | 0,0  | 0,0   | 2,5 | 31,1 | 17,8     |
| 18 bis u. 25              | 61,3 | 0,2 | 3,4  | 0,4  | 0,2   | 7,2 | 20,0 | 7,3      |
| 25 bis u. 45              | 63,8 | 0,2 | 1,5  | 0,5  | 0,5   | 6,8 | 22,4 | 4,3      |
| 45 bis u. 65              | 59,3 | 0,2 | 2,1  | 0,2  | 0,2   | 9,0 | 25,5 | 3,6      |
| 65 bis u. 75              | 53,9 | 0,1 | 2,9  | 0,1  | 0,1   | 8,1 | 31,9 | 2,9      |
| 75 u. älter               | 46,4 | 0,0 | 3,8  | 0,0  | 0,0   | 6,9 | 38,3 | 4,6      |

Angaben in %

Tab. 31: Genutzte Verkehrsmittel in % von Personen MIT Pkw-Fahrerlaubnis nach AG

| Personen<br>OHNE<br>Pkw-FE | Pkw  | Gfz | Bus  | Krad | Moped | Rad  | Fuß  | Sonstige |
|----------------------------|------|-----|------|------|-------|------|------|----------|
| 0 bis u. 15                | 39,8 | 0,0 | 7,5  | 0,0  | 0,1   | 12,4 | 36,2 | 4,0      |
| 15 bis u. 18               | 23,7 | 0,1 | 13,3 | 0,4  | 3,8   | 15,1 | 34,2 | 9,4      |
| 18 bis u. 25               | 21,1 | 0,1 | 14,1 | 0,0  | 0,7   | 10,5 | 35,6 | 17,9     |
| 25 bis u. 45               | 19,6 | 0,1 | 10,6 | 0,0  | 0,6   | 14,3 | 39,9 | 15,0     |
| 45 bis u. 65               | 23,0 | 0,0 | 9,5  | 0,4  | 0,8   | 12,4 | 45,3 | 8,5      |
| 65 bis u. 75               | 24,3 | 0,0 | 9,0  | 0,0  | 0,4   | 11,2 | 50,3 | 4,8      |
| 75 u. älter                | 13,4 | 0,0 | 11,5 | 0,0  | 0,1   | 8,4  | 58,8 | 7,8      |

Angaben in %

Tab. 32: Genutzte Verkehrsmittel in % von Personen OHNE Pkw-Fahrerlaubnis nach AG

| AG           | MIT<br>Pkw-Fahrerlaubnis |         | OHNE<br>Pkw-Fahrerlaubnis |        |
|--------------|--------------------------|---------|---------------------------|--------|
|              | Mittelwert               | n       | Mittelwert                | n      |
| 0 bis u. 15  | 0                        | 0       | 1,08                      | 28.978 |
| 15 bis u. 18 | 1,31                     | 15      | 1,18                      | 6.578  |
| 18 bis u. 25 | 1,11                     | 11.787  | 1,26                      | 1.684  |
| 25 bis u. 45 | 1,06                     | 53.283  | 1,22                      | 2.490  |
| 45 bis u. 65 | 1,06                     | 41.514  | 1,13                      | 4.541  |
| 65 bis u. 75 | 1,06                     | 12.225  | 1,09                      | 3.555  |
| 75 u. älter  | 1,06                     | 4.772   | 1,12                      | 3.121  |
| Insgesamt    | 1,06                     | 123.595 | 1,11                      | 50.946 |

Datengrundlage: MiD 2002

Tab. 33: Mittlere Anzahl angegebener Verkehrsmittel je Weg (Personen mit und ohne Pkw-Fahrerlaubnis)

nosezeitraum zunächst als konstant angenommen. Dementsprechend ergibt sich die Beteiligungsstruktur ( $BS_{akt}$ ) für den Zeitraum von 1991-2006 sowie für 2015/2020 in Abhängigkeit der Verände-

rung der Personengruppenstruktur. In Verbindung mit der Menge der an Unfällen beteiligten Fahrzeuge ( $BF_{zkt}$ ) und deren Besetzung ( $BG_{kt}$ ) ergibt sich die Anzahl unfallbeteiligter Personen ( $UB_{akt}$ ).

Das beteiligtenbezogene Verunglückungsrisiko berechnet sich im Anschluss für den Analysezeitraum 1991-2005 nach:

$$VR(V(SG))_{akt} = \frac{V(SG)_{akt}}{UB_{akt}} \quad (5.28)$$

$V(SG)_{akt}$  stellt die Verunglücktenstruktur nach Alter und VBA für ein Jahr dar. Diese kann direkt aus den Unfalldaten ausgewertet werden. Aus den beteiligtenbezogenen Risikokennziffern lässt sich durch Trendfortschreibung ein differenziertes Verunglückungsrisiko für den Prognosehorizont ermitteln.

Die Fortschreibung der nutzerbezogenen Risiken erfolgt zunächst ausschließlich für den Gesamttrend der jeweiligen Beteiligungsart. Eine Fortschreibung der Regressionsfunktionen innerhalb der einzelnen Altersklassen erscheint aufgrund der Vielzahl zuvor getroffener Annahmen sowie der mit einer Fortschreibung kleiner Zahlen einhergehenden Unsicherheiten als nicht sinnvoll. Daher wird die prozentuale Veränderung des fortgeschriebenen Gesamttrends gegenüber dem Mittelwert der Analysejahre ausgewertet und der Berechnung der Entwicklung in den Altersklassen zugrunde gelegt.

Werden im Anschluss die Struktur und Menge der Unfallbeteiligten für den Prognosehorizont mit den spezifischen Risikokennziffern verknüpft, ergibt sich eine Verunglücktenstruktur nach AG und VBA ( $V^*(SG)_{akt}$ ):

$$V^*(SG)_{akt} = VR(V(SG))_{akt} \cdot UB_{akt} \quad (5.29)$$

Mit

$$V^*(SG)_{kt} = \sum_a V(SG)_{akt} \quad (5.30)$$

und

$$V(SG)_{akt} = \frac{V^*(SG)_{akt}}{V^*(SG)_{kt}} \quad (5.31)$$

wird für den Prognosezeitraum die relative Struktur der Verunglückten nach Alter ermittelt. Diese Struktur wird im Anschluss dem Modul 7 übergeben. Dadurch erfolgt anhand der prognostizierten Anzahl Verunglückter aus Modul 5 die Aufteilung nach Altersgruppen.

Somit wird die Altersstruktur anhand einer Trendfortschreibung der beteiligtenbezogenen Verletzungsrisiken berechnet. Die Übertragung der Daten erscheint insofern sinnvoll, da die insassenfein prognostizierten Verunglücktenzahlen nicht die in den Modul 5 zugrunde gelegten Einflüsse des ortslagenfeinen Verkehrsgeschehens berücksichtigen und daher nicht die dadurch bedingte Abbildung der Wirkungszusammenhänge erlaubt.

Im Anschluss wird diese auf eine mittels differenzierter fahrleistungsbezogener Unfallrisiken und unfallbezogener Verletzungsrisiken berechnete Verunglücktenzahl übertragen. Dieses Vorgehen ist dementsprechend mit folgenden Einschränkungen verbunden:

Der Einfluss des Alters auf die spezifische Verletzungsschwere einer Person wird nur im Rahmen einer konstellationenunabhängigen Berechnung berücksichtigt, während die Gesamtzahl konstellationenfein prognostiziert wird. Es bleibt daher festzuhalten, dass sich die fortgeschriebene Altersstruktur auf einen bestimmten Verlauf in der Sicherheits- und Verkehrsentwicklung bezieht, ohne eine Rückwirkung auf die Veränderung der Randbedingungen (beteiligungsfeine Fahrleistungen) zuzulassen. Sollten mit dem Modell demnach die Auswirkungen massiver Veränderungen in den zukünftigen Verkehrsverhältnissen auf die Verunglücktenzahlen abgebildet werden, so ist zu bedenken, dass die prognostizierte Altersstruktur der Entwicklung nur so weit folgen kann, wie sie in den gewählten Daten der Benutzerstruktur berücksichtigt wurde. Ortslagen, oder beteiligungsbezogene Veränderungen werden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt, sondern fließen nur über die ortslagen- und beteiligungsfeine Berechnung der Gesamtzahl der Verunglückten ein. Denkbare Wechselwirkungen innerhalb der Entwicklung werden aus diesem Grund nicht geschlossen abgebildet.

## 5.7 Zusammenführung der Ergebnisse (Modul 7)

In Modul 7 erfolgt die Zusammenführung der Ergebnisse der Verunglückten auf verschiedenen Aggregationsebenen. Auf der einen Seite wird die Anzahl Verunglückter aus Modul 5 in jeder Ortslage über die verschiedenen Konstellationen ortslagen- und beteiligungsfein aggregiert zu:

$$V(SG)_{kot} = \sum_{k_1 k_2} V(SG_k)_{k_1 k_2 ot} \quad (5.32)$$

bzw. nur ortslagenfein zu:

$$V(SG)_{ot} = \sum_k V(SG)_{kot} \quad (5.33)$$

Im Anschluss wird die Summe über alle drei Ortslagenmodelle gebildet zu:

$$V(SG)_{kt} = \sum_o V(SG)_{kot} \quad (5.34)$$

bzw. zur Gesamtzahl (je Schweregrad):

$$V(SG)_t = \sum_o V(SG)_{ot} \quad (5.35)$$

Für die berechneten Verunglückten- und Unfallzahlen gelten die hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Prognose im Kapitel 5 erläuterten Einschränkungen. Während davon auszugehen ist, dass die Gesamtzahl der Unfälle sowie auch, mit gewissen Einschränkungen, die der Verunglückten verhältnismäßig sicher das zukünftige Unfallgeschehen unter den gegebenen Randbedingungen beschreiben, ist bei einer Disaggregation der Daten mit einer Zunahme prognosebedingter Unschärfen zu rechnen.

Die Berechnung der Altersstruktur der Verunglückten erfolgt mittels Übertragung der prozentualen Anteile aus Modul 6 auf die in Modul 5 ermittelte Gesamtzahl aller Verunglückten:

$$V(SG)_{akt} = V(SG)_{akt} \cdot V(SG)_{kt} \quad (5.36)$$

Eine nach Ortslagen getrennte altersfeine Vorhersage der Verunglücktenzahlen ist aus den zuvor genannten Gründen nicht möglich. Aufgrund des fehlenden direkten Bezuges zur ortslagen- und beteiligungsfeinen Entwicklung wäre dieser zusätzliche Disaggregationsschritt mit weiteren Unwägbarkeiten verbunden und hinsichtlich der möglichen Genauigkeit unter den zuvor berechneten Daten einzuordnen.

## 6 Modellergebnisse

### 6.1 Unfallzahlen der Jahre 2015 und 2020

Für das Jahr 2015 wird auf Grundlage der zuvor beschriebenen Modellbedingungen eine Gesamtzahl von etwa 279.000 Unfällen mit Personenschaden berechnet. Für das Jahr 2020 ergibt sich eine Zahl von 234.000 Unfällen. Gegenüber 2006 bedeutet dies einen Rückgang von 15 % bzw. 9 %.

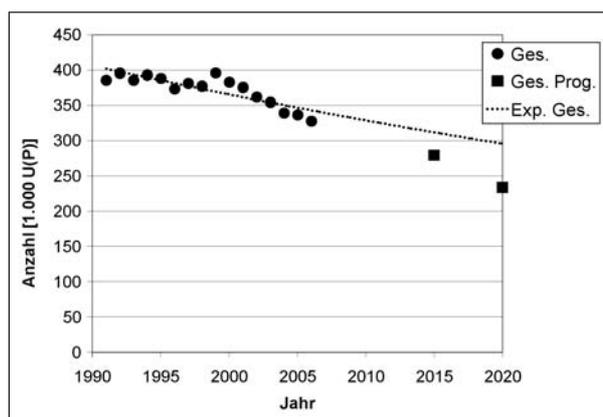


Bild 42: Verlauf der Unfallzahlen mit Personenschaden U(P) über alle Ortslagen – Analysejahre und Prognose

Der Rückgang der Unfallzahlen fällt im Fünfjahreszeitraum zwischen 2015 und 2020 zahlenmäßig ebenso hoch aus wie in den neun Jahren zwischen 2006 und 2015. In Bild 42 sind die Zeitreihe der U(P) zwischen 1991 und 2006 und die Prognosewerte für 2015 und 2020 dargestellt.

Neben den Einzelwerten der Analysejahre ist in Bild 42 zusätzlich eine negativ-exponentielle Trendlinie eingetragen, um den prognostizierten Unfallzahlen einen Orientierungswert gegenüberzustellen.

Diese ergibt sich aus der Fortschreibung der Gesamtunfallzahlen. Die Prognose liegt in beiden Jahren unter dem Gesamttrend.

Die Anzahl der Unfälle mit Sachschaden beläuft sich im Jahr 2015 voraussichtlich auf etwa 1.724.000. Im Jahr 2020 werden es der Prognose zufolge 1.523.000 U(S) sein. In der Summe ist daher mit ca. 2.000.000 Unfällen im Jahr 2015 und 1.760.000 Unfällen im Jahr 2020 zu rechnen (siehe Tabelle 34).

Der prozentuale Rückgang gegenüber dem Jahr 2006 liegt für die Prognosejahre bei den Unfällen mit Sachschaden bei 10 % (2015) und 21 % (2020) und damit unter den anteiligen Rückgängen der Unfälle mit Personenschaden. Der Grund hierfür liegt in der Entwicklung einer über die letzten Jahre abnehmenden Unfallschwere, die sich mit einem Rückgang des Anteils der U(P) an allen Unfällen quantifizieren lässt. Lag der Anteil der U(P) an allen U im Jahr 1991 noch bei 19 %, waren es 2006 lediglich 15 %. Eine Fortschreibung der Entwicklung ergibt für das Jahr 2015 einen Anteil von 14 %, für das Jahr 2020 von 13 %.

| Jahr                           | U(P)    | U(S)      | U         |
|--------------------------------|---------|-----------|-----------|
| 1991                           | 385.146 | 1.926.319 | 2.311.465 |
| 1992                           | 395.462 | 1.989.117 | 2.384.579 |
| 1993                           | 385.384 | 1.960.012 | 2.345.396 |
| 1994                           | 392.754 | 1.878.064 | 2.270.818 |
| 1995                           | 388.003 | 1.841.179 | 2.229.182 |
| 1996                           | 373.082 | 1.896.488 | 2.269.570 |
| 1997                           | 380.835 | 1.851.544 | 2.232.379 |
| 1998                           | 377.257 | 1.880.392 | 2.257.649 |
| 1999                           | 395.689 | 2.017.784 | 2.413.473 |
| 2000                           | 382.949 | 1.967.278 | 2.350.227 |
| 2001                           | 375.345 | 1.998.211 | 2.373.556 |
| 2002                           | 362.054 | 1.927.420 | 2.289.474 |
| 2003                           | 354.534 | 1.905.033 | 2.259.567 |
| 2004                           | 339.310 | 1.922.379 | 2.261.689 |
| 2005                           | 336.619 | 1.917.373 | 2.253.992 |
| 2006                           | 327.984 | 1.907.334 | 2.235.318 |
| 2015                           | 279.037 | 1.723.958 | 2.002.995 |
| 2020                           | 233.922 | 1.523.147 | 1.757.069 |
| Veränderung gegenüber 2006 [%] |         |           |           |
| 2015                           | -15 %   | -10 %     | -10 %     |
| 2020                           | -29 %   | -20 %     | -21 %     |

Tab. 34: Zeitreihen der Unfallzahlen in Deutschland – Analysejahre und Prognose

### Unfallzahlen nach Ortslage

Der Rückgang der Unfallzahlen ist bei den Unfällen mit Personenschaden über die Ortslagen unterschiedlich ausgeprägt. In Tabelle 35 sind neben den Absolutzahlen auch die prozentualen Abnahmen gegenüber dem Jahr 2006 angeführt.

Die Gesamtzahl aller Unfälle mit Personenschaden wird maßgeblich vom Verlauf der Innerortsunfälle als zahlenmäßig bedeutsamster Gruppe bestimmt.

Sowohl „Innerorts“ als auch auf Autobahnen ist ein verhältnismäßig starker Rückgang der Unfallzahlen zu verzeichnen. Während der Rückgang „Innerorts“ zwischen den Jahren 2015 und 2020 betragsmäßig noch zunimmt, findet ein Großteil der Abnahme auf Autobahnen bereits bis 2015 statt (32 %).

„Außerorts“ hingegen ist der Rückgang nicht derart deutlich ausgeprägt und liegt mengenmäßig im Bereich einer Trendfortschreibung der Gesamtentwicklung dieser Ortslage zwischen 1991 und 2006.

| Jahr                           | BAB    | AO      | IO      | Gesamt  |
|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|
| 1991                           | 27.348 | 112.181 | 245.617 | 385.146 |
| 1992                           | 26.248 | 114.370 | 254.844 | 395.462 |
| 1993                           | 26.103 | 116.307 | 242.974 | 385.384 |
| 1994                           | 26.549 | 117.210 | 248.995 | 392.754 |
| 1995                           | 25.513 | 115.873 | 246.617 | 388.003 |
| 1996                           | 24.976 | 112.097 | 236.009 | 373.082 |
| 1997                           | 24.794 | 112.870 | 243.171 | 380.835 |
| 1998                           | 24.485 | 112.564 | 240.208 | 377.257 |
| 1999                           | 26.627 | 116.975 | 252.087 | 395.689 |
| 2000                           | 25.578 | 111.901 | 245.470 | 382.949 |
| 2001                           | 25.990 | 109.472 | 239.883 | 375.345 |
| 2002                           | 24.625 | 103.564 | 233.865 | 362.054 |
| 2003                           | 22.646 | 101.367 | 230.521 | 354.534 |
| 2004                           | 21.458 | 94.538  | 223.314 | 339.310 |
| 2005                           | 20.943 | 89.801  | 225.875 | 336.619 |
| 2006                           | 20.434 | 86.046  | 221.504 | 327.984 |
| 2015                           | 13.812 | 80.423  | 184.802 | 279.037 |
| 2020                           | 11.306 | 74.869  | 147.747 | 233.922 |
| Veränderung gegenüber 2006 [%] |        |         |         |         |
| 2015                           | -32 %  | -7 %    | -17 %   | -15 %   |
| 2020                           | -45 %  | -13 %   | -33 %   | -29 %   |

Tab. 35: Zeitreihen der Unfälle mit Personenschaden in Deutschland getrennt nach Ortslage – Analysejahre und Prognose

## 6.2 Verunglücktenzahlen

Die Entwicklung der Verunglücktenzahlen über die drei Schwerekategorien ist in Tabelle 36 angegeben. Der Rückgang bis zum Jahr 2020 bewegt sich zwischen 21 % und 51 % der Verunglücktenzahlen von 2006. Nach dieser Prognose ist bis zum Jahr 2020 mit einer Halbierung der Schwerverunglücktenzahlen (Getötete und Schwerverletzte zusammen) zu rechnen.

Konstellationen (insbesondere in der Ortslage „Innerorts“) lassen sich am treffendsten mit steigenden logarithmischen Trends beschreiben. In vielen der Fälle stagnieren die Zahlen jedoch im Bereich der letzten 3 bis 5 Jahre. Aufgrund des relativ kurzen Zeitraums ist dieser Einfluss nicht systematisch nachzuweisen, die Tendenz lässt jedoch auch in der näheren Zukunft eher konstante als steigende Risiken zu leichten Verletzungen vermuten.

Infolge der zuvor genannten Zusammenhänge wird in den nachstehenden Kapiteln verstärkt auf die Schwerverletzten- und Getötetenzen eingegan-

| Jahr                           | LV      | SV      | GT     | V <sub>ges</sub> |
|--------------------------------|---------|---------|--------|------------------|
| 1991                           | 374.441 | 131.093 | 11.300 | 516.834          |
| 1992                           | 386.446 | 130.351 | 10.631 | 527.428          |
| 1993                           | 379.737 | 125.854 | 9.949  | 515.540          |
| 1994                           | 389.692 | 126.723 | 9.814  | 526.229          |
| 1995                           | 389.168 | 122.973 | 9.454  | 521.595          |
| 1996                           | 376.702 | 116.456 | 8.758  | 501.916          |
| 1997                           | 385.680 | 115.414 | 8.549  | 509.643          |
| 1998                           | 388.429 | 108.890 | 7.792  | 505.111          |
| 1999                           | 411.577 | 109.550 | 7.772  | 528.899          |
| 2000                           | 401.658 | 102.416 | 7.503  | 511.577          |
| 2001                           | 399.735 | 95.040  | 6.977  | 501.752          |
| 2002                           | 388.031 | 88.382  | 6.842  | 483.255          |
| 2003                           | 376.593 | 85.577  | 6.613  | 468.783          |
| 2004                           | 359.325 | 80.801  | 5.842  | 445.968          |
| 2005                           | 356.491 | 76.952  | 5.361  | 438.804          |
| 2006                           | 347.835 | 74.502  | 5.091  | 427.428          |
| 2015                           | 320.831 | 48.484  | 3.212  | 372.527          |
| 2020                           | 274.689 | 37.372  | 2.497  | 314.558          |
| Veränderung gegenüber 2006 [%] |         |         |        |                  |
| 2015                           | -8 %    | -35 %   | -37 %  | -13 %            |
| 2020                           | -21 %   | -50 %   | -51 %  | -26 %            |

Tab. 36: Zeitreihen der Verunglückten in Deutschland getrennt nach Schwere – Analysejahre und Prognose

| Jahr                           | LV     | SV     | GT    | V <sub>ges</sub> |
|--------------------------------|--------|--------|-------|------------------|
| 1991                           | 32.339 | 10.964 | 1.552 | 44.855           |
| 1992                           | 31.345 | 10.241 | 1.201 | 42.787           |
| 1993                           | 31.587 | 9.735  | 1.109 | 42.431           |
| 1994                           | 32.224 | 9.918  | 1.105 | 43.247           |
| 1995                           | 31.421 | 9.589  | 978   | 41.988           |
| 1996                           | 30.815 | 8.981  | 1.020 | 40.816           |
| 1997                           | 30.565 | 8.767  | 933   | 40.265           |
| 1998                           | 30.311 | 8.308  | 803   | 39.422           |
| 1999                           | 33.201 | 8.709  | 911   | 42.821           |
| 2000                           | 31.965 | 8.233  | 907   | 41.105           |
| 2001                           | 33.344 | 7.725  | 770   | 41.839           |
| 2002                           | 31.433 | 7.192  | 857   | 39.482           |
| 2003                           | 28.576 | 6.674  | 811   | 36.061           |
| 2004                           | 26.918 | 6.109  | 694   | 33.721           |
| 2005                           | 26.506 | 5.861  | 662   | 33.029           |
| 2006                           | 25.586 | 5.851  | 645   | 32.082           |
| 2015                           | 17.933 | 3.082  | 315   | 21.330           |
| 2020                           | 14.732 | 2.283  | 231   | 17.246           |
| Veränderung gegenüber 2006 [%] |        |        |       |                  |
| 2015                           | -30 %  | -47 %  | -51 % | -34 %            |
| 2020                           | -42 %  | -61 %  | -64 % | -46 %            |

Tab. 37: Zeitreihen der Verunglückten auf Autobahnen – Analysejahre und Prognose

gen. Die Zahlen der Leichtverletzten werden nur am Rande behandelt.

### 6.2.1 Verunglückte nach Ortslagen

Die beschriebene Entwicklung lässt sich in allen drei Ortslagen nachzeichnen. Wie im Gesamtverlauf weisen die Verunglücktenzahlen bis zum Jahr 2020 sinkende Zahlen auf (s. Bild 43).

Die Prognosewerte der Ortslage „Innerorts“ liegen in beiden Prognosejahren deutlich unter der zur Orientierung angeführten negativ-exponentiellen Trendlinie, in der Ortslage „Autobahn“ wird der Trend nur knapp von der Prognose unterschritten. Die Verunglücktenzahlen der Ortslage „Außerorts“ hingegen bewegen sich im Fall der differenzierten Prognose knapp über den aus einer Trendfortschreibung gewonnenen Werten.

Die nach Schwerekategorien differenzierten Zeitreihen der Verunglückten in den einzelnen Ortslagenmodellen sind in den Tabellen 37 bis 39 aufgeführt.

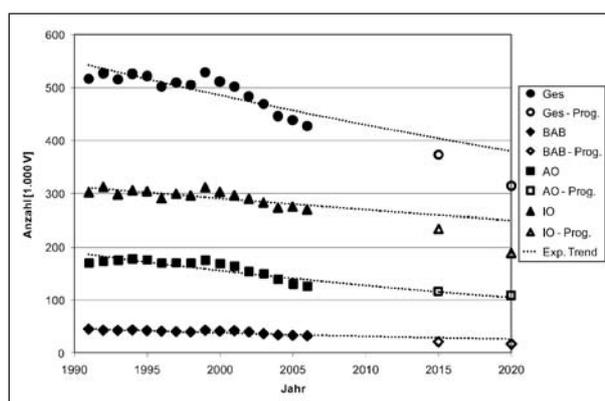


Bild 43: Zeitreihen der Verunglückten in Deutschland getrennt nach Ortslagen – Analysejahre und Prognose

Die Verunglücktenzahlen auf Autobahnen weisen grundsätzlich die größten prozentualen Veränderungen im Unfallgeschehen der Jahre 2015 und 2020 gegenüber dem Referenzjahr 2006 auf. Der anteilig geringste Rückgang ist bei den Leichtverletzten festzustellen (s. Tabelle 37).

Die Verringerung der Zahlen Schwerverunglückter liegt im Prognosezeitraum bei etwa 60 % und da-

rüber. Hierbei ist im Falle der Getötetenzahlen ein stärkerer Rückgang festzustellen als bei den Schwerverletztetenzahlen.

Die Abnahme der Verunglücktenzahlen liegt insgesamt bei etwas weniger als 50 % gegenüber dem Jahr 2006. Zwischen den Jahren 2006 und 2015 geht die Verunglücktenzahl um ca. 11.000 Personen zurück, zwischen 2015 und 2020 sinkt die Zahl um weitere 4.000 Personen. Dies entspricht einer Verringerung von etwa 19 % gegenüber dem Niveau von 2015.

Die Rückgänge der Verunglücktenzahlen sind im Bereich der Ortslage „Außerorts“ durchweg kleiner als bei Autobahnen. Bei den Schwerverletzten- und Getötetenzahlen sind bis zum Jahr 2015 aber immer noch Verminderungen gegenüber den Zahlen von 2006 im Bereich von nahezu 40 % zu erwarten.

Insgesamt liegt die Abnahme der Verunglücktenzahlen im Prognosezeitraum bei 13 % gegenüber 2006. Im Vergleich zu den beiden anderen Orts-

lagen weisen die Verunglücktenzahlen, wie auch die Unfallzahlen, auf Landstraßen somit die geringsten Veränderungen auf. Bei Leichtverletzten ist in beiden Zeiträumen kein nennenswerter Rückgang zu prognostizieren. Dies gilt für alle Verletzungsschweren gleichermaßen.

Während die Anzahl der Leichtverletzten um 9 % (2015) bzw. 25 % (2020) zurückgeht, ist die Abnahme bei den schweren Personenschäden auch in dieser Ortslage um einiges deutlicher ausgeprägt. Für keine der anderen Ortslagen ist ein Rückgang der Getötetenzahlen in einer Höhe von 69 % gegenüber dem Niveau von 2006 zu verzeichnen. Bereits bis zum Jahr 2015 wird sich demnach die Anzahl getöteter Personen gegenüber 2006 halbieren.

Die Verminderung der Anzahl aller Verunglückten liegt im Prognosezeitraum bei etwa einem Viertel gegenüber dem Jahr 2006. Die deutliche Verringerung bei den schweren Personenschäden geht auch „Innerorts“ vor dem Hintergrund des zahlenmäßig zwar bedeutenderen, anteilmäßig jedoch geringeren Rückgangs der Leichtverletzten unter.

| Jahr                           | LV      | SV     | GT    | V <sub>ges</sub> |
|--------------------------------|---------|--------|-------|------------------|
| 1991                           | 107.405 | 56.114 | 6.399 | 169.918          |
| 1992                           | 109.977 | 56.510 | 6.321 | 172.808          |
| 1993                           | 112.911 | 56.296 | 6.008 | 175.215          |
| 1994                           | 114.736 | 56.512 | 6.115 | 177.363          |
| 1995                           | 113.968 | 55.653 | 6.041 | 175.662          |
| 1996                           | 111.171 | 53.184 | 5.607 | 169.962          |
| 1997                           | 112.384 | 52.050 | 5.552 | 169.986          |
| 1998                           | 114.673 | 49.631 | 5.081 | 169.385          |
| 1999                           | 120.468 | 49.604 | 4.983 | 175.055          |
| 2000                           | 116.589 | 46.489 | 4.767 | 167.845          |
| 2001                           | 116.224 | 42.716 | 4.481 | 163.421          |
| 2002                           | 110.627 | 39.061 | 4.301 | 153.989          |
| 2003                           | 107.546 | 37.912 | 4.156 | 149.614          |
| 2004                           | 100.072 | 34.991 | 3.664 | 138.727          |
| 2005                           | 95.259  | 31.807 | 3.228 | 130.294          |
| 2006                           | 91.882  | 30.394 | 3.062 | 125.338          |
| 2015                           | 92.178  | 22.751 | 2.239 | 117.168          |
| 2020                           | 87.805  | 19.082 | 1.839 | 108.726          |
| Veränderung gegenüber 2006 [%] |         |        |       |                  |
| 2015                           | 0 %     | -25 %  | -27 % | -7 %             |
| 2020                           | -4 %    | -37 %  | -40 % | -13 %            |

Tab. 38: Zeitreihen der Verunglückten „Außerorts“ (ohne BAB) – Analysejahre und Prognose

| Jahr                           | LV      | SV     | GT    | V <sub>ges</sub> |
|--------------------------------|---------|--------|-------|------------------|
| 1991                           | 234.697 | 64.015 | 3.349 | 302.061          |
| 1992                           | 245.124 | 63.600 | 3.109 | 311.833          |
| 1993                           | 235.239 | 59.823 | 2.832 | 297.894          |
| 1994                           | 242.732 | 60.293 | 2.594 | 305.619          |
| 1995                           | 243.779 | 57.731 | 2.435 | 303.945          |
| 1996                           | 234.716 | 54.291 | 2.131 | 291.138          |
| 1997                           | 242.731 | 54.597 | 2.064 | 299.392          |
| 1998                           | 243.445 | 50.951 | 1.908 | 296.304          |
| 1999                           | 257.908 | 51.237 | 1.878 | 311.023          |
| 2000                           | 253.104 | 47.694 | 1.829 | 302.627          |
| 2001                           | 250.167 | 44.599 | 1.726 | 296.492          |
| 2002                           | 245.971 | 42.129 | 1.684 | 289.784          |
| 2003                           | 240.471 | 40.991 | 1.646 | 283.108          |
| 2004                           | 232.335 | 39.701 | 1.484 | 273.520          |
| 2005                           | 234.726 | 39.284 | 1.471 | 275.481          |
| 2006                           | 230.367 | 38.257 | 1.384 | 270.008          |
| 2015                           | 210.722 | 22.651 | 659   | 234.032          |
| 2020                           | 172.151 | 16.003 | 425   | 188.579          |
| Veränderung gegenüber 2006 [%] |         |        |       |                  |
| 2015                           | -9 %    | -41 %  | -52 % | -13 %            |
| 2020                           | -25 %   | -58 %  | -69 % | -30 %            |

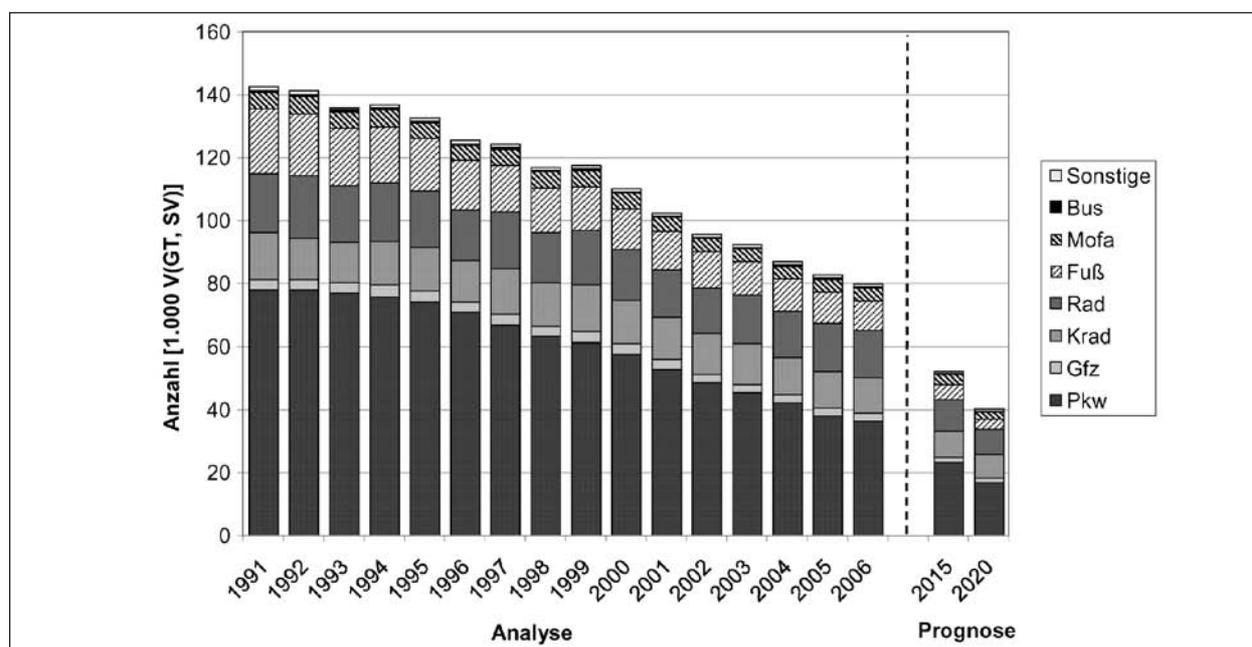
Tab. 39: Zeitreihen der Verunglückten „Innerorts“ – Analysejahre und Prognose

### 6.2.2 Verunglückte nach Verkehrsbeteiligung

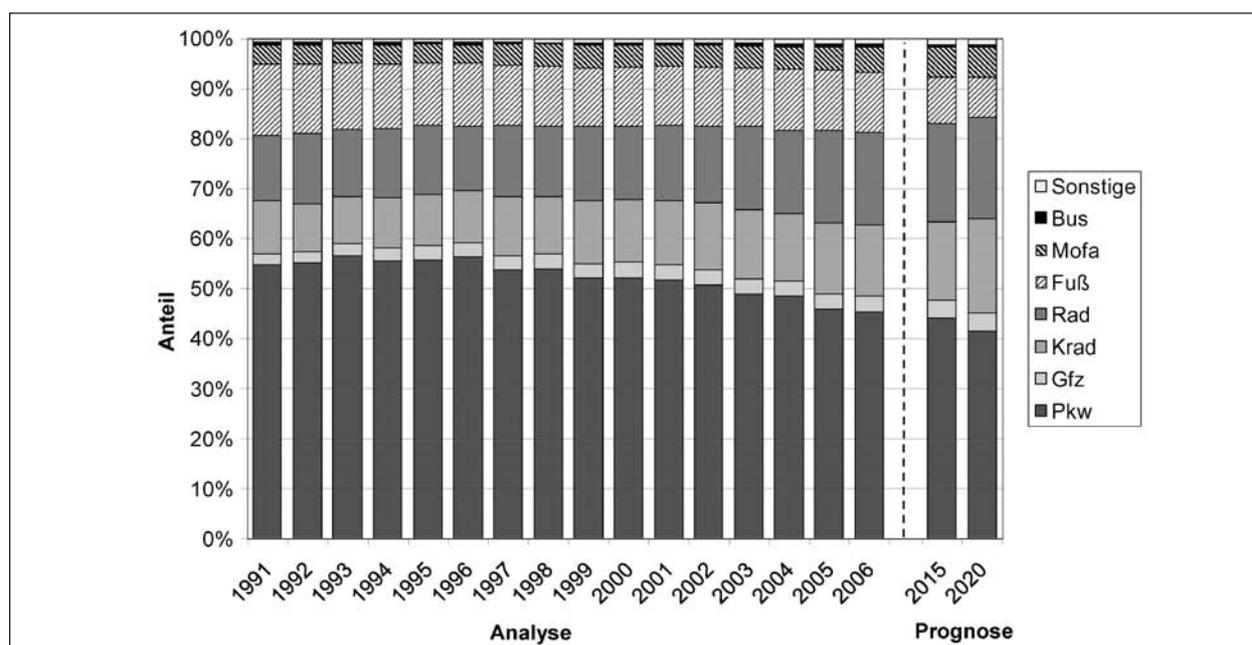
Im Verlauf der Verunglücktenzahlen (siehe Bild 44) weisen alle Beteiligungsarten Abnahmen im Vergleich der Prognosejahre mit dem Analysezeitraum auf. Deutliche Rückgänge verzeichnet dabei die Zahl verunglückter Pkw-Insassen, ebenso wie die der Fußgänger.

Die prozentuale Aufteilung der Zahlen Getöteter und Schwerverletzter über die Beteiligungsarten

verdeutlicht diese Entwicklung (siehe Bild 45). Während die Anteile der Fußgänger sowie der Pkw-Insassen an allen schweren Personenschäden gegenüber 2006 teils starke Rückgänge verzeichnen, gewinnen vor allem die Krad-Nutzer sowie Radfahrer anteilmäßig an Bedeutung. Die Erhöhung der Anteile ergibt sich jedoch nicht aus einer Zunahme der Absolutzahlen, sondern vielmehr aus unterdurchschnittlichen Rückgängen dieser Zahlen (siehe Bild 44).



**Bild 44:** Aufteilung der Verunglücktenzahlen Schwerverletzter und Getöteter gemeinsam nach Verkehrsbeteiligung – Analysejahre und Prognose



**Bild 45:** Aufteilung der Verunglücktenzahlen Schwerverletzter und Getöteter gemeinsam nach Verkehrsbeteiligung in prozentualen Anteilen – Analysejahre und Prognose

Im Folgenden werden die Entwicklungen der verschiedenen Beteiligungsarten einzeln aufgeführt. Bei der Bewertung dieser Angaben sind die im Kapitel 5 erwähnten Einschränkungen hinsichtlich der Prognosezuverlässigkeit zu berücksichtigen. Insbesondere bei den Verkehrsbeteiligungsarten „Sons-tige“ und „Bus“ muss beachtet werden, dass deren Beteiligung an Unfällen in allen Ortslagen lediglich in der Konstellation „Übrige“ erfasst wird. Die Prog-nose dieser Zahlen erfolgt stark vereinfacht. Eine differenzierte Betrachtung der Verunglücktenzahlen dieser Beteiligungsarten ist demzufolge mit Un-sicherheiten behaftet.

### **Pkw**

In der Summe verunglücken im Jahr 2020 etwa 180.000 Pkw-Insassen. In beiden (ungleich langen) Zeiträumen (2006-2015; 2015-2020) reduziert sich die jährliche Anzahl um ca. 20.000 verunglückte Pkw-Insassen. Insgesamt bedeuten diese Zahlen einen Rückgang um nahezu ein Viertel gegenüber dem Jahr 2006.

Die prozentuale Abnahme der Anzahl verunglückter Pkw-Insassen gegenüber dem Stand 2006 ist in der Ortslage „Autobahn“ mit durchschnittlich 47 % be-tragsmäßig am größten. Die geringsten Unterschie-de ergeben sich auf Außerortsstraßen (Abnahme um 18 % gegenüber 2006).

Die anhand der Schwere Kategorien festgestellten Unterschiede in den einzelnen Entwicklungen tre-ten auch bei den verunglückten Pkw-Insassen zu-tage. Während die Schwerverletzten- und Getöte-tenzahlen deutliche Rückgänge im Prognosezeit-raum verzeichnen, nehmen die Leichtverletzten-zahlen zwischenzeitlich teilweise noch zu. Hierzu sei auf die Ausführungen in Kapitel 6.2 verwiesen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die Zahl der Getöteten sowie der Schwerverletz-ten jeweils um mehr als die Hälfte reduziert wer-den, wobei
- die größten Abnahmen auf Autobahnen zu ver-zeichnen sind.

### **Gfz**

Die Verunglücktenzahlen der Gfz-Insassen erfahren insgesamt einen ähnlichen prozentualen Rückgang wie die der Pkw-Insassen. Insgesamt verunglücken im Jahr 2020 voraussichtlich etwa 9.000 Gfz-Insas-sen. Dies entspricht einer Abnahme von 27 %.

Mit einer Verminderung um 85 % bei den Getöteten sowie 68 % bei den Schwerverletzten weisen die Verunglücktenzahlen auf Innerortsstraßen bei den Schwerverunglückten die größten Rückgänge auf. Hierbei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass es sich um relativ kleine Zahlen handelt und daher auch die Vereinfachungen in der Modellentwicklung (Berechnung der geringeren Verunglücktenzahl aus der Differenz der Gesamtentwicklung und der zahlenmäßig bedeutenderen Beteiligungsart) sich hier verstärkt niederschlagen.

Im Ergebnis liegen

- die Rückgänge der Schwerverletzten- und Getö-teten Zahlen bei über 40 %, wobei
- die größten Minderungen „Innerorts“ zu ver-zeichnen sind.

### **Krad**

Im Jahr 2020 werden den Berechnungen zufolge etwa 22.000 Krad-Benutzer verunglücken. Dies be-deutet einen Rückgang der Gesamtzahl gegenüber 2006 um 36 %. Im Gegensatz zu der Gesamt-entwicklung aller Beteiligungsarten ist der geringste Rückgang mit 18 % bei den Getöteten Zahlen zu er-warten.

Als Besonderheit in dieser Beteiligungsart treten die großen Unterschiede in den Ortslagen hervor. Während „Außerorts“ gar bis 2020 mit einer gerin-gen Zunahme der Getöteten Zahlen (4 %) zu rech-nen ist, liegt der prozentuale Rückgang „Innerorts“ bei nahezu drei Vierteln. Eine Zunahme der Zahl aller Verunglückten auf Außerortsstraßen ist wie-derum vornehmlich auf die steigende Anzahl der Leichtverletzten Zahlen zurückzuführen und ist, wie erwähnt, mit Vorsicht zu beurteilen.

Für die Entwicklung der Verunglücktenzahlen der Krad-Benutzer lässt sich festhalten, dass

- der Rückgang der Getöteten Zahlen bis zum Jahr 2020 im Bereich von nahezu 20 % liegen wird, während
- sowohl die Schwerverletzten- (35 %) als auch die Leichtverletzten Zahlen (36 %) um etwa ein Drittel abnehmen werden.

### **Mofa**

Die Entwicklung der Schwerverletzten- und Getöte-ten Zahlen verläuft bei den Mofa-Nutzern abneh-

mend. Der Rückgang der Getötetenzahlen liegt hier im Bereich von etwa zwei Dritteln (65 %) während die Schwerverletztetenzahlen um knapp 40 % zurückgehen. Die prozentuale Abnahme der Schwerverletztetenzahlen ist „Außerorts“ deutlicher ausgeprägt als „Innerorts“. Der Rückgang liegt „Außerorts“ bei nahezu 50 %, „Innerorts“ bei 40 %.

Im Ergebnis zeigt sich, dass bei Mofa-Benutzern

- die Getötetenzahlen auf etwa ein Drittel und die Schwerverletztetenzahlen auf 60 % des Niveaus von 2006 reduziert werden, während
- drei Viertel aller Verunglückten mit schwerem Personenschaden auf Innerortsstraßen auftreten.

## Rad

Im Jahr 2020 ist mit einer Anzahl von ca. 55.000 verunglückten Radfahrern zu rechnen. Im Vergleich zum Stand 2006 ist demnach eine Verminderung um fast 30 % zu erwarten. Die Abnahmen sind auch bei den Fahrradbenutzern im Bereich der schweren Personenschäden deutlicher als bei den Leichtverletzten.

Die Zahl der Getöteten nimmt bis zum Jahr 2020 „Außerorts“ um etwa die Hälfte ab, „Innerorts“ gar um etwa 60 %. Die Unterschiede zwischen den ortslagenfeinen Entwicklungen nehmen bei den Schwerverletzten noch zu. Hier liegt der Rückgang „Außerorts“ bei lediglich 18 %, während die Abnahme „Innerorts“ 50 % beträgt. In beiden Fällen liegt das Niveau der Veränderung jedoch unter dem der Getötetenzahlen.

Es bleibt festzuhalten, dass

- die Zahl getöteter Fahrradbenutzer bis zum Jahr 2020 auf 43 %, die der Schwerverletzten auf 56 % der Zahlen des Jahres 2006 reduziert werden können sowie
- der Rückgang der Zahlen „Innerorts“ deutlicher ausfällt.

## Fuß

Die prognostizierte Summe der Verunglückten beläuft sich bei den Fußgängern im Prognosejahr auf etwa 18.500 Personen. Diese Entwicklung entspricht einer Abnahme um ca. 45 % gegenüber 2006. Ein Rückgang der Zahlen ist, wenn auch auf

unterschiedlichem Niveau, über alle drei Schwere-kategorien zu verzeichnen.

Die Tendenz der Entwicklungen über die Ortslagen und Schwere-kategorien ähnelt derjenigen der verunglückten Rad-Benutzer. Die Gesamtentwicklungen werden von den „Innerorts“-Verläufen maßgebend bestimmt. Während „Innerorts“ die Schwerverletztetenzahlen einen Rückgang von nahezu 70 % erfahren, weisen sie „Außerorts“ bei kleinen Zahlen eine Halbierung auf. Die Unterschiede fallen bei den Getötetenzahlen geringer aus. Hier steht einer Verringerung um 71 % („Innerorts“) eine Abnahme von 61 % („Außerorts“) gegenüber.

Im Ergebnis zeigt sich, dass

- die Anzahl getöteter Fußgänger im Prognosezeitraum auf ein Niveau von ca. 30 % zurückgeht, die der Schwerverletzten auf etwa ein Drittel reduziert wird sowie
- die Entwicklungen der Verläufe bei den Schwerverunglückten „Innerorts“ stärker ausgeprägt sind als „Außerorts“ (ca. 10 Prozentpunkte höher).

## Bus

Die Berechnung der Verunglücktenzahlen weist für das Jahr 2020 eine Summe von etwa 3.700 Businsassen aus. Die Zahl entspricht einer Abnahme von ca. 30 % gegenüber dem Jahr 2006.

Die prozentualen Veränderungen der Verunglücktenzahlen lassen sich dabei klar nach der Ortslage staffeln. Sie fallen auf Autobahnen am höchsten aus (ca. -50 %), gefolgt von Außerortsstraßen (ca. -40 %) und den Innerortsstraßen (ca. -30 %).

Im Ergebnis

- liegen die Rückgänge der Verunglücktenzahlen bei den Schwerverletzten und Getöteten im Bereich zwischen 50 % und 76 % gegenüber dem Jahr 2006, und
- weiterhin verunglücken „Innerorts“ die weitaus meisten Businsassen.

## Sonstige

Die Anzahl der verunglückten Benutzer sonstiger Fahrzeuge erfährt bis zum Jahr 2020 einen Rückgang von nahezu einem Viertel gegenüber dem Jahr 2006. Somit verunglücken im Prognosejahr noch ca. 3.400 Personen. Der Rückgang von annähernd

1.000 Personen gegenüber 2006 verteilt sich etwa hälftig auf den Zeitabschnitt zwischen 2006 und 2015 und den Zeitraum zwischen 2015 und 2020.

Während Verunglücktenzahlen auf Autobahnen um ca. 50 % sinken, beträgt der prozentuale Rückgang auf Innerortsstraßen nur noch die Hälfte. Die anteilig geringste Abnahme ist mit ca. 10 % auf Außerortsstraßen zu verzeichnen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass

- die Anzahl der Getöteten in der Beteiligungsart „Sonstige“ sich im Prognosezeitraum um nahezu 60 % vermindert, die der Schwerverletzten um knapp 40 %.
- Die anteilig größten Rückgänge bei den Schwerverletzten sind in der Ortslage „Autobahn“ zu verzeichnen, bei den Getöteten in der Ortslage „Innerorts“.

In der Tabelle 40 sind die Verunglücktenzahlen der Jahre 2006, 2015 und 2020 nach Verkehrsbeteiligung zusammenfassend aufgeführt.

### 6.2.3 Verunglückte nach Alter

Eine Differenzierung nach Alter kann für die Beteiligungsart „Sonstige“ nicht vorgenommen werden. Die hierzu erforderliche Datengrundlage ist nicht ohne weiteres verfügbar, bzw. deren Erhebung würde einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bei einem sehr kleinen Anteil an den Verunglücktenzahlen bedeuten (2015: 36 Getötete und 629 Schwerverletzte, 2020: 27 Getötete und 506 Schwerverletzte). Die Darstellung der Absolutzahlen sowie der Anteilswerte schließt aus diesem Grund alle Beteiligungsarten außer „Sonstige“ ein. Angesichts der geringen Zahlen getöteter und schwerverletzter Insassen erscheint der resultierende Fehler vernachlässigbar klein.

Im Gegensatz zu den Analysejahren werden in der Prognose alle Verunglückten auf die Altersklassen aufgeteilt.

Die Zahlen der Getöteten und Schwerverletzten nehmen in allen Altersklassen ab (siehe Tabelle 41 und Bild 46). Somit hebt die positive Entwicklung

| Bet.     | 2006  |        |         |        |                | 2015  |        |         |        |                | 2020  |        |         |        |                |
|----------|-------|--------|---------|--------|----------------|-------|--------|---------|--------|----------------|-------|--------|---------|--------|----------------|
|          | GT    | SV     | LV      | SP     | Gesamt         | GT    | SV     | LV      | SP     | Gesamt         | GT    | SV     | LV      | SP     | Gesamt         |
| Pkw      | 2.683 | 33.214 | 204.924 | 35.897 | 240.821        | 1.661 | 21.073 | 198.582 | 22.553 | 221.316        | 1.220 | 15.234 | 166.878 | 16.216 | 183.332        |
| Gfz      | 235   | 2.365  | 9.630   | 2.600  | 12.230         | 158   | 1.654  | 8.503   | 1.809  | 10.315         | 131   | 1.335  | 7.513   | 1.460  | 8.979          |
| Krad     | 793   | 10.590 | 22.838  | 11.383 | 34.221         | 682   | 7.507  | 15.923  | 8.152  | 24.112         | 654   | 6.897  | 14.519  | 7.505  | 22.070         |
| Rad      | 486   | 14.233 | 62.335  | 14.719 | 77.054         | 281   | 9.830  | 53.410  | 10.175 | 63.521         | 209   | 7.908  | 46.707  | 8.179  | 54.824         |
| Fuß      | 711   | 8.877  | 24.349  | 9.588  | 33.937         | 333   | 4.536  | 18.953  | 4.817  | 23.822         | 214   | 2.990  | 15.388  | 3.163  | 18.592         |
| Mofa     | 107   | 4.005  | 15.278  | 4.112  | 19.390         | 54    | 3.010  | 18.039  | 3.049  | 21.103         | 37    | 2.325  | 17.302  | 2.342  | 19.664         |
| Bus      | 12    | 401    | 4.954   | 413    | 5.367          | 7     | 245    | 4.176   | 250    | 4.428          | 5     | 177    | 3.536   | 179    | 3.718          |
| Sonstige | 64    | 817    | 3.527   | 881    | 4.408          | 36    | 629    | 3.245   | 686    | 3.910          | 27    | 506    | 2.846   | 557    | 3.379          |
| Summe    | 5.091 | 74.502 | 347.835 | 79.593 | <b>427.428</b> | 3.213 | 48.484 | 320.833 | 51.491 | <b>372.530</b> | 2.495 | 37.368 | 274.688 | 39.599 | <b>314.551</b> |

Tab. 40: Verunglücktenzahlen der Jahre 2006, 2015 und 2020 nach Verkehrsbeteiligung und Schwere

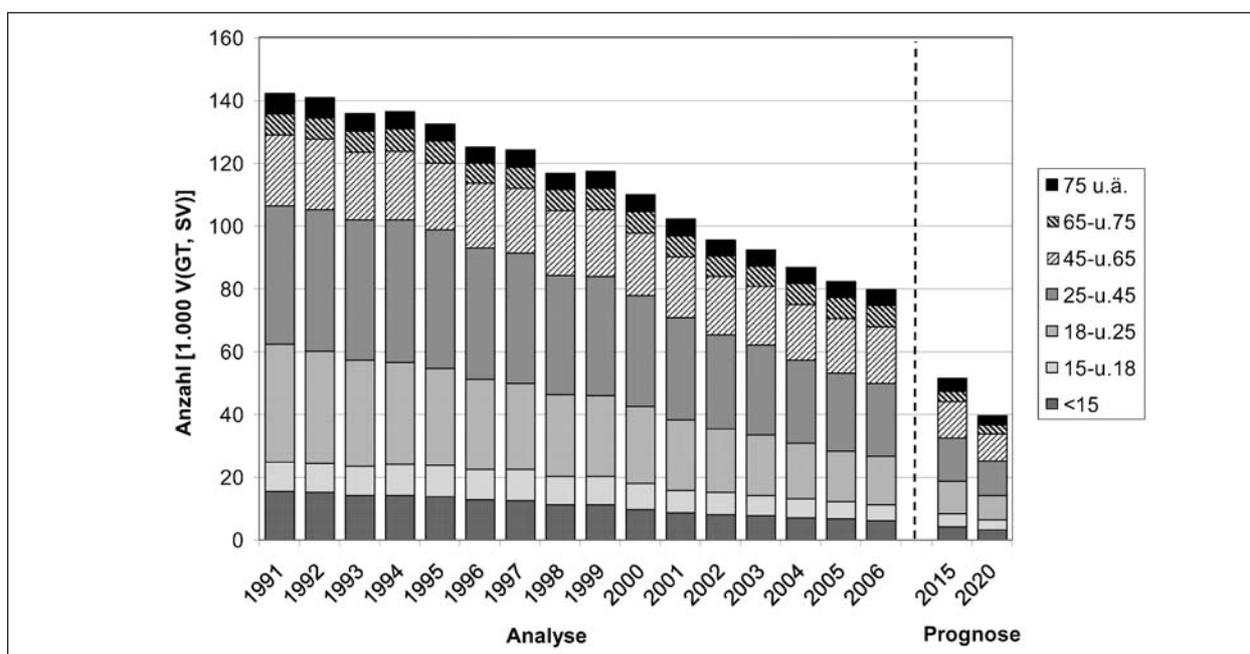
| Bet.      | 2006  |        |         |        |                | 2015  |        |         |        |                | 2020  |        |         |        |                |
|-----------|-------|--------|---------|--------|----------------|-------|--------|---------|--------|----------------|-------|--------|---------|--------|----------------|
|           | GT    | SV     | LV      | SP     | Gesamt         | GT    | SV     | LV      | SP     | Gesamt         | GT    | SV     | LV      | SP     | Gesamt         |
| < 15      | 136   | 5.694  | 28.704  | 5.830  | 34.534         | 80    | 3.754  | 25.541  | 3.833  | 29.375         | 56    | 2.774  | 21.756  | 2.831  | 24.587         |
| 15- u. 18 | 173   | 4.946  | 21.787  | 5.119  | 26.906         | 139   | 4.055  | 21.211  | 4.194  | 25.406         | 105   | 3.075  | 17.836  | 3.179  | 21.015         |
| 18- u. 25 | 1.011 | 14.324 | 68.968  | 15.335 | 84.303         | 636   | 9.550  | 64.870  | 10.186 | 75.056         | 490   | 7.176  | 54.099  | 7.666  | 61.765         |
| 25- u. 45 | 1.466 | 21.932 | 121.599 | 23.398 | 144.997        | 922   | 13.051 | 98.756  | 13.973 | 112.729        | 750   | 10.264 | 84.355  | 11.015 | 95.370         |
| 45- u. 65 | 1.149 | 16.771 | 75.220  | 17.920 | 93.140         | 718   | 10.705 | 76.846  | 11.423 | 88.269         | 540   | 8.125  | 65.198  | 8.665  | 73.863         |
| 65- u. 75 | 536   | 6.288  | 20.634  | 6.824  | 27.458         | 254   | 3.198  | 16.356  | 3.452  | 19.808         | 204   | 2.657  | 15.488  | 2.861  | 18.349         |
| 75 u. ä.  | 618   | 4.518  | 10.288  | 5.136  | 428            | 428   | 3.541  | 14.006  | 3.969  | 17.975         | 324   | 2.795  | 13.112  | 3.119  | 16.231         |
| unbek.    | 2     | 29     | 635     | 31     | 666            | -     | -      | -       | -      | -              | -     | -      | -       | -      | -              |
| Summe     | 5.091 | 74.502 | 347.200 | 79.593 | <b>427.428</b> | 3.176 | 47.855 | 317.586 | 51.031 | <b>368.617</b> | 2.470 | 36.866 | 271.843 | 39.336 | <b>311.179</b> |

Tab. 41: Zahlen Schwerverletzter und Getöteter nach Verkehrsbeteiligung (ohne „Sonstige“) – Analysejahre und Prognose

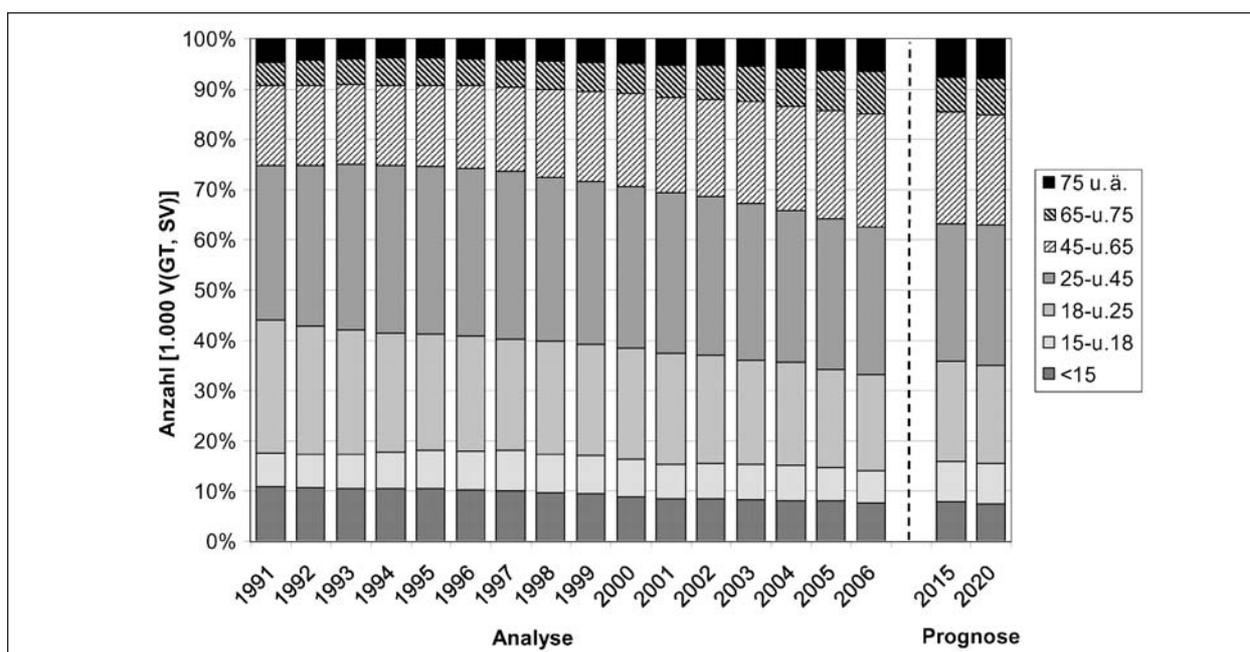
der Verkehrssicherheit mögliche Zuwächse in der Verkehrsleistung einzelner Altersklassen in allen Fällen auf.

Die Betrachtung der prozentualen Aufteilung Getöteter und Schwerverletzter auf die Altersklassen zeigt keine direkte Fortführung der Entwicklungen der vorausgegangenen Jahre (siehe Bild 47). Während im Zeitraum bis 2006 ein kontinuierlicher Zuwachs bei den Anteilen der Altersgruppen ab 45

Jahren an den Schwerverunglückten zu verzeichnen ist, sind für die Prognosejahre eher Zuwächse bei den Anteilen der Verunglückten bis 18 Jahre gegenüber 2006 zu erwarten. Die Altersklassen ab 45 Jahren hingegen stagnieren zusammen auf dem Anteilsniveau von 2006. Es sind lediglich geringe Verschiebungen von den 65- bis unter 75-Jährigen hin zur ältesten Klasse (75 Jahre und älter) zu verzeichnen.



**Bild 46:** Aufteilung der Zahlen Schwerverletzter und Getöteter gemeinsam nach Verkehrsbeteiligung (ohne „Sonstige“) – Analysejahre und Prognose



**Bild 47:** Aufteilung der Verunglücktenzahlen Schwerverletzter und Getöteter gemeinsam nach Verkehrsbeteiligung (ohne „Sonstige“) in prozentualen Anteilen – Analysejahre und Prognose

Die wachsende Bedeutung der jungen Kollektive geht einher mit der anteilmäßigen Zunahme der Fahrradnutzer bei den Getöteten und Schwerverletzten (s. Bild 45). Das Fahrrad stellt hinsichtlich der Verkehrsleistung für unter 18-Jährige traditionell ein Hauptverkehrsmittel dar.

Während die schwerverletzten und getöteten Businsassen in der altersfeinen Gesamtauswertung der Schwerverletzten und Getöteten enthalten sind, erscheint eine differenzierte Betrachtung zur Beschreibung der zukünftigen Entwicklung der Sicherheitslage des Busverkehrs angesichts der kleinen Zahlen nicht zielführend. Auf eine eigene Behandlung wird daher im Folgenden verzichtet. Die altersfeinen Entwicklungen innerhalb der weiteren Beteiligungsarten sind nachstehend aufgeführt.

### **Pkw**

Die deutlichste Verringerung der Verunglücktenzahlen ergibt sich bei den Pkw-Insassen in den Altersgruppen bis 18 Jahre sowie zwischen 25 und 44 Jahren. Hier ist bis zum Jahr 2020 mit Rückgängen aller Verunglückten um 32 % gegenüber 2006 zu rechnen. Dabei tritt die Altersgruppe der 25- bis 44-Jährigen besonders bei den Schwerverunglückten mit Rückgängen um bis 60 % (Getötete) hervor.

Die höchsten Zuwächse sind in der Altersklasse über 75 Jahren zu erwarten. Hier macht sich insbesondere die steigende Beteiligung der Altersgruppe am Verkehrsgeschehen bemerkbar. Die Zunahme der Verunglücktenzahlen resultiert in dieser Altersklasse einzig aus der Entwicklung der Leichtverletztenzahlen. Sowohl die Schwerverletzten- als auch die Getötetenzahlen weisen demgegenüber Rückgänge von insgesamt knapp 30 % auf.

### **Gfz**

Die Altersklasse der 25- bis 44-jährigen Gfz-Insassen wird der Prognose zufolge mit 54 % bei den Getöteten und 49 % bei den Schwerverletzten die größten Rückgänge bei den Schwerverunglückten (Getötete und Schwerverletzte) erfahren. Hierbei ist die Gruppe der 75-jährigen und älteren Gfz-Insassen ausgenommen, deren Anteil in der Prognose aufgrund des geringen Vorkommens in dieser Beteiligungsart auf 0 gesetzt wurde.

### **Krad**

Die stärksten Rückgänge sind bei den Krad-Nutzern in den beiden Altersklassen zwischen 45 und 74 Jahren zu verzeichnen. In beiden Fällen liegt die Abnahme der Getötetenzahlen im Bereich von etwa 50 %, die der Schwerverletztenzahlen bei etwa 60 %. In der Altersklasse zwischen 15 und 17 Jahren sind insbesondere bei den Schwerverunglückten teilweise massive Zunahmen (Getötete) zu verzeichnen. Die Getötetenzahl steigt bis zum Jahr 2015 um nahezu drei Viertel, um dann bis 2020 wieder leicht zurückzugehen (+56 % gegenüber 2006). Diese Entwicklungen sind auf die insassenspezifische Risikovorhersage bei der Altersdifferenzierung zurückzuführen.

Dieses Bild zeichnet sich in allen drei Schweregraden ab. Während in den Altersklassen ab 45 Jahren durchweg die größten Rückgänge zu verzeichnen sind, werden bei den Schwerverunglückten in den jüngeren Altersklassen der unter 25-Jährigen zum Teil Zuwächse im Prognosezeitraum vorhergesagt.

### **Mofa**

Die größte Reduzierung der Getötetenzahlen ist in den Altersklassen ab 65 Jahren aufwärts zu erwarten. Das Niveau liegt in diesen Fällen im Jahr 2020 unter einem Viertel der Zahlen in 2006.

Die Entwicklung der Schwerverletztenzahlen verläuft ähnlich, wenn auch auf einem geringeren Niveau. In den Altersklassen zwischen 65 und 74 Jahren sowie 75 Jahren und älter reduziert sich die Zahl der schwerverletzten Fahrzeugnutzer jeweils um etwa 60 %. In der Altersklasse der 15- bis 17-Jährigen erfährt die Zahl der Schwerverletzten lediglich einen Rückgang um etwa 30 % bis zum Jahr 2020.

### **Rad**

Die rückläufige Entwicklung erfolgt bei den Getötetenzahlen über alle Altersklassen auf ähnlichem Niveau (46 % bis 62 %). Bei den Schwerverletzten (24 % bis 57 %) sind die Unterschiede zwischen den Altersklassen deutlicher ausgeprägt. In beiden Fällen sind die größten Rückgänge in der Altersgruppe zwischen 25 und 44 Jahren zu erwarten.

### **Fuß**

Die größten prozentualen Abnahmen im Prognosezeitraum ergeben sich rechnerisch in der Alters-

gruppe der 15- bis 17-Jährigen. Hier ist mit einer Reduzierung der Getöteten- sowie der Schwerverletztenzahlen um 86 % bzw. 78 % zu rechnen. Die geringsten Veränderungen sind hingegen mit einer Abnahme um 61 % (Getötete) sowie 51 % (Schwerverletzte) in der Altersklasse über 74 Jahren zu erwarten.

Die stärksten Rückgänge sind in allen Schwerekatégorien in den Altersklassen zwischen 15 und 24 Jahren zu erwarten.

## 6.3 Variantenvergleich

### 6.3.1 Vorgehen

Zur Abschätzung eines zukünftigen Entwicklungsbereichs des Unfallgeschehens sowie zur Quantifizierung des Einflusses der sicherheitstechnischen Entwicklung im Bereich des Straßenverkehrs wird zudem ein Variantenvergleich vorgenommen. Neben der zuvor beschriebenen Prognoserechnung (Szenario „0“) werden zwei weitere Szenarien betrachtet und prognostiziert. Diese sind im Einzelnen:

- **Szenario „VR“:** Berechnung der Verunglücktenzahlen auf Basis unveränderter Verletzungsrisiken ab 2006.
- **Szenario „FL“:** Berechnung der Unfall- und Verunglücktenzahlen auf Basis unveränderter Fahrleistungen ab 2006.

Die Berechnung des Szenarios „VR“ spiegelt den zukünftigen Fall bei einem Ausbleiben weiterer sicherheitstechnischer Verbesserungen im Bereich der Verletzungsschwere wider. Die berechneten Unfallzahlen bleiben dabei im Prognosezeitraum unverändert gegenüber dem ursprünglichen Prognosefall, da eine Veränderung der Unfallrisiken in dieser Variante nicht vorgesehen ist.

Die Abschätzung der Entwicklung bei Ausbleiben weiterer sicherheitsfördernder Maßnahmen ist nicht ohne weiteres möglich. Es ist nicht einwandfrei zu klären, inwieweit sich solche Maßnahmen entweder auf das Unfallrisiko oder aber das Verunglückungsrisiko auswirken beziehungsweise welcher Anteil der Abnahme dieser Risiken auf Veränderungen der Fahrleistungen sowie der Verkehrsdichte zurückzuführen sind. Die Verwendung stagnierender Verunglückungsrisiken bei sich verändernden Fahrleistungen wird jedoch als zielführender Ansatz erachtet, um sich dieser Fragestellung anzunähern.

Die Berechnung des Prognosefalls mit unveränderten Fahrleistungen (Szenario 2) hingegen führt neben veränderten Verunglücktenzahlen auch zu einer neuen Anzahl an Unfällen im Vorhersagezeitraum. Die Auswertung dieses Falls dient vornehmlich der Quantifizierung des Einflusses der zukünftigen Fahrleistungsentwicklung auf das Unfallgeschehen und wird nur am Rande behandelt. Auf die Ergebnisse dieser Berechnung wird im Folgenden lediglich verbal eingegangen.

### 6.3.2 Unfallzahlen

Die Prognose der Unfälle bei unveränderten Fahrleistungen (Szenario „FL“) führt grundsätzlich zu einer geringeren Zahl für das Jahr 2020. Die Differenz beider Szenarien beträgt etwa 8.700 Unfälle mit Personenschaden. Der Rückgang gegenüber dem Jahr 2006 beträgt in diesem Fall 31 %, bei der bisher betrachteten Prognose sind es 29 %. Der Einfluss des prognostizierten Anstiegs der zukünftigen Fahrleistungen liegt daher insgesamt in einem relativ unbedeutenden Bereich.

Lediglich bei der Berechnung der Zahl der Innerortsunfälle (U(P)) für das Jahr 2015 kommt es zu verhältnismäßig großen Unterschieden. Die Abweichung beider Szenarien beträgt in diesem Fall 19.600 U(P) (22.300 U(P) über alle Ortslagen). Der Grund dieser Unterschiede ist in dem deutlichen Anstieg der Pkw-Fahrleistungen über diesen Zeitbereich zu finden. Die Fahrleistungsentwicklung verläuft in den nachfolgenden Jahren rückläufig, sodass die Unterschiede in den Unfallzahlen des Jahres 2020 nicht in dieser Höhe auftreten.

Die Zahl der Unfälle bleibt bei der Rechnung mit unveränderten Verletzungsrisiken gegenüber der Variante „0“ unverändert.

### 6.3.3 Verunglücktenzahlen

Während im ursprünglichen Prognosefall (Szenario „0“) mit einer Halbierung der Getöteten und Schwerverletztenzahlen bis zum Jahr 2020 gerechnet werden kann, beläuft sich der Rückgang im Szenario „VR“ auf etwa ein Viertel. Die Verminderung der Anzahl Schwerverunglückter würde im Fall eines Vergleichs beider Szenarien nur halbiert werden (s. Tabelle 42).

In Absolutzahlen würden demnach bei einer ausbleibenden Verminderung der Verletzungsrisiken im Jahr 2020 zusätzlich ca. 1.300 Personen getötet

| Szenario                     | Jahr     | GT    | SV     | SP     |
|------------------------------|----------|-------|--------|--------|
| Bestand                      | 2006     | 5.091 | 74.502 | 79.593 |
| Prognose-Null-Fall (0)       | 2020     | 2.495 | 37.368 | 39.863 |
|                              | Veränd.* | -51 % | -50 %  | -50 %  |
| stagnierende V.-risiken (VR) | 2020     | 3.830 | 54.694 | 58.524 |
|                              | Veränd.* | -25 % | -27 %  | -26 %  |

\* Veränderung gegenüber dem Jahr 2006

Tab. 42: Gegenüberstellung der Schwerverunglücktenzahlen beider Prognosefälle

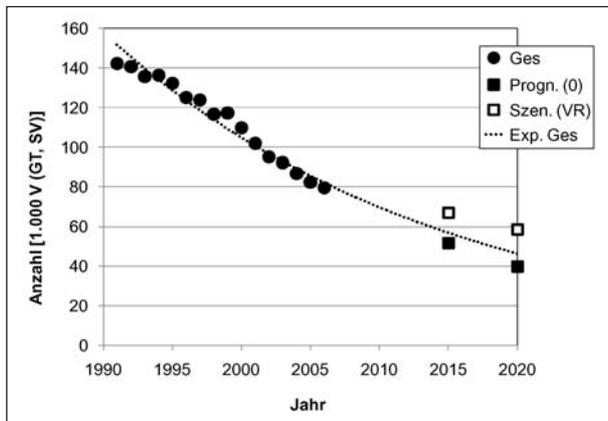


Bild 48: Vergleich der Prognoseszenarien bis 2020

und etwa 17.300 Personen schwer verletzt werden (s. Bild 48).

„Innerorts“ tritt der Unterschied am deutlichsten hervor. Die Getötetenzahl des Szenarios „VR“ übersteigt die der Prognose um ca. 90 % (811 gegenüber 425 Personen), die Schwerverletztetenzahl um etwa die Hälfte (24.400 gegenüber 16.000 Personen). Für die Getöteten und Schwerverletzten gemeinsam bedeutet dies einen Zuwachs von 54 % gegenüber dem Prognosefall. Damit liegt der Rückgang der Schwerverunglückten laut Szenario „VR“ für das Jahr 2020 lediglich bei 36 % (anstelle von 59 %) gegenüber 2006.

Ein Unterschied zwischen beiden Szenarien bildet sich insbesondere bei den Verkehrsbeteiligungsarten heraus, in denen für den Prognosezeitraum eine bedeutende Abnahme des Verletzungsrisikos vorhergesagt wurde. Der Entwicklung der schwer verunglückten Personen zufolge trifft dies insbesondere bei den Pkw-Nutzern sowie den Fußgängern zu.

Die prognostizierte Anzahl schwer verunglückter Pkw-Insassen im Jahr 2020 übertrifft in Szenario „VR“ die des ursprünglichen Prognosefalls um na-

hezu zwei Drittel (65 %). In der Summe würden demnach bei einer Stagnation der Verunglückungsrisiken auf dem Niveau des Jahres 2006 im Jahr 2020 mehr als 10.000 Pkw-Insassen zusätzlich getötet oder schwer verletzt werden.

Der Unterschied beläuft sich bei den schwer verunglückten Fußgängern auf fast 60 %. Hierbei ist der prozentuale Unterschied bei den Getöteten mit 83 % stärker ausgeprägt als bei den Schwerverletzten mit 55 %. Zahlenmäßig wirkt sich dieser Unterschied bei den Fußgängern bei weitem nicht so stark aus wie bei den Pkw-Insassen. Die Differenz zwischen beiden Szenarien beläuft sich hier auf weniger als 2.000 getötete und schwer verletzte Personen. Dies bedeutet einen Rückgang der schweren Personenschäden bei Fußgängern zwischen 2006 und 2020 von 48 % (entgegen 68 % im Falle der ursprünglichen Prognose).

Der Unterschied zwischen den Verunglücktenzahlen der Szenarien „0“ und „FL“ (stagnierende Fahrleistungen ab 2006) fällt hingegen nicht derart deutlich aus wie der zwischen „0“ und „VR“ (stagnierende Verunglückungsrisiken ab 2006). Der Einfluss der prognostizierten Fahrleistungsänderungen auf die zukünftige Zahl der Schwerverletzten und Getöteten bleibt somit weit hinter dem der abnehmenden Verunglückungsrisiken zurück.

Der Vergleich beider Szenarien bekräftigt die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Fortsetzung einer wirkungsvollen Verkehrssicherheitsarbeit. Die bis zum Jahr 2020 prognostizierten Rückgänge der Getöteten- und Schwerverletztetenzahlen um die Hälfte sind in dieser Höhe nur erreichbar, wenn die bisherige Entwicklung in dieser Form vorangetrieben wird.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

### 7.1 Resümee

Im Rahmen des vorliegenden Projekts erfolgt für Deutschland erstmals eine Prognose der Unfall- und Verunglücktenzahlen über eine Risikoanalyse maßgebender Unfallkonstellationen. Mit Hilfe des vorgestellten Prognosemodells lässt sich der künftige Grad der Straßenverkehrssicherheit differenziert beurteilen. Auswirkungen der sich ändernden Rahmenbedingungen auf das Unfallgeschehen werden sowohl auf der Ebene der Unfallentstehung

als auch auf der Ebene der Unfallschwere berücksichtigt. Dabei kann insbesondere der Einfluss aus Demografie und sich verändernder Zugangsvoraussetzungen zu Verkehrsmitteln auf das Unfallgeschehen abgebildet werden. Der vorgestellte Entwicklungsstand des Modells bietet daher bereits sehr gute Möglichkeiten, Wirkungsanalysen bei veränderten Einflussgrößen durchzuführen.

Das Prognosemodell sieht eine getrennte Berechnung und Prognose des Unfallrisikos sowie des Verunglückungsrisikos vor. Der Grundgedanke zur Bestimmung des Unfallgeschehens beruht auf der Vorstellung, dass

- die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls von der Fahrleistung beider Unfallgegner abhängt und
- die Unfallschwere im direkten Zusammenhang mit der Unfallkonstellation steht.

Aus den beiden Annahmen folgt das Vorgehen einer konstellationenfeinen Analyse und Prognose des Unfallgeschehens. Die Auswahl der Unfallkonstellationen geschieht auf der Basis der auswertbaren Verkehrsbeteiligungsarten sowie der zahlenmäßigen Besetzung der Konstellationen. Die Auswertung der im Modell einzeln zu berechnenden Kombinationen erfolgt auf der Grundlage anteiliger Verteilung quantitativer Beiträge zum Gesamtergebnis. Ausgewählt werden alle Konstellationen des 90%-Quantils aller Verunglückten. Zusätzlich werden noch solche hinzugenommen, deren Anteil an den Getötetenzahlen außergewöhnlich hoch ist. Alle weiteren (gering besetzten) Konstellationen werden in jeder Ortslage zur Gruppe der „übrigen Unfälle“ zusammengefasst.

Zur Bestimmung der zukünftigen Unfallrisiken werden die Zeitreihen der Analysejahre ausgewertet und mit Hilfe exponentieller sowie logarithmischer Trendfunktionen fortgeschrieben. Die Fortschreibung erfolgt für alters- und konstellationenfeine Trends, sofern die Stabilität der Zeitreihen einen solchen Disaggregierungsgrad zulässt. Im Einzelfall erfolgt die Fortschreibung über eine Mittelwertbildung aus den Analysejahren bzw. durch Vernachlässigung des Alters des Unfallverursachers.

Für die Prognose der zukünftigen Verunglückungsrisiken wird ebenfalls eine Trendfortschreibung der unfallbezogenen Einzelrisiken auf Basis exponentieller und logarithmischer Regressionen der Analysejahre vorgenommen.

Die Umsetzung des Modells erfolgt auf Basis verknüpfter Excel-Dateien mit Hilfe von Makros. Hierbei wird auf eine stark getrennte Struktur der einzelnen Berechnungsschritte Wert gelegt, um die einzelnen Dateien übersichtlich und nachvollziehbar gestalten zu können. Gleichzeitig erfüllt das Modell die Forderung einer größtmöglichen Variabilität. So können sowohl geänderte Eingangsdaten zugrunde gelegt werden als auch die Auswahl der Trendberechnung beliebig getroffen werden.

Im Ergebnis ist nach den verwendeten Funktionen auf Basis der historischen Entwicklung ein deutlicher Rückgang der Unfall- und Verunglücktenzahlen in Deutschland zu erwarten. Unter Zugrundelegung der beschriebenen Entwicklungen ist bei den Unfällen mit Personenschaden mit einer Abnahme um nahezu 30 % zu rechnen, bei den Getöteten und Schwerverletzten kann von einer Halbierung der Zahlen ausgegangen werden. Die differenzierte Prognose weist dabei Werte aus, die die Ergebnisse einer einfachen Trendextrapolation der Unfallzahlen unterschreiten.

Die Verunglücktenzahlen der beiden Prognosejahre 2015 und 2020 hingegen liegen in beiden Jahren auf einem vergleichbaren Niveau, unterscheiden sich jedoch im Bezug auf die Unfallschwere. So findet im Fünfjahreszeitraum eine Verschiebung der Verunglücktenzahlen von den Getöteten und Schwerverletzten hin zu den Leichtverletzten statt.

## 7.2 Weiterer Forschungsbedarf

Derzeit gibt es noch eine Vielzahl von Detailfragen, die Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein könnten. Diese betreffen einerseits die innere Struktur des Modells, die noch weiter verbessert werden könnte, andererseits die empirischen Grunddaten, die Eingang in das Modell finden.

Eine vollständige innere Konsistenz des Modellansatzes ist bislang noch nicht gegeben. Die Rahmenbedingungen der Verkehrssicherheit, die selbst wiederum in enger Wechselwirkung zueinander stehen, finden bislang noch teilweise isoliert voneinander Eingang in das Modell. So erfolgen derzeit die Ermittlung der Fahrleistung und die der Struktur der Unfallbeteiligten noch weitestgehend unabhängig voneinander. An dieser Stelle wäre die Entwicklung eines integrierten Verhaltensmodells, welches im Ergebnis beide Sachverhalte differenziert nach VBA und AG ausweist, von hohem Nutzen. Dem-

nach bestehen derzeit noch Einschränkungen in der Praktikabilität des umgesetzten Modells bei Berechnung verschiedener Szenarien. Anhand der bereits umgesetzten Modellrechnung, für die beide Ebenen soweit möglich aufeinander abgestimmt wurden, konnte jedoch die Prognosefähigkeit des Modellansatzes gezeigt werden.

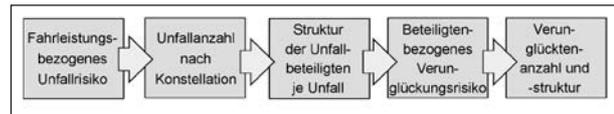
Zurzeit erfolgt die Prognose der Verunglückten in Modul 5 ohne Berücksichtigung des Alters des Hauptverursachers. Jedoch ist ein Einfluss dessen auf die Schwere eines Unfalls nicht vollständig auszuschließen (vgl. Kapitel 1.3.4). Die Vereinfachung ist durch den progressiv steigenden Aufwand (z. B. „Innerorts“:  $12 \times 7 + 12 = 96$  statt 19 Unfallkonstellationen) bedingt. Es ist daher zu prüfen, ob eine differenziertere Berechnung praktikabel ist. Dies ist vor allem auch unter Berücksichtigung der geringen zahlenmäßigen Besetzung der Kollektive zu diskutieren. Weiterhin ist zu untersuchen, inwieweit das Alter des Hauptverursachers hinreichend wäre oder ob durch zusätzliche Berücksichtigung des Alters des Unfallgegners insbesondere bei Gegnern mit Rad-, Fuß-, Krad-, Moped-Beteiligung ein Erkenntnisgewinn verzeichnet werden könnte, der den erheblichen zusätzlichen Aufwand auszuwertender Konstellationen rechtfertigte. Weiterführende Untersuchungen könnten Aufschluss zu Aufwand und Nutzen noch differenzierter Betrachtungen geben.

Langfristig ist die Entwicklung eines komplexen Verhaltensmodells (inkl. Ortsglagendifferenzierung) zur Bestimmung der Fahrleistung und der Struktur der Verkehrsbeteiligung (insb. nach Alter) anzustreben. Dadurch könnte das Modul 3, welches gegenwärtig als Hilfsmittel zur Differenzierung der Fahrleistung fungiert, ersetzt werden. Der Vorteil ist darin zu sehen, dass dann das Alter der Verunglückten auch differenziert nach Ortsglagen in das Modell Eingang finden könnte.

In diesem Fall könnte grundsätzlich das Modell noch stringenter formuliert werden, wobei auf anderen Ebenen noch mehrere Detailprobleme in Bezug auf die erforderlichen Datengrundlagen zu lösen sind.

Insbesondere wird ein Problem darin gesehen, dass die Beteiligtenstruktur bei konkreten Unfallkonstellationen empirisch zu bestimmen ist (z. B. Besetzung einer VBA nach Alter innerhalb einer Konstellation). Bild 49 zeigt eine noch konsequenter Modellstruktur.

Die Vielzahl an Vereinfachungen, die sich während der Modellentwicklung ergaben, ist, wie bereits er-



**Bild 49:** Kausale Struktur einer disaggregierten konstellationfeinen Unfallprognose

wähnt, dem Fehlen von empirischen Eingangsgrößen in entsprechender Differenziertheit geschuldet. Empirisch begründete Unsicherheiten entstanden insbesondere durch

- die Schwierigkeit einer hinreichenden Differenzierung der Fahrleistung,
- die fehlende Zeitreihe der Mobilitätsdaten für Gesamtdeutschland mit entsprechender Stichprobe (KONTIV/MiD),
- das Fehlen nicht verletzter Personen in den Unfalldaten zur Bestimmung der an Unfällen beteiligten Personen,
- die unzureichende Detailkenntnis zur Verkehrsmittelnutzung,
- den fehlenden Personenbezug (Fahrerbezug) bei den Erhebungen zum Wirtschaftsverkehr (KiD),
- die Bestimmung der unfallbeteiligten Fahrzeuge nach Unfallkonstellationen für Gesamtdeutschland und
- die unzureichenden Kenntnisse zur Fahrzeugbesetzung typischer Unfallsituationen.

Die Fahrleistungsdifferenzierung gestaltete sich unerwarteterweise als sehr schwierig. Ursprünglich war vorgesehen, auf das „Vorschalten“ eines geschlossenen Verhaltensmodells vor der eigentlichen Unfallprognose zu verzichten, da u. a. Fahrleistungsinformationen als Ausdruck der Art und des Umfangs der Verkehrsbeteiligung vorhanden sind und eine Vielzahl Prognostiker sich mit der Analyse und Prognose der Fahrleistung beschäftigt. Das Hauptaugenmerk sollte auf dem Modellansatz zur Unfallprognose liegen.

Während der Bearbeitung zeigte sich jedoch, dass weder die Analysefahrleistung noch die der Prognose in einer für das Modell notwendigen Differenzierung ohne weiteres ermittelt werden können. Zu begründen ist dies durch die Veränderung bestimmter Konventionen der Erhebungen (insb. Fahrleistungserhebung und Straßenverkehrszählung der BAST) und die seit 2003 fehlende Veröffentlichung von Inlandsfahrleistungen des DIW

(Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung). Weiterhin konnte keine empirische Quelle gefunden werden, die Anhaltswerte liefert, wie hoch die Fahrleistung von Personen bestimmter Altersklassen insbesondere differenziert nach Ortslagen ist. Erschwerend kommt hinzu, dass die Sachbezüge der Prognosen teilweise sehr verschieden sind (meist Inländerverkehr, häufig Verkehrsmittelgruppen bzw. Verkehrs- statt Fahrleistung).

Daher wurde im Anschluss ein vereinfachtes Verhaltensmodell eingesetzt, um die Defizite zumindest teilweise zu mindern. Jedoch bestand dabei wiederum die Schwierigkeit, Zeitreihen der Einzelkennwerte zu bilden, um das künftige Verhalten besser prognostizieren zu können.

Eine weitere Schwierigkeit bestand in der Ermittlung der Beteiligtenstruktur bei Straßenverkehrsunfällen. In den Unfalldatenbanken sind keine Angaben über die Menge und das Alter nicht verletzter Personen enthalten. Um eine Beteiligungsstruktur zu schätzen, war daher die Benutzungsstruktur der Verkehrsmittel vereinfachend zugrunde zu legen. Kenntnisse zur Verkehrsmittelnutzung im Alltagsverkehr und damit auch zur Verkehrsbeteiligung existieren zwar (MiD, SrV, MOP), jedoch fehlen hier insbesondere der Ortslagenbezug und der Wirtschaftsverkehr.

Die in letzter Konsequenz erforderliche Integration der Struktur des Wirtschaftsverkehrs, insbesondere der Altersstruktur nach Verkehrsbeteiligung von Fahrern und Mitfahren, scheiterte aufgrund des fehlenden Personenbezugs der Wirtschaftsverkehrserhebung (KiD).

Weiterhin war es dem Auftragnehmer aufgrund der fehlenden Daten nicht möglich, die Menge der an Unfällen beteiligten Fahrzeuge nach Unfallkonstellationen für Gesamtdeutschland zu ermitteln. Daher wurden zunächst die Werte aus Sachsen und Sachsen-Anhalt zugrunde gelegt.

Darüber hinaus fehlen Detailkenntnisse zur Fahrzeugbesetzung bei verschiedenen Unfallkonstellationen sowie nach Ortslagen. Hierzu konnten nur Gesamtwerte für den Alltagsverkehr in Deutschland ermittelt werden.

Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass für den Analysezeitraum im Untersuchungsgebiet Deutschland nur auf eine relativ kurze Zeitreihe von 16 Jahren zurückgegriffen werden kann. Dieser Zeitbereich ist zwangsläufig durch die mit

der Wiedervereinigung im Jahr 1990 einhergehenden politischen und gesellschaftlichen Umbrüche beeinflusst. Eine zufrieden stellende Analyse etwaiger Trendbrüche und -veränderungen bedarf grundsätzlich eines längeren Vergleichszeitraums zur Erklärung von scheinbaren Unregelmäßigkeiten im zeitlichen Verlauf.

Schließlich ist zu berücksichtigen, dass eine Prognose auf Basis von Trends immer nur unter der Voraussetzung ausbleibender Trendbrüche Gültigkeit besitzt.

## Quellen und Literatur

- AHRENS, G.-A.; BADROW, A.; KUNERT, U.; LIEßKE, F.: „KONTIV/SrV – Kompatibilität von Verkehrserhebungen.“ Endbericht zum Teilprojekt des Forschungsprojekts Nr. 70.631/2000 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (unveröffentlicht), TU Dresden, 2003
- BARTZ, Ch.: „Die Analyse von Gefahrensituationen als Grundlage für die Erforschung allgemeingültiger Gesetzmäßigkeiten des Einflusses verkehrlicher und baulicher Bedingungen auf die Sicherheit des Verkehrsablaufes zweispuriger Landstraßen.“ Dissertationsschrift, Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen der TU Dresden, Dresden, Februar 1987, 111 S.
- BMVBS (Hrsg.): „Verkehr in Zahlen 2007/2008“. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 2007, 348 S.
- BMVBS (Hrsg.): „Verkehr in Zahlen 2006/2007.“ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 2006, 340 S.
- BMV (Hrsg.): „Verkehr in Zahlen, 1998.“ Bundesministerium für Verkehr, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 1998, 335 S.
- BREGMANN, L. M.: „Ein Beweis der Konvergenz des Verfahrens von G. W. Sheleikhovski für ein Transportproblem mit Beschränkungen.“ In: Shurnal vycisl. Mat. I mat. Fiz., 1967, 9 S.
- BVU, DLR, ISL (Hrsg.): „Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr.“ Mittelfristprognose Winter 2006/2007 zum For-

- schungsprojekt Nr.96.0809/2004 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Januar 2007
- DIW Berlin, Infas GmbH (Hrsg.): „Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten – Methodenstudie.“ Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 70.631/2000 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, Berlin, 2001
- DIW Berlin, Infas GmbH (Hrsg.): „Mobilität in Deutschland 2002 – Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten – Methodischer Projektbericht (Hauptstudie).“ Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 70.0681/2001 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, Berlin, Juni 2003
- DIW Berlin, Infas GmbH (Hrsg.): „Mobilität in Deutschland 2002 – Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten – Inhaltlicher Projektbericht (Hauptstudie).“ Ergebnisbericht zum Forschungsprojekt Nr. 70.0736/2003 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, Berlin, April 2004
- DUDENHÖFFER, F.: „Die Langfrist-Entwicklung des Automobilmarktes in Deutschland.“ In: Internationales Verkehrswesen, Deutscher Verkehrs-Verlag, Heft 4/2004, S. 134-138
- ELLINGER, T.; BEUERMANN, G.; LEISTERN, R.: „Operations Research.“ Springer Verlag, Berlin u. a. O., 1998, 280 S.
- HAUTZINGER, H.; HEIDEMANN, D.; KRÄMER, B.: „Inländerfahrleistung 1993.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 61, Bergisch Gladbach, 1996a, 186 S.
- HAUTZINGER, H.; HEIDEMANN, D.; KRÄMER, B.: „Inlandfahrleistung und Unfallrisiko 1993.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 61, Bergisch Gladbach, 1996b, 40 S.
- HAUTZINGER, H.; HAMACHER, R.; TASSAUX-BECKER, B.: „Mobilität der westdeutschen Bevölkerung – Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre, Band 2.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 55, Bergisch Gladbach, 1996c, 100 S.
- HAUTZINGER, H.; STOCK, W.; MAYER, K.; SCHMIDT, J.; HEIDEMANN, D.: „Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 120, Bergisch Gladbach, 2005a, 104 S.
- HAUTZINGER, H.; STOCK, W.; SCHMIDT, J.: „Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 121, Bergisch Gladbach, 2005b, 26 S.
- HAUTZINGER, H.; MAYER, K.; HELMS, M.; KERN, Ch.; WIESENHÜTTER, M.; HAAG, G.; BINDER, J.: „Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens – insbesondere der Pkw-Fahrleistung – als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise.“ Schlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 96.0756/2002 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, 2004, 256 S.
- IfV Karlsruhe: „Deutsches Mobilitätspanel.“ Homepage des deutschen Mobilitätspanels <http://mobilitaetspanel.ifv.unikarlsruhe.de/wissenschaft/indexwissenschaft.htm>, aufgerufen am: 24.07.2007
- KATHMANN, Th.; LAFFONT, St., NIERHOFF, G.: „Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 164, Bergisch Gladbach, November 2007, 62 S.
- KATHMANN, Th.; ZIEGLER, H., THOMAS B.: „Straßenverkehrszählung 2005 – Ergebnisse.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 115, Bergisch Gladbach, 2004, 206 S.
- KALINOWSKA, D.; KLOAS, J.; KUHFIELD, H.; KUNERT, U.: „Aktualisierung und Weiterentwicklung der Berechnungsmodelle für die Fahrleistungen von Kraftfahrzeugen und für das Aufkommen und für die Verkehrsleistung im Personenverkehr (MIV).“ Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Endbericht, Berlin, März 2005, 206 S.
- KALINOWSKA, D.; KLOAS, J.; KUHFIELD, H.: „Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland.“ Forschungsprojekt im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Endbericht, Berlin, November 2006, 120 S.
- KBA/BAG – Kraftfahrtbundesamt, Bundesamt für Güterverkehr: „Statistische Mitteilungen des KBA und des BAG, Reihe 8: Kraftverkehr, Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge.“ Kraftfahrtbundesamt (Hrsg.), Flensburg, April 2006

- KBA/BAG – Kraffahrtbundesamt, Bundesamt für Güterverkehr: „Statistische Mitteilungen des KBA und des BAG: Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge – Verkehrsaufkommen, Eigenschaften des Fahrzeugs im Jahr 2006.“ Kraffahrtbundesamt (Hrsg.), März 2008
- LENSING, N.: „Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse.“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 101, Bergisch Gladbach, 2003, 64 S.
- LOHSE D.; TEICHERT, H.; DUGGE, B.; BACHNER, G.: „Ermittlung von Verkehrsströmen mit n-linearen Gleichungssystemen – Verkehrsnachfragemodellierung“. In: Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der TU Dresden, Heft 5, Dresden, 1997, 248 S.
- OELTZE, S.; BRACHER, T. u. a.: „Mobilität 2050 – Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050.“ Ergebnisse zum Forschungsprojekt Nr. 70.0757/2004 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, 2004, 215 S.
- OSWALD, W. D.: „Automobilismus und die gefährlichen Alten.“ In: SCHMIDT, G. (Hrsg.), Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 10: Automobil und Automobilismus, Frankfurt, 1999, S. 183-195
- Prognos (Hrsg.): „Erarbeitung von Entwürfen alternativer verkehrspolitischer Szenarien zur Verkehrsprognose 2015.“ Schlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 96.579/1999 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn/Berlin, 2001, 44 S.
- RATZENBERGER, R.: „Determinanten der Verkehrssicherheit 2000/2010.“ Schlussbericht zum FE Nr. 82.057/1995 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, München, 2000, 324 S.
- RATZENBERGER, R.: „Demografischer Wandel und Mobilität.“ Studie im Auftrag des Allgemeinen Deutschen Automobil-Club e. V. (ADAC), Resort Verkehr, München, Sept. 2006, 29 S.
- RATZENBERGER, R.: „Überprüfung ausgewählter langfristiger Verkehrsprognosen.“ Im Auftrag des Allgemeinen Deutschen Automobil-Club e. V. (ADAC), München, April 2004, 151 S.
- SANDERSON, W. C.; SCHERBOV, S.: „Average remaining lifetimes can increase as human populations age.“ in: Nature, Vol. 435, Nature Publishing Group, June 2005, S. 811-813
- Shell Deutschland, Oil, External Affairs Central Europe (Hrsg.): „Shell Pkw-Szenarien bis 2030 – Flexibilität bestimmt Motorisierung.“ Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2030, ohne Jahr, 46 S.
- Shell Deutschland (Hrsg.): „Shell – Pkw-Szenarien Mehr Autos – weniger Verkehr?“ Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020, August 2001, 43 S.
- SCHILLER, C.: „Erweiterung der Verkehrsnachfragemodellierung um Aspekte der Raum- und Infrastrukturplanung.“ Habilitationsschrift, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der TU Dresden, Heft 10, Dresden, 2007, 175 S.
- SCHNABEL, W.; LOHSE, D.: „Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung.“ Band 2, 2. Auflage, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997, 432 S.
- SCHÖFECKER, M.: „Man ist so alt, wie man sich fühlt – neue Aspekte der demographischen Alterung.“ Information der Abteilung Statistik des Amtes der Oö. Landesregierung (Hrsg.), Linz, 6/2007, 35 S.
- STIPDONK, H. L.; BERENDS, E. M.: „Distinguishing traffic modes in analysing road safety development.“ Accident Analysis and Prevention (Article in Press), March 2008, 11 S.
- STIPDONK, H. L.: „Risikoanalyse für ein gesamtes Verkehrssystem.“ Vortrag im Rahmen des deutschen Verkehrsexpertentages 2005 in Bonn, Juni 2005, 17 S.
- SWOV (Hrsg.): „De Top Bedwongen – Balans van de verkeersonveiligheid in Nederland 1950-2005.“ Veröffentlichung der SWOV (Niederlande), Juni 2006, 130 S.
- THOMAS, K.; KLEINSCHMIDT, P.; BARTZ, Ch.; KÖRNER, G.: „Grundlagen für die Bemessung und Gestaltung von Landstraßen.“ Forschungsbericht (unveröffentlicht) an der TU Dresden,

Sektion Bauingenieurwesen, Dresden, September 1988, 125 S.

VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): „VDV-Statistik 2005.“ beka Einkaufs- und Wirtschaftsgesellschaft für Verkehrsunternehmen mbH, Köln, 2006, 70 S.

WERMUTH, M. et al.: „Kontinuierliche Befragung des Wirtschaftsverkehrs in unterschiedlichen Siedlungsräumen – Phase 2, Hauptstudie.“ Projekt-Nr. 70.0682/2001 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr-, Bau und Wohnungswesen, Schlussbericht Band 1, Braunschweig, 2003, 345 S.

WITTMER, R.: „Raumstrukturelle Einflüsse auf das Verkehrsverhalten – Nutzbarkeit der Ergebnisse großräumiger und lokaler Haushaltsbefragungen für makroskopische Verkehrsplanungsmodelle.“ Dissertationsschrift, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der TU Dresden, Heft 11, Dresden, 2008, 250 S.

## Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen

## Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

## 2005

- M 165: Förderung der Verkehrssicherheit durch differenzierte Ansprache junger Fahrerinnen und Fahrer  
Hoppe, Tekaat, Woltring € 18,50
- M 166: Förderung des Helmtragens Rad fahrender Kinder und Jugendlicher – Analyse der Einflussfaktoren der Fahrradhelmnutzung und ihrer altersbezogenen Veränderung  
Schreckenber, Schlittmeier, Ziesenitz € 16,00
- M 167: Fahrausbildung für Behinderte  
Zawatzky, Dorsch, Langfeldt, Lempp, Mischau € 19,00
- M 168: Optimierung der Fahrerlaubnisprüfung – Ein Reformvorschlag für die theoretische Fahrerlaubnisprüfung  
Bönninger, Sturzbecher € 22,00
- M 169: Risikoanalyse von Massenanfällen bei Nebel  
Debus, Heller, Wille, Dütschke, Normann, Placke, Wallentowitz, Neunzig, Benmimoun € 17,00
- M 170: Integratives Konzept zur Senkung der Unfallrate junger Fahrerinnen und Fahrer – Evaluation des Modellversuchs im Land Niedersachsen  
Stiensmeier-Pelster € 15,00
- M 171: Kongressbericht 2005 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V. – 33. Jahrestagung € 29,50
- M 172: Das Unfallgeschehen bei Nacht  
Lerner, Albrecht, Evers € 17,50
- M 173: Kolloquium „Mobilitäts-/Verkehrserziehung in der Sekundarstufe“ € 15,00
- M 174: Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle  
Evers, Auerbach € 13,50

## 2006

- M 175: Untersuchungen zur Entdeckung der Drogenfahrt in Deutschland  
Iwersen-Bergmann, Kauert € 18,50
- M 176: Lokale Kinderverkehrssicherheitsmaßnahmen und -programme im europäischen Ausland  
Funk, Faßmann, Zimmermann, unter Mitarbeit von Wasilewski, Eilenberger € 15,00
- M 177: Mobile Verkehrserziehung junger Fahranfänger  
Krampe, Großmann € 15,50
- M 178: Fehlerhafte Nutzung von Kinderschutzsystemen in Pkw  
Fastenmeier, Lehnig € 15,00
- M 179: Geschlechtsspezifische Interventionen in der Unfallprävention  
Kleinert, Hartmann-Tews, Combrink, Allmer, Jüngling, Lobinger € 17,50
- M 180: Wirksamkeit des Ausbildungspraktikums für Fahrlehreranfänger  
Friedrich, Brünken, Debus, Leutner, Müller € 17,00
- M 181: Rennspiele am Computer: Implikationen für die Verkehrssicherheitsarbeit – Zum Einfluss von Computerspielen mit Fahrzeugbezug auf das Fahrverhalten junger Fahrer  
Vorderer, Klimmt € 23,00

M 182: Cannabis und Verkehrssicherheit – Mangelnde Fahreignung nach Cannabiskonsum: Leistungsdefizite, psychologische Indikatoren und analytischer Nachweis  
Müller, Topic, Huston, Stroheck-Kühner, Lutz, Skopp, Aderjan € 23,50 -

M 183: Hindernisse für grenzüberschreitende Rettungseinsätze  
Pohl-Meuthen, Schäfer, Gerigk, Moecke, Schlechtriemen € 17,50 -

## 2007

- M 184: Verkehrssicherheitsbotschaften für Senioren – Nutzung der Kommunikationspotenziale im allgemeinmedizinischen Behandlungsalldag  
Kocherscheid, Rietz, Poppelreuter, Riest, Müller, Rudinger, Engin € 18,50 -
- M 185: 1<sup>st</sup> FERSI Scientific Road Safety Research-Conference  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden € 24,00
- M 186: Assessment of Road Safety Measures  
Erstellt im Rahmen des EU-Projektes ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making) € 16,00
- M 187: Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland  
Kalinowska, Kloas, Kuhfeld € 15,50
- M 188: Leistungen des Rettungsdienstes 2004/05 – Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2004 und 2005  
Schmiedel, Behrendt € 15,50

## 2008

- M 189: Verkehrssicherheitsberatung älterer Verkehrsteilnehmer – Handbuch für Ärzte  
Henning € 15,00
- M 190: Potenziale zur Verringerung des Unfallgeschehens an Haltestellen des ÖPNV/ÖPSV  
Baier, Benthaus, Klemp, Schäfer, Maier, Enke, Schüller € 16,00 -
- M 191: ADAC/BAST-Symposium "Sicher fahren in Europa" – Referate des Symposiums vom 13. Oktober 2006 in Baden-Baden  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden. € 24,00
- M 192: Kinderunfallatlas  
Neumann-Opitz, Bartz, Leipnitz € 14,50
- M 193: Alterstypisches Verkehrsrisiko  
Schade, Heinzmann € 14,50
- M 194: Wirkungsanalyse und Bewertung der neuen Regelungen im Rahmen der Fahrerlaubnis auf Probe  
Debus, Leutner, Brünken, Skottke, Biermann € 14,50
- M 195: Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin (DGVM e.V.) – zugleich 50-jähriges Jubiläum der Fachgesellschaft DGVM – 34. Jahrestag € 28,00
- M 196: Psychologische Rehabilitations- und Therapiemaßnahmen für verkehrsauffällige Kraftfahrer  
Follmann, Heinrich, Corvo, Mühlensiep, Zimmermann, Klipp, Bornewasser, Glitsch, Dünkel € 18,50 -
- M 197: Aus- und Weiterbildung von Lkw- und Busfahrern zur Verbesserung der Verkehrssicherheit  
Frühauf, Roth, Schyulla € 15,50
- M 198: Fahreignung neurologischer Patienten – Untersuchung am Beispiel der hepatischen Enzephalopathie  
Knoche € 15,00

## 2009

- M 199: Maßnahmen zur Verbesserung der visuellen Orientierungsleistung bei Fahranfängern  
Müsseler, Debus, Huestegge, Anders, Skottke € 13,50
- M 200: Entwicklung der Anzahl Schwerstverletzter infolge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland  
Lefering € 13,50
- M 201: Bedeutung der Fahrpraxis für den Kompetenzerwerb beim Fahrenlernen  
Grattenthaler, Krüger, Schoch € 20,00
- M 202: Computergestützte Medien und Fahrsimulatoren in Fahrerlaubnisprüfung  
Weiß, Bannert, Petzoldt, Krems € 16,00
- M 203: Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahrerlaubnis  
Poschadel, Falkenstein, Pappachan, Poll, Willmes von Hinckeldey € 16,50
- M 204: Auswirkungen von Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern  
Evers € 21,00
- M 205: Das Verkehrsquiz – Evaluationsinstrumente zur Erreichung von Standards in der Verkehrs-/Mobilitätserziehung der Sekundarstufe  
Heidemann, Hufgard, Sindern, Riek, Rudinger € 16,50

## 2010

- M 206: Profile im Straßenverkehr verunglückter Kinder und Jugendlicher  
Holte € 18,50
- M 207: ADAC/BAST-Symposium "Sicher fahren in Europa" nur als CD erhältlich € 24,00
- M 208: Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland  
Baum, Kranz, Westerkamp € 18,00
- M 209: Unfallgeschehen auf Landstraßen – Eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik  
Heinrich, Pöppel-Decker, Schönebeck, Ulitzsch € 17,50
- M 210: Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO)  
Engin, Kocherscheid, Feldmann, Rudinger € 20,50
- M 211: Alkoholverbot für Fahranfänger  
Holte, Assing, Pöppel-Decker, Schönebeck € 14,50
- M 212: Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln  
Färber, Färber € 19,00
- M 213: Begleitetes Fahren ab 17 Jahre – Prozessevaluation des bundesweiten Modellversuchs  
Funk, Grüninger, Dittrich, Goßler, Hornung, Kreßner, Libal, Limberger, Riedel, Schaller, Schilling, Svetlova € 33,00

## 2011

- M 214: Evaluation der Freiwilligen Fortbildungsseminare für Fahranfänger (FSF) – Wirksamkeitsuntersuchung  
Sindern, Rudinger € 15,50
- M 215: Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlagen und Optimierungsmöglichkeiten – Methodische Grundlagen und Möglichkeiten der Weiterentwicklung  
Sturzbecher, Bönninger, Rüdell et al. € 23,50
- M 216: Verkehrserziehungsprogramme in der Lehreraus-/Fortbildung und deren Umsetzung im Schulalltag – Am Beispiel der Moderatorenkurse "EVA", "XpertTalks", "sicherfahren" und "RiSk"  
Neumann-Opitz, Bartz (in Vorbereitung)

- M 217: Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 – Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2008 und 2009  
Schmiedel, Behrendt € 16,50
- M 218: Sicherheitswirksamkeit des Begleiteten Fahrens ab 17. Summative Evaluation  
Schade, Heinzmann € 20,00
- M 219: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware  
Petzoldt, Weiß, Franke, Krems, Bannert € 15,50

## 2012

- M 220: Mobilitätsstudie Fahranfänger – Entwicklung der Fahrerlaubnisprüfung und Autobenutzung am Anfang der Fahrkarriere  
Funk, Schneider, Zimmermann, Grüninger € 30,00
- M 221: Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Kleintransportern  
Roth € 15,00
- M 222: Neue Aufgabenformate in der Theoretischen Fahrerlaubnisprüfung  
Malone, Biermann, Brünken, Buch € 15,00
- M 223: Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung "Runter vom Gas!"  
Klimmt, Maurer € 15,00
- M 224: Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020  
Maier, Ahrens, Aurich, Bartz, Schiller, Winkler, Wittwer € 17,00

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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.