Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 60

Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit

von

Mark Vollrath
Susanne Briest
Caroline Schießl

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung
Braunschweig

Jörn Drewes
Uwe Becker

Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik (IVA)
Technische Universität Braunschweig

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 60

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

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

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

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

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

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 82.214/2001
Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit

Projektbetreuung
Anne Bauer

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

Redaktion
Referat Öffentlichkeitsarbeit

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

ISSN 0943-9323
ISBN (10) 86509-551-8
ISBN (13) 978-3-86509-551-0

Bergisch Gladbach, November 2006

Kurzfassung – Abstract

Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit

Ziel der Studie, die im Auftrag der BASt durchgeführt und zusätzlich vom Land Niedersachsen gefördert wurde, ist es, über In-Depth-Analysen von Unfalldaten der Braunschweiger Polizei aus dem Jahr 2002 Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme (FAS) abzuleiten und den Sicherheitsgewinn abzuschätzen, den die Einführung derartiger Systeme mit sich bringen würde.

Bei den In-Depth-Analysen wurden aufgrund der Unfallprotokolle die dem Unfall vorausgehenden Fehlhandlungen und ihre Ursachen analysiert. Fehlhandlungen sind die Handlungen, die zum Unfall geführt haben. Diese müsste ein FAS korrigieren, um den Unfall zu verhindern, sodass diese Analyse Anforderungen an die Funktionalität des FAS ergibt (z. B. Wahl einer sicheren Geschwindigkeit). Die Analyse der Ursachen der Fehlhandlung erfolgte in Anlehnung eines Informationsverarbeitungsmodells des menschlichen Handelns und ergibt Hinweise auf die Eingriffsstrategie des FAS. Liegt die Ursache z. B. in fehlender Wahrnehmung vorhandener Information, so kann eine Warnung den Unfall verhindern. Bei einer Fehlentscheidung ist eine aktive Unterstützung durch ein FAS notwendig. Weiter wurden Fehlinterpretationen und Ausführungsfehler betrachtet.

Datenbasis sind 4.258 Unfallprotokolle aus Braunschweig aus dem Jahr 2002 und 185.004 Unfälle aus Deutschland, die als 50%-Stichprobe der amtlichen Unfallstatistik des Jahres 2002 vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellt wurde. In beiden Datenquellen wurden die Unfälle ausgewählt, bei denen der Verursacher ein Pkw und der Fahrer (so weit bekannt) mindestens 18 Jahre alt war. Die schweren Unfälle aus Braunschweig (993 Unfälle) wurden so gewichtet, dass sie hinsichtlich Unfalltyp, Wochentag und Tageszeit mit den bundesdeutschen Unfällen vergleichbar sind.

Bei den In-Depth-Analysen wurden für 6 Unfalltypen und pro Unfalltypen für die häufigsten Untertypen die Protokolle im Hinblick auf Fehlhandlung und Ursache analysiert und gruppiert. Eine stichprobenartige Überprüfung der Beurteilerübereinstimmung erwies sich als sehr zufrieden stellend (Spearman rho = 0.91). Die Analyse zeigt drei große Gruppen von Unfällen, aus denen sich drei Arten von Unterstützungsbedarf ableiten lassen. Bei den Einbiegen/Kreuzen-Unfällen werden andere Verkehrsteilnehmer aus unterschiedlichen Gründen bei der Planung vernachlässigt, was als fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen zu beschreiben ist. Seltener spielen Fehlentscheidungen eine Rolle. Um diese Unfälle zu verhindern, wird eine Kreuzungsassistenz benötigt, die bevorrechtigte Fahrzeuge von rechts, links oder entgegenkommend und von rechts kommende Radfahrer beim rechts Abbiegen erkennen kann. Durch eine Kreuzungsassistenz, die vor diesen Fahrzeugen warnt, ließen sich 26,2 % aller schweren Unfälle verhindern.

Bei Fahrunfällen steht die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand, an den Fahrerzustand und an die eigene Leistungsfähigkeit im Vordergrund, was als Fehlentscheidung zu beschreiben ist. Teilweise kommt die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund hinzu (fehlende Wahrnehmung). Eine situationsabhängige aktive Unterstützung der Geschwindigkeitsregulation mit zusätzlicher Unterstützung der Querführung könnte insgesamt 20,4 % aller schweren Unfälle verhindern. Auffahren tritt vor allem bei Unfällen im Längsverkehr, aber auch einer Reihe anderer Unfalltypen auf. Hier ist ein System zur Kollisionsvermeidung mit situationsabhängiger Regelung von Abstand und Geschwindigkeit notwendig, das auch stehende Fahrzeuge erkennen kann und das Bremsen bei plötzlichen Eingriffen unterstützt. Würde das System diese Anforderungen erfüllen, könnten damit 17,5 % aller schweren Unfälle verhindert werden. Da die häufigsten Ursachen der Fehlhandlung im Bereich von Fehlentscheidungen liegen, ist dazu allerdings eine aktive Unterstützung der Geschwindigkeitshaltung notwendig.

Insgesamt ergibt sich aus den Analysen ein sehr großes Unfallvermeidungspotenzial für FAS im Bereich über 70 % aller schweren Unfälle. Allerdings sind die Anforderungen an diese Systeme groß. So müssen sie im Kreuzungsbereich bevorrechtigte Fahrzeuge aus allen Richtungen erkennen, außerdem Situationsmerkmale wie Straßenzustand, Hindernisse auf der Fahrbahn und Merkmale des Fahrers wie zum Beispiel einen eingeschränkten Fahrerzustand berücksichtigen. Teilweise ist eine aktive Unterstützung oder ein Eingriff notwendig, was rechtliche und Akzeptanzprobleme mit sich bringt. Mit der dargestellten Methode der In-Depth-Unfallanalyse aufgrund von Unfallprotokollen ist insgesamt eine Abschätzung des Sicherheitspotenzials

von Assistenzsystemen möglich, wobei die Aussagen vorsichtig zu interpretieren sind.

Drawing up requirements for driver assistance systems from the perspective of traffic safety

The objective of the research, assigned by BASt and additionally promoted by the state of Lower Saxony, is, to draw up requirements for driver assistance systems (FAS) using the In-Depth-Analyses of accident data of the police in Braunschweig from the year 2002 and to estimate the advantages for safety that the introduction of such systems would provide.

The false actions preceding the accident and their causes were analysed in the In-Depth-Analyses based on the accident forms. False actions are actions that lead to accidents. An FAS would have to correct these to prevent the accident, so that this analysis results in requirements to functionality (e.g. selection of a safe speed). The analysis of the causes of the false actions took place in accordance with an information processing model of human behaviour and provides references to the intervention strategy of the FAS. If the cause is, for example, a lack of perception of existing information, a warning can prevent the accident. In the case of a false decision, active support from an FAS is necessary. False interpretations and errors in execution were also observed.

The database for this project are 4,258 accident forms from Braunschweig from the year 2002 and 185,004 accidents in Germany that were made available by the Federal Office for Statistics as a 50% random sample of the official accident statistics of the year 2002. Accidents were selected from both data sources where the party responsible for the accident was a car and the driver (when known) was at least 18 years old. The serious accidents in Braunschweig (993 accidents) were ranked in such a way that they could be compared with the accidents in the rest of Germany with respect to the type of accident, day of the week and time of day.

The accident forms were analysed and put into groups in the In-Depth-Analyses for 6 types of accident and for the most frequent sub-types with respect to false actions and causes. Agreements amongst assessors was checked in a process similar to random sampling and proved to be very satisfactory (Spearman rho = 0.91). The analysis shows three large groups of accidents from which three types of need for support can be derived. In the case of accidents occurring when turning or crossing, other road users are neglected during planning for various reasons, which can be described as a lack of perception of existing information. Seldom do false decisions play a role. Assistance while crossing, that can recognise vehicles that have priority from the right, the left or are oncoming and cyclists coming from the right, is required to prevent these accidents. 21,2 % of all serious accidents could be prevented by assistance while crossing that warns people about these vehicles.

In the case of accidents while driving, lack of adaptation of speed to the road conditions, to the state of the driver and to ones own performance is predominant and can be described as a false decision. It is partly the neglect of horizontal steering without any reason (lack of perception) that adds to this. Active support of speed regulations dependent on the situation with additional support of horizontal steering could prevent 20.4% of all serious accidents.

Tailgating occurs in longitudinal traffic in particular, but also in a series of other accident types. A system of avoiding collisions with regulation of intervals and speeds dependent on the situation is necessary here, that can also recognise stationary vehicles and that supports braking in the case of sudden interventions. If the system were to fulfil these requirements, 32.5% of all serious accidents could be prevented. Since the most frequent causes for false actions lie in the area of false decisions, active support of speed maintenance is required for this purpose. On the whole the analysis shows that there is much potential for avoiding accidents using FAS in the range above 70% of all serious accidents. However, there are immense demands to these systems. They have to recognise all vehicles that have priority coming from all directions in the area of the crossing, as well as characteristics of the situation such as the state of the road, obstacles on the carriageway and characteristics of the driver such as an impaired state. Active support on intervention is partly required, which results in legal problems or problems of acceptance. Using the method of in-depth analysis of accidents based on accident forms an estimate of the potential for safety of assistance systems is possible, on the whole, however, the statements must be interpreted with caution.

Inhalt

1 Unfälle als Handlungsfehler – Hintergrund und Vorgehen 7
1.1 Handlungsfehler, Fehlhandlungen und ihre Ursachen 7
1.2 Fahrmanöver als Basis der Funktionalität von Assistenzsystemen 8
1.3 Ursachen für Fehlhandlungen als Basis für die Strategie von Assistenzsystemen 10
1.4 Fehlhandlungen und ihre Ursachen als Basis für die Funktionalität und Eingriffsstrategie von Fahrerassistenz 13
1.5 Gruppierung von Unfällen bei In-Depth-Unfallstudien 14
1.5.1 Kurze Darstellung wesentlicher Studien 14
1.5.2 Konsequenzen für das eigene Vorgehen 17
1.6 Vorhandene Studien zur Ableitung der Wirkung von Assistenzsystemen aus Unfallanalysen 18

2 Methodik 20
2.1 Konzept der Braunschweiger Unfallanalysen 20
2.2 Datenbasis und Gewichtung 22
2.2.1 Auswahl der Unfälle für die Analysen 22
2.2.2 Beschreibung und Vergleich – Unfälle in Braunschweig und Deutschland 2002 23
2.2.3 Beschreibung der Unfälle im Vergleich 25
2.3 Datenaufbereitung und Urteilerübereinstimmung 26
2.4 Einbezogene auf dem Markt und in der Entwicklung befindliche Assistenzsysteme 27
2.4.1 Geschwindigkeitsregelanlage (GRA – Cruise Control) 27
2.4.2 Abstandsregeltempomat (Adaptive Cruise Control – ACC) 27
2.4.3 Adaptive Cruise Control mit Stop-and-Go Funktion 28
2.4.4 Bremsassistenz (Brake-Assistance-System – BAS) 28
2.4.5 Automatische Notbremse (Automatic Emergency Brake – ANB) 28
2.4.6 Anti-Blockiersystem (ABS) 28
2.4.7 Anti-Schlupf-Regelung (ASR) 29
2.4.8 Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) 29
2.4.9 Collision-Avoidance-System (ACA) 29
2.4.10 Collision-Warning-System (CWS) 29
2.4.11 Curve Speed Assistant (CSA) 29
2.4.12 Parkassistenz 30
2.4.13 Spurhalteassistenz (Lane Departure Warning – LDW) 30
2.4.14 Spurwechselassistenz (Lane Changing Assistance) 30
2.4.15 Intelligent Speed Adaption (ISA) 30
2.4.16 Kreuzungsassistenz 30
2.4.17 Bewertung der vorhandenen und in Entwicklung befindlichen Assistenzsysteme 31

3 Ergebnisse 32
3.1 Fehlhandlungen und ihre Ursachen bei verschiedenen Unfalltypen 32
3.2 Der Fahrunfall 37
3.3 Der Abbiegeunfall 39
3.4 Der Einbiegen/Kreuzen-Unfall 50
3.5 Der Unfall mit ruhendem Verkehr 53
3.6 Der Unfall im Längsverkehr 59
3.7 Sonstige Unfälle 67

4 Diskussion und Ausblick 71
4.1 Wesentliche Fehlhandlungen und ihre Ursachen – Anforderung an Assistenz 71
4.2 Bewertung vorhandener Assistenzsysteme 77

4.3 Bewertung der Studie 80
4.4 Rechtliche Aspekte 81

5 Danksagung 84

6 Literatur 85

1 Unfälle als Handlungsfehler – Hintergrund und Vorgehen

Ziel des Projekts ist es, durch die Analyse von Unfällen und ihrer Ursachen Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme abzuleiten, mit denen diese Unfälle vermieden werden könnten. Gleichzeitig sind auf dem Markt erhältliche und in der Entwicklung befindliche Assistenzsysteme in ihrer möglichen unfallvermeidenden Wirkung zu bewerten. Vom theoretischen Hintergrund her werden Fehlhandlungen und ihre Ursachen als dem Unfall zeitlich vorausgehende Bedingungen analysiert unter der Überlegung, dass dem Unfall ein bestimmtes Fahrer-Fahrzeug-Verhalten vorausging, das nicht adäquat an die Situation angepasst war. Daraus ist für Assistenzsysteme abzuleiten, welches Verhalten unterstützt bzw. erreicht werden müsste, um den Unfall zu verhindern. Über die Analyse der Ursachen, warum das Fehlverhalten gezeigt wurde, ist abzuleiten, wie das Assistenzsystem diese Fehlervermeidung erreichen könnte bzw. wie eine optimale Eingriffsstrategie der Assistenz in dieser Situation aussieht. Dieser theoretische Hintergrund wird im ersten Teil ausführlich dargestellt. Im zweiten Teil werden die Datenbasis und die Methodik beschrieben. Der dritte Teil stellt die Ergebnisse der Analysen dar. Eine Abschätzung des Sicherheitspotenzials von Assistenzsystemen, der technischen Möglichkeiten, die notwendigen Assistenzfunktionen umzusetzen, und der Anforderungen an den Gesetzgeber zur Umsetzung schließt diesen Bericht ab.

1.1 Handlungsfehler, Fehlhandlungen und ihre Ursachen

Verkehrsunfälle sind ein besonders schwerwiegender Fall von menschlichen Handlungsfehlern. Dabei soll mit dem Begriff „Fehler“ nicht impliziert sein, dass der Fahrer in einem moralisch bewertenden Sinne etwas „falsch“ gemacht hat. Vielmehr wird als Fehler definiert, dass Handlungen ausgeführt wurden, die nicht adäquat an die Situation angepasst waren, sodass daraus Schäden für Fahrer, Fahrzeug oder die Umwelt entstehen. In der Analyse geht es entsprechend auch nicht um eine Schuldzuweisung und die Überlegung, durch technische Systeme den Fahrer zu überwachen und seine Handlungen zu korrigieren. Ziel ist es vielmehr, das Entstehen des Unfalls bedingt durch das Zusammenspiel von Fahrer, Fahrzeug und Umwelt so zu beschreiben, dass daraus abzuleiten ist, inwieweit technische Assistenzsysteme dazu beitragen können, den Unfall zu vermeiden, und welche Anforderungen an diese Systeme zu stellen sind. Um dieses Ziel zu erreichen, ist ein Bezug auf allgemeine Modelle der Entstehung von Handlungsfehlern sinnvoll, um diese auf die besondere Situation „Unfall“ zu übertragen.

HACKER (1998) unterscheidet bei der Entstehung von Handlungsfehlern folgende Begriffe:

- „Handlungsfehler“ beschreibt die Ausführung einer fehlerhaften Handlung.
- „Fehlhandlung“ beschreibt die Handlung, die für den Handlungsfehler verantwortlich ist.
- „Ursachen für Fehlhandlungen“ beschreiben die der Fehlhandlung zugrunde liegenden psychischen Prozesse.

An einem Beispiel soll diese Unterscheidung erläutert werden (s. Bild 1). Ein Autofahrer biegt an einer ampelgeregelten Kreuzung bei Grün links ab. Er muss den Gegenverkehr beachten, übersieht ein entgegenkommendes Fahrzeug und fährt los. Das entgegenkommende Fahrzeug kann nicht mehr bremsen oder ausweichen und stößt mit ihm zusammen. Der Handlungsfehler ist der Zusammenstoß mit dem entgegenkommenden Fahrzeug. Die Fehlhandlung ist das Abbiegen nach links, obwohl Gegenverkehr vorhanden ist. Die Ursache, die der Fehlhandlung zugrunde liegt, ist das Übersehen bzw. Nichtbeachten des Fahrzeuges, was wiederum aus verschiedenen Gründen geschehen kann. Zum Beispiel wurde der Fahrer von tief stehender Sonne geblendet, sodass er das Fahrzeug nicht wahrgenommen hat.

In diesem Modell wird der Ansatzpunkt für eine Unfallvermeidung zeitlich vor der Kollision selbst ge-

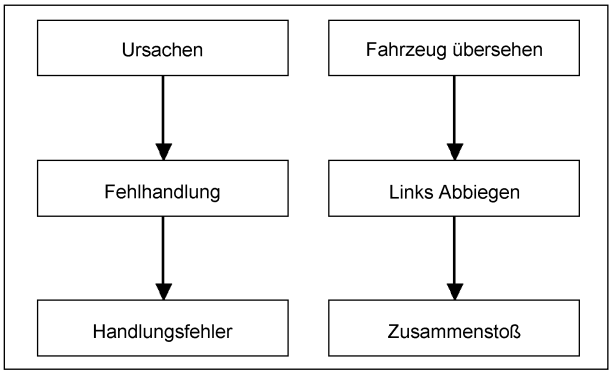

Bild 1: Modell von Handlungsfehlern (nach HACKER, 1998) mit dem Beispiel „Unfall beim links Abbiegen“

sucht. Der Kollision gehen in der Regel bestimmte Fehlhandlungen voraus. Gelingt es, diese Fehlhandlungen zu vermeiden bzw. die der Situation angemessenen Handlungen durchzuführen, so könnte auch der Unfall insgesamt vermieden werden. An dieser Stelle liegt der Ansatzpunkt für Fahrerassistenzsysteme (s. Bild 2). In dem oben beschriebenen Beispiel müsste ein Assistenzsystem das Linksabbiegen unterstützen, sodass der Fahrer nicht losfährt. Damit ist die Funktionalität der Assistenz angesprochen, d. h. ein Fahrmanöver (links Abbiegen), das in einer bestimmten Situation (Kreuzung mit Gegenverkehr und tief stehender Sonne) unterstützt wird. Offen ist allerdings, wie die Unterstützung durch das Assistenzsystem optimal zu gestalten ist. Hier wird die Analyse der Ursachen wichtig. Wenn der Fahrer das entgegenkommende Fahrzeug wegen Blendung durch die Sonne nicht gesehen hat, kann eine Information darüber genügen, dass ein Fahrzeug entgegenkommt. Diese Information muss für den Fahrer im Fahrzeug gut sichtbar sein. Er kann sie dann selbstständig nutzen, wenn er bei der Außensicht Schwierigkeiten bemerkt. Unterschätzt der Fahrer dagegen die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, so ist eine Warnung notwendig, dass die Zeitlücke nicht zum Abbiegen ausreicht, da nicht davon auszugehen ist, dass der Fahrer hier selbst zusätzliche Informationen einholt. Bei anderen Ursachen kann auch ein Eingriff des Assistenzsystems notwendig sein, wenn z. B. zu wenig Zeit für den Fahrer bleibt, um auf eine Warnung noch adäquat zu reagieren.

Für eine Analyse von Unfällen auf Basis dieses Modells ist es damit einerseits wichtig, verschiedene Funktionalitäten für Assistenzsysteme zu untersuchen, die ein sicheres Fahren ermöglichen. Deshalb wird im nächsten Kapitel dargestellt, welche Fahrmanöver beim sicheren Fahren wichtig sind,

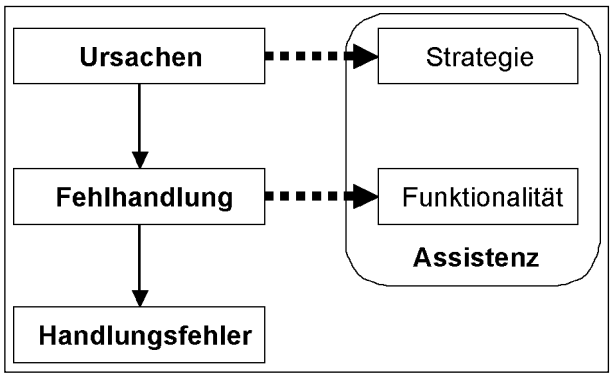

Bild 2: Ableitung der Funktionalität und Assistenzstrategie aus Ursachen und Fehlhandlungen, die zum Handlungsfehler „Unfall“ führen

um einen Katalog von Funktionen von Assistenz zu erarbeiten, der dann bei der Kategorisierung der Unfälle verwendet werden kann. Andererseits ist die Ursachenanalyse wichtig für die Beschreibung der Eingriffsstrategie der Assistenz. Hier werden in einem weiteren Kapitel verschiedene Modellvorstellungen über Ursachen von Fehlern dargestellt, die unter dem Ziel zusammengefasst werden, die für einen bestimmten Unfall beste Strategie abzuleiten, d. h. diejenige, mit der sich der Ursache des Unfalls am besten begegnen lässt.

1.2 Fahrmanöver als Basis der Funktionalität von Assistenzsystemen

Um einen Unfall verhindern zu können, ist es wesentlich zu verstehen, wie die entsprechende Situation unfallfrei bewältigt werden kann. Damit stellt sich allgemein die Frage, welche Aufgaben sich für den Fahrer in verschiedenen Situationen ergeben. In Anlehnung an BERNOTAT (1970) unterscheidet man drei hierarchische Ebenen beim Fahren (s. auch DONGES, 1982): Auf der obersten Ebene geht es beim Navigieren um die Wahl der Fahrtroute und des zeitlichen Ablaufs der Fahrt. Auf der Führungsebene muss diese Planung in konkrete Situationen umgesetzt werden. Abhängig von Bedingungen der Fahr- und Verkehrssituation erfolgt die Festlegung von Soll-Kurs, Soll-Geschwindigkeit und Fahrmanövern (z. B. Spurwechsel, Überholen). Auf der untersten Ebene der Stabilisierung geht es darum, die Längs- und Querregelung des Fahrzeugs durchzuführen.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben sind im Menschen verschiedene Prozesse der Informationsverarbeitung zu unterscheiden (z. B. nach RASMUSSEN, 1983). RASMUSSEN unterscheidet hier zwischen wissensbasierten, regelbasierten und fertigkeitsbasierten Handlungen („knowledge, rules and skill“). Bei wissensbasierten Handlungen werden in ungewohnten, mehrdeutigen oder komplexen Situationen Wege gesucht, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen („Problemlösen“). Diese Art von Handlungen spielen vor allem auf der Navigationsebene des Fahrens eine Rolle, d. h. bei der Routenplanung (s. Bild 3). Bei regelbasiertem Verhalten wird in Abhängigkeit von einer Bewertung der aktuellen Situation Verhalten eingesetzt, um bestimmte Effekte zu erreichen. Dies lässt sich über Regeln gut beschreiben, z. B. „wenn die Ampel rot ist, dann halte an“. Dieses Verhalten spielt beim Fahren auf der Führungsebene eine wesentliche Rolle, auf der

in Abhängigkeit von der aktuellen Situation Fahrmanöver ausgewählt werden, Soll-Geschwindigkeiten und Abstände vorgegeben werden usw. Schließlich sind fertigkeitsbasierte Reaktionen dadurch gekennzeichnet, dass ohne bewusste Aufmerksamkeit oder Kontrolle auf bestimmte Reize stereotyp reagiert wird. Diese Art von Reaktionen charakterisiert die Stabilisierungsebene, bei der z. B. Abweichungen von der Idealspur automatisch durch kleine Lenkbewegungen korrigiert werden.

Die Ableitung von Anforderungen an Unterstützung durch Assistenzsysteme aus Unfallanalysen betrifft im Rahmen des vorliegenden Projekts vor allem die Stabilisierungs- und Führungsebene, da es um die dem Unfall unmittelbar vorausgehenden Bedingungen geht. Auch Unterstützung bei der Navigation im Sinne von Umfahren von Staus, Meiden von gefährlichen Straßenabschnitten oder gefährlichen Fahrerzuständen (z. B. Pausenplanung) könnten zur Unfallverhinderung beitragen. Dabei geht es jedoch um die Vermeidung potenziell gefährlicher Situationen, während bei der vorliegenden Untersuchung die Unterstützung bei der Bewältigung solcher Situationen im Vordergrund steht. Damit wird von der Funktionalität der Assistenz her im Rahmen des vorliegenden Projekts die Unterstützung bei der Stabilisierung und Führung des Fahrzeugs in den Vordergrund gestellt.

Bei der Stabilisierung geht es darum, ein Abkommen von der Fahrbahn und eine Kollision mit anderen Fahrzeugen zu vermeiden. Im Bereich der Querführung muss das Fahrzeug durch Lenken innerhalb eines sicheren Bereichs auf der Fahrspur gehalten werden. Bei der Längsführung muss einerseits eine bestimmte Geschwindigkeit eingehalten werden, mit der die Spurhaltung vor allem im Bereich von Kurven erfolgreich bewältigt werden kann. Außerdem müssen vorhandene Geschwindigkeitsvorgaben (extern durch Verkehrsregeln, intern durch Motive und Ziele des Fahrers bedingt) eingehalten werden. Wenn vorausfahrende Fahrzeuge vorhanden sind, müssen sichere Abstände zu ihnen gehalten werden. Für Längs- und Querführung ergeben sich durch die Führungsebene Vorgaben im Sinne von Soll- oder Führungswerten, die den Verlauf der Idealspur und insbesondere die tolerierbare Abweichung von der Idealspur, die ideale Geschwindigkeit und den idealen Abstand betreffen. Dies lässt sich zusammenfassend beschreiben als das „Wie“ des Fahrens. Zusätzliche Anforderungen ergeben sich auf der Führungsebene durch unterschiedliche Rahmenbedingungen, die die Ausführung unterschiedlicher Fahrmanöver erfordern. Dies entspricht dem „Wohin“ des Fahrens in einem zeitlich eng begrenzten Rahmen. Hier beschreibt z. B. NAGEL (1994) 17 verschiedene Fahrmanöver, mit denen sich das Fahren vollständig beschreiben und damit auch durch einen Automaten bewältigen lässt (s. Tabelle 1).

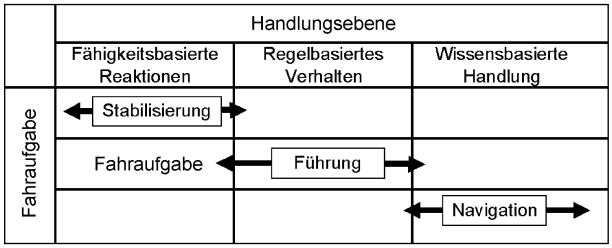

Bild 3: Drei Ebenen der Fahraufgabe und die Zuordnung zur dort wichtigen Handlungsebene

Um die Aufgaben auf der Führungsebene vollständig zu beschreiben, sind damit einerseits die Vorgaben für die Stabilisierungsebene angesprochen, andererseits die verschiedenen Fahrmanöver. Die Vorgaben für die Stabilisierungsebene hängen von den jeweiligen Fahrmanövern ab. Hinzu kommen aber weitere Rahmenbedingungen aus der Situation (z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen, Straßenverlauf, Sichtweite, Reibwert) und dem Fahrer (Motive, Fahrstil usw.). Die 17 Fahrmanöver sind daher um die Vorgaben der Genauigkeit der Spurhaltung, der Soll-Geschwindigkeit und des Soll-Abstands zu ergänzen.

Assistenzsysteme werden in der Regel über ihre Funktionalität im Sinne der Bewältigung bestimmter Fahrmanöver beschrieben, wie die Beispiele

1	An- und Weiterfahren	7	Hinter Fahrzeug anfahren	13	Rückwärts fahren
2	Straße folgen	8	Fahrzeug folgen	14	U-Turn
3	Annäherung Fahrzeug oder Hindernis	9	Kreuzung queren	15	Wenden
4	Überholen	10	Spurwechsel	16	Einparken
5	Anhalten vor Hindernis	11	Abbiegen	17	Ausparken
6	Hindernis passieren	12	Rechts ranfahren und anhalten		

Tab. 1: 17 Fahrmanöver, die spezielle Anforderungen auf der Führungsebene charakterisieren (nach NAGEL, 1994)

Spurwechselassistent, Parkassistent, Kreuzungsassistent zeigen. Assistenzfunktionen betreffen aus dieser Sichtweise verschiedene Fahrmanöver, die mit Hilfe eines Assistenzsystems besser oder komfortabler bewältigt werden können. Je nach Manöver ergeben sich bestimmte Anforderungen an die Sensorik und die Situationsinterpretation und je nach Auslegung des Systems verschiedene Anforderungen an die Aktorik (z. B. Warnsysteme vs. eingreifende Systeme). Dabei kann die Unterstützung durch die Assistenz vor allem die Führungsebene betreffen (z. B. bei der Spurwechselassistenz) oder vor allem die Stabilisierungsebene (z. B. Adaptive Cruise Control ACC, wo vorgegebene Geschwindigkeiten und Abstände eingehalten werden).

Mit dieser Beschreibung der Aufgaben des Fahrers auf der Führungs- und Stabilisierungsebene wird der Raum der möglichen Assistenzfunktionen aufgespannt. Auf dem Markt und in Entwicklung befindliche Assistenzfunktionen sind hinsichtlich der dabei angesprochenen Aufgaben einzuordnen. Dies geschieht in Kapitel 2.4, wo diese Assistenzsysteme kurz beschrieben und klassifiziert werden.

Aus den In-Depth-Unfallanalysen ergeben sich Anforderungen an neue Assistenzfunktionen, die im Hinblick auf die von ihnen unterstützen Aufgaben auf Stabilisierungs- und Führungsebene genauer zu spezifizieren sind. Unter dem Aspekt, mit Hilfe der Assistenzfunktionen Unfälle zu vermeiden, ist für verschiedene Gruppen von Unfällen anzugeben, bei welchem Manöver der Fahrer unterstützt werden muss, um den Unfall zu verhindern, und welche besonderen Anforderungen sich ergeben (z. B. Erkennung anderer Fahrzeuge, Fahrradfahrer oder Fußgänger, Erkennung des Straßenzustands usw.), damit dieses Manöver von der Assistenz adäquat unterstützt werden kann. Schließlich ermöglicht die Analyse der Ursachen der Fehlhandlungen Aussagen darüber, wie der Fahrer unterstützt werden sollte, um die Fehlhandlung zu vermeiden. Der entsprechende theoretische Hintergrund dazu wird im folgenden Kapitel dargestellt.

1.3 Ursachen für Fehlhandlungen als Basis für die Strategie von Assistenzsystemen

In verschiedenen Fehlermodellen werden Gruppen von Fehlhandlungen unterschieden. NORMAN (1981) trennt zwischen drei Klassen von Fehlhandlungen, denen unterschiedliche Ursachen zugrunde liegen. (1) Bei „Fehlern in der Zielbildung“ werden Ziele gesetzt, die nicht der Situation angemessen sind. (2) Beim „Aufruf falscher Schemata (Programme)“ wird zwar das Ziel korrekt gesetzt, aber Programme ausgewählt, mit denen dieses Ziel nicht zu erreichen ist. (3) Bei der „falschen Einordnung zutreffender Programme“ werden die richtigen Programme ausgewählt, aber räumlich-zeitlich nicht korrekt eingeordnet. In ähnlicher Weise unterscheidet auch REASON (1992) „mistakes“, bei denen die Planung und Zielsetzung falsch verläuft, „lapses“, bei denen nicht die korrekten Programme aktiviert werden und „slips“ als Fehler bei der Ausführung. Damit siedeln beide Autoren die Fehler bei verschiedenen Teilprozessen der Handlung an (s. Tabelle 2). Die Setzung der falschen Ziele ist zu begründen durch eine mangelhafte Informationsaufnahme, sodass die Situation falsch eingeschätzt wird. Die Aktivierung der fehlerhaften Programme zur Zielerreichung ist dem Bereich der Handlungsplanung zuzuordnen. Schließlich können Fehler auch bei der Ausführung stattfinden.

HACKER (1998) stellt bei seiner verhütungsorientierten Fehlhandlungsklassifikation die Informationen in den Vordergrund. Seiner Meinung nach liegt die wesentliche Ursache für verschiedene Arten von Fehlern in einem Informationsmangel, der unterschiedliche Ursachen haben kann, oder in der falschen Nutzung von Informationen. Er unterscheidet entsprechend in einem ersten Schritt drei verschiedene Ursachen von Fehlhandlungen. (1) Notwendige Informationen fehlen objektiv. (2) Objektiv vorhandene Informationen werden nicht genutzt. (3) Objektiv vorhandene Informationen werden falsch genutzt. Bei der zweiten Gruppe unterscheidet HACKER fünf Aspekte, die dazu führen, dass vorhandene Informationen nicht genutzt werden: (a) Übersehen, (b) Vergessen/Versäumen, (c) Übergehen, (d) Informationsreduktion bei Redundanzausnutzung und (e) zeit- bzw. kapazitätsbedingte Verarbeitungsdefizite. Bei der falschen Nutzung werden vier Aspekte unterschieden:

	NORMAN	REASON
Informationsaufnahme	Fehler Zielbildung	Mistakes
Handlungsplanung	Aufruf falscher Schemata	Lapses
Ausführung	Falsche Einordnung	Slips

Tab. 2: Einordnung der Klassen von Fehlhandlung nach dem Ort in der Handlung entsprechend den Modellen von NORMAN (1981) und REASON (1992)

(a) falsche Nutzung im Orientieren (Fehlidentifikationen als Sinnestäuschungen oder einstellungsbedingte Fehldeutungen, Erinnerungstäuschungen, Fehlbeurteilungen), (b) falsche Nutzung im Zielstellen, (c) Entwerfen fehlerhafter Programme (zeitlich-räumlich fehlerhafte Festlegungen, fehlerhafte Mittel-Weg-Festlegungen) und (d) die unzutreffende Einordnung richtiger Programme in Ausführungsbedingungen (zeitlich-räumliche Fehleinordnung, Verwechseln).

Diese Klassifikation von HACKER liefert eine sehr feine Unterscheidung der Ursachen für Fehlhandlung, bei der Informationen im Vordergrund stehen. Entsprechende Analysen können genutzt werden, um dem Menschen Informationen so zu vermitteln, dass diese Fehler vermieden werden. Vor dem Hintergrund von Unfällen im Straßenverkehr und der Überlegung, diesen durch Assistenzsysteme entgegenzuwirken, erscheint die Konzentration auf Informationen allerdings als unzureichend. Die zentrale Frage für die Auslegung der Assistenz ist, inwieweit Informationen für den Fahrer die Fehlhandlungen vermeiden können, ob Warnungen oder Vorschläge zu Handlungen notwendig sind oder ob die Ausführung der Handlungen unterstützt werden sollte. Eine Klassifikation von Fehlhandlungen in dieser Richtung bietet das Modell von RASMUSSEN (1982), das von O'HARE et al. (O'HARE, WIGGINS, BATT & MORRISON, 1994) für die Analyse von Flugunfällen modifiziert und von GRÜNDL (2004) auf den Bereich der Kraftfahrzeugunfälle übertragen wurde. Hier wird anlehnend an ein Modell des Handlungsablaufs eine Fehlerklassifikation eingeführt (s. Bild 4).

Wenn der Fahrer keine Möglichkeiten hat, den Handlungsfehler zu vermeiden, handelt es sich nicht um eine Fehlhandlung des Fahrers, sondern um einen mechanischen oder strukturellen Fehler. Dies ist z. B. bei technischen Defekten wie einem Versagen der Bremse der Fall. Auch Assistenzsysteme können in diesem Fall keine Fehler des Fahrers vermeiden. Zu prüfen wäre hier, durch welche technischen Maßnahmen diese Fehler minimiert werden können. Dies ist allerdings nicht die Frage des vorliegenden Projekts. Informationsfehler liegen dann vor, wenn der Fahrer wichtige Informationen nicht wahrgenommen hat, die er für eine sichere Bewältigung der Situation benötigen würde. Dies ist z. B. der Fall, wenn der Fahrer beim Rechtsabbiegen nach links schaut und den von rechts kommenden Radfahrer übersieht. Wenn er die Informationen zwar wahrnimmt, die Situation aber nicht adäquat bewertet, so handelt es sich um einen Diagnosefehler. Ein Beispiel wäre hier beim links Abbiegen mit Gegenverkehr, wenn der Fahrer die Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeugs unterschätzt. Wenn der Fahrer die Situation adäquat einschätzt, aber ein falsches Ziel setzt, so liegt ein Zielsetzungsfehler vor. Dies wäre z. B. der Fall, wenn sich der Fahrer wegen Termindrucks für das Abbiegen entscheidet, während ein Abwarten angemessen wäre. Ein Fehler in der Auswahl der Vorgehensweise liegt dann vor, wenn der Fahrer etwas tut, womit sein Ziel nicht zu erreichen ist. Dies wäre z. B. der Fall, wenn der Fahrer rechts abbiegen will, sich aber nicht in die korrekte Spur einordnet. Handlungsfehler liegen dann vor, wenn die Umsetzung in einzelne Handlungsschritte nicht gelingt. Dies könnte z. B. bei komplexen Handlungen, wenn gleichzeitig gelenkt, gebremst und gehupt werden soll, der Fall sein. Schließlich ist von Bedienungsfehlern die Rede, wenn die motorische Ausführung fehlerhaft durchgeführt wird, also z. B. der Fuß von der Bremse rutscht.

Aus der Analyse dieser verschiedenen Fehlerarten lassen sich Anforderungen an die Eingriffsstrategie

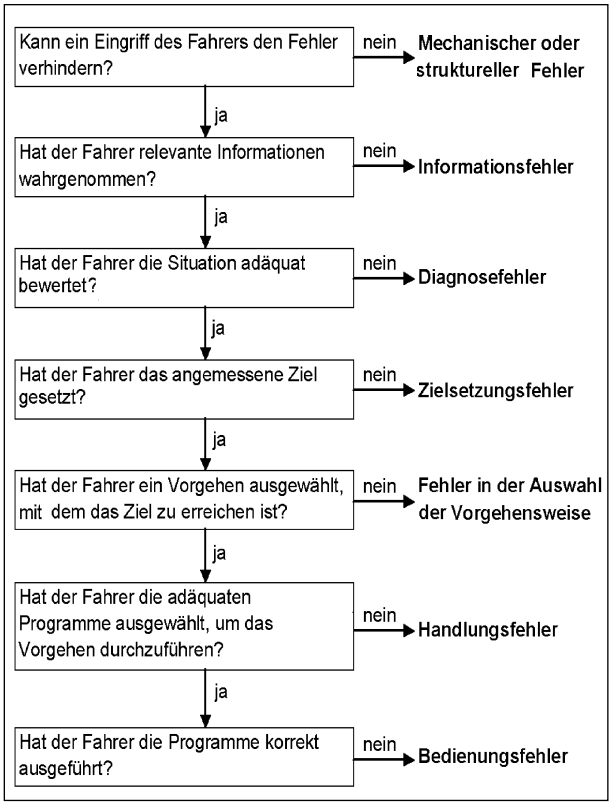

Bild 4: Modell des Handlungsablaufs bei Fehlern in Anlehnung an RASMUSSEN (1982)

Fehlerart	FAS-Strategie
Mechanisch	-
Information	Information
Diagnose	Warnung
Zielsetzung	Aktive Unterstützung
Auswahl	Aktive Unterstützung
Handlung	Eingriff
Bedienung	Eingriff

Tab. 3: Zuordnung von verschiedenen Unterstützungsstrategien für Fahrerassistenzsysteme („FAS-Strategie") in Abhängigkeit von der Fehlerart

von Fahrerassistenzsystemen ableiten (s. Tabelle 3). Bei Informationsfehlern liegt das Problem darin, dass für den Fahrer relevante Informationen nicht verfügbar sind. Entsprechend sollte eine Vermittlung dieser Informationen bereits genügen, damit der Fahrer diesen Fehler nicht begeht (z. B. „Fahrzeug von rechts"). Bewertet er die wahrgenommenen Informationen falsch, muss eine Warnung erfolgen, die eine Neubewertung der Situation auslöst (z. B. „Nicht losfahren!"). Fehler bei der Zielsetzung und Auswahl von Programmen erfordern eine aktive Unterstützung, die dem Fahrer Hinweise gibt, dass ein Fehler vorliegt und wie dieser korrigiert werden könnte. Für die Spurhaltung könnte dies z. B. bedeuten, dass dem Fahrer über ein kleines Lenkmoment signalisiert wird, dass er beginnt, von der Fahrbahn abzukommen, und in welche Richtung er lenken sollte, um dies zu vermeiden. Wenn der Fahrer an einer Kreuzung fälschlicherweise losfahren möchte, könnte das Gaspedal ihm einen Widerstand entgegensetzen, der ihm signalisiert, dass er nicht losfahren sollte. Informationen oder Warnungen genügen nicht, da der Fahrer die relevanten Informationen wahrgenommen und die Situation adäquat bewertet hat, aber die Handlung falsch geplant hat. Liegt der Fehler schließlich bei der Handlung bzw. Bedienung, so kann nur ein Eingriff durch das Assistenzsystem den Fehler sicher verhindern, bei dem das Assistenzsystem selbstständig die notwendigen Aktionen korrekt ausführt, also z. B. bremst und sicher zum Anhalten kommt, wenn dies der Fahrer nicht tut. Bei dieser Art von Fehler ist der Eingriff notwendig, da der Fehler erst ab dem Beginn der Ausführung zu entdecken ist, dem Fahrer keine Zeit für eine Korrektur bleibt und so nur durch einen Systemeingriff die Vermeidung des Fehlers zu erwarten ist. Informationsaufnahme und Planung waren adäquat verlaufen, sodass eine Unterstützung durch Information, Warnung oder aktive Unterstützung wenig Erfolg versprechend erscheint.

Im Hinblick auf die Eingriffsstrategien von Fahrerassistenzsystemen erscheint damit diese Einteilung von Fehlerarten sinnvoll. Allerdings könnte man Fehler bei der Zielsetzung und Auswahl von Vorgehensweisen ebenso zusammenfassen wie Handlungs- und Bedienungsfehler, da dort jeweils dieselben Eingriffsstrategien zu wählen sind. Ähnlich argumentiert auch LARSEN (2004) bei der Analyse von Unfällen. Er unterscheidet 5 Aspekte bei der erfolgreichen Durchführung einer Fahraufgabe (LARSEN, 2004, S. 118):

„1. He must have access to the information, which is necessary to understand the situation (important information may for instance be hidden behind an advertisement sign).

2. He must perceive the necessary information (e.g. attention must be directed towards other relevant road users).

3. He must interpret the information in a correct way (e.g. the interpretation of other road users' behaviour, the interpretation of the course of a curve).

4. He must take the right decision (e.g. about whether to drive into an intersection or to wait).

5. He must act in the right way (e.g. he must make the right evasive actions)."

Damit unterscheidet LARSEN fünf Fehlerursachen, die für das vorliegende Projekt übernommen werden. (1) Wesentliche Informationen sind nicht verfügbar. (2) Wesentliche Informationen werden nicht wahrgenommen, z. B. wegen fehlerhafter Richtung der Aufmerksamkeit. (3) Wesentliche Informationen werden falsch interpretiert. (4) Es wird die falsche Entscheidung getroffen. (5) Handlungen werden fehlerhaft ausgeführt. In den ersten beiden Fällen geht es darum, dem Fahrer zusätzliche Informationen zu vermitteln (s. Tabelle 4). Bei Fehlinterpretationen sind Warnungen notwendig, die den Fahrer dazu bringen, seine Ziele neu zu setzen. Bei Fehlentscheidungen muss das System den Fahrer aktiv unterstützen, um ihn dazu zu bringen, seine Handlungen zu korrigieren. Bei fehlerhafter Ausführung muss die Assistenz eingreifen und diese motorischen Fehler korrigieren.

Nicht berücksichtigt sind bei dieser Einteilung auf den ersten Blick bewusste Verstöße gegen Regeln, die von Fahrern durchgeführt werden (s. GRÜNDL, 2004). Dies wird auch im Modell von REASON (1992) aufgegriffen, der Verstöße von den grundlegenden

Fehlerart	FAS Strategie
Mechanisch	-
Informationsmangel	Information vermitteln
Fehlende Wahrnehmung	Information vermitteln
Fehlinterpretation	Warnung
Fehlentscheidung	Aktive Unterstützung
Fehlerhafte Ausführung	Eingriff

Tab. 4: Wesentliche Fehlerarten und Eingriffsstrategien für Fahrerassistenzsysteme im Rahmen dieses Projekts

Fehlerarten trennt. Fahrer treffen bewusst Entscheidungen, die sie in gefährliche Situationen bringen, oder wählen Ziele, die gefährlich sind. Zum Beispiel wird bei Rot über die Ampel gefahren, unter Alkoholeinfluss gefahren, bei Glätte zu schnell gefahren usw. Entscheidend für die vorliegende Analyse ist die Frage, wie diese Fehlhandlungen durch Fahrerassistenzsysteme zu verhindern sind. Weder Informationen noch Warnungen sind hier sinnvoll, da davon auszugehen ist, dass sich die Fahrer eines gewissen Risikos bewusst sind, das sie aber unterschätzen. Im Prinzip handelt es sich hier um eine Fehlentscheidung, bei der ein Assistenzsystem zumindest aktiv unterstützen muss. Unter der Annahme, dass das Risiko tatsächlich bewusst eingegangen wird, muss allerdings damit gerechnet werden, dass auch diese Unterstützung nicht wirksam ist, sondern vom Fahrer ignoriert wird. Bei einem Eingriff durch das Assistenzsystem ist eher davon auszugehen, dass dieses Verhalten verhindert werden kann. Die Verstöße werden daher zwar als Fehlentscheidungen klassifiziert. Für eine optimale Wirkung von Assistenzsystemen ist hier in Abweichung zu Tabelle 4 wahrscheinlich ein Eingriff sinnvoll. Zusammenfassend werden damit vier Gruppen von Assistenzsystemen unterschieden:

(1) Informationssysteme liefern dem Fahrer zusätzliche Informationen, die ihn darin unterstützen, die Situation richtig einzuschätzen und damit die Handlungen adäquat planen zu können.

(2) Warnsysteme bewerten diese Informationen zusätzlich und machen dem Fahrer deutlich, dass bestimmte Aktionen notwendig sind, überlassen ihm aber die Entscheidung, wie er in dieser Situation adäquat reagiert.

(3) Aktiv unterstützende Systeme assistieren dem Fahrer dabei, die richtige Handlung einzuleiten, ohne diese aber vollständig zu übernehmen.

(4) Eingreifende Systeme führen selbstständig bestimmte Aktionen aus, wobei der Fahrer jederzeit eingreifen und dies übersteuern kann.

Diese Unterscheidung soll kurz an dem Beispiel der Unterstützung der Spurhaltung erläutert werden. Ein Informationssystem könnte z. B. bei schlechter Sicht oder in Baustellen dem Fahrer zusätzliche Informationen darüber visuell darstellen, wo er sich auf der Spur befindet (z. B. über ein Head-up-Display). Ein Warnsystem würde dem Fahrer z. B. über einen Warnton anzeigen, dass er dabei ist, die Fahrspur zu verlassen. Ein aktiv unterstützendes System würde z. B. zusätzlich ein kleines Lenkmoment in der entsprechenden Richtung auf das Lenkrad geben, sodass der Fahrer dieses nur verstärken muss, um die sichere Fahrspurmitte zu erreichen. Ein eingreifendes System würde das Fahrzeug selbstständig in die Fahrbahnmitte lenken, wobei der Fahrer dieses System jederzeit ausschalten könnte oder den Lenkeingriff übersteuern könnte.

Eine zusätzliche fünfte Gruppe von Assistenzsystemen würde selbstständig bestimmte Aktionen übernehmen, ohne dass der Fahrer dies verhindern oder korrigieren kann. Theoretisch könnten sie sinnvoll sein, wenn Fahrer bewusst Risiken eingehen oder nicht fahrtüchtig sind. Diese Art von Assistenzfunktionen erscheint unter rechtlichen und ethischen Gesichtspunkten problematisch (s. Kapitel 4.4), sodass sie hier nicht in die Abschätzung aufgenommen wird.

Ziel der In-Depth-Analysen ist eine Einteilung der Ursachen der Fehlhandlung in die hier dargestellten Fehlerarten, um Anforderungen an die Eingriffsstrategie für Fahrerassistenzsysteme abzuleiten, die die Fehlhandlung verhindern können. Zusammen mit der Analyse der Fehlhandlungen, aus der die notwendige Funktionalität der Fahrerassistenz im Sinne der zu bewältigenden Fahrmanöver und ihrer situativen Rahmenbedingungen abzuleiten ist, ergibt sich damit aus den In-Depth-Unfallanalysen eine Beschreibung von Fahrerassistenzsystemen hinsichtlich Funktionalität und Eingriffsstrategie, um bestimmte Unfälle zu verhindern. Gleichzeitig lassen sich mit dieser Einteilung auch am Markt und in Entwicklung befindliche Assistenzsysteme im Hinblick auf die Möglichkeit bewerten, damit Unfälle zu verhindern.

1.4 Fehlhandlungen und ihre Ursachen als Basis für die Funktionalität und Eingriffsstrategie von Fahrerassistenz

In den vorangehenden Kapitelen ist der theoretische Hintergrund des Projekts dargestellt. Unfälle

werden begriffen als Handlungsfehler, denen bestimmte Fehlhandlungen aus unterschiedlichen Ursachen vorausgingen. Die Beschreibung der Fehlhandlungen und ihrer situativen Rahmenbedingungen geschieht im Rahmen eines hierarchischen Modells des Fahrens, bei dem sich auf der Stabilisierungsebene Aufgaben der Längs- und Querführung stellen, während auf der Führungsebene unterschiedliche Fahrmanöver bewältigt werden müssen. Als Fehlhandlung ist zu beschreiben, inwieweit dies dem Fahrer nicht gelang, sodass der Unfall zustande kam. Umgekehrt sind aus den Fehlhandlungen Anforderungen an die Funktionalität von Fahrerassistenz abzuleiten, mit der diese Aufgaben bzw. Fahrmanöver sicher zu bewältigen wären. Damit ist die erste Frage des Projekts zu klären: „Was muss ein Fahrerassistenzsystem können, um bestimmte Unfälle zu verhindern?“

Die Frage nach der Eingriffsstrategie, also „Wie muss das Fahrerassistenzsystem mit dem Fahrer interagieren, um die Fehlhandlung zu verändern?“, wird durch die Untersuchung der Ursachen der Fehlhandlung beantwortet. Einem Fehlermodell folgend werden verschiedene Fehlerarten danach unterschieden, an welcher Stelle der Handlung die Ursache des Fehlers zu suchen ist, also im Wesentlichen bei der Informationsaufnahme, Interpretation, Handlungsplanung oder Durchführung. Zusätzlich ist das willentliche Eingehen von Risiken zu berücksichtigen. Die theoretischen Überlegungen zeigen, dass in Abhängigkeit von der Ursache des Fehlers Aussagen über diejenige Eingriffsstrategie möglich sind, von der eine positive Wirkung zu erwarten ist.

Mit dieser Art von Analyse sind für jeden Unfall, bei dem die Ursache in einer Fehlhandlung liegt, eine Funktionalität und eine Eingriffsstrategie für ein Fahrerassistenzsystem anzugeben, mit dem dieser Unfall verhindert werden könnte. Bei Unfällen, bei denen mechanische oder strukturelle Fehler vorliegen, ist dies allerdings nicht möglich. Interessant ist die Abschätzung der Häufigkeit dieser Unfälle, weil damit das unfallvermeidende Potenzial von Fahrerassistenzsystemen nach oben begrenzt wird. Unterstellt man, dass alle anderen Unfälle prinzipiell durch Fahrerassistenzsysteme vermieden werden könnten, ergibt sich damit eine globale Abschätzung der Chancen, mit dieser Art von Assistenz Unfälle zu verhindern.

Für die In-Depth-Analysen stellt sich die Frage nach der Analyseeinheit. Nach den theoretischen Überlegungen ist es sinnvoll, einerseits Gruppen von Unfällen zu bilden, bei denen vergleichbare Fahrmanöver vorausgingen, da diese durch eine bestimmte Funktionalität von Fahrerassistenz zu bewältigen sind. Anderseits sind innerhalb jeder Gruppe Untergruppen von Unfällen zu bilden, bei denen vergleichbare Fehlhandlungen und ihre Ursachen vorliegen, da davon abhängig die wirksame Eingriffsstrategie abgeleitet wird. Um diese Überlegungen empirisch abzusichern, wird im nächsten Kapitel kurz dargestellt, wie bei in der Literatur beschriebenen In-Depth-Unfallstudien Unfälle gruppiert werden bzw. was dort als Analyseeinheit vorgeschlagen wird.

1.5 Gruppierung von Unfällen bei In-Depth-Unfallstudien

Im Folgenden werden verschiedene In-Depth-Unfallstudien vorgestellt, um daraus Hinweise auf eine sinnvolle Gruppierung von Unfällen nach dem Ablauf oder den Ursachen zu erhalten. Eine vollständige Übersicht über in der Literatur vorhandene In-Depth-Studien ist hier nicht beabsichtigt, da dies nicht zur Beantwortung der Frage beiträgt, welche Anforderungen an Assistenzsysteme sich aus Unfallanalysen ergeben. Deshalb werden die wenigen Studien dargestellt, in denen eine Typisierung von Unfällen nach dem Ablauf einerseits und den Ursachen andererseits vorgenommen wird.

1.5.1 Kurze Darstellung wesentlicher Studien

RÄSÄNEN und SUMMALA (1998) untersuchen in den Jahren 1990-1994 234 Unfälle mit Fahrradfahrern in vier finnischen Städten. Näher untersucht wurden 97 Unfälle, die an Übergängen für Fußgänger oder Fahrradfahrer stattfanden. Die Unfälle wurden nach dem Bewegungsmuster in Unfalltypen gruppiert. Um Unfallursachen im Bereich von Aufmerksamkeitsdefiziten näher zu beleuchten, wurden Interviews mit Fahrradfahrern und Autofahrern durchgeführt. Dabei wurde erhoben, ob der Konfliktpartner gesehen wurde, ob noch Zeit zum Reagieren war und ob versucht worden war, den Unfall zu vermeiden. Bild 5 zeigt als Beispiel vier Typen, bei denen an einer T-Kreuzung rechts oder links abgebogen wurde und ein Fahrradfahrer jeweils von rechts oder links die Straße überquerte.

In einem zweiten Schritt wurden dann die Unfälle jeden Typs nach den Ursachen gruppiert, indem Annahmen und Reaktionen von Auto- und Fahrrad-

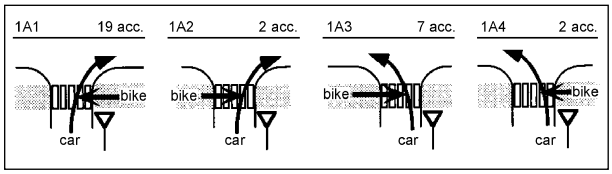

Bild 5: Vier Unfalltypen, bei denen an einer T-Kreuzung nach rechts oder links abgebogen wird und Fahrradfahrer von rechts oder links die Straße überqueren (aus RÄSÄNEN & SUMMALA, 1998, S. 660)

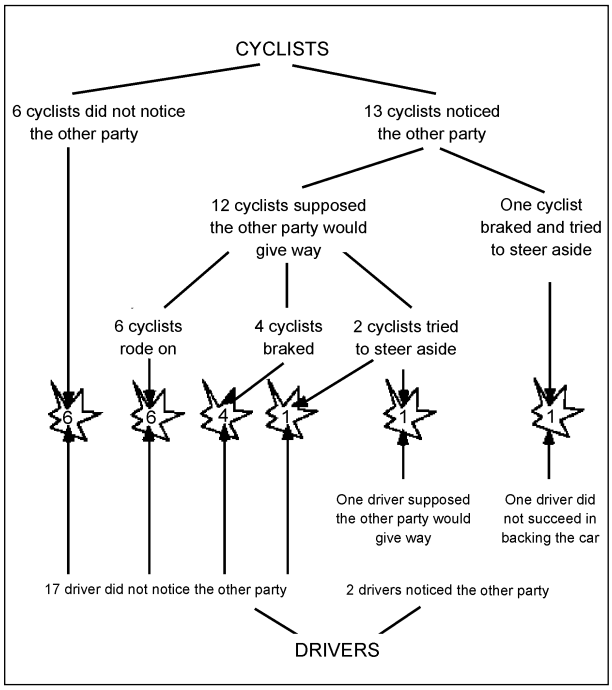

Bild 6: Annahmen von Auto- und Radfahrern bei Unfällen, bei denen der Fahrer Vorfahrt gewähren muss und nach rechts abbiegen möchte, während ein Fahrradfahrer vor ihm von rechts die Straße über den Fußgängerüberweg kreuzt (aus RÄSÄNEN & SUMMALA, 1998, S. 663)

fahrern analysiert wurden. Dies ist in Bild 6 für den Unfalltyp 1A1 (rechts abbiegen, Fahrrad kreuzt von rechts) dargestellt. Bei 17 der 19 Fälle hatten die Autofahrer den Radfahrer nicht bemerkt, bei einem Unfall hatte der Autofahrer angenommen, der Fahrradfahrer würde anhalten, und bei dem letzten Unfall konnte der Autofahrer nicht mehr bremsen. Auch bei den Fahrradfahrern hatten 6 das Auto nicht bemerkt. 12 nahmen an, der Autofahrer werde anhalten, und einer versuchte erfolglos auszuweichen.

LARSEN & KINES (2002) untersuchten mit einem interdisziplinären Team Frontalunfälle und Unfälle beim Linksabbiegen. Die Unfallanalyse bestand aus einer Rekonstruktion der Unfälle mit Hilfe von Polizeiberichten. Diese wurde durch Interviews mit den Unfallbeteiligten und Zeugen vertieft. Über einen Zeitraum von 2 Jahren wurden je 17 Unfälle

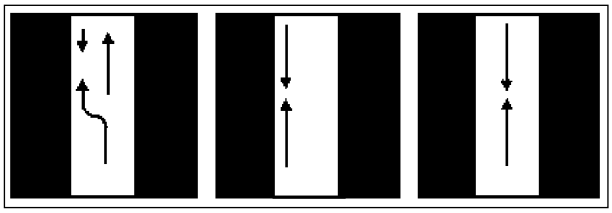

Bild 7: Drei Typen der untersuchte Frontalunfälle (aus LARSEN & KINES, 2002, S. 370). Ganz links geschieht der Unfall beim Überholen, in der Mitte auf der Gegenfahrbahn und rechts werden alle weiteren Frontalunfälle zusammengefasst

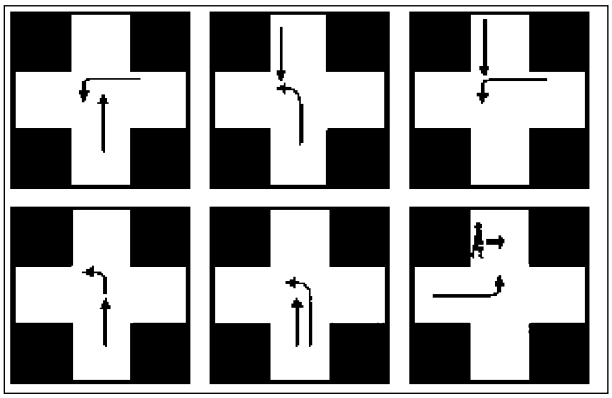

Bild 8: Sechs Typen der untersuchten Unfälle beim Linksabbiegen (aus LARSEN & KINES, 2002, S. 370). Oben links fährt das Fahrzeug in ein anderes Fahrzeug, das von links kommt. In der Mitte kommt das andere Fahrzeug entgegen, oben rechts von rechts. Unten links fährt ein Fahrzeug auf den Linksabbieger auf. Unten Mitte kollidiert der Linksabbieger mit einem Fahrzeug neben sich und unten rechts mit einem Fußgänger, der die Straße kreuzt

der beiden Typen analysiert. Bei den Frontalunfällen wurden nach dem Ablauf drei Typen unterschieden, beim Linksabbiegen 6 Typen. Diese werden in Bild 7 und Bild 8 kurz beschrieben.

Jedem Frontalunfall wurden dann in einem zweiten Schritt verschiedene Unfallursachen zugeordnet: zu hohe Geschwindigkeit, Alkohol, Drogen, Müdigkeit, emotionale Erregung, Unerfahrenheit, Aufmerksamkeitsfehler und Ausweichmanöver. Bei jedem Unfall konnten mehrere dieser Ursachen eine Rolle spielen. Eine Gruppierung machte bei der geringen Fallzahl keinen Sinn. Insgesamt ergibt sich das Bild, dass bei diesen Unfällen bewusst hohe Risiken eingegangen worden waren, was zu Situationen führte, die nicht mehr beherrschbar waren.

Bei den Linksabbieger-Unfällen fanden sich folgende Ursachen: unbewusste, fehlerhafte Ausrichtung der Aufmerksamkeit (Unaufmerksamkeit), überhöhte Geschwindigkeit, Charakteristika der Umwelt, Alkohol oder Medikamente, Fehleinschätzungen von Geschwindigkeit, Abstand oder Bewegungs-

richtung, riskante Überholmanöver, Unerfahrenheit, schlechte Einsehbarkeit und falsche Erwartungen über Ampelschaltungen. Auch hier machte es bei der geringen Fallzahl keinen Sinn, Gruppen von Unfällen zu bilden. Bei fast allen Unfällen spielte allerdings eine fehlerhafte Ausrichtung der Aufmerksamkeit eine Rolle, d. h., dass die Fahrer nicht oder zu wenig in die Richtung schauten, von der sich der andere Verkehrsteilnehmer näherte.

FLEURY & BRENAC (2001) legen bei ihrer Methode der „prototypical scenarios“ (prototypischen Szenarien) die Unfallursachen in den Vordergrund. Zu diesem Zweck werden 4 Stadien des Unfalls unterschieden: (1) die Situation des Fahrers vor Fahrtbeginn und die Fahrsituation vor dem Unfall einschließlich einer Beschreibung der Straße, (2) die Unfallsituation, die entweder unerwartet auftrat, bei einem bestimmten Ereignis (z. B. beim Abbiegen) oder unter bestimmten kinematischen Bedingungen (z. B. zu hohe Geschwindigkeit vor einer scharfen Kurve), (3) die Notfallsituation, in der nur noch extreme Manöver u. U. den Unfall hätten verhindern können, und (4) den Unfall und seine Konsequenzen. Von diesen Beschreibungen ausgehend werden dann Unfälle nach ihrer Ähnlichkeit gruppiert, wobei unabhängige Rater eingesetzt werden. Es handelt sich dabei zwar um ein induktives, subjektives Vorgehen, wobei aber eine hohe Interrater-Übereinstimmung gezeigt werden konnte. Tabelle 5 zeigt ein Beispiel für dieses Vorgehen.

Bei diesem Müdigkeitsunfall ist die Unfallursache die akute Müdigkeit, bedingt durch Schlafmangel oder intensive Aktivität einschließlich Arbeit oder einer langen Fahrt vorher. Der Fahrer schläft ein, sodass das Fahrzeug von der Fahrbahn abkommt. Da der Fahrer nicht reagiert, kommt es zum Unfall. Diese Art von Analysen wurde in Frankreich bei einer Reihe von Unfalltypen bislang erfolgreich eingesetzt. Aus den Beschreibungen lassen sich Gegenmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen ableiten, z. B. für die Verkehrsplanung, aber auch für Informationskampagnen. Allerdings existiert bislang kein allgemeines Unfallmodell zur Beschreibung, d. h., es liegen zwar prototypische Szenarien für bestimmte Unfallsituationen vor, aber kein umfassender Katalog.

Auch bei dem Ansatz von INRETS (MALATERRE, 1990) im Rahmen der In-Depth-Accident-Study (IDAS) werden die Unfallsituation, der Hergang und die Ursachen bei einer Gruppierung von Unfällen berücksichtigt. Ergänzt durch Interviews wurden 72

	Beschreibung
Situation vor Unfall	Aufgrund von akuter Müdigkeit nach der Arbeit oder intensiver Aktivität oder nach einer langen Fahrt fährt der Fahrer auf einer Autobahn
Unfallsituation	Der Fahrer schläft ein, das Fahrzeug beginnt, von der Fahrbahn zu fahren
Notfallsituation	Der Fahrer reagiert nicht
Unfall	Aufprall auf ein Hindernis neben der Fahrbahn oder Überschlagen

Tab. 5: Beispiele für prototypische Szenarien (übersetzt aus FLEURY & BRENAC, 2001, S. 270)

	Beschreibung
Ort	X-Kreuzung mit Stoppschild
Bewegung	Geradeaus kreuzen
Erforderliche Handlung	An Stoppschild anhalten. Fahren, wenn kein anderer Verkehr vorhanden ist
Kritische Aufgabe	Keine
Funktionaler Fehler	Wahrnehmung: nicht gesehen
Fehler	In die falsche Richtung gesehen usw.
Vorausgehend	Fehlerhafte Repräsentation der Kreuzung
Rolle	Aktiv
Faktoren	Stoppschild durch Lastwagen verdeckt usw.

Tab. 6: Verschiedene Aspekte, die für die Beschreibung des Unfalls für die Gruppierung wichtig sind (übersetzt nach MALATERRE, 1990, S. 1408)

Unfälle mit 115 Fahrern durch eine Aufgaben- und Fehleranalyse mit einem Zeitaufwand von ca. einer Woche für 2-3 Personen pro Unfall untersucht. Die Unfälle wurden kompakt beschrieben hinsichtlich Ort, Bewegung der Fahrzeuge, erforderlicher Handlung, kritischer Aufgabe, Lokalisierung des funktionalen Fehlers, Art der Fehlers, vorausgehender Bedingungen, der Rolle des Fahrers und weiterer wichtiger Umweltfaktoren. Tabelle 6 zeigt dies am Beispiel eines Unfalls am Stoppschild.

Für die Gruppierung wurden dann für die untersuchten Unfälle die Prozesse, die zu dem Fehler führten, untersucht und nach Ähnlichkeit gruppiert, wobei sich 15 Kategorien ergaben. Dabei spielen im Wesentlichen Fehler an vier Stellen der Handlung eine Rolle: (1) bei 37 % bei der Wahrnehmung, (2) bei 33 % bei der Informationsverarbeitung, (3) bei 16 % der Handlungsplanung bzw. Entscheidung und (4) bei 14 % bei der Ausführung. Insgesamt liegen damit bei den untersuchten Unfällen die Schwierigkeiten vor allem im Bereich der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung. Bild 9

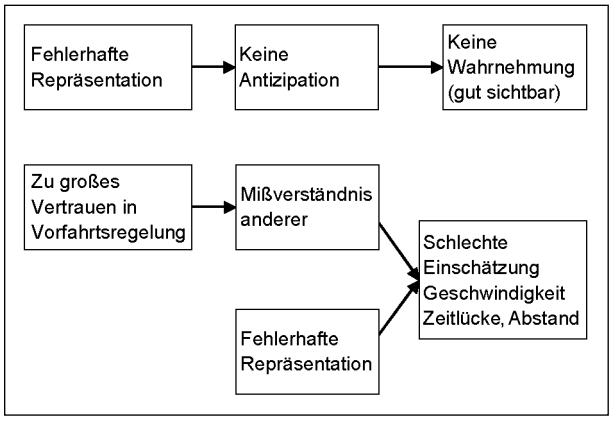

Bild 9: Zwei Beispiele für einen Unfallmechanismus (übersetzt aus MALATERRE, 1990, S. 1413)

zeigt zwei der Kategorien als Beispiel. Bei der ersten Art von Unfällen führt eine fehlerhafte Repräsentation der Situation dazu, dass andere Verkehrsteilnehmer nicht antizipiert werden und so nicht gesehen werden, obwohl sie gut sichtbar sind. Bei der zweiten Kategorie spielen letztlich schlechte Einschätzungen von Geschwindigkeit, Zeitlücken oder Abstand eine Rolle. Die Ursachen dafür sind einerseits ein zu großes Vertrauen in die Vorfahrtsregelung. Hinzu kommt ein Missverständnis des Verhaltens anderer. Zum anderen spielt wieder eine fehlerhafte Repräsentation der Verkehrssituation eine entscheidende Rolle.

1.5.2 Konsequenzen für das eigene Vorgehen

Bei den ersten beiden Studien (LARSEN & KINES, 2002; RÄSÄNEN & SUMMALA, 1998) werden das Fahrmanöver, die Umgebungssituation und das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer in den Vordergrund gestellt. Im zweiten Schritt werden dann aufgrund von Interviews die Wahrnehmung anderer Verkehrsteilnehmer und das eigene Verhalten (RÄSÄNEN & SUMMALA, 1998) bzw. auslösende Rahmenbedingungen für Fehler wie Müdigkeit, Unerfahrenheit und Alkohol (LARSEN & KINES, 2002) als Unfallursachen untersucht, um deren Häufigkeit darzustellen. Damit steht für die Gruppierung mehr der Ablauf als die Ursache im Vordergrund. Die letzten beiden Studien (FLEURY & BRENAC, 2001; MALATERRE, 1990) konzentrieren sich mehr auf die Ursachen. Bei den prototypischen Unfällen (FLEURY & BRENAC, 2001) ist die Situation vor dem Unfall der Ausgangspunkt. Bei INRETS (MALATERRE, 1990) steht die Beschreibung des Unfallmechanismus im Vordergrund. Bei beiden Studien wird deutlich, dass typische Fehler auf unterschiedlichen Ebenen der Handlung zu finden sind und dass sich Unfälle danach gruppieren lassen.

Damit finden sich in diesen Studien die beiden Schwerpunkte, die im ersten Teil dargestellt wurden. Einerseits geht es um eine Beschreibung der Unfallsituation im Sinne des Fahrmanövers und der Rahmenbedingung einschließlich der anderen Verkehrsteilnehmer. Dies gewinnt im vorliegenden Projekt besondere Bedeutung, da damit Anforderungen an die Funktionalität von Assistenzsystemen zu stellen sind, um Fehler in dieser Situation zu verhindern. Zum anderen werden die Fehler der Fahrer analysiert, die unter diesen Bedingungen zu dem Unfall geführt haben. Die In-Depth-Studien zeigen, dass sich Unfälle nach typischen Fehlern gruppieren lassen. Die Beschreibung dieser Fehler stimmt sehr gut überein mit der aus Fehlermodellen abgeleiteten Klassifikation von Fehlerarten. Mit Hilfe dieser Fehlerbeschreibung können Anforderungen an die Auslegung von Fahrerassistenzsystemen gestellt werden, um damit diese Fehler zu verhindern.

Damit ist die wesentliche Frage beantwortet, wie in der vorliegenden Studie Gruppen von hinsichtlich der notwendigen Fahrmanöver ähnlichen Unfallsituationen zu finden sind. In der deutschen Unfallstatistik wird die Unfallsituation durch den sog. Unfalltyp abgedeckt. Dieser beschreibt den Verkehrsvorgang (z. B. Fahren in einer Kurve) bzw. die Konfliktsituation (z. B. Fahrzeug/Fußgänger von rechts), aus welcher der Unfall entstanden ist. Die amtliche Unfallstatistik unterscheidet hier 7 Typen von Unfällen:

1) Fahrunfall: Um einen Fahrunfall handelt es sich, wenn ein Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert, z. B. weil er die Geschwindigkeit nicht entsprechend der Situation gewählt hat.

2) Abbiegeunfall: Um einen Abbiegeunfall handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer ausgelöst wurde.

3) Einbiegen/Kreuzen-Unfall: Um einen Einbiegen/Kreuzen-Unfall handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigten ausgelöst wurde.

4) Überschreiten-Unfall: Um einen Überschreiten-Unfall handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem die Fahrbahn

überschreitenden Fußgänger und einem Fahrzeug ausgelöst wurde – sofern das Fahrzeug nicht abgebogen ist.

5) Unfall durch ruhenden Verkehr: Um einen Unfall durch ruhenden Verkehr handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem auf der Fahrbahn ruhenden, d. h. einem haltenden oder parkenden Fahrzeug ausgelöst wurde.

6) Unfall im Längsverkehr: Um einen Unfall im Längsverkehr handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern ausgelöst wurde, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten – sofern dieser Konflikt nicht die Folge eines Verkehrsvorganges war, der einem anderen Unfalltyp entspricht.

7) Sonstiger Unfall: Hierunter fallen alle Unfälle, die nicht einem der Unfalltypen 1-6 zuzuordnen sind.

Diese erste Gruppierung ist allerdings noch sehr grob. Eine genauere Beschreibung liefert die dreistellige Erweiterung des Unfalltypenkatalogs (FGSV, 2003), wobei die Unfallsituation genauer berücksichtigt wird. Die erste Stelle dieser Kodierung entspricht dem beschriebenen Unfalltyp. Mit der zweiten und dritten Stelle wird die Fahrsituation dann noch genauer beschrieben. Beim Fahrunfall „1“ wird als „10“ der Fahrunfall in der Kurve erfasst, wobei „101“ die Linkskurve, „102“ die Rechtskurve beinhaltet.

Dieser Unfalltyp eignet sich sehr gut als erster Schritt für die Gruppierung von Unfällen hinsichtlich des Unfallhergangs, da jedem Unfalltyp bestimmte Fahrmanöver und Rahmenbedingungen zuzuordnen sind, mit denen der Unfall zu vermeiden wäre. Innerhalb jedes Typs werden dann über eine Analyse von Unfallprotokollen verschiedene Fehlhandlungen identifiziert, um dies für den zweiten Schritt der Gruppierung zu nutzen. Aus diesen Analysen werden dann einerseits Anforderungen an Assistenzsysteme abgeleitet, die die Unfälle verhindern könnten. Andererseits kann abgeschätzt werden, welchen Einfluss vorhandene oder in Entwicklung befindliche Assistenzfunktionen auf die Verkehrssicherheit im Sinne einer Verhinderung von Unfällen haben. Diese Art von Abschätzung wurde bereits in der Literatur in verschiedenen Studien vorgenommen, die im folgenden Kapitel kurz dargestellt werden.

1.6 Vorhandene Studien zur Ableitung der Wirkung von Assistenzsystemen aus Unfallanalysen

Seit Beginn der 90er Jahre wird versucht, über Unfallanalysen prospektiv abzuschätzen, welchen Sicherheitsgewinn Fahrerassistenzsysteme erreichen könnten. Dazu wird mit unterschiedlichem Aufwand geschätzt, inwieweit bestimmte Unfälle durch verschiedene Assistenzsysteme vermieden werden würden. Einen Überblick über vorliegende Studien und eine Bewertung liefert KOCHERSCHEIDT (2004). Im Folgenden werden wesentliche Studien kurz dargestellt.

Im Rahmen des PROMETHEUS-Projekts analysierte die PRO-GEN Safety Group für Unfallstichproben aus drei Ländern das unfallvermeidende Potenzial von drei Assistenzfunktionen (zitiert nach KOCHERSCHEIDT, 2004). Dazu wurde für verschiedene Unfälle aus drei Ländern von Experten eingeschätzt, was der maximale Nutzen verschiedener Assistenzfunktionen sein könnte (s. Tabelle 7). Insgesamt ergaben sich dabei recht niedrige Werte, wobei vor allem für den Kreuzungsbereich Möglichkeiten gesehen werden, die zwischen 16 und 20 % vermeidbarer Unfälle liegen.

Die BMW-Unfallforschung analysierte bei einer Stichprobe von Unfällen über Expertenschätzungen, inwieweit verschiedene Assistenzsysteme den Unfall vermeiden könnten (KOCHERSCHEIDT, 2004). Dazu wurden die detaillierten Unfallrekonstruktionen verwendet und pro Unfall abgeschätzt, ob und in welchem Maße der Unfall hätte verhindert werden können. Bild 10 zeigt die Ergebnisse. Höhere Sicherheitspotenziale ergeben sich vor allem für die Absicherung beim Überholen und beim kooperativen Kreuzen/Einbiegen, wobei auch hier die Werte unter 15 % liegen.

GWEHENBERGER & KIEBACH (2004) berichten die Ergebnisse verschiedener Unfallanalysen mit schwerem Personenschaden des Gesamtverbands

	Deutschland	Frankreich	England
Überholen	3	1	6
Kreuzungsassistent	20	16	-
Überwachung des Fahrerzustands	10	5	18

Tab. 7: Geschätzte maximale Effekte von verschiedenen Assistenzfunktionen aus PROMETHEUS (zitiert nach KOCHERSCHEIDT, 2004). Dargestellt ist der Anteil der Unfälle in Prozent, die vermieden werden könnten

der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV). Dort werden Unfälle mit vergleichbarem Hergang zusammengefasst und dann abgeschätzt, inwieweit eine bestimmte Assistenzfunktion positiv gewirkt hätte (s. Tabelle 8).

Bei Kleintransportern würde eine Rückfahrtkamera insgesamt 5 % der Unfälle vermeiden, wobei dies innerorts nur bei 14 % der Fall ist. Bei Lastwagen liegt das Potenzial bei 1 % insgesamt und 3 % innerorts. Ein Abbiegassistent und ein seitlicher Abstandswarner für Lkw betrifft 3 % der Unfälle insgesamt und 8 % innerorts. Mit einem Abstandsregler für Lkw ließen sich 11 % der Unfälle insgesamt und 16 % der Unfälle außerorts verhindern. Für ein ISA-System (Intelligent Speed Adaptation, vgl. Kapitel 2.4.15) ist der Effekt nur insgesamt abzuschätzen und könnte nach Expertenmeinung zwischen 30 und 60 % der Unfälle liegen.

WILTSCHKO (2003) untersucht 690 polizeilich erfasste Unfälle aus den Jahren 1996 bis 2001. Die Rekonstruktion der Unfallsituation erfolgt anhand von Unfallberichten und Unfallskizzen. Herangezogen werden nur innerstädtische Unfälle. Unterschieden werden in Anlehnung an FASTENMEIER (1995) auf der situativen Seite verschiedene Straßentypen, Knotentypen und Fahrtrichtungen. Auf der Seite der Unfallursachen werden 8 Arten des Fehlverhaltens eingeführt, die in Tabelle 9 mit ihrer Häufigkeit bei den Unfällen dargestellt sind.

Für drei Arten von Assistenzen (Kreuzungsassistenz, Abstandsregler und Spurwechselassistenz) wird für verschiedene Arten von Fehlverhalten geschätzt, wie hoch das Vermeidungspotenzial in verschiedenen Verkehrssituationen ist (s. Tabelle 10). Bei dieser Schätzung wird davon ausgegangen, dass die Assistenzfunktionen informierend bzw. warnend realisiert werden, sodass der Fahrer die Warnung grundsätzlich missachten könnte. Bei

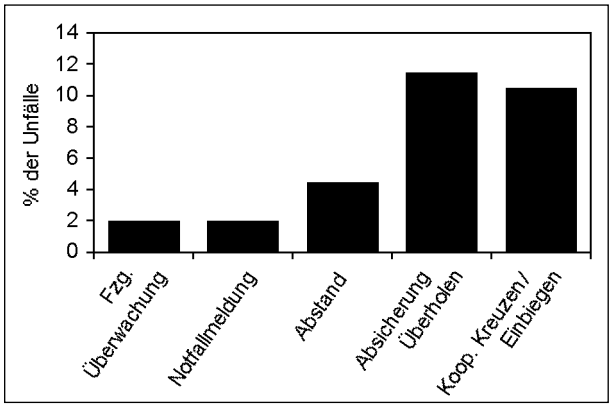

Bild 10: Sicherheitspotenziale verschiedener Assistenzfunktionen von der BMW-Unfallforschung (zitiert nach KOCHERSCHEIDT, 2004)

	Beeinflussbare Unfälle mit schwerem Personenschaden			
	Gesamt	Innerorts	Außerorts	BRD
Rückfahrtkamera für				
Kleintransporter	5 %	14 %	-	180
Lkw	1 %	3 %	-	50
Abbiegeassistent für Lkw	3 %	8 %	-	100
Seitlicher Abstandswarner für Lkw	3 %	8 %	-	150
Abstandsregler für Lkw	11 %	-	16 %	550
ISA	(30-60 %)	n. a.	n. a.	n.a.

Tab. 8: Sicherheitspotenzial für verschiedene Assistenzsysteme aus Studien des GDV bei Unfällen mit schwerem Personenschaden (nach GWEHENBERGER & KIEBACH, 2004)

	Fehlverhalten	Anzahl	Anteil
FV1	Abkommen von der Fahrbahn	116	16.8 %
FV2	Fehler in der Abstandsregelung	154	22.3 %
FV3	Fehler beim Fahrstreifenwechsel	50	7.2 %
FV4	Missachtung der Lichtsignalanlage	46	6.7 %
FV5	Missachtung der Vorfahrt	175	25.4 %
FV6	Fehler beim Wenden / Rangieren	45	6.5 %
FV7	Fehler im ruhenden Verkehr	82	11.9 %
FV8	Falsches Verhalten gegenüber Fußgänger und Radfahrer	22	3.2 %

Tab. 9: Verschiedene Arten des Fehlverhaltens und ihre Häufigkeit bei den untersuchten Unfällen (aus WILTSCHKO, 2003, S. 13)

Assistenzfunktion	Fehlverhalten	Vermeidungspotenzial	Verkehrssituation bzw. Unfallsituation
Kreuzungsassistent	FV4: Rotüberfahrt	75 %	ampelgeregelt
	FV5: Vorfahrtsmissachtung	50 %	schildergeregelt
Abstandsregler	FV2: Fehler in der Abstandsregelung	80 %	kreuzungsfrei
		50 %	ampelgeregelt
		60 %	schildergeregelt
Spurwechselassistent	FV3: Fehler beim Fahrstreifenwechsel	70 %	kreuzungsfrei

Tab. 10: Vermeidungspotenzial verschiedener Arten von Assistenz für die dargestellten Arten des Fehlverhaltens in bestimmten Verkehrssituationen (aus WILTSCHKO, 2003, S. 14)

automatisch eingreifenden Systemen wäre das Vermeidungspotenzial höher.

Berücksichtigt man nun die Häufigkeit der verschiedenen Unfallsituationen, die Häufigkeit des Fehlverhaltens in diesen Unfallsituationen und das Vermeidungspotenzial, so kann ein auf das gesamte Unfallmaterial bezogenes Vermeidungspotenzial berechnet werden (s. Tabelle 11). Für Kreuzungsassistenten und Abstandsregler wird ein relativ großes Potenzial von 15 % bzw. 14 % gesehen, während es für den Spurwechselassistenten bei 3 % liegt.

Sicherheitspotenziale ergeben sich vor allem für die Absicherung beim Überholen und beim kooperativen Kreuzen/Einbiegen, wobei auch hier die Werte unter 15 % liegen.

Diese Analyse hat den großen Vorteil, dass sie verschiedene Arten des Fehlverhaltens in unterschiedlichen Fahrsituationen berücksichtigt und eine quantitative Schätzung des Sicherheitspotenzials ermöglicht. Der Aufwand für die entsprechende Datenaufbereitung ist vertretbar, da von den vorhandenen Unfallberichten ausgegangen wird. Problematisch ist die Schätzung des Vermeidungspotenzials: Das Fehlverhalten ist relativ grob beschrieben (z. B. „Fehler beim Spurwechsel“), sodass auch die Assistenzfunktion, die hier unterstützen soll, sehr allgemein bleibt (z. B. „Unterstützen des Fahrers bei Spurwechselmanöver“). Wie sich dann für kreuzungsfreie Bereiche ein Vermeidungspotenzial von 70 % ergibt, ist schwer zu belegen.

Zusammenfassend ergeben sich aus unterschiedlichen Unfallanalysen für eine beschränkte Anzahl von Assistenzfunktionen Hinweise darauf, dass diese bis zu 20 % aller Unfälle verhindern könnten. Allerdings sind die Beschreibungen der Funktionalität der Assistenzsysteme, die benötigt wird, um die Unfälle zu vermeiden, sehr allgemein („Kreuzungsassistent“), sodass je nach realisierter Funktionalität und Eingriffsstrategie diese Prozentsätze sehr stark von dieser Schätzung abweichen können. Außerdem wurden teilweise sehr große Gruppen von Unfällen zusammenfassend betrachtet, sodass schwierig abzuschätzen ist, welcher Anteil dieser Unfälle durch ein Assistenzsystem verhindert werden könnte. Positiv ist anzumerken, dass durch die Analyse der Unfälle Hinweise darauf erhalten werden, welche Funktionalität zu entwickeln ist, um diesen Unfall zu vermeiden. KOCHERSCHEIDT bewertet dies entsprechend (2004, S. 6): „Die erfolgreichste, aber auch aufwändigste Auswertung von Unfalldaten besteht darin, gut dokumentierte Unfallanalysen fallweise zu betrachten und dabei jeweils anhand des Unfallablaufs das Potenzial der Unfallvermeidung eines zukünftigen Assistenzsystems abzuschätzen.“ Dieser Ansatz ist zu erweitern, indem aus dem Unfallablauf abzuleiten ist, wie denn ein ideales Assistenzsystem aussehen müsste, um diesen Unfall zu vermeiden. Diese Idee wird bei den vorliegenden Analysen verfolgt.

Assistenzfunktion	Reduktion der Unfallzahlen	Reduktion der Unfallkosten
Kreuzungsassistent	15 %	13 %
Abstandsregler	14 %	18 %
Spurwechselassistent	3 %	4 %

Tab. 11: Sicherungssteigerungspotenzial im Ballungsraum (aus WILTSCHKO, 2003, S. 15)

Die Schätzung, welcher Anteil von Unfällen durch eine bestimmte Assistenzfunktion vermieden werden könnte, ist umso schwieriger, je mehr Reaktionsmöglichkeiten der Fahrer in Bezug auf das Assistenzsystem hat, d. h., wie das System ausgelegt ist. Ein informierendes oder warnendes System kann ignoriert werden, der Fahrer kann zu spät reagieren usw. Die Effektivität eines solchen Systems in Bezug auf die Unfallvermeidung hängt einerseits von der Auslegung der Assistenz ab (wie wird gewarnt oder informiert?), anderseits von dem Fahrer und der Situation, in der er sich befindet. Bei einem aktiv unterstützenden oder eingreifenden System ist eher von einer einheitlichen Wirkung auszugehen. Damit müssen bei der Schätzung des Sicherheitspotenzials unterschiedliche Eingriffsstrategien berücksichtigt werden. Dies wird geleistet durch die Analyse unterschiedlicher Ursachen für Fehlhandlungen, woraus wiederum Hinweise auf die Effektivität unterschiedlicher Eingriffsstrategien abzuleiten sind.

2 Methodik

2.1 Konzept der Braunschweiger Unfallanalysen

Bild 11 zeigt das Vorgehen der Studie im Überblick. Untersucht werden Unfälle aus Braunschweig aus dem Jahr 2002, die eine Auswahl der Unfälle Deutschlands darstellen. Zur Einordnung und Gewichtung der Ergebnisse wird außerdem eine 50%-Stichprobe der Unfälle Deutschlands herangezo-

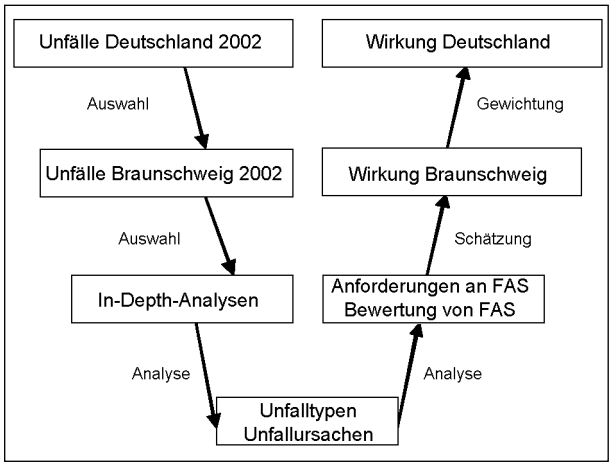

Bild 11: Überblick über das Vorgehen in der Studie. Zur Erklärung s. Text

gen. Die vorliegenden Unfallprotokolle werden für In-Depth-Analysen genutzt, wobei anhand des Unfallhergangs verschiedene Unfalltypen unterschieden werden. Für jeden Unfalltyp wird bestimmt, welches Fahrmanöver (z. B. Kurvenfahrt) sicher durchgeführt werden muss, um den Unfall zu vermeiden. Dabei werden situative Rahmenbedingungen (z. B. Regen) berücksichtigt. Damit ergibt sich die Funktionalität eines Fahrerassistenzsystems, mit dem der Unfall zu vermeiden ist. Für vorhandene Assistenzfunktionen kann bewertet werden, inwieweit sie dieses Fahrmanöver unterstützen, um den Unfall zu verhindern. Außerdem werden pro Unfalltyp verschiedene Fehlhandlungen und ihre Ursachen bestimmt, die zu dem Unfall geführt haben. Dies ergibt pro Unfalltyp eine zweite Gruppierungsstufe nach den Ursachen der Fehlhandlungen, aus denen die Eingriffsstrategie für die unfallvermeidende Assistenzfunktion abgeleitet werden kann bzw. vorhandene Assistenzsysteme mit ihrer implementierten Eingriffsstrategie hinsichtlich ihres Unfallvermeidungspotenzials entsprechend bewertet werden können.

Damit sind einerseits Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme zu beschreiben, mit denen bestimmte Unfälle verhindert werden könnten, wobei die quantitative Wirkung durch Bezug auf die Häufigkeit dieser Unfälle zu bestimmen ist. Durch die Gewichtung der Braunschweiger Daten entsprechend der vorliegenden 50%-Unfallstichprobe der Unfälle aus Deutschland insgesamt ist auch die Wirkung in Deutschland insgesamt abzuschätzen.

Zentral für dieses Vorgehen ist im ersten Schritt die Gruppierung von Unfällen nach Unfalltypen, denen ein bestimmtes Fahrmanöver mit bestimmten Rahmenbedingungen (Umwelt, andere Verkehrsteilnehmer) entspricht. Hier bietet die dreistufige Einteilung der Unfalltypen (s. FGSV, 2003) die Lösung. Im zweiten Schritt sind für jeden Unfalltyp Gruppen von Unfällen zu bestimmen, denen vergleichbare Ursachen zugrunde liegen. In Anlehnung an verschiedene oben dargestellte Fehlermodelle wird zwischen Fehlhandlungen und ihren Ursachen unterschieden, die verschiedenen Stufen der Handlung (Informationsaufnahme, Interpretation, Handlungsplanung und Ausführung) zuzuordnen sind.

Die vorliegenden Unfallprotokolle sind gut geeignet, um die dem Unfall vorangehenden Fehlhandlungen zu beschreiben, da diese gut beobachtbar bzw. aus der Beschreibung der Unfallstelle und des Unfallhergangs gut abzuleiten sind. Problematischer ist die Angabe über die Ursachen. In den in der Literatur dargestellten In-Depth-Unfallstudien waren häufig Interviews durchgeführt worden, um aus den Aussagen der Fahrer Ursachen für die Fehlhandlungen abzuleiten. Dies ist allerdings mit extrem hohem Aufwand verbunden, der im Rahmen des vorliegenden Projekts vermieden werden sollte. In den Unfallprotokollen finden sich andererseits sowohl Aussagen der Fahrer als auch der unfallaufnehmenden Polizeibeamten, die für die Ableitung der Unfallursachen genutzt werden. Dieses Vorgehen wird im Einzelnen im Bereich der Methodik beschrieben. Vorab ist darauf hinzuweisen, dass diese Zuordnung aufgrund des vorliegenden Datenmaterials teilweise schwierig ist. Dies geht in die Abschätzung ein, mit welcher Eingriffsstrategie die Fehlhandlung verhindert werden könnte. Diese Aussagen sind daher mit Vorsicht zu behandeln, als Hinweise darauf, welche Eingriffsstrategie am sinnvollsten sein könnte. Um diese Hypothesen über optimale Eingriffsstrategien zu erhärten, sind gezielte weitere Unfalluntersuchungen notwendig oder experimentelle Untersuchungen in Simulatoren, in denen bestimmte Fehlhandlungen provoziert werden und die Ursachen bzw. Gegenmaßnahmen in ihrer Wirkung untersucht werden können.

Die zweite Einschränkung der vorliegenden Studie betrifft das Material der Unfallprotokolle. Die vorliegende Stichprobe der Braunschweiger Unfälle wird unten im Vergleich zu einer vergleichbaren Unfallstatistik für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2002 beschrieben. Wie bei jeder Stichprobe stimmt auch diese nicht in allen Merkmalen mit den Unfällen Deutschlands überein. Über eine Gewichtung mit Einbezug wesentlicher Merkmale wird ver-

sucht, den Auswahlverzerrungen entgegenzuwirken. Insoweit dies gelingt, sind die Ergebnisse dieser Untersuchung auch repräsentativ für Deutschland.

2.2 Datenbasis und Gewichtung

Im Folgenden wird zunächst die Datenbasis beschrieben, die die Grundlage für die In-Depth-Analysen bildet. Die Unfallprotokolle des Jahres 2002 aus der Polizeidirektion Braunschweig, die die verbale Beschreibung des Unfallablaufs enthalten, wurden digitalisiert, sodass sie für die Analysen zur Verfügung standen. Zusätzlich wurden wesentliche Informationen über den Unfall in eine Datenbank eingetragen, sodass diese in vergleichbarer Form vorliegen wie die Informationen über Unfälle aus der amtlichen Unfallstatistik. Da es sich bei diesen Unfällen um eine lokal begrenzte Stichprobe aller Unfälle handelt, ist für weitergehende Aussagen ein Bezug auf Unfälle in Deutschland insgesamt notwendig. Zu diesem Zweck wurde eine 50%-Stichprobe aus der amtlichen Unfallstatistik Deutschlands aus dem Jahr 2002 vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellt.

Im ersten Kapitel wird zunächst kurz dargestellt, welche Auswahl aus den beiden Datensätzen durchgeführt wurde im Hinblick auf die Fragestellung der Sicherheit erhöhenden Wirkung von Fahrerassistenzsystemen bei Pkw. Im zweiten Kapitel wird ausgehend von einer Beschreibung wesentlicher Unterschiede zwischen den beiden Datensätzen die Gewichtungsprozedur beschrieben, die die Unfallschwere, den Unfalltyp, Wochentag und Tageszeit berücksichtigt. Im letzten Kapitel wird das Ergebnis der Gewichtung im Vergleich der Datensätze dargestellt.

2.2.1 Auswahl der Unfälle für die Analysen

Für Deutschland wurde vom Statistischen Bundesamt eine 50%-Stichprobe mit ausgewählten Merkmalen erworben. Es handelt sich um insgesamt 232.154 Unfälle. Von diesen wurden die Unfälle ausgewählt, bei denen der Verursacher ein Pkw war und der Fahrer (so weit bekannt) mindestens 18 Jahre alt war. Außerdem wurden die Unfälle ausgeschlossen, bei denen die Tageszeit nicht erfasst worden war, da dies für die Gewichtung (s. u.) wichtig ist.

- Die Datenbasis für die Gewichtung sind damit 185.004 Unfälle aus Deutschland im Jahr 2002, bei denen der Verursacher ein Pkw war und der Fahrer (so weit bekannt) mindestens 18 Jahre alt war.

Für Braunschweig liegen als Ausgangsdatensatz 5.449 schriftliche Protokolle von Unfällen aus Braunschweig vor, die im Jahr 2002 erfasst wurden.[1] Für diese wurde die Beschreibung des Unfallhergangs digitalisiert und die wesentlichen Informationen in vergleichbarer Weise wie bei der amtlichen Unfallstatistik in eine Datenbank überführt. Erfasst werden Vorgangsnummer, Unfalldatum, Uhrzeit, Ortslage, Anzahl Beteiligter, Leichtverletzter, Schwerverletzter und Toter, Gesamtschaden in Euro, Art des Unfalls, bis zu drei Unfallursachen, Anzahl, Alter und Geschlecht der Insassen und Fahrzeugart bei Verursacher und Beteiligtem, Lichtverhältnisse, Straßenzustand, Verkehrsstufe, Charakteristik der Unfallstelle und der dreistellige Unfalltyp.

Es wurden zunächst die Unfälle ausgeschlossen, bei denen der Unfalltyp in den Protokollen nicht erfasst wurde (6 Unfälle). Die Unfälle von 2000 und 2001, die sich ebenfalls in der Datenbank befanden, wurden anhand der Unfallprotokolle identifiziert und ebenfalls ausgeschlossen (40 Unfälle). Somit verbleiben insgesamt 5.403 Unfälle in der Datenbank. Da sich die Unfallanalyse auf Pkw konzentriert, werden alle Unfälle, bei denen der Verursacher kein Pkw ist, aus der Datenbank entfernt (1.140 Unfälle). Schließlich werden alle Unfälle ausgeschlossen, bei denen der Fahrer jünger als 18 Jahre war (5 Unfälle).

- Die Datenbasis für die In-Depth-Analysen sind damit 4.258 Unfälle aus Braunschweig aus dem Jahr 2002, bei den der Verursacher ein Pkw war und der Fahrer (so weit bekannt) mindestens 18 Jahre alt war.

Bei den In-Depth-Analysen zeigten sich verschiedene Fehler bei den Protokollen. Unfällen war der falsche Unfalltyp zugeordnet worden oder es war wegen Fehlern beim Digitalisieren kein Protokoll zuzuordnen. Für diese Unfälle konnte keine In-Depth-Analyse durchgeführt werden. Sie müssen aber bei den Berechnungen berücksichtigt werden,

---

1 Insgesamt wurden in Braunschweig 2002 9.347 Unfälle aufgenommen. Bei den uns vorliegenden Protokollen handelt es sich um eine Zufallsstichprobe von etwas mehr als 50 % dieser Unfälle.

da dies sonst die Schätzung eines Effekts von FAS beeinflussen würde.

Bei dem Vergleich der Datensätze aus Braunschweig und aus Deutschland zeigt sich, dass in den Braunschweiger Protokollen auch Unfälle mit geringem Sachschaden enthalten sind, während in die Unfallstatistik der Bundesrepublik Deutschland nur die Unfälle aufgenommen werden, bei denen mindestens ein Fahrzeug nicht mehr fahrbereit ist oder eine Ordnungswidrigkeit vorliegt (z. B. Alkohol). Dieses Kriterium ist allerdings auf den vorliegenden Protokollbögen nicht zu erkennen, sodass eine entsprechende Auswahl der Braunschweiger Unfälle für die Gewichtung in direkt vergleichbarer Weise nicht möglich ist. Allerdings liegt für die Braunschweiger Daten die Information über die Höhe des Sachschadens vor, die bis Mitte der 90er Jahre als Kriterium für den Einschluss in die Bundesdeutsche Statistik genutzt wurde. Um hier ein geeignetes Kriterium zu bestimmen, ab welcher Höhe des Sachschadens Unfälle aus Braunschweig einbezogen werden sollten, damit sich möglichst ähnliche Verhältnisse wie in der amtlichen Unfallstatistik der Bundesrepublik Deutschland ergeben, wurde der Anteil von Unfällen mit schwerem Sachschaden (ohne Personenschaden) in der Bundesrepublik Deutschland herangezogen (in der vorliegenden Stichprobe 30,6 %). Für die Braunschweiger Unfälle wurde dann ein Kriterium der Schadenshöhe gesucht, dass einen vergleichbaren Anteil liefert. Die beste Annäherung liefert ein Kriterium von 6.000 € oder mehr, bei dem sich ein Anteil von 37,4 % ergibt.[2]

Damit ergibt sich ein reduzierter Datensatz aus Braunschweig mit schweren Unfällen, der für die Gewichtung auf die bundesdeutschen Verhältnisse zu nutzen ist.

- Die Datenbasis für den Vergleich mit der bundesdeutschen Statistik besteht aus 993 Unfällen aus Braunschweig aus dem Jahr 2002, bei denen der Verursacher ein Pkw war, der Fahrer (so weit bekannt) mindestens 18 Jahre alt war und entweder Personenschaden oder Sachschaden ab 6.000 € vorlag.

Damit bleibt allerdings ein systematische Unterschied zwischen diesen beiden Datensätzen, da Unfälle mit geringerem Sachschaden in Braunschweig, bei denen eine Ordnungswidrigkeit vorlag, im Unterschied zu den Daten der amtlichen Unfallstatistik Deutschland nicht bei diesen schweren Unfällen einbezogen sind. Diese sind damit etwas unterrepräsentiert.

Für die In-Depth-Auswertungen werden alle Daten aus Braunschweig genutzt, da damit einerseits eine breitere Datenbasis vorliegt und da andererseits auch Unfälle mit geringerem Sachschaden sowohl für die individuellen Fahrer als auch für die Volkswirtschaft relevant sind. Durch die Gegenüberstellung der Ergebnisse für Braunschweig insgesamt (einschließlich geringer Sachschadensunfälle) und der schweren Braunschweiger Unfälle lässt sich auch die mögliche Wirkung von Fahrerassistenzsystemen im Hinblick auf die unterschiedliche Schadensschwere bewerten.

In Kapitel 2.2.2 werden die Datensätze kurz beschrieben und die Gewichtung der Braunschweiger Unfälle dargestellt.

2.2.2 Beschreibung und Vergleich – Unfälle in Braunschweig und Deutschland 2002

Bild 12 zeigt den prozentualen Anteil der verschiedenen Unfalltypen bei den Unfällen in Braunschweig (bei schweren Unfällen und gesamt) und Deutschland im Vergleich. Insgesamt ist die Struktur ähnlich, aber in Braunschweig sind mehr Unfälle im Längsverkehr und mehr Unfälle durch ruhenden Verkehr enthalten, dafür weniger Fahrunfälle, weniger sonstige Unfälle und weniger Überschreitenunfälle. Einbiegen/Kreuzen- und Abbiegen-Unfälle sind bei schweren Braunschweiger Unfällen etwas häufiger als in der Bundesrepublik Deutschland, bei den Unfällen gesamt seltener. Die schweren Unfälle in Braunschweig sind den bundesdeutschen Unfällen erwartungsgemäß ähnlicher, aber auch hier bestehen Unterschiede, sodass eine Gewichtung notwendig ist. Der größte Unterschied besteht im Bereich der Fahrunfälle, die in der Braunschweiger Datenbasis seltener als in der Bundesrepublik Deutschland auftreten. Dies kann dadurch bedingt sein, dass der Anteil des Stadtgebiets größer ist als es für die Bundesrepublik Deutschland insgesamt typisch ist.

In Bild 13 ist die Verteilung der Unfälle auf den Wochentag und die Tageszeit dargestellt. Samstag und Sonntag wurden als Wochenende zusammen-

[2] Es wurde ein runder Wert gewählt, da die Analyse der Häufigkeiten zeigt, dass die Beamten in der Regel auch runde Schadenssummen schätzen. Verändert man das Kriterium um 1.000 € nach oben oder unten, sind die Abweichungen vom Anteil in der Bundesrepublik Deutschland größer.

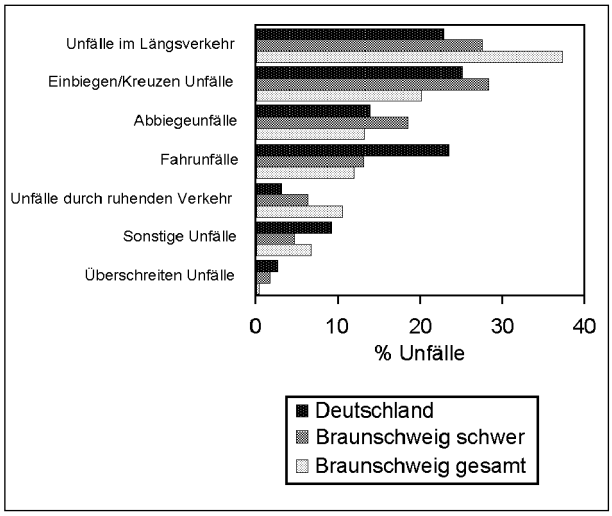

Bild 12: Prozentualer Anteil der verschiedenen Unfalltypen an den Datensätzen aus Braunschweig und aus Deutschland

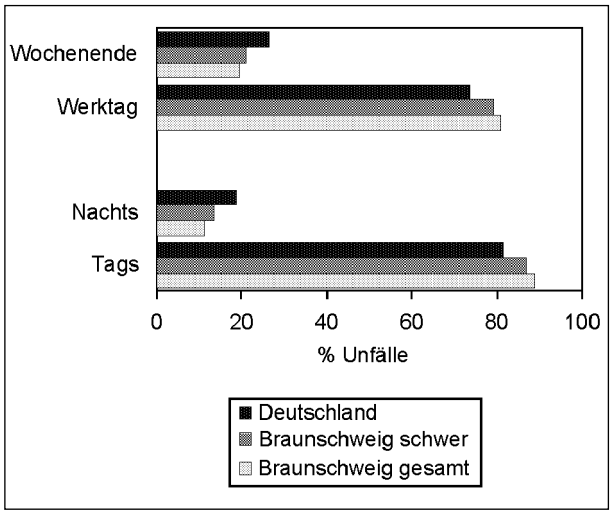

Bild 13: Prozentualer Anteil der Unfälle in Abhängigkeit vom Wochentag und der Tageszeit

gefasst. Unfallzeiten zwischen 20 Uhr und 3.59 Uhr werden als nachts gewertet, Unfallzeiten zwischen 4 Uhr und 19.59 Uhr als tagsüber. Hier sind die Unterschiede geringer. Die Braunschweiger Unfälle finden etwas häufiger am Wochenende und nachts statt. Die schweren Braunschweiger Unfälle liegen etwas näher bei den bundesdeutschen Unfällen.

Um diese Unterschiede auszugleichen, ist eine Gewichtung der Unfälle aus Braunschweig notwendig. Dabei werden die folgenden Merkmale[3] berücksichtigt:

- Unfalltyp (7-stufig),
- Wochentag (werktags und Wochenende),
- Tageszeit (tags und nachts).

Wie in Bild 13 dargestellt, ist diese Gewichtung nur für die Unfälle sinnvoll, die von der Unfallschwere her vergleichbar sind. Um die Gewichtung durchzuführen, wird für jeden der beiden Datensätze (Braunschweig schwere Unfälle und Unfallstatistik Deutschland) die drei dimensionale Verteilung dieser Merkmale erstellt. Die Unfälle aus Braunschweig werden dann so gewichtet, dass ihre dreidimensionale Verteilung der Gewichtung der dreidimensionalen Verteilung der Unfälle in Deutschland entspricht. Um dies zu erreichen, wird für jede Zelle der dreidimensionalen Verteilung ein Gewicht berechnet, das sich ergibt als „Prozent Unfälle in dieser Zelle in Deutschland“ geteilt durch „Prozent Unfälle in dieser Zelle in Braunschweig“. Wenn beispielsweise in Braunschweig 1,4 % der schweren Fahrunfälle (Unfalltyp) am Wochenende nachts geschehen, in Deutschland insgesamt aber 3,3 %, ergibt sich das Gewicht als 2,3. Jeder Unfall am Wochenende nachts mit einem Fahrunfall zählt dann nach der Gewichtung nicht als ein Unfall, sondern als 2,3 Unfälle. Durch dieses Gewichtungsverfahren wird die Repräsentativität der Ergebnisse für die Unfälle in Deutschland zumindest hinsichtlich der berücksichtigten Merkmale für die schweren Unfälle sichergestellt.

Die weiteren Merkmale, die die Unfallsituation und Umweltbedingungen beschreiben, werden für die Gewichtung nicht berücksichtigt. Einerseits handelt es sich hier um eine weniger differenzierte Beschreibung als die mit Hilfe des Unfalltyps, sodass über die Gewichtung mit dem Unfalltyp zumindest teilweise eine Vergleichbarkeit hergestellt wird. Andererseits ist eine Begrenzung der Gewichtungsmerkmale notwendig, um zu kleine Zellhäufigkeiten bzw. leere Zellen in der mehrdimensionalen Gewichtungsmatrix zu vermeiden, bei denen Gewichte nicht mehr vernünftig zu berechnen sind.

Bei den Analysen der Braunschweiger Unfälle insgesamt gehen schweren Unfälle entsprechend dieser Gewichtung ein. Für die leichten Unfälle wird ein Gewicht von „1“ verwendet, d. h., hier wird auf eine Gewichtung verzichtet, da eine vergleichbare Bezugsstichprobe nicht zur Verfügung steht.

Um die Vergleichbarkeit nach der Gewichtung näher zu beschreiben, werden im Folgenden die Ver-

3 Auf den Einbezug von Fahrermerkmalen wird verzichtet, da diese zum Teil nicht vorliegen und dann die entsprechenden Unfälle nicht in die Analysen einbezogen werden könnten.

teilungen für zentrale Merkmale in den beiden Datensätzen gegenübergestellt.

2.2.3 Beschreibung der Unfälle im Vergleich

Tabelle 12 zeigt die prozentualen Häufigkeiten verschiedener Merkmale in den drei Datensätzen im Vergleich.

Durch die Gewichtung ergibt sich für die schweren Unfälle in Braunschweig ein n = 992, für die Unfälle insgesamt ein n = 4.257[4].

Insgesamt ergibt sich durch die Gewichtung eine sehr ähnliche Verteilung in diesen verschiedenen Merkmalen. Bei den Unfallarten treten Zusammenstöße mit einbiegenden Fahrzeugen am häufigsten auf (über 30 % bei den schweren Unfällen in Braunschweig und der Bundesrepublik Deutschland), gefolgt von Zusammenstößen mit vorausfahrenden Fahrzeugen (15 % in der Bundesrepublik Deutschland und 20 % in Braunschweig). Es folgt das Abkommen von der Fahrbahn nach rechts und links und Zusammenstöße mit anfahrenden und entgegenkommenden Fahrzeugen. Die Unfallstellen sind zu etwa einem Viertel Einmündungen, etwas über 20 % Kreuzungen. An dritter Stelle liegen Kurven mit 11 % in der Bundesrepublik Deutschland und 14 % in Braunschweig. Über 65 % der Unfälle finden bei Tageslicht statt, um 5 % bei Dämmerung und knapp 30 % bei Dunkelheit. Beim Straßenzustand sind in Braunschweig etwas seltener trockene Straßen bei den Unfällen zu finden (54 % vs. 62 %) und etwas häufiger nasse und feuchte Straßen (40 % vs. 34 %). Auch die Unfälle innerorts sind in der Braunschweiger Stichprobe häufiger (79,5 %) als in der Bundesrepublik Deutschland (61,4 %). Bei der Unfallschwere liegen in der Braunschweiger Stichprobe etwas weniger Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten vor und etwas mehr Unfälle mit Sachschaden. Die Altersstruktur der Fahrer ist sehr vergleichbar, ebenso die Geschlechtsverteilung.

Insgesamt sind damit durch die Gewichtung die schweren Unfälle aus Braunschweig sehr vergleichbar hinsichtlich zentraler Unfallmerkmale mit den Unfällen der Bundesrepublik Deutschland. Auch nach der Gewichtung sind allerdings etwas häufiger Unfälle innerorts und mit Sachschaden vertreten.

	Bundesrepublik Deutschland	Braunschweig Schwer	Braunschweig Gesamt
Unfallart			
Unfall anderer Art	6.0	3.7	3.5
Zus. anfahrendes usw. Fzg.	8.1	8.1	17.0
Zus. vorausfahrendes usw. Fzg.	15.0	20.1	27.6
Zus. seitlich fahrendes Fzg.	3.6	6.1	11.7
Zus. entgegenkommendes Fzg.	8.7	7.8	4.8
Zus. einbiegendes usw. Fzg.	32.3	32.5	22.4
Zus. Fzg./Fußgänger	4.7	4.6	1.1
Aufprall auf Fahrbahnhindernis	0.5	0.2	0.4
Abkommen Fahrbahn nach rechts	11.9	9.1	6.2
Abkommen Fahrbahn nach links	9.4	7.6	5.1
Unfallstelle			
Kreuzung	21.2	20.6	20.9
Einmündung	24.0	25.8	25.5
Grundstücksein-/ausfahrt	6.6	8.4	9.0
Steigung	2.8	0.9	0.5
Gefälle	4.7	0.4	0.9
Kurve	10.7	14.2	8.1
Lichtverhältnisse			
Tageslicht	65.9	67.8	71.7
Dämmerung	5.6	4.0	3.8
Dunkelheit	28.6	28.2	23.1
Straßenzustand			
trocken	61.8	54.4	56.3
Nass/Feucht	34.3	40.4	38.3
Winterglatt	3.6	5.0	4.1
Schlüpfrigkeit	0.3	0.2	0.1
Ortslage			
Innerorts	61.4	79.5	84.8
Außerorts	38.6	19.7	13.2
Unfallschwere			
Mit Getöteten	1.1	0.4	0.1
Mit Schwerverletzten	12.5	5.7	1.3
Mit Leichtverletzten	55.8	55.4	12.9
Sachschaden	30.6	38.5	85.7
Alter			
18-24	27.5	27.7	24.3
25-34	20.1	22.5	22.4
35-44	18.9	16.2	18.4
45-54	12.0	12.0	12.5
55-64	8.6	8.5	8.4
65-74	5.4	5.4	5.6
75 und mehr	3.0	3.6	3.4
Geschlecht			
Männlich	65.8	63.3	61.3
Weiblich	30.3	34.0	34.8

Tab. 12: Prozentuale Verteilung der zentralen Merkmale der Unfälle im Vergleich von Deutschland (n = 185.004), der schweren Unfälle in Braunschweig (n = 992) und der Unfälle in Braunschweig insgesamt (n = 4.257)

[4] Der Unterschied zu der ungewichteten Anzahl ergibt sich aufgrund von Rundungen bei den Gewichten.

2.3 Datenaufbereitung und Urteilerübereinstimmung

Für die Analysen wurde zunächst für jeden der sieben Unfalltypen (im Folgenden als Grobtypen bezeichnet) eine Häufigkeitsverteilung der dort enthaltenen detaillierter beschriebenen Unfalltypen (im Folgenden als Feintypen bezeichnet) erstellt. Dabei zeigt sich, dass wenige Feintypen bereits den größten Teil der Grobtypen abdecken. Entsprechend konzentrieren sich die In-Depth-Analysen auf diese häufigsten Feintypen, die am Anfang des jeweiligen Kapitels kurz dargestellt werden. Tabelle 13 zeigt für die verschiedenen Unfalltypen die Anzahl der vorhandenen Protokolle und die Anzahl und den prozentualen Anteil der Protokolle, die durch dieses Vorgehen der Analyse der häufigsten Feintypen erfasst werden. Beim Fahrunfall, Abbiegeunfall, Einbiegen/Kreuzen-Unfall und dem Unfall im Längsverkehr werden damit jeweils um 90 % aller Unfälle des Grobtyps erfasst. Bei Unfällen mit ruhendem Verkehr und sonstigen Unfällen tritt neben den häufigsten Feintypen noch eine ganze Reihe weiterer Feintypen mit jeweils eigenem Unfallhergang, spezieller Fehlhandlung, aber in so geringer Häufigkeit auf, dass eine eigene Analyse nicht sinnvoll erscheint. Überschreiten-Unfälle wurden nicht berücksichtigt, da hier häufig der Unfallverursacher nicht der Pkw war und insgesamt sehr wenige Unfälle dieses Typs vorliegen.

Für jeden Feintyp wurden dann in einem ersten Schritt ca. 20 Unfallprotokolle gelesen und ein Katalog von Fehlhandlungen und verschiedenen Ursachen dieser Fehlhandlungen erstellt. Verschiedene Feintypen, bei denen derselbe Handlungsfehler auftrat, wurden dann zusammengefasst. Für diese wurde ein gemeinsamer Katalog von Fehlhandlungen und ihren Ursachen erstellt. Dieser Katalog diente als Grundlage für die In-Depth-Analysen, die von mehreren Beurteilern durchgeführt wurden. Diese wiesen jedem Unfall nach dem Durchlesen des Unfallprotokolls eine Fehlhandlung mit zugehöriger Ursache zu. Dabei diente der in Kapitel 1.3 und 1.4 dargestellte theoretische Hintergrund als Basis. Die Fehlhandlungen und ihre Ursachen werden im Ergebnisteil (s. Kapitel 3.1) zusammenfassend beschrieben.

Um die Zuverlässigkeit der Zuordnung zu bestimmen, wurde für jeden Feintyp eine Teilstichprobe von ca. 20 Unfällen von zwei Beurteilern kategorisiert und die Bewertung anschließend diskutiert. Während der Diskussion wurden eventuelle Abweichungen und Unklarheiten festgestellt und davon ausgehend eine gemeinsame verbesserte Definition für die Zuordnung erstellt. Eine vollständige Doppeltbeurteilung aller Protokolle mit anschließender Prüfung bzw. Korrektur war aufgrund der großen Anzahl der vorliegenden Protokolle nicht möglich. Um die Güte der Bewertungen zu überprüfen, wurde eine Stichprobe des Fahrunfalls (n = 360 Unfälle) von zwei unabhängigen Urteilern analysiert und anschließend auf ihre Übereinstimmung verglichen.

Fahrunfälle		Anzahl	Korrelation
101	Linkskurve	96	0.93
102	Rechtskurve	53	0.88
121	Abbiegen/Einbiegen Kurve links	52	0.97
122	Abbiegen/Einbiegen Kurve rechts	34	0.82
124	Beschleunigungsspur	22	0.82
141	Gerade Strecke	29	0.82
142	Gerade Strecke, AvdF links	21	0.91
143	Gerade Strecke, AvdF rechts	53	0.87
	Gesamt	360	0.91

Tab. 14: Urteilerübereinstimmung (Korrelationskoeffizient Spearman rho) und Anzahl der analysierten Protokolle bei den verschiedenen Feintypen der Fahrunfälle und insgesamt

Unfalltyp	Schwere Unfälle			Alle Unfälle		
	Unfälle	Anal.	Prozent	Unfälle	Anal.	Prozent
Fahrunfall	232	214	92.1	610	563	92.2
Abbiegeunfall	137	122	88.9	517	470	90.9
Einbiegen/Kreuzen-Unfall	249	235	94.5	824	770	93.5
Überschreiten-Unfall	25	0	0.0	27	0	0.0
Unfall mit ruhendem Verkehr	31	22	69.9	412	309	74.9
Unfall im Längsverkehr	226	200	88.4	1.536	1.388	90.3
Sonstiger Unfall	91	47	51.6	330	213	64.5

Tab. 13: Übersicht über vorhandene schwere (links) und Unfälle insgesamt (rechts) aufgeteilt nach dem Unfalltyp. In der jeweils zweiten und dritten Spalte sind die Anzahl und der Prozentsatz der Protokolle aufgeführt, die analysiert wurden, indem die häufigsten Feintypen pro Grobtyp ausgewählt wurden

Zur Bestimmung der Urteilerübereinstimmung wurde die Korrelation zwischen den beiden Urteilern berechnet. Sowohl für die einzelnen Feintypen als auch für alle untersuchten Unfälle ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung (vgl. Tabelle 14). Die Korrelationskoeffizienten (Spearman rho) liegen im Bereich von 0.82 bis 0.97. Die Gesamtübereinstimmung bei allen analysierten Fahrunfällen beträgt 0.91.

Als Ergebnis dieser Beurteilung liegt für jeden Unfall eine Beurteilung der Fehlhandlung und ihrer Ursache vor, welche die Basis für die weiteren Auswertungen ist. Für jeden Handlungsfehler eines Grobtypen werden dann die verschiedenen Fehlhandlungen zunächst mit ihrer Häufigkeit tabellarisch dargestellt. Jede Fehlhandlung wird dann daraufhin beschrieben, welche Aufgaben das Assistenzsystem auf der Stabilisierungs- und Führungsebene unterstützen müsste, um den Handlungsfehler „Unfall“ zu verhindern. Dabei werden die Fehlhandlungen mit gleichen Aufgaben zusammengefasst. Schließlich wird für jede Fehlhandlung die Ursache entsprechend dem Ort im Informationsverarbeitungsprozess tabellarisch dargestellt, um daraus Anforderungen an die Eingriffsstrategie der Assistenzsysteme abzuleiten. Die Ergebnisse werden dann zusammenfassend über die verschiedenen Unfalltypen hinweg dargestellt, um Anforderungen an eine Assistenz abzuleiten, die möglichst effektiv vor allem die schweren Unfälle verhindert. Umgekehrt werden auf dem Markt oder in der Entwicklung befindliche Systeme daraufhin bewertet, welchen Anteil von Unfällen sie verhindern könnten. Einen Überblick über die einbezogenen Systeme gibt das nächste Kapitel.

2.4 Einbezogene auf dem Markt und in der Entwicklung befindliche Assistenzsysteme

Untersucht man Fahrerassistenzsysteme, die bereits am Markt sind oder sich in der Entwicklung befinden, so werden diese in der Regel im Hinblick auf die Fahrmanöver beschrieben, die von ihnen unterstützt werden. So gibt es z. B. die Spurwechselassistenz, Parkassistenz, Kreuzungsassistenz usw. Assistenzfunktionen betreffen aus dieser Sichtweise verschiedene Fahrmanöver, die mit Hilfe eines Assistenzsystems besser oder komfortabler bewältigt werden können. Je nach Manöver ergeben sich bestimmte Anforderungen an die Sensorik und die Situationsinterpretation und je nach Auslegung des Systems verschiedene Anforderungen an die Aktorik (z. B. Warnsysteme vs. eingreifende Systeme).

Im Folgenden werden wesentliche Assistenzsysteme kurz beschrieben, für die dann eine Bewertung des Sicherheitspotenzials vor dem Hintergrund der vorliegenden In-Depth-Unfallanalysen durchgeführt wird. Die Darstellung orientiert sich an europäischen Übersichten, wie sie z. B. im Response-Projekt (RESPONSE2, 2004) oder im Rahmen von STARDUST (TRG, INRIA & PATH, 2001) erstellt wurden. Auf eine Darstellung von Assistenzsystemen, die sich noch im frühen Stadium der Forschung befinden, wird verzichtet, da deren Funktionalität und Auslegung je nach Forscher unterschiedlich und insgesamt so vage sind, dass eine Sicherheitsbewertung kaum möglich erscheint.

2.4.1 Geschwindigkeitsregelanlage (GRA – Cruise Control)

Dieses bereits seit 1962 durch Mercedes-Benz in Europa eingeführte elektronische System ermöglicht die konstante Einhaltung einer durch den Fahrer eingestellten Soll-Geschwindigkeit mittels fahrzeugseitiger Geschwindigkeitsregelung. Das System berücksichtigt dabei keine Umfeldinformationen und reagiert lediglich auf Abweichungen der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit zu der eingestellten Soll-Geschwindigkeit durch einen Eingriff in die Fahrzeugbeschleunigung. Ein Eingriff in die Fahrzeugverzögerung wird dabei nicht vorgenommen. Dieses System ist eine reine Komfortfunktion und unterstützt den Fahrer bei der Aufgabe „Straße folgen“. Eine Anpassung der Geschwindigkeit an den Straßenverlauf erfolgt nicht, sodass hier nur eine sehr begrenzte Unterstützung dieses Manövers erfolgt. Das typische Einsatzgebiet für dieses System sind Fahrten auf Autobahnen.

2.4.2 Abstandsregeltempomat (Adaptive Cruise Control – ACC)

Das als Adaptive Cruise Control (ACC) international etablierte System übernimmt in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich die Geschwindigkeits- und Abstandsregelung des Fahrzeugs. Eingeführt wurde das System in Europa zuerst durch Daimler Chrysler im Jahr 1999 mit der S-Klasse (RESPONSE2, 2004; TRG et al., 2001). Daimler Chrysler setzt dabei ein Millimeterwellen-Radarsystem zur Erkennung des Abstands des vorausfahrenden Fahrzeugs ein. Sofern sich der Abstand zu diesem

ändert, erfolgt die Regelung durch einen gezielten Eingriff in die Fahrzeugbeschleunigung bzw. -verzögerung. Der Eingriff in die Fahrzeugverzögerung ist dabei aus Sicherheitsgründen auf 3 m/s^2 begrenzt. Das System ist daher weniger ein Sicherheitssystem als ein Komfortsystem und unterstützt den Fahrer bei der Aufgabe, anderen fahrenden Fahrzeugen in sicherem Abstand zu folgen und ggf. die eingestellte Soll-Geschwindigkeit zu reduzieren, sofern ein vorausfahrendes Fahrzeug eine Weiterfahrt bei aktueller Geschwindigkeit verhindert. Sofern die eingestellte Soll-Geschwindigkeit wieder fahrbar ist, wird das Fahrzeug automatisch wieder bis zu dieser beschleunigt. Das typische Einsatzgebiet stellt hierfür die Fahrt auf Autobahnen dar und erweitert die Funktionalität „Straße folgen“ des herkömmlichen „Cruise Controls“ um das Manöver „Fahrzeug folgen“ und „Annäherung an Fahrzeug/Hindernis“. Eine Anpassung der Geschwindigkeit an den Straßenverlauf erfolgt auch bei diesem System nicht, sodass analog zum „Cruise Control“ nur eine beschränkte Unterstützung der erwähnten Manöver erfolgt. Des Weiteren reagiert das System lediglich auf fahrende und nicht auf stehende bzw. langsam fahrende Fahrzeuge oder Hindernisse, sodass für Stop-and-Go-Situationen, Notbremsungen sowie bei gefährlichen Straßenverläufen der Eingriff des Fahrers zwingend weiterhin erforderlich bleibt.

2.4.3 Adaptive Cruise Control mit Stop-and-Go-Funktion

Eine erweiterte Funktionalität wird vom ACC Stop-and-Go übernommen. Während beim ACC nur in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich eine Abstands- und Geschwindigkeitsregelung des Fahrzeugs vorgenommen wird, regelt das ACC Stop-and-Go die Geschwindigkeit und den Abstand zusätzlich bei sehr langsamen Fahrgeschwindigkeiten bis hin zum Stillstand bzw. aus dem Stillstand heraus. ACC Stop-and-Go unterstützt neben „Straße folgen“, „Fahrzeug folgen“ und „Annäherung an Fahrzeug/Hindernis“ zusätzlich die Manöver „Anhalten vor einem Hindernis“ sowie „Hinter Fahrzeug anfahren“. Auch bei diesem System erfolgt keine Anpassung der Geschwindigkeit an den Straßenverlauf, sodass auch hier nur eine beschränkte Unterstützung des Manövers „Straße folgen“ vorhanden ist und der Eingriff des Fahrers bei gefährlichen Straßenverläufen weiterhin erforderlich bleibt. Das System eignet sich zum Komfortgewinn für Fahrten in Städten und im Stau auf Autobahnen.

2.4.4 Bremsassistenz (Brake-Assistance-System – BAS)

Der Bremsassistent (Brake-Assistance-System BAS) „erkennt” die Absicht des Fahrers, eine Notbremsung zu machen, und baut den maximalen Bremsdruck auf, der von den meisten Fahrern nicht realisiert wird. Dadurch wird eine deutliche Verringerung des Bremswegs erzielt. Erweiterte Systeme wie z. B. das BAS Plus von Daimler Chrysler berücksichtigen zusätzlich Geschwindigkeit und Abstand des vorausfahrenden Verkehrs, um im Falle einer Notbremssituation bereits rechtzeitig die maximale Bremsenergie zur Verfügung stellen zu können. Der Bremsassistent BAS unterstützt allein das Manöver „Anhalten vor Hindernissen“. Andere Manöver werden durch dieses System nicht unterstützt, da es lediglich für Notbremsungen vorgesehen ist. Die entsprechende Führungsgröße ist eine Sollgeschwindigkeit von 0 km/h. Das System reagiert hierbei lediglich auf die Handlung des Fahrers und verstärkt sie. Eine Berücksichtigung des Umfelds ist hierbei nicht vorgesehen. Das System ist aufgrund der ständigen Möglichkeit einer Notbremsung nicht auf spezielle Einsatzbereiche begrenzt.

2.4.5 Automatische Notbremse (Automatic-Emergency-Brake – ANB)

Als Erweiterung des Bremsassistenten setzt dieses noch in der Entwicklung befindliche System nur dann ein, wenn eine Kollision durch das System als unvermeidbar erkannt wird, und verringert die Energie des Aufpralls durch eine automatische schnellstmögliche maximale Verzögerung des Fahrzeugs. Ermöglicht wird dies durch eine kontinuierliche Umfeldsensorik, die Hindernisse sowie deren Abstand erkennt. Aufgrund der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit und der durch die Lenkwinkel begrenzten Ausweichmöglichkeiten wird die Kollisionswahrscheinlichkeit bestimmt. Sofern eine Kollision unvermeidbar ist, greift das System selbsttätig in die Fahrzeugverzögerung ein und übernimmt somit das Fahrmanöver „Anhalten vor Hindernis“, auch wenn ein tatsächliches Anhalten vor dem Hindernis nicht mehr erreicht wird. Analog zum Bremsassistenten ist der Einsatzbereich nicht begrenzt. Dieses Assistenzsystem verringert die Unfallfolgen, vermeidet aber den Unfall nicht.

2.4.6 Anti-Blockiersystem (ABS)

Das mittlerweile zur Serienausstattung vieler Fahrzeuge gehörende und seit 1978 von Bosch auf

dem Markt etablierte Anti-Blockiersystem (ABS) verhindert beim Bremsen des Fahrzeugs das Blockieren der Räder. Damit wird ein unkontrolliertes Gleiten des Fahrzeugs verhindert und die Spurhaltung indirekt stabilisiert. Anhand der Drehzahlerkennung der einzelnen Räder kann einem Blockieren der Räder durch das System mittels sehr kurzer Intervallbremsungen entgegengewirkt werden. Moderne Systeme optimieren das Bremsverhalten jedes einzelnen Rades, um dadurch eine maximale Kraftübertragung zu erreichen. Das dadurch vor allem unterstützte Manöver ist das „Passieren von Hindernissen“, da ein Ausweichen bei Erhalt einer stabilen Spur trotz Bremsens gewährleistet werden kann. Zusätzlich unterstützt das ABS aufgrund der Verkürzung des Bremsweges durch die Verringerung des Schlupfanteils, insbesondere bei nasser bzw. eisiger Fahrbahn, das „Anhalten vor Hindernissen“. Das System ist ein reines Sicherheitssystem.

2.4.7 Anti-Schlupf-Regelung (ASR)

Ziel der Anti-Schlupf-Regelung (ASR) ist es, ein Durchdrehen der Antriebsräder eines Fahrzeuges zu vermeiden, um dieses lenkbar zu halten, Verschleiß zu minimieren und optimales Anfahren bzw. Traktion zu gewährleisten. Dabei nutzt das System bei erkanntem Schlupf der Antriebsräder selbstständig gezielte Brems- oder Motormanagementeingriffe, um das Antriebsmoment zu regulieren. Dieses System wurde bereits 1987 als Weiterentwicklung des ABS in der Mercedes S-Klasse eingeführt und ist primär sowohl als Komfort- als auch als Sicherheitsfunktion eine Unterstützung des Fahrers bei dem Manöver „Anfahren und Weiterfahren“. Zusätzlich unterstützend wirkt dieses System bei abrupten Änderungen der Beschleunigung, indem es ein Durchdrehen der Antriebsräder und damit den sicherheitskritischen Übergang in das Gleiten des Fahrzeugs verhindert. Es wirkt somit zusätzlich als Sicherheitsfunktion bei dem Manöver „Straße folgen“.

2.4.8 Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)

Das Elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) verhindert ein mögliches Schleudern des Fahrzeugs bereits im Ansatz. Dies wird durch blitzschnelle gezielte Eingriffe in die Bremsen, die Motor- und die Getriebesteuerung erreicht. Durch gezieltes Bremsen an jedem einzelnen Rad „lenkt” das ESP das Fahrzeug in die gewünschte Richtung. Eingeführt wurde dieses System 1995 von Bosch und Mercedes Benz und wurde durch die serienmäßige Einführung in die Mercedes A-Klasse („Elch-Test“) auch in Kompaktklassen eingesetzt und stattet derzeit ca. 64 % aller Neufahrzeuge aus. Damit erhöht sich in allen Fahrsituationen die Spurstabilität durch aktive Spurhaltungseingriffe. Der Fahrer wird durch dieses System bei dem Manöver „Straße folgen“ aktiv unterstützt.

2.4.9 Collision-Avoidance-System (ACA)

Das (Advanced)-Collision-Avoidance-System (ACA) soll zukünftig im Sinne eines Notsystems autonom tätig werden, wenn der Fahrer auf eine drohende Kollision nicht oder unzureichend reagiert und ein Zusammenstoß fahrphysikalisch gerade noch vermeidbar ist. Das System soll nach einer Kollisionserkennung mittels aktiver Brems- und Ausweichmanöver das Fahrzeug selbstständig kontrolliert zum Stillstand führen. Die unterstützenden Aufgaben dieses in Entwicklung befindlichen Systems beinhalten sowohl spurhaltungs-, geschwindigkeits- als auch abstandsstabilisierende Anteile. Der Fahrer wird sowohl bei dem Manöver „Anhalten vor Hindernis“ als auch beim „Passieren von Hindernissen“ unterstützt bzw. sogar ersetzt.

2.4.10 Collision-Warning-System (CWS)

Ähnlich agiert auch das Collision-Warning-System (CWS) als eine Vorstufe des ACA. Während die sensorbasierte Kollisionserkennung beim ACA von aktiven Handlungseingriffen gefolgt wird, gibt das CWS lediglich eine Warnung an den Fahrer, ohne einen aktiven Eingriff zu tätigen. Die Warnung kann sowohl haptisch als auch visuell erfolgen und Handlungsempfehlungen in Form von Ausweichempfehlungen beinhalten. Eine stabilisierende Wirkung auf die Spurhaltung und die Geschwindigkeit wird von diesem System nicht erzielt. Die Unterstützung des Fahrers beschränkt sich bei diesem System auf das „Anhalten vor Hindernissen“ und das „Passieren von Hindernissen“, wobei der aktive Eingriff durch den Fahrer erfolgen muss.

2.4.11 Curve Speed Assistant (CSA)

Das sich ebenfalls noch in der Entwicklung befindliche System Curve Speed Assistant (CSA) ermittelt aus dem vorliegenden sensierten Streckenverlauf eine Geschwindigkeit, die sicher und komfortabel fahrbar ist. In einem ersten Ansatz dieses in Entwicklung befindlichen Systems wird dem Fahrer

eine Soll-Geschwindigkeit bzw. eine Bremsempfehlung für einen vorliegenden Streckenabschnitt in einer entsprechenden Anzeige bereitgestellt. Ein Eingriff dieses System in die Längsregelung erfolgt derzeit nicht. Das System unterstützt den Fahrer durch die Bereitstellung von Informationen bei dem Manöver „Straße folgen“.

2.4.12 Parkassistenz

Ein in der Entwicklung befindlicher Parkassistent, der die Länge eine Parklücke misst, dem Fahrer anzeigt, dass diese groß genug ist, und dann das Lenkrad so bewegt, dass eine optimale Trajektorie in die Parklücke gefahren wird, unterstützt das Einparken auf der Führungsebene und die Spurhaltung auf der Stabilisierungsebene. Werden zusätzlich Warnungen bei zu geringen Abständen zu parkenden Fahrzeugen angezeigt, so wird auch die Abstandshaltung unterstützt. Dieses System dient als reines Komfortsystem und übernimmt die Funktionen des Einparkens und Ausparkens für den Fahrer.

2.4.13 Spurhalteassistenz (Lane Departure Warning – LDW)

Das System unterstützt den Fahrer bei der Einhaltung der Fahrspur und warnt diesen ggf. bei unbeabsichtigtem Abkommen. Hierbei sind unterschiedliche optische Systeme im Einsatz, die die Position des Fahrzeugs in der Fahrspur ermitteln. Droht das Fahrzeug aus der Spur abzudriften, warnt das System bei Unterschreitung einer Toleranzgrenze. Die Fahrspurerkennung wird häufig durch ein Kamerasystem oder durch Infrarotsensorik am Unterboden des Fahrzeugs realisiert. Als Warnung dient z. B. eine akustische Warnung durch „Nagelbandrattern” in den Lautsprechern oder eine Sitzvibration. Citroën setzt dieses System bereits in den Fahrzeugen der Oberklasse ein. Der Fahrer wird durch dieses System in der Ausübung des Manövers „Straße folgen“ die Sicherheit erhöhend unterstützt.

2.4.14 Spurwechselassistenz (Lane Changing Assistance)

Der Spurwechselassistent ist ein Fahrerassistenzsystem zur Warnung des Fahrers vor drohenden Kollisionen beim Spurwechsel. Das System wird beim Betätigen des Blinkers aktiviert (im Gegensatz zum Spurhalteassistenten, der dabei deaktiviert wird) und warnt den Fahrer vor Kollisionen mit (herannahenden) Fahrzeugen auf der Nachbarspur. Die Erfassung der Hindernisse erfolgt mit Radarsensoren, Kameras oder Laserscannern. Warnungen werden optisch durch Leuchtanzeigen, meist im Bereich der Außenspiegel, akustisch oder haptisch durch Vibration des Lenkrads oder des Blinkerhebels ausgegeben. Das System befindet sich noch in der Entwicklung und unterstützt den Fahrer bei dem Manöver „Spurwechsel“ und „Überholen“. Das typische Einsatzgebiet wären somit Fahrten auf Autobahnen, um das Risiko übersehener Fahrzeuge z. B. im toten Winkel zu reduzieren.

2.4.15 Intelligent Speed Adaption (ISA)

Intelligent Speed Adaption ist ein in Entwicklung befindliches Fahrerassistenzsystem, das den Fahrer dabei unterstützt, die Geschwindigkeit an die Rahmenbedingungen, vor allem die Geschwindigkeitsbegrenzungen, anzupassen. Nach BAUER und SEECK (2004) sollte als ISA nur ein aktiv eingreifendes „Intelligent-Speed-Management-System“ bezeichnet werden. Ein Geschwindigkeitswarnsystem sollte als „Speed-Alert-System“ bezeichnet werden. Im internationalen Rahmen wird jedoch eine Vielzahl von verschiedenen Varianten als ISA bezeichnet. Entsprechend hängt auch die unfallvermeidende Wirkung von ISA davon ab, welche Variante realisiert ist. Mit diesen Systemen wird der Fahrer in seiner Aufgabe „Straße folgen“ von diesem System unterstützt, um ihn vor gefährlichen Situationen zu bewahren und somit die Verkehrssicherheit zu erhöhen.

2.4.16 Kreuzungsassistenz

Derzeit werden unterschiedlich ausgeprägte Assistenzfunktionen im Bereich der Kreuzungsassistenz diskutiert. Da diese noch nicht in der konkreten Entwicklung sind, sind die Beschreibungen noch sehr allgemein. Im Folgenden werden drei Aspekte etwas genauer beschrieben.

Der Abbiegeassistent warnt den Fahrer, wenn er beim Rechtsabbiegen einen schwächeren Verkehrsteilnehmer, insbesondere Zweiradfahrer, im rechten Seitenraum übersehen könnte. Zur Überwachung des rechten Seitenraumes des Fahrzeugs werden Radarsensoren (24-GHz-Frequenzbereich) verwendet. Die Radarsensoren messen den Abstand und die Relativgeschwindigkeit von Objekten, die sich seitlich des Fahrzeugs befinden. Das besonderes Einsatzgebiet dieses Systems zeigt sich bei größeren Nutzfahrzeugen mit großen Sei-

tenräumen (Lastzüge etc.) im innerstädtischen Verkehr.

Die Hinderniserkennung erweitert die Funktionalität des Abbiegeassistenten, um die Erkennung von sowohl starren Objekte (z. B. parkende Fahrzeuge) als auch beweglichen Objekte (z. B. aktiv am Verkehr teilnehmende Fahrzeuge). Dabei können auch querende Objekte erkannt werden. Die Assistenz bietet neben der reinen Umfelderfassung mittels Sensoren verschiedene Möglichkeiten der Assistenz für den Fahrer. Neben einer einfachen Warnung bei gefährlichen Manövern des Fahrers ist dadurch auch eine automatisierte Kreuzungshilfe denkbar.

Zusätzlich zur Erkennung von Hindernissen und querendem Verkehr ist die Erkennung der Verkehrszeichen an Kreuzungen unumgänglich. Die Verkehrszeichen und Lichtzeichenanlagen zeigen neben den globalen Verkehrsregeln die lokalen Regeln für das Verhalten an der jeweiligen Kreuzung für den Fahrer sichtbar an und müssen zur korrekten Einschätzung der Kreuzungssituation durch einen Kreuzungsassistenten fehlerfrei erfasst werden. Nur durch die fehlerfreie Erfassung und Auswertung der lokal gültigen Verkehrsregeln (z. B. Vorfahrtsregel) kann ein Gefahrenpotenzial erkannt werden und entsprechend durch die Assistenz reagiert werden.

2.4.17 Bewertung der vorhandenen und in Entwicklung befindlichen Assistenzsysteme

Die Unterstützung durch Assistenz betrifft verschiedene Manöver auf der Führungsebene und Aufgaben auf der Stabilisierungsebene. Dies ist in Tabelle 15 für die oben beschriebenen Assistenzsysteme zusammenfassend dargestellt. Bereits am Markt befindliche Assistenzsysteme sind mit einem dunklen Kästchen gekennzeichnet.

Bei dieser Darstellung wird deutlich:

- Die Fahrerassistenzsysteme konzentrieren sich momentan auf bestimmte Basis-Fahrmanöver wie „Straße folgen“, „Annäherung an und An-

■ bereits am Markt
□ in der Entwicklung

		Stabilisierung			Führung																			
		Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärtsfahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
■	Geschwindigkeitsregelanlage		X			X			X															
■	Abstandsregeltempomat (ACC)		X	X		X	X		X	X					X									
□	ACC Stop-and-Go		X	X		X	X	X	X	X		X		X	X									
■	Bremsassistenz (BAS)		X									X												
□	Automatische Notbremse (ANB)		X									X												
■	Anti-Blockier-System (ABS)	X										X	X											
■	Anti-Schlupf-Regelung (ASR)	X						X		X														
■	Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	X							X															
□	Collision Avoidance System (ACA)			X								X	X											
□	Collision Warning System (CWS)			X								X	X											
□	Curve Speed Assistant (CSA)	X	X			X			X															
□	Parkassistenz	X	X	X																			X	X
■	Spurhalteassistent (LDW)	X			X				X															
□	Spurwechselassistent (LCA)	X			X				X								X							
□	Intelligent Speed Adaption (ISA)		X			X			X															
□	Kreuzungsassistenz															X		X						

Tab. 15: Klassifikation von Assistenzsystemen im Hinblick auf ihre Funktionalität auf der Stabilisierungs- und Führungsebene. Zur weiteren Erklärung, s. Text

halten vor einem Hindernis“ und „Fahrzeug folgen“.

- Auch bei diesen Fahrmanövern werden nur bestimmte Aspekte unterstützt. Zum Beispiel wird die Geschwindigkeitsregelung beim „Straße folgen“ nicht an Kurven, unübersichtliche Stellen usw. angepasst.
- Für Assistenz bei komplexen Fahrmanövern wie z. B. im Kreuzungsbereich bestehen bislang nur allgemeine Konzepte. Dies ist im Bereich der Forschung ein aktuelles Thema (z. B. im Rahmen der Initiative INVENT[5]).

Tabelle 16 zeigt die Eingriffsstrategien für diese Assistenzsysteme, wobei die Zuordnung für die in der Entwicklung befindlichen Systeme von den vorhandenen Informationen ausgeht und bei der Markteinführung anders aussehen kann. Von den am Markt befindlichen Systemen übernehmen die Geschwindigkeitsregelanlage und ACC Teile der Längsführung, sodass dies als Eingriff zu kennzeichnen ist. Bei der Bremsassistenz wird das Bremsen unterstützt, ebenso das Lenken beim Bremsen mit ABS, das Anfahren beim Fahren mit ASR und die Kurvenfahrt durch ESP. Der Spurhalteassistent warnt bei Verlassen der Spur. Beim ACC Stop-and-Go übernimmt das System das Anhalten auch vor Hindernissen und unterstützt (je nach Auslegung des Herstellers) das Losfahren und das Fahren im Stop-and-Go-Verkehr. Die Automatische Notbremse bremst das Fahrzeug selbstständig ab. Das Collision-Avoidance-System bringt das Fahrzeug rechtzeitig zum Stehen. Der Parkassistent übernimmt die Querführung beim Einparken (Eingriff) und informiert bzw. warnt im Hinblick auf die Längsführung. Collision-Warning-System und Spurwechselassistenz warnen den Fahrer. Curve Speed Assistant liefert dem Fahrer zusätzliche Informationen. Je nach Auslegung kann Intelligent Speed Adaptation nur Informationen liefern, den Fahrer beim Überschreiten zulässiger Geschwindigkeiten warnen, ihn beim Einhalten der Geschwindigkeit aktiv unterstützen oder eingreifen, wenn die Geschwindigkeit überschritten wird. Ähnliches gilt für die Kreuzungsassistenz. Für beide Systeme hängt damit die Wirkung ganz davon ab, welche Eingriffsstrategien und Funktionen dort realisiert werden.

■ bereits am Markt □ in der Entwicklung	Information	Warnung	Aktive Unterstützung	Eingriff
■ Geschwindigkeitsregelanlage				X
■ Abstandsregeltempomat (ACC)				X
□ ACC Stop-and-Go			X	X
■ Bremsassistenz (BAS)			X	
□ Automatische Notbremse (ANB)				X
■ Anti-Blockiersystem (ABS)			X	
■ Anti-Schlupf-Regelung (ASR)			X	
■ Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)			X	
□ Collision Avoidance System (ACA)				X
□ Collision Warning System (CWS)		X		
□ Curve Speed Assistant (CSA)	X			
□ Parkassistenz	X	X		X
■ Spurhalteassistent (LDW)		X		
□ Spurwechselassistent (LCA)		X		
□ Intelligent Speed Adaption (ISA)	X	X	X	X
□ Kreuzungsassistent	X	X	X	X

Tab. 16: Eingriffsstrategien bei den verschiedenen Assistenzsystemen, die sich bereits am Markt bzw. in der Entwicklung befinden

Diese Darstellung macht deutlich, dass die Assistenzsysteme entweder sehr begrenzt bestimmte Teile der Fahraufgabe übernehmen oder nur in Extremfällen (z. B. wenn ein Unfall unvermeidbar ist) eingreifen. Insgesamt dominieren Warnungen und Informationen bei den komplexeren Systemen und Aktionen, welche die Absichten des Fahrers unterstützen und für eine optimale Umsetzung sorgen (wie ESP und ABS im Bereich der Spurhaltung und ASR im Bereich der Längsregelung). Ziel der In-Depth-Analysen ist es, Hinweise darauf zu liefern, ob diese Eingriffsstrategien angemessen sind, um die Fehler der Fahrer zu vermeiden.

3 Ergebnisse

3.1 Fehlhandlungen und ihre Ursachen bei verschiedenen Unfalltypen

Bei der empirischen Analyse der Unfalltypen zeigt sich, dass unabhängig vom konkreten Fahrmanöver im Wesentlichen sechs Arten von Fehlhandlungen und ihren Ursachen auftreten:

(1) Vernachlässigung oder Nicht-Ausführung bestimmter Fahraufgaben,

(2) Fehlanpassung der Manöver an die Situation,

(3) Fehlinterpretation der Situation,

(4) Fehlantizipation des Verhaltens anderer,

5 http://www.invent-online.de

(5) bewusstes Eingehen von Risiken,

(6) Ausführungsfehler.

Tabelle 18 zeigt für diese Fehlhandlungen die verschiedenen Aufgaben beim Fahren und die Situationen, die dort relevant sind, im Überblick. Außerdem sind Fehlerart und Eingriffsstrategie dargestellt. Diese werden im Folgenden genauer beschrieben. Bei den Analysen zeigte sich allerdings, dass die Zuordnung der Fehlhandlungen und ihrer Ursachen zu verschiedenen Fehlerarten nicht immer ausreichend war, um damit die angemessene Eingriffsstrategie abzuleiten, wie es in Kapitel 1.3 dargestellt wurde, wo in Tabelle 3 und 4 jeder Fehlerart eine Eingriffsstrategie zugeordnet wurde (z. B. fehlende Wahrnehmung und informierende Systeme, Fehlentscheidungen und aktive Unterstützung). Die Analyse der Ursachen zeigte, dass zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden müssen:

- Bei Informationsmangel und fehlender Wahrnehmung sollte es theoretisch zwar reichen, die Informationen über ein Assistenzsystem zu vermitteln. Da häufig Ablenkung oder Überforderung des Fahrers die Ursache dafür ist, dass die Informationen nicht wahrgenommen werden, ist hier eine gezielte Warnung notwendig, welches die Aufmerksamkeit auf die relevanten Informationen lenkt und die es dem Fahrer erleichtert, die richtige Aktion durchzuführen. Entsprechend findet sich in der Tabelle auch der Hinweis, dass zum Teil Warnungen notwendig sind.
- Bei Fehlinterpretationen von Informationen sollte eine Warnung ausreichen, damit der Fahrer seine Handlungsplanung korrigiert und die Fehlhandlung vermeidet. Die Analysen zeigten allerdings, dass diese Fehlhandlungen oft in Situationen auftreten, in denen nicht mehr viel Zeit für eine Korrektur zur Verfügung steht. Hier ist eine aktive Unterstützung erforderlich, bei der das Assistenzsystem die nötige Aktion einleitet, sodass der Fahrer dies fortführen und damit die Fehlhandlung verhindern kann.
- Bei Fehlentscheidungen sollte theoretisch eine aktive Unterstützung ausreichen, um dem Fahrer dabei zu helfen, die Fehlhandlung zu vermeiden. Die Analysen zeigten, dass die Fahrer bei einer Reihe von Unfällen mehr oder weniger bewusst Risiken eingehen, also z. B. zu schnell fahren, obwohl die Straße glatt ist. Ob diese Fehlentscheidung durch eine aktive Unterstützung (z. B. einen entsprechenden Widerstand im Gaspedal) zu korrigieren ist, ist zu bezweifeln. Hier ist wahrscheinlich ein übersteuerbarer Eingriff notwendig, bei dem das Assistenzsystem z. B. eine sichere Geschwindigkeit selbstständig einstellt.

Entsprechend diesen Überlegungen ergibt sich aus Tabelle 17 die dargestellte Zuordnung von Fehlerarten und den entsprechenden Eingriffsstrategien.

Fehlerart	FAS-Strategie
Mechanisch	-
Informationsmangel	Information vermitteln z. T. warnen
Fehlende Wahrnehmung	Information vermitteln z. T. warnen
Fehlinterpretation	Warnung z. T. aktive Unterstützung
Fehlentscheidung	Aktive Unterstützung z. T. Eingriff
Fehlerhafte Ausführung	Eingriff

Tab. 17: Wesentliche Fehlerarten und Eingriffsstrategien für Fahrerassistenzsysteme im Rahmen dieses Projekts

Fehlhandlungen	Aufgabe beim Fahren	Situation	Fehlerart
Vernachlässigung	Spurhaltung, Abstandshaltung, Informationen über andere, Berücksicht. Bevorrechtigter		Fehlende Wahrnehmung
Fehlanpassung an Situation	Abstand, Geschwindigkeit, Position auf Spur, Anhalten/Losfahren	Straßenzustand, Straßenverlauf, andere Verkehrsteilnehmer, Fahrerzustand, Fahrerfähigkeiten, schlechte Sichtverhältnisse	Fehlinterpretation bzw. Fehlentscheidung
Fehlinterpretation		Vorfahrt, Abbiegen, Überholen	Fehlinterpretation
Fehleinschätzung	Verhalten anderer antizipieren	Kreuzung, Überholen, Voranfahrende	Fehlinterpretation
Risiken eingehen		Mögl. Kollision mit anderen	Fehlentscheidung
Ausführungsfehler	Gas/Bremse, Lenken		Ausführung

Tab. 18: Überblick über Fehlhandlungen, die bei bestimmten Aufgaben beim Fahren oder in bestimmten Situationen zu finden sind. Für jede Fehlhandlung ist die Zuordnung zur Fehlerart und die notwendige Eingriffsstrategie dargestellt. Zur weiteren Erklärung, s. Text

Bei Informationsmangel und fehlender Wahrnehmung ist es dann sinnvoll zu warnen, wenn vorhandene Informationen wegen einer fehlerhaften Aufmerksamkeitsausrichtung des Fahrers nicht beachtet werden. Oder: Eine Informationsvermittlung durch Assistenzsysteme wird nur dann wirksam sein, wenn sichergestellt ist, dass der Fahrer diese Information auch beachtet. Bei Fehlinterpretationen ist eine aktive Unterstützung notwendig, wenn sehr wenig Zeit für eine Korrektur der Fehlhandlung bleibt. Bei Fehlentscheidungen ist ein Eingriff notwendig, wenn der Fahrer bewusst fehlerhaft oder risikoreich plant.

Eine besondere Rolle spielen außerdem Fehlhandlungen, bei denen die Ursache in einem eingeschränkten Fahrerzustand zu suchen ist (z. B. durch Alkohol). Prinzipiell wäre es natürlich möglich, die daraus resultierenden Fehlhandlungen durch Fahrerassistenzsysteme zu vermeiden. Da dies letztlich dazu führen würde, das Fahren mit eingeschränktem Zustand zu verstärken, kann dies keine sinnvolle Lösung sein. Hier müssten vielmehr Möglichkeiten gefunden werden, die Fahrt in diesem eingeschränkten Zustand zu verhindern. Voraussetzung dafür ist die Erkennung des Fahrerzustands. Hier werden aktuell verschiedene Methoden des „driver monitoring“ diskutiert, wobei sich diese Systeme in der Regel darauf beschränken, den Fahrerzustand rückzumelden. Unklar ist, ob dadurch die Fahrt zu verhindern ist bzw. wie dies zu erreichen ist. Entsprechend ist eine Sicherheitsbewertung dieser Systeme nicht möglich.

Vor diesem Hintergrund ist in Tabelle 18 den Fehlerarten die entsprechende Strategie für Assistenzsysteme zuzuordnen. Dies wird bei der Beschreibung der einzelnen Unfalltypen und ihrer Ursachen entsprechend aufgegriffen. Die wesentlichen Fehlhandlungen und ihre Ursachen werden im Folgenden kurz zusammenfassend beschrieben.

(1) Vernachlässigung: Fahrer führen bestimmte Teile der Fahraufgabe nicht oder nachlässig aus, sodass daraus Unfälle entstehen. Dies betrifft die Spurhaltung (1.1), die Abstandshaltung (1.2), die aktive Informationssuche hinsichtlich anderer Verkehrsteilnehmer (1.3) oder die Berücksichtigung anderer bevorrechtigter Verkehrsteilnehmer bei der Planung des Fahrmanövers (1.4).

(1.1 und 1.2) Auf der Stabilisierungsebene wird die Spur- oder Abstandshaltung kurzzeitig nicht durchgeführt. Als Fehlhandlung ist zu beschreiben, dass die Fahrer nicht auf Abweichungen von der Idealspur bzw. vom sicheren Abstand reagieren. Handlungsfehler sind das Abkommen von der Fahrbahn bzw. das Auffahren. Ursache für die Fehlhandlung sind Unaufmerksamkeit, Ablenkung, eine fehlerhafte Ausrichtung der Aufmerksamkeit oder ein durch Alkohol, Drogen oder Müdigkeit eingeschränkter Fahrerzustand, sodass der Fahrer die relevanten Informationen nicht wahrnimmt. Von den Fehlerarten her geht es damit um die fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen, sodass als Eingriffsstrategie ein Weg gefunden werden muss, diese Informationen dem Fahrer trotz der Einschränkungen zu vermitteln. Dies ist problematisch im Fall von Alkohol, Drogen oder bei Müdigkeit. Eine sinnvolle Alternative wäre, das Fahren mit einem eingeschränkten Fahrerzustand zu verhindern (s. o.). Im Falle von Ablenkung, Unaufmerksamkeit oder einer fehlerhaften Ausrichtung der Aufmerksamkeit ist es notwendig, die Aufmerksamkeit der Fahrer auf die relevanten Informationen zu lenken. Da vorhandene Informationen nicht wahrgenommen werden, könnte es notwendig sein, eine entsprechende Warnung einzuführen, die dem Fahrer Hinweise gibt, welche Informationen er in seine Handlungsplanung einbeziehen sollte.

(1.3) Für bestimmte Manöver auf der Führungsebene ist es notwendig, aktiv Informationen über mögliche Konfliktpartner einzuholen. Fehlhandlung ist in diesem Fall das Unterlassen dieser Informationssuche, sodass die entsprechenden Informationen nicht in die Handlungsplanung einbezogen werden können. Daraus folgt als zweite Fehlhandlung die Ausführung eines Fahrmanövers (z. B. ein Spurwechsel), bei dem es dann zum Handlungsfehler „Zusammenstoß mit dem entsprechenden Konfliktpartner“ kommt. Die Ursache für die erste Fehlhandlung liegt im Bereich einer Fehlentscheidung, da die Informationssuche ohne besonderen Grund oder bedingt durch den Fahrerzustand nicht durchgeführt wird, obwohl es dem Fahrer bewusst sein sollte, dass er dies tun müsste. Eine Korrektur dieser Fehlentscheidung durch ein Assistenzsystem ist direkt nur schwer möglich, da es sich nicht um ein auf das eigene Fahrzeug bezogenes und damit im Fahrzeug ohne weiteres registrierbares Verhalten handelt. Diese Fehlentscheidung, die Information nicht einzuholen, führt dazu, dass beim Fahrer Informa-

tionsmangel vorliegt. Dieser ist die Ursache für die zweite Fehlhandlung, den Spurwechsel. Dieser Fehler wäre dadurch zu beheben, dass ein Assistenzsystem dem Fahrer Informationen über mögliche Konfliktpartner vermittelt, wobei fraglich erscheint, ob der Fahrer diese Information berücksichtigt, da er darauf verzichtet hat, Informationen einzuholen. Deshalb wäre zumindest eine Warnung notwendig. Diese ist allerdings erst dann möglich, wenn der Fahrer plötzlich handelt, ohne den entsprechenden anderen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen, weil erst dann für das System zu erkennen ist, was der Fahrer beabsichtigt. Aufgrund der kurzen dann verfügbaren Zeit könnte deshalb auch eine aktive Unterstützung durch ein System notwendig werden.

(1.4) Prinzipiell vorhandene Informationen über andere bevorrechtigte Verkehrsteilnehmer werden nicht bei der Handlungsplanung berücksichtigt. Fehlhandlung ist das Fahren ohne die Berücksichtigung dieser anderen Verkehrsteilnehmer. Handlungsfehler ist die Kollision mit diesen Verkehrsteilnehmern. Eine Gruppe von Ursachen für diese Fehlhandlung sind Unaufmerksamkeit, Ablenkung, eine fehlerhafte Ausrichtung der Aufmerksamkeit oder ein eingeschränkter Fahrerzustand, sodass der Fahrer die relevanten Informationen nicht wahrnimmt. Von den Fehlerarten her geht es damit um die fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen, sodass als Eingriffsstrategie ein Weg gefunden werden muss, diese Informationen dem Fahrer trotz der Einschränkungen zu vermitteln. Auch hier gilt, dass es bei einem eingeschränkten Fahrerzustand am sinnvollsten wäre, die Fahrt in diesem Zustand zu verhindern (s. o.). In den anderen Fällen muss die Aufmerksamkeit der Fahrer auf die relevanten Informationen gelenkt werden, wozu wahrscheinlich eine Warnung notwendig ist, die den Fahrer darauf hinweist, was er berücksichtigen sollte. Als weitere Ursache wird die fehlerhafte Einschätzung der Situation berichtet, d. h. eine Fehlinterpretation z. B. der Vorfahrtsregelung. Auch in diesem Fall wäre nur eine Warnung wirkungsvoll, da die Information wahrgenommen, aber als nicht relevant bewertet wurde.

(2) Die Fahrer passen die Planung und Ausführung ihrer Fahrmanöver nicht adäquat an die Situation an, sodass ein Unfall geschieht. Nicht angepasst werden der Abstand, die Geschwindigkeit, die Position auf der Spur oder die Vorgaben für die Längsführung (Anhalten und Losfahren) im Rahmen von verschiedenen Fahrmanövern. Dabei wird das Verhalten nicht angepasst an einen bestimmten Straßenzustand (2.1), an den Straßenverlauf (2.2), an andere Verkehrsteilnehmer, die die Fahrspuren verengen oder die eine entsprechende Fahrweise verlangen (2.3), an den Fahrerzustand (2.4), an Fahrerfähigkeiten (2.5) und an schlechte Sichtverhältnisse (2.6). Die Fehlhandlung besteht hier darin, die oben erwähnten Aspekte des Verhaltens nicht entsprechend zu verändern, also z. B. langsamer zu fahren, größere Abstände zu wählen usw. Die verschiedenen Ursachen werden im Folgenden kurz dargestellt.

(2.1) Wenn Geschwindigkeit und Abstand trotz Nässe oder Glätte nicht angepasst werden, liegen die Ursachen nicht im Bereich des Informationsmangels oder der fehlenden Wahrnehmung, da die entsprechenden Informationen überdauernd, langfristig und einfach zu erkennen sind. Zu vermuten sind Fehlinterpretationen z. B. im Sinne einer Fehleinschätzung der Beherrschbarkeit des Fahrzeugs oder Fehlentscheidungen, da z. B. die Gefahr unterschätzt und die schnelle Ankunft hoch bewertet wird. Da in der Umwelt vorhandene Warnungen (z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen bei Nässe) nicht dazu führen, dass die Geschwindigkeiten der Fahrer angepasst werden, ist auch von einem warnenden Assistenzsystem nur eine begrenzte Wirkung zu erwarten, sodass wahrscheinlich nur eine aktive Unterstützung oder ein übersteuerbarer Eingriff mit Regelung von Geschwindigkeit bzw. Abstand wirkungsvoll diesen Fehler vermeidet.

(2.2 und 2.3) Hier wird auf den Straßenverlauf bzw. auf andere Verkehrsteilnehmer wie z. B. Fahrradfahrer oder parkende Fahrzeuge nicht adäquat reagiert. Die Ursachen liegen nach den Protokollen vor allem im Bereich der Fehlinterpretation (z. B. werden Abstände falsch eingeschätzt), sodass nur von Warnungen positive Wirkungen zu erwarten sind. Wegen der kurzen Zeiten, die für eine Reaktion verfügbar sind, ist es wahrscheinlich nur mit Hilfe einer aktiven Unterstützung durch Assistenz möglich, um den Unfall zu vermeiden.

(2.4. und 2.5) Wenn der eigene Zustand und die eigenen Fähigkeiten nicht berücksichtigt werden,

liegt die Ursache im Bereich der Fehlentscheidungen. Assistenzsysteme müssten in Abhängigkeit von Fahrereigenschaften und Fahrerzustand diese Fehlentscheidung durch aktive Unterstützung korrigieren. Einerseits müssten dazu Fahrereigenschaften und Fahrerzustand erfasst werden, was nicht ohne weiteres möglich ist. Andererseits könnte die aktive Unterstützung vom Fahrer gerade unter den entsprechenden Umständen (z. B. Alkoholisierung) übersteuert werden. Bei einem eingeschränkten Fahrer wäre es am sinnvollsten, die weitere Fahrt zu verhindern, was aktuell nicht ohne weiteres möglich ist (s. o.). Wesentliche Sicherheitsgewinne sind von dieser Möglichkeit abgesehen nur dadurch zu erwarten, dass das Fahrzeug das Fahren überwacht, innerhalb eines sicheren Bereichs hält und notfalls eingreifen kann.

(2.6) Bedingt durch Sichtbehinderungen werden relevante Merkmale der Umwelt nicht erfasst, auf welche die Fahrer reagieren müssten. Die Fahrer müssten im Vorfeld ihr Verhalten entsprechend anpassen, um dann bei plötzlich auftretenden Veränderungen der Umwelt sicher reagieren zu können. Als Fehlhandlung ist zu beschreiben, dass die Fahrer diese Anpassung nicht leisten. Da die Sichtbehinderungen von den Fahrern wahrgenommen werden, aber sie nicht darauf reagieren, ist dies als Fehlentscheidung zu bewerten. Ein aktiv unterstützendes System müsste die Sichtbehinderung erkennen und Geschwindigkeit, Abstand oder den Zeitpunkt des Losfahrens entsprechend anpassen. Dies setzt natürlich voraus, dass das System die Sichtbehinderung als solche erkennt. Eine andere Möglichkeit wäre es, dem Fahrer die Informationen, die er nicht wahrnimmt, systemseitig zu vermitteln. Dies setzt wiederum voraus, dass dem System diese Informationen zur Verfügung stehen, wobei Blendungen, Dunkelheit, aber auch Verdeckungen berücksichtigt werden müssten.

(3) In der dritten Gruppe liegt die Ursache für die Fehlhandlung darin, dass vorhandene Informationen falsch interpretiert werden. Dadurch wird die Situation fehlerhaft bewertet und die Fahrer handeln aus ihrer Sicht richtig, objektiv aber fehlerhaft. Dies kann die Überzeugung betreffen, Vorfahrt zu haben, auf einer Fahrspur abbiegen zu dürfen oder nicht überholt werden zu dürfen. In diesem Fall muss ein Assistenzsystem durch eine Warnung diese Fehlinterpretation korrigieren. Aufgrund der kurzen Zeit, die für eine Reaktion zur Verfügung steht (z. B. der Fahrer beginnt einen Spurwechsel trotz eines überholenden Fahrzeugs) ist wahrscheinlich eine zusätzliche Unterstützung notwendig, um das Fehlverhalten zu verhindern.

(4) In der vierten Gruppe wird das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer falsch eingeschätzt oder vorhergesehen. Die Ursache für diesen Fehler liegt ebenfalls in der Fehlinterpretation vorhandener Information, wobei es hier um eine Vorhersage zukünftigen Verhaltens der anderen geht und damit auch die Planung des Verhaltens betroffen ist. Diese Art von Fehlern spielt im Kreuzungsbereich eine große Rolle, beim Überholen und bei voranfahrenden Fahrzeugen. Ein warnendes System müsste die Vorhersage des Fahrers korrigieren. Auch hier wird aufgrund der kurzen Zeitspannen wahrscheinlich eine aktive Unterstützung notwendig sein, um diese Unfälle zu verhindern.

(5) In der fünften Gruppe gehen die Fahrer bewusst Risiken ein. Um diese Art von Fehlentscheidung zu korrigieren, ist ein Eingriff durch das System notwendig, da in der Umwelt vorhandene Informationen und Warnungen ignoriert werden und dies deshalb auch für Warnungen oder aktive Unterstützung durch das Assistenzsystem zu erwarten ist. Unter Umständen ist allerdings zu befürchten, dass auch die Eingriffe übersteuert werden oder das Assistenzsystem abgeschaltet wird.

(6) In der letzten Gruppe geschehen Ausführungsfehler im Bereich der Längs- (z. B. Abrutschen von Gas und Kupplung) und Querführung (Verreißen des Lenkrads usw.). Hier sind ein Eingriff durch das System und eine Korrektur notwendig, um den daraus folgenden Unfall zu verhindern.

Diese verschiedenen Fehlhandlungen und ihre Ursachen werden im Folgenden bei der Darstellung der einzelnen Unfalltypen auf die Unfallsituation und die dort auftretenden Handlungsfehler bezogen. Dabei wird einerseits der Bezug zu den Fahraufgaben auf Stabilisierungs- und Führungsebene hergestellt, andererseits zur notwendigen Eingriffsstrategie, um für jeden Unfalltyp Hinweise auf Assistenzsysteme geben zu können, die diese Art von Unfällen verhindern könnten. Für die häufigsten Unfälle werden Beispiele von Unfallprotokollen

mit einer internen Codenummer gegeben. Die exakten Anzahlen in den einzelnen Tabellen können durch die Gewichtung aufgrund von Rundungen unterschiedlich ausfallen.

3.2 Der Fahrunfall

Bei den Fahrunfällen sind die häufigsten Feintypen die Unfälle in Kurven (101 und 102), auf gerader Strecke mit Abkommen von der Fahrbahn (141, 142, 143), beim Abbiegen (121 und 122) und beim Auffahren auf die Autobahn (124). In Tabelle 19 sind diese Feintypen aufgelistet. Insgesamt werden mit diesen ausgewählten Typen 92,4 % der Fahrunfälle analysiert. Dies entspricht 13,2 % aller Unfälle und 21,6 % der schweren Unfälle.

Laut Definition des Unfalltyps verliert der Fahrer bei den Fahrunfällen die Kontrolle über das Fahrzeug, weil er die Geschwindigkeit nicht entsprechend dem Verlauf, dem Querschnitt, der Neigung oder dem Zustand der Straße gewählt hat oder weil er deren Verlauf oder die Querschnittsänderung zu spät erkannt hat. Die Fahrer kommen nach rechts oder links von der Fahrbahn ab, sodass Unfälle mit dem Gegenverkehr entstehen können oder das Fahrzeug auf Hindernisse neben der Fahrbahn (Schilder, Bäume, Zäune, Wände usw.) aufprallt. Der allen Feintypen gemeinsame Handlungsfehler ist der Verlust der Kontrolle einschließlich der Kollision mit dem Gegenverkehr oder Hindernissen.

Fahrunfälle		Gesamt	Schwer
101	Linkskurve	125	63
102	Rechtskurve	119	42
143	Auf gerader Strecke, AvdF. rechts	96	39
142	Auf gerader Strecke, AvdF. links	55	21
121	Abbiegen/Einbiegen Kurve links	52	4
141	Auf gerader Strecke	51	23
122	Abbiegen/Einbiegen Kurve rechts	37	8
124	In einer Beschleunigungsspur	28	14
Summe		563	214
% Fahrunfälle		92.4	92.6
% aller Unfälle		13.2	21.6

Tab. 19: Häufigkeit der Feintypen beim Fahrunfall bei der Analyse für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“). Dargestellt sind die gewichteten Anzahlen und als Summe der Anteil der In-Depth analysierten Unfälle an allen Fahrunfällen und an allen Unfällen aus Braunschweig

Auf der Ebene der Fehlhandlungen lassen sich vier verschiedene Gruppen unterscheiden (s. Tabelle 20). Am häufigsten finden sich Fehlanpassungen der Geschwindigkeit. Diese wird an unterschiedliche situative Rahmenbedingungen nicht angepasst, dazu zählen der Straßenzustand, Fahrerzustand oder die eigene Leistungsfähigkeit (Selbstüberschätzung).

Ein Beispiel für die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand lautet folgendermaßen: „Der Unfallverursacher kam auf eis- bzw. schneeglatter Fahrbahn nach rechts von der Fahrbahn ab und stieß gegen einen Straßenbaum“ (Code 11331).

Bei der zweiten Gruppe von Fehlhandlungen wird die Querführung ohne besonderen Grund vernachlässigt. Folgender Unfall beschreibt einen typischen Verlauf: „In der lang gestreckten Linkskurve ... kam 01 infolge Unachtsamkeit nach links gegen den Bordstein der Mittelleitplanke. Dadurch geriet er ins Schleudern, kam nach rechts von der Fahrbahn ab und prallte in die Leitplanke“ (Code 4693).

Fahrunfälle	Anzahl		% Fahrunfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Fehlanpassung Geschwindigkeit Straßenzustand	354	128	58.0	55.2	8.3	12.9
Fehlanpassung Geschwindigkeit Fahrerzustand	70	44	11.5	19.1	1.6	4.5
Vernachläss. Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	62	21	10.2	9.2	1.5	2.2
Fehlanpassung Geschwindigkeit Leistungsfähigkeit	29	9	4.8	4.1	0.7	1.0
Ausführungsfehler	6	4	0.9	1.6	0.1	0.4
Fehlanpassung Geschwindigkeit Sichtbehinderung	4	0	0.7	0.0	0.1	0.0
Ausweichen	2	2	0.4	1.0	0.1	0.2
Keine Zuordnung	28	4	4.6	1.8	0.7	0.4
Ausschluss	6	2	0.9	0.8	0.1	0.2
Summe	561	214	92.2	92.8	13.2	21.6

Tab. 20: Häufigkeit der Fehlhandlungen bei Fahrunfällen. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf die Fahrunfälle und alle Unfälle

Fahrunfall	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Fehlanpassung Geschwindigkeit		X			X			X															
Vernachlässigung Querführung	X			X				X															
Ausführungsfehler	X			X				X															
Ausweichen									X		X	X											

Tab. 21: Zuordnung der Fehlhandlungen zu den verschiedenen Fahraufgaben beim Fahrunfall. Mit einem Kreuz sind die Fahraufgaben gekennzeichnet, die von einem Assistenzsystem beherrscht werden müssen, um den Unfall zu verhindern

Bei der dritten Gruppe besteht die Fehlhandlung in einem fehlerhaften Eingriff in die Geschwindigkeits- oder Spurregulation. Ein Beispiel: „Nach Durchfahren der Rechtskurve sei 01 mit dem rechten Fuß vom Bremspedal abgerutscht und habe auf das Gaspedal getreten. Das Fahrzeug 01 kam nach rechts von der Fahrbahn ab und stieß rechtsseitig auf die Hinterachse des Fahrzeuges 02“ (Code 10356).

Die letzte Gruppe umfasst Unfälle, bei denen die Fehlhandlung im bewussten Ausweichen besteht. Der Fahrer geht ein Risiko ein, um den Unfall zu vermeiden. „… In Höhe des KM 1.35 kam ihr ein Lkw entgegen. Dieser Lkw sei nach ihren Angaben auf ihre Fahrbahnhälfte geraten, sodass sie äußerst rechts fuhr, wobei sie auf einen rechten, unbefestigten Seitenstreifen geriet und dort einen Leitpfosten erfasste“ (Code 5991).

Alle Fehlhandlungen geordnet nach der Häufigkeit ihres Auftretens sind in Tabelle 20 dargestellt. An erster Stelle steht die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand (58,0 % aller bzw. 55,2 % der schweren Fahrunfälle). Die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Fahrerzustand betrifft stärker die schweren Fahrunfälle (19,1 %) als die Fahrunfälle gesamt (11,5 %). Ähnlich häufig bei beiden Arten von Unfällen ist die Vernachlässigung der Querführung mit 10,2 % bzw. 9,2 %. Schließlich findet sich eine Fehlanpassung der Geschwindigkeit an die Leistungsfähigkeit der Fahrer bei 4,8 % bzw. 4,1 %. Alle anderen Fehlhandlungen treten sehr selten auf.

Nicht zuzuordnen sind Fahrunfälle, bei denen Fahrerflucht vorlag und bei denen deshalb über den Unfallverlauf keine Aussagen möglich sind (4.6 bzw. 1,8 %). Ausgeschlossen wurden Unfälle, bei denen kein Pkw beteiligt war oder die von der Polizei falsch klassifiziert wurden (0.9 bzw. 0,8 %).

Für jede der Fehlhandlungen sind bestimmte Fahrmanöver von einem Fahrerassistenzsystem zu beherrschen, um die Fehlhandlung zu verhindern und so den Unfall zu vermeiden. Diese Zuordnung ist in Tabelle 21 dargestellt. Bei der Fehlanpassung geht es auf der Führungsebene darum, dem Straßenverlauf zu folgen und eine der Situation angemessene Geschwindigkeit zu wählen. Dabei ist die Geschwindigkeit an Umweltbedingungen wie Nässe und Glätte anzupassen und der Straßenverlauf auch bei Kurven, Kreuzungen und Auffahrten zu berücksichtigen. Die Erkennung des Straßenverlaufs muss trotz schlechter Sichtverhältnisse möglich sein. Bei der Vernachlässigung der Spurhaltung und den Fehlhandlungen bei der Ausführung geht es auf der Führungsebene ebenfalls darum, der Straße zu folgen, wobei hier die Spurhaltung im Vordergrund steht, wo eine bestimmte Genauigkeit vorgegeben wird und diese dann auf der Stabilisierungsebene eingehalten werden muss. Beim Ausweichen schließlich geht es darum, sich einem Hindernis anzunähern, vor diesem anzuhalten oder es zu passieren.

Die Ursache der Fehlhandlung (s. Tabelle 22) liegt bei den Fehlanpassungen der Geschwindigkeit darin, dass die Fahrer Fehlentscheidungen treffen,

Fahrunfall	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Fehlanpassung Geschwindigkeit				X	
Vernachlässigung Querführung		X			
Ausführungsfehler					X
Ausweichen				X	X

Tab. 22: Ursachen der Fehlhandlungen für den Fahrunfall. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

bei denen die vorliegende relevante Informationen nicht in ihre Handlungsplanung einbezogen wird oder der eigene Zustand bzw. die eigenen Fähigkeiten falsch beurteilt werden. Die fehlende Wahrnehmung vorliegender Information ist die Ursache bei der Vernachlässigung der Spurhaltung. Beim Ausweichen trifft der Fahrer eine aus seiner Sicht richtige Entscheidung, die aber zu dem Unfall führt. Unter Umständen hätte der Unfall durch bessere Planung oder Ausführung vermieden werden können. Vielleicht hat der Fahrer aber auch nachvollziehbar die weniger schlimme Alternative gewählt. Deshalb liegt hier entweder eine Fehlentscheidung oder eine fehlerhafte Ausführung vor. Schließlich liegen bei der letzten Gruppe von Fehlhandlungen die Ursachen in der Ausführung.

Zusammenfassend bedeutet das für den Fahrunfall:

- Die verschiedenen Feintypen lassen sich bei diesem Unfalltyp hinsichtlich der Fehlhandlungen und ihrer Ursachen zusammenfassen.
- Im Vordergrund steht die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an die Situation und die Fahrermerkmale (insgesamt 75 % aller und 78 % der schweren Fahrunfälle), gefolgt von einer Vernachlässigung der Spurhaltung (10 % bzw. 9 % der Fahrunfälle). Alle anderen Fehlhandlungen entsprechen insgesamt nur 1 % bzw. 3 % der Fahrunfälle.
- Um diese Unfälle zu verhindern, muss die Geschwindigkeit an die Situation angepasst werden. Die Unterstützung der Spurhaltung steht mit weitem Abstand an zweiter Stelle.
- Von der Eingriffsstrategie her ist bei der Fehlanpassung eine aktive Unterstützung notwendig. Ein Assistenzsystem muss die Information über den Straßenzustand, den Fahrerzustand und die Leistungsfähigkeit der Fahrer berücksichtigen, um davon ausgehend den Fahrer dabei zu unterstützen, eine sichere Geschwindigkeit zu halten, indem z. B. über ein aktives Gaspedal Hinweise gegeben werden, die Geschwindigkeit zu verringern. Da die Fahrer Informationen und Warnungen aus der Umwelt ignorieren, könnte es auch sinnvoll sein, durch einen übersteuerbaren Eingriff eine sichere Geschwindigkeit zu halten. Bei einem eingeschränkten Fahrerzustand wäre es am sinnvollsten, die Fahrt zu verhindern.
- Bei der Vernachlässigung der Spurhaltung müssen dem Fahrer die Informationen über die Position in der Spur vermittelt werden, sodass er sie trotz Unaufmerksamkeit oder Ablenkung wahrnimmt, sodass hier eine Warnung notwendig ist. Aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit für eine Korrektur könnte sogar eine Unterstützung des Lenkens notwendig sein.
- Die seltenen Ausführungsfehler könnten durch ein eingreifendes Assistenzsystem, dass die Spurhaltung überwacht und in kritischen Fällen korrigiert, verhindert werden.
- Im Fall der seltenen Ausweichmanöver kann unter Umständen ein Collision-Avoidance-System positiv wirksam sein.

3.3 Der Abbiegeunfall

Die häufigsten Feintypen der Abbiegeunfälle sind in Tabelle 23 aufgeführt. Diese decken 90,9 % aller bzw. 89,1 % der schweren Abbiegeunfälle ab. Diese ausgewählten Abbiegeunfälle entsprechen 11,0 % aller und 12,3 % der schweren Unfälle. Am häufigsten treten Unfälle von Linksabbiegern auf, wobei das Auffahren auf Linksabbieger an erster Stelle steht, gefolgt von Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen. An dritter Stelle ist das Auffahren auf einen Rechtsabbieger zu finden. Alle weiteren Feintypen sind deutlich seltener.

Um einen Abbiegeunfall handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer ausgelöst wurde. Das gilt an Einmündungen und Kreu-

Abbiegeunfälle		Gesamt	Schwer
201	Linksabbieger Nachfolgender	142	38
211	Linksabbieger Gegenverkehr	133	49
231	Rechtsabbieger Nachfolgender	84	8
202	Linksabbieger links Überholender	24	7
243	Rechtsabbieger Fzg. gleiche Seite	24	13
252	Zwei Abbieger rechts	24	1
251	Zwei Abbieger links	15	0
232	Rechtsabbieger rechts Überholender	14	1
244	Rechtsabbieger Entgegenkommender	10	5
Summe		470	122
% Abbiegeunfälle		90.9	89.1
% aller Unfälle		11.0	12.3

Tab. 23: Häufigkeit der Feintypen beim Abbiegeunfall bei der Analyse für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“). Dargestellt sind die gewichteten Anzahlen und als Summe der Anteil der In-Depth analysierten Unfälle an allen Abbiegeunfällen und an allen Unfällen aus Braunschweig

zungen von Straßen, Feld- oder Radwegen sowie an Zufahrten, z. B. zu einem Grundstück oder einem Parkplatz. Aus der Definition des Abbiegeunfalls wird bereits deutlich, dass es im Unterschied zum Fahrunfall mehrere Handlungsfehler gibt. Insgesamt lassen sich 6 unterschiedliche Handlungsfehler beschreiben:

- Handlungsfehler „Auffahren“. Hier werden die Feintypen 201 (Linksabbieger und nachfolgendes Fahrzeug) und 231 (Rechtsabbieger und nachfolgendes Fahrzeug) zusammengefasst.
- Handlungsfehler „Kollision mit Entgegenkommendem“. Darunter fallen die Feintypen 211 (Linksabbieger und entgegenkommendes Fahrzeug) und 244 (Rechtsabbieger und entgegenkommender Fahrradfahrer).
- Handlungsfehler „seitliche Kollision beim Abbiegen“. Darunter fallen Unfälle der Feintypen 202 (Linksabbieger und Überholer) und 232 (Rechtsabbieger und Überholer), bei denen der Unfallschuldige (01) der Abbieger war.
- Handlungsfehler „seitliche Kollision beim Überholen“. Hierzu zählen ebenfalls Unfälle der Feintypen 201 und 231, hier war der Verursacher (01) allerdings der Überholer.
- Handlungsfehler „seitliche Kollision gemeinsam abbiegender Fahrzeuge“, unter den die Unfälle der Feintypen 251 (zwei Abbieger nach links) und 252 (zwei Abbieger nach rechts) subsumiert werden.
- Handlungsfehler „seitliche Kollision mit Fahrradfahrer rechts“. Dazu zählen die Unfälle des Feintyps 243 (Rechtsabbieger und Fahrradfahrer).

Im Folgenden werden für die verschiedenen Handlungsfehler die wichtigsten Fehlhandlungen kurz beschrieben. Beim Handlungsfehler „Auffahren“ kommt es zum Unfall, weil ein abbiegendes Fahrzeug auf ein vorausfahrendes Fahrzeug auffährt, das vor dem Abbiegen anhält. Hierbei werden vier verschiedene Fehlhandlungen unterschieden. Im Vordergrund steht die Vernachlässigung der Abstandshaltung. Das passiert in den häufigsten Fällen aufgrund von Unachtsamkeit, aber auch wegen der falschen Ausrichtung der Aufmerksamkeit. Ein Beispiel für Ersteres lautet folgendermaßen: „Der Beteiligte 02 befuhr die Celler Heerstr. in Richtung stadtauswärts und hielt in Höhe Nr. XXX an, um nach links in die Straße hinter dem Turme abzubiegen. Der Beteiligte 01 erkannte den stehenden Lkw zu spät und fuhr auf“ (Code 2771).

Eine weitere Fehlhandlung ist die Fehleinschätzung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, wie sich anhand des nachstehenden Beispiels zeigen lässt: „Unmittelbar musste 02 aufgrund eines auf dem Radweg kreuzenden Radfahrers verkehrsbedingt anhalten. Der nachfolgende 01 hatte nicht damit ‚gerechnet’ und fuhr auf den stehenden Pkw 02 auf“ (Code 6941).

Bei der dritten Gruppe kommt es zu einer Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit. Dabei wird der Straßenzustand, die Fahrerfähigkeit oder der eingeschränkte Fahrerzustand nicht angemessen berücksichtigt. Ein Beispiel für die Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit an den Straßenzustand ist: „Als ihr Fahrzeug bereits zum Stillstand gekommen war, näherte sich von hinten die Beteiligte 01. Sie bemerkte die Situation zwar rechtzeitig, konnte ihr Fahrzeug jedoch aufgrund der Eisglätte nicht mehr rechtzeitig zum Stehen bringen und rutschte auf den Pkw der Beteiligten 02“ (Code 1702).

Zur letzten Gruppe gehören die Ausführungsfehler, also Unfälle, die als Folge von motorischen Fehlern auftreten: „Der hinter 02 folgende 01 erkannte, dass der 02 eine Radfahrerin passieren lassen wollte, und bremste seinen Pkw ebenfalls ab. Da er von der Bremse abrutschte, kam es zum Zusammenstoß mit dem Pkw des 02“ (Code 5783).

In Tabelle 24 sind alle Fehlhandlungen des Abbiegeunfalls mit dem Handlungsfehler „Auffahren“ dargestellt, geordnet nach der Häufigkeit dieser

Abbiegeunfälle Auffahren	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	162	24	31.3	17.4	3.8	2.4
Vernachlässigung Abstandshaltung, falsche Aufmerksamkeitsausrichtung	8	1	1.6	1.0	0.2	0.1
Fehleinschätzung Verhalten anderer	7	1	1.4	1.0	0.2	0.1
Fehlanpassung Abstand und Geschw., Straßenzustand	6	2	1.2	1.5	0.1	0.2
Fehlanpassung Abstand und Geschw., Fahrerfähigkeit	4	0	0.8	0.0	0.1	0.0
Fehlanpassung Abstand und Geschw., Fahrerzustand	2	1	0.3	0.5	0.0	0.1
Ausführungsfehler	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	2	0	0.4	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	33	16	6.5	12.0	0.8	1.7
Summe	226	46	43.7	33.5	5.3	4.6

Tab. 24: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen mit Auffahren. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Abbiegeunfall Auffahren	Stabilisierung			Führung																		
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung Abstandshaltung			X			X			X		X			X									
Fehleinschätzung Verhalten anderer			X			X			X		X			X									
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit			X			X			X		X			X									
Ausführungsfehler			X			X			X		X			X									

Tab. 25: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Abbiegeunfall (Handlungsfehler „Auffahren“)

Fehlhandlungen. Am häufigsten ist die Vernachlässigung der Abstandshaltung durch Unaufmerksamkeit mit 31,3 % aller Abbiegeunfälle und 17,4 % der schweren Abbiegeunfälle gefolgt von der Vernachlässigung bedingt durch eine falsche Aufmerksamkeitsausrichtung (1,6 % bzw. 1,0 %). Ähnlich geringe Häufigkeiten weisen auch die Fehleinschätzung des Verhaltens anderer (1,4 % bzw. 1,0 %) und die Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit an den Straßenzustand (1,2 % bzw. 1,5 %) auf. Alle weiteren Fehlhandlungen liegen unter 1 %.

Ordnet man die oben beschriebenen Fehlergruppen den Fahrmanövern zu, die ein Assistenzsystem unterstützen bzw. durchführen muss, um diesen Unfall zu verhindern, so zeigt sich für alle Fehlergruppen das gleiche Muster (s. Tabelle 25). Auf der Führungsebene geht es darum, einen Soll-Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug einzuhalten, sowie sich diesem Fahrzeug anzunähern und davor anzuhalten. Das Abbiegen ist nicht angekreuzt, da der Unfall vor dem Abbiegen geschieht und für den Auffahrenden das Abbiegen nicht die Fahraufgabe ist. Auf der Stabilisierungsebene steht die Abstandsregelung im Vordergrund.

Die Ursache für die Vernachlässigung der Abstandshaltung liegt darin, dass die Fahrer vorhandene Informationen nicht wahrnehmen, sodass eine Warnung vor voranfahrenden oder stehenden Fahrzeugen zu vermitteln ist. Bedingt durch die

Abbiegeunfall Auffahren	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung Abstandshaltung		X			
Fehleinschätzung Verhalten anderer			X		
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit				X	
Ausführungsfehler					X

Tab. 26: Ursachen der Fehlhandlungen für den Abbiegeunfall mit Auffahren. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

kurze zur Verfügung stehende Zeit könnte auch eine entsprechende aktive Unterstützung des Bremsens notwendig sein (s. Tabelle 26). Bei der Fehleinschätzung des Verhaltens anderer liegt die Ursache in der Fehlinterpretation vorhandener Informationen, sodass hier eine Warnung notwendig ist bzw. entsprechend der Argumentation oben eine aktive Unterstützung. Bei der Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit sind es Fehlentscheidungen des Fahrers, die zu dem Unfall geführt haben, sodass eine aktive Unterstützung gebraucht wird. In der letzten Gruppe liegt die Fehlerursache bei der Ausführung, sodass ein Eingriff notwendig ist.

Zur zweiten Gruppe zählen Unfälle mit dem Handlungsfehler „Kollision mit Entgegenkommendem“. Der Handlungsfehler liegt darin, dass der Fahrer abbiegt, ohne den entgegenkommenden Verkehr zu beachten, und es infolgedessen zur Kollision kommt. Dies kann entweder beim links Abbiegen mit einem entgegenkommenden Pkw oder beim rechts Abbiegen mit einem entgegenkommenden Fahrradfahrer geschehen. Diesem Handlungsfehler gehen vier unterschiedliche Fehlhandlungen voraus.

In der ersten Gruppe werden andere Verkehrsteilnehmer bei der Handlungsplanung der Längsführung (An- und Weiterfahren) vernachlässigt. Das passiert aufgrund von Unaufmerksamkeit, ohne besonderen Grund oder weil die Fahrer die Situation falsch einschätzen. Ein Beispiel für die Vernachlässigung der Längsführung aufgrund von Unachtsamkeit lautet wie folgt: „01 befuhr den Hagenring aus Richtung Rebenring kommend und beabsichtigte, nach links auf die Jasperallee stadtauswärts abzubiegen. Beim Abbiegen nach links übersah er infolge Unachtsamkeit den entgegenkommenden Pkw 02, der den linken Geradeausfahrstreifen des Altewiekringes in Fahrtrichtung Hagenring befuhr, sodass es zum Unfall mit Sachsschaden kam“ (Code 0923).

In der zweiten Gruppe geht es darum, dass das Fahren nicht an verschiedene Rahmenbedingungen angepasst wird. Abstand und Geschwindigkeit werden nicht an den Straßenzustand und den Fahrerzustand angepasst. Beim Anhalten werden Besonderheiten des Straßenverlaufs nicht berücksichtigt. Schließlich wird das An- und Weiterfahren nicht an Sichtbehinderungen angepasst. Ein Beispiel für die Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit an den Straßenverlauf: „Demnach befuhr der 01 den Mittelweg in Richtung Norden und wollte in die Hofeinfahrt der Braunschweiger Zeitung nach links abbiegen. 02 kam ihm entgegen. Da sich 01 zu weit in die Gegenfahrbahn eingeordnet hatte, nach eigenen Angaben stand er dort ca. 2 Sekunden, kam es zu einer leichten Kollision mit der Beteiligten 02. Es entstand leichter Sachschaden“ (Code 0593).

Bei der bewusst riskanten Planung des Fahrmanövers handelt der Fahrer unter Inkaufnahme eines Risikos und biegt ab, ohne den anderen passieren zu lassen: „01 befuhr den linken Fahrstreifen der Luisenstraße in Richtung Frankfurter Straße und bog an der Kreuzung Luisenstraße/Frankfurter Straße/Cammanstraße verbotswidrig nach links ab ... . Hierbei übersah die 01 die entgegenkommende 02 mit ihrem Pkw“ (Code 8419). Schließlich findet sich nur ein Ausführungsfehler, sodass auf ein Beispiel verzichtet wird.

Eine Auflistung der genannten Fehlhandlungen und ihrer Häufigkeiten findet sich in Tabelle 27. An erster Stelle steht die Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer wegen Unaufmerksamkeit (17,8 % aller Abbiegeunfälle und 30,0 % der schweren Abbiegeunfälle) gefolgt von der Vernachlässigung anderer ohne besonderen Grund (2,4 % bzw. 2,6 %) und wegen einer Fehleinschätzung der Situation (1,4 % bzw. 1,0 %). Die Fehlanpassung des Anhaltens an Besonderheiten des Straßenverlaufs ist die Fehlhandlung bei 1,5 % bzw. 0 % der Abbiegeunfälle. Bei den schweren Abbiegeunfällen sind die bewusst riskante Planung des Fahrmanövers und die Fehlanpassung von Ab-

Abbiegeunfälle Entgegenkommender	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	92	41	17.8	30.0	2.2	4.1
Vernachlässigung anderer o. bes. Grund	13	4	2.4	2.6	0.3	0.4
Fehlanpassung korrekt anhalten, Besonderh. Straßenverlauf	8	0	1.5	0.0	0.2	0.0
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung, Situation	7	1	1.4	1.0	0.2	0.1
Vernachlässigung anderer wg. falscher Aufmerkeitsausrichtung	5	1	0.9	0.5	0.1	0.1
Fehlanpassung An-/Weiterfahren, Sichtbehinderung	3	1	0.5	0.5	0.1	0.1
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	2	1	0.5	1.1	0.1	0.1
Fehlanpassung Abstand und Geschw., Fahrerzustand	2	1	0.5	1.0	0.1	0.1
Fehlanpassung Abstand und Geschw., Straßenzustand	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Ausführungsfehler	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	2	1	0.5	1.0	0.1	0.1
Ausschluss	7	3	1.4	2.2	0.2	0.3
Summe	144	55	27.8	39.9	3.4	5.5

Tab. 27: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen mit Entgegenkommenden. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Abbiegeunfall Kollision mit Entgegenkommenden	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer		X			X												X						
Fahranpassung korrekt anhalten		X			X												X						
Fehlanpassung An- und Weiterfahrt		X			X												X						
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit		X			X												X						
Bewusst riskante Planung		X			X												X						
Ausführungsfehler		X			X												X						

Tab. 28: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Abbiegeunfall (Handlungsfehler „Kollision mit Entgegenkommenden“)

stand und Geschwindigkeit an den Fahrerzustand häufiger die Fehlhandlung als bei allen Unfällen (1,1 % bzw. 1,0 % bei den schweren Unfällen im Vergleich zu jeweils 0,5 % bei allen Unfällen). Die weiteren Fehlhandlungen sind sehr selten zu finden.

Hinsichtlich der zu unterstützenden Fahrmanöver stehen hier die Planung und Ausführung des Abbiegens auf der Führungsebene im Vordergrund (s. Tabelle 28). In den meisten Fällen liegt die Fehlhandlung darin, andere Verkehrsteilnehmer bei der Planung nicht zu berücksichtigen. Weiter werden das Anhalten, das An- und Weiterfahren und die Abstands- und Geschwindigkeitswahl nicht an situative Umstände angepasst. Dabei können auch Ausführungsfehler eine Rolle spielen. Vereinzelt wird das Fahrmanöver bewusst riskant geplant.

In Tabelle 29 ist zu erkennen, dass die fehlende Wahrnehmung von Informationen die wesentliche Ursache für die Vernachlässigung anderer ist. Hier könnte ein informierendes Assistenzsystem bereits wirksam sein. Bei den verschiedenen Arten der Fehlanpassung liegt die Ursache in einer nicht an die Situation angepassten Handlungsplanung. Bei der Fehlanpassung des An- und Weiterfahrens kommt möglicherweise auch eine fehlerhafte Ausführung hinzu. Unfällen, bei denen bewusst falsch gehandelt wird, liegt eine Fehlentscheidung zugrunde, bei der letzten Gruppe von Unfällen Fehler bei der Ausführung. Bei den Fehlentscheidungen ist eine aktive Unterstützung notwendig, bei der fehlerhaften Ausführung ein übersteuerbarer Eingriff.

Bei der dritten Gruppe, der „seitlichen Kollision beim Abbiegen“ besteht der Handlungsfehler in der seitlichen Kollision mit einem anderen Fahrzeug, während der Fahrer abbiegt. Die Fehlhandlung liegt darin, dass der Fahrer beim links Abbiegen nicht beachtet, dass er gerade überholt wird oder dass er beim rechts Abbiegen auf der entsprechenden Spur fälschlicherweise geradeaus fährt.

Abbiegeunfall Entgegenkommende	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Fehlanpassung korrekt anhalten				X	
Fehlanpassung An- und Weiterfahrt				X	X
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit				X	
Bewusst riskante Planung				X	
Ausführungsfehler					X

Tab. 29: Ursachen der Fehlhandlungen für den Abbiegeunfall mit dem Handlungsfehler „Kollision mit Entgegenkommenden“. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Dabei werden die anderen Verkehrsteilnehmer bei der ersten Fehlhandlung entweder aufgrund von Unaufmerksamkeit oder Überforderung durch eine andere Aufgabe vernachlässigt (s. Tabelle 30). Der Fahrer biegt ab, ohne sich zu vergewissern, ob der Abbiegevorgang gefahrlos möglich ist, wie folgendes Beispiel zeigt: „01 befuhr die Hamburger Straße stadtauswärts und wollte vom dortigen Linksabbiegerfahrstreifen auf das Gelände der Fa. Holzberg abbiegen. Dabei beachtete er nicht 02, der mit der Straba in der Fahrbahnmitte in gleiche Richtung fuhr, sodass es zum Zusammenstoß kam“ (Code 5775).

Bei der zweiten Fehlhandlung werden Rahmenbedingungen der Situation falsch interpretiert und es kommt zum seitlichen Zusammenstoß. Folgende Aussage stellt eine beispielhafte Situation dar: „Unmittelbar vor der Kreuzung Rudolfplatz befinden sich 3 Fahrstreifen, wobei baustellenbedingt der rechte nicht mehr als Geradeausfahrstreifen fungiert. Gelbe Markierungen sind vorhanden. 01 folgte nicht der vorgeschriebenen Fahrtrichtung nach rechts in Richtung Sackring, sondern fuhr geradeaus in Richtung Goslarsche Straße, verließ somit seinen Fahrstreifen nach links. Hierbei stieß er mit der linken vorderen Ecke gegen die rechte Seite des … 02“ (Code 5341).

Tabelle 30 zeigt die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen, die insgesamt relativ selten sind (0,4 % aller und 0,3 % der schweren Unfälle). Am häufigsten findet sich die Vernachlässigung anderer wegen Unaufmerksamkeit (1,9 % bzw. 2,2 % aller bzw. der schwere Abbiegeunfälle). Die Fehlin-

Abbiegeunfälle seitlich Abbiegen	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	10	3	1.9	2.2	0.2	0.3
Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen	3	0	0.6	0.0	0.1	0.0
Vernachlässigung anderer, Überforderung	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	2	0	0.4	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Summe	17	3	3.3	2.2	0.4	0.3

Tab. 30: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen mit seitlich Abbiegen. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

terpretation von Rahmenbedingungen kommt nur bei den leichteren Unfällen vor.

Hinsichtlich der zu unterstützenden Fahrmanöver stehen bei der Vernachlässigung die Planung und Ausführung des Abbiegens auf der Führungsebene im Vordergrund (s. Tabelle 31). Insbesondere müssen andere, überholende Fahrzeuge beim Abbiegen berücksichtigt werden. Im zweiten Fall will der Fahrer die Kreuzung queren, hat sich aber falsch eingeordnet, sodass er abbiegen müsste. Hier ist die Planung der Spurwahl bei der Kreuzungsquerung zu unterstützen.

In Tabelle 32 ist die Zuordnung der beiden Fehlhandlungen zu den jeweiligen Ursachen dargestellt. Eine fehlende Wahrnehmung ist die wesentliche Ursache für die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer, wobei hier Unaufmerksamkeit oder Überforderung eine Rolle spielen können. Hier kann ein informierendes System wirksam sein. Bei der Fehlinterpretation der Rahmenbedingungen interpretiert der Fahrer die vorliegenden Informationen falsch und schätzt so die Situation falsch ein. Um dies zu korrigieren, muss ein Assistenzsystem den Fahrer warnen.

Die Unfälle der vierten Gruppe unterscheiden sich von denen der dritten Gruppe dadurch, dass der Unfallverursacher überholt, ohne auf ein vorausfahrendes, abbiegendes Fahrzeug zu achten. Die Fehlhandlung besteht sehr häufig darin, dass andere Verkehrsteilnehmer bei der Planung des Überholens vernachlässigt werden, wobei entweder Unaufmerksamkeit oder ein beeinträchtigter Fahrerzustand dafür verantwortlich sein können. Ein Beispiel für die Vernachlässigung anderer wegen Unaufmerksamkeit lautet folgendermaßen: „02 und 01 befuhren die Kastanienallee vom Altewiekring kommend in Richtung Ebertallee. In Höhe Nr. XXX bremste 02 ab und setzte den Fahrtrichtungsanzeiger links, da er nach links auf das Grundstück Nr. XXX abbiegen wollte. 01 erkannte das Blinken nach eigenen Angaben nicht und überholte den langsam fahrenden 02 links“ (Code 0475).

Eine weitere Fehlhandlung ist die bewusst riskante Planung des Fahrmanövers. Hier überholt der 01 das vor ihm abbiegende Fahrzeug unter Inkaufnahme des damit verbundenen Risikos, wie folgendes Beispiel zeigt: „Der 01 befuhr den Rechtsabbiegerfahrstreifen der Hildesheimer Straße in Richtung Rudolfplatz und fuhr verbotswidrig geradeaus weiter auf den Rudolfplatz ein. Hier kam es zu einer seitlichen Berührung mit dem Pkw des 02, der ge-

Abbiegeunfall seitliche Kollision Abbiegen	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Fehlinterpretation, Rahmenbedingungen			X		

Tab. 32: Ursachen der Fehlhandlungen für den Abbiegeunfall mit dem Handlungsfehler „seitliche Kollision beim Abbiegen“. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Abbiegeunfall seitliche Kollision Abbiegen	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer																	X						
Fehlinterpretation, Rahmenbedingungen															X								

Tab. 31: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Abbiegeunfall mit seitlicher Kollision, bei der der Abbiegende der Unfallverursachende ist

rade dabei war, nach rechts in den Sackring abzubiegen“ (Code 7636).

Schließlich kann die Fehlhandlung auch darin liegen, dass das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer falsch eingeschätzt wird. Hier rechnet der Überholer nicht damit, dass der Vorausfahrende plötzlich abbiegen könnte, und es kommt während des Überholvorgangs zur seitlichen Kollision: „Da sich 02 für den Abbiegevorgang nicht unmittelbar neben der Fahrbahnmitte einordnete, vermutete der hinter 02 fahrende 01, dass diese ihre Fahrt auf der rechten Linksabbiegerspur i. R. Hansestraße fortsetzten wollte. Als 01 linksseitig an 02 vorbeifahren wollte, steuerte diese ihren Pkw nach links. Trotz Ausweichmanöver der Beteiligten kam es zu einer seitlichen Berührung der Fahrzeuge. Dabei entstand Sachschaden“ (Code 1060).

In einem Fall wurde die Querführung beim Abbiegen nicht an den Spurverlauf angepasst. Hier wird auf ein Beispiel verzichtet. Tabelle 33 zeigt die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen. Insgesamt betreffen diese Unfälle nur 4,2 % der Abbiegeunfälle und 0,5 % bzw. 0,6 % aller Unfälle. Die Vernachlässigung anderer wegen Unaufmerksamkeit, die bewusst riskante Planung und die Fehleinschätzung des Verhaltens anderer sind die häufigsten Fehlhandlungen. Bei den schweren Unfällen kommt die Vernachlässigung anderer wegen eines eingeschränkten Fahrerzustands relativ häufig vor.

Hinsichtlich der zu unterstützenden Fahrmanöver geht es bei allen Fehlhandlungen auf der Führungsebene um das Überholen (s. Tabelle 34). Bei der Fehlanpassung der Querführung ist dabei wesentlich, den Straßenverlauf bei der Planung zu berück-

Abbiegeunfälle seitlich Überholen	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	10	1	1.9	0.5	0.2	0.1
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	5	1	1.0	1.0	0.1	0.1
Fehleinschätzung Verhalten anderer	2	1	0.5	1.0	0.1	0.1
Fehlanpassung Querführung, Bes. Straßenverlauf	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	1	1	0.2	0.7	0.0	0.1
Keine Zuordnung	1	1	0.3	1.0	0.0	0.1
Ausschluss	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Summe	22	6	4.2	4.2	0.5	0.6

Tab. 33: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen mit seitlich Überholen. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Abbiegeunfall seitliche Kollision Überholen	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer										X													
Bewusst riskante Planung										X													
Fehleinschätzung anderer Verkehrsteilnehmer										X													
Fehlanpassung Querführung	X			X						X													

Tab. 34: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Abbiegeunfall mit seitlicher Kollision, bei der der Überholende der Unfallverursachende ist

sichtigen und nicht unabsichtlich die Spur zu verlassen. Bei den anderen drei Fehlhandlungen geht es darum, andere Verkehrsteilnehmer in adäquater Weise bei der Planung des Überholmanövers zu berücksichtigen.

In Tabelle 35 ist die Zuordnung der Fehlhandlungen zu den jeweiligen Ursachen dargestellt. Die fehlende Wahrnehmung ist die wesentliche Ursache für die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer, wobei hier Unaufmerksamkeit oder ein eingeschränkter Fahrerzustand eine Rolle spielen können. Bei der bewusst riskanten Planung liegt eine Fehlentscheidung vor, bei der Fehleinschätzung anderer Verkehrsteilnehmer eine Fehlinterpretation. Bei der Fehlanpassung der Querführung liegt die Ursache für den Fehler schließlich im Bereich einer Fehlentscheidung, d. h., dass diese Informationen nicht in adäquater Weise einbezogen werden. Entsprechend kann es bei der Vernachlässigung anderer genügen, die Informationen über eine Warnung zu vermitteln, während in den anderen Fällen eine aktive Unterstützung oder aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit ein Eingriff als sinnvoll erscheint.

Abbiegeunfall seitliche Kollision Überholen	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Bewusst riskante Planung				X	
Fehleinschätzung anderer Verkehrsteilnehmer			X		
Fehlanpassung Querführung				X	

Tab. 35: Ursachen der Fehlhandlungen für den Abbiegeunfall mit dem Handlungsfehler „seitliche Kollision beim Überholen“. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Die vorletzte Gruppe umfasst Unfälle mit dem Handlungsfehler „seitliche Kollision beim gemeinsam Abbiegen“. Während des Abbiegevorgangs gerät ein Fahrzeug aus unterschiedlichen Gründen in die andere Fahrspur und kollidiert mit dem anderen.

Von den Fehlhandlungen steht hier die Vernachlässigung der Querführung aufgrund von Unaufmerksamkeit im Vordergrund: „01 und 02 bogen mit ihren Kraftfahrzeugen aus der Querumer Straße kommend nach rechts in die Berliner Straße ab. Sie fuhren nebeneinander. 02 benutzte den linken Rechtsabbiegerfahrstreifen, 01 benutzte den rechten Rechtsabbiegerfahrstreifen. Im Scheitelpunkt der Kurve verlor 01 aufgrund von Unachtsamkeit die Kontrolle über ihren Pkw. Sie fuhr mit ihrem Pkw in den linken Fahrstreifen und es kam zu einer seitlichen Berührung beider Fahrzeuge“ (Code 0008).

Die weiteren Fehlhandlungen treten so selten auf, dass auf Beispiele verzichtet wird. Bei der Vernachlässigung der Informationsaufnahme wird ein Spurwechsel ausgeführt, ohne sich vorher zu vergewissern, dass die andere Spur frei ist. Bei der bewusst riskanten Planung des Fahrmanövers wird die Situationsüberprüfung absichtlich unterlassen. Bei der Fehleinschätzung des Verhaltens anderer geht der Fahrer davon aus, dass ihm beim Spurwechsel entsprechend viel Platz gelassen wird. Bei der Fehlanpassung der Querführung an den Straßenverlauf wird die Spur nicht adäquat gehalten.

Tabelle 36 zeigt die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen. Am häufigsten ist die Vernachlässigung der Querführung wegen Unauf-

Abbiegeunfälle seitlich gemeinsam	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachläss. Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	22	1	4.2	0.5	0.5	0.1
Vernachlässigung Info-Aufnahme o. bes. Grund	10	0	1.9	0.0	0.2	0.0
Fehlanpassung Querführung, Bes. Straßenverlauf	2	0	0.4	0.0	0.0	0.0
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	2	0	0.4	0.0	0.0	0.0
Fehleinschätzung Verhalten anderer	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	2	0	0.4	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe	39	1	7.5	0.5	0.7	0.1

Tab. 36: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen beim seitlich gemeinsam Abbiegen. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Abbiegeunfall seitliche Kollision gemeinsam Abbiegen	Stabilisierung			Führung																		
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung Querführung	X			X													X						
Vernachlässigung Info-Aufnahme																X	X						
Fehlanpassung Querführung	X			X													X						
Bewusst riskante Planung																X	X						
Fehleinschätzung anderer Verkehrsteilnehmer																X	X						

Tab. 37: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Abbiegeunfall mit seitlicher Kollision beim gemeinsamen Abbiegen

merksamkeit (4,2 % aller und 0,5 % der schweren Unfälle). Alle weiteren Fehlhandlungen treten nur bei leichten Unfällen auf. Hier steht an zweiter Stelle die Vernachlässigung der Informationsaufnahme ohne besonderen Grund (1,9 % aller Unfälle). Alle anderen Fehlhandlungen sind sehr selten. Insgesamt ist damit nur ein sehr geringer Teil aller Unfälle betroffen, wobei dies vor allem die leichteren Unfälle sind (0,7 % aller und 0,1 % der schweren Unfälle).

Hinsichtlich der zu unterstützenden Fahrmanöver steht bei der Vernachlässigung und Fehlanpassung der Querführung die Spurhaltung beim Abbiegen im Vordergrund, die unterstützt werden muss (s. Tabelle 37). Bei den anderen Fehlhandlungen wird beim Abbiegen ein Spurwechsel durchgeführt, wobei andere Fahrzeuge nicht adäquat berücksichtigt werden.

Abbiegeunfall seitliche Kollision seitlich gemeinsam	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung Querführung		X			
Vernachlässigung Info.-Aufnahme				X	
Fehlanpassung Querführung				X	
Bewusst riskante Planung				X	
Fehleinschätzung anderer Verkehrsteilnehmer				X	

Tab. 38: Ursachen der Fehlhandlungen für den Abbiegeunfall mit dem Handlungsfehler „seitliche Kollision beim gemeinsamen Abbiegen". Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

In Tabelle 38 ist die Zuordnung der Fehlhandlungen zu den jeweiligen Ursachen dargestellt. Bei der Vernachlässigung der Querführung steht die fehlende Wahrnehmung relevanter Informationen im Vordergrund. Bei allen anderen Fehlhandlungen geht es um Fehlentscheidungen. Entsprechend sind informierende bzw. aktiv unterstützende Systeme notwendig, um diese Fehlhandlungen zu vermeiden.

Bei der letzten Gruppe besteht der Handlungsfehler darin, dass der Fahrer rechts abbiegt, ohne auf einen rechtsseitig fahrenden Radfahrer zu achten. Auch hier ist die häufigste Fehlhandlung die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund von Unachtsamkeit: „01 befuhr den Mittelweg in Richtung einwärts und bog nach rechts in den Donnerburgweg ab. Dabei übersah 01 die in gleicher Richtung fahrende 02-Radfahrerin, die auf dem rechten, kombinierten Geh-/Radweg des Mittelweges in Richtung einwärts fuhr. Es kam zum Zusammenstoß mit Personen- und Sachschaden" (Code 1840).

Diese Fehlhandlung kommt bei 0,6 % aller und 1,3 % der schweren Unfälle vor, wobei bei den schweren Unfällen die Verletzungen des Fahrradfahrers wesentlich sind (vgl. Tabelle 39). Selten sind

Abbiegeunfälle rechts Radfahrer	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	19	13	3.6	9.3	0.4	1.3
Ausführungsfehler	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	3	0	0.6	0.0	0.1	0.0
Summe	24	13	4.6	9.3	0.5	1.3

Tab. 39: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen mit Radfahrern. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Abbiegeunfall seitliche Kollision rechts Radfahrer	Stabilisierung			Führung																		
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer																	X						
Ausführungsfehler																	X						
Bewusst riskante Planung																	X						

Tab. 40: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Abbiegeunfall mit seitlicher Kollision mit Radfahrern beim rechts Abbiegen

Unfälle, die aufgrund der fehlerhaften Ausführung bzw. der bewusst riskanten Planung des Fahrmanövers auftreten.

Bei allen Fehlhandlungen muss das rechts Abbiegen unterstützt werden, wobei Radfahrer von rechts hinten berücksichtigt werden müssen (s. Tabelle 40).

In Tabelle 41 ist die Zuordnung der Fehlhandlungen zu den jeweiligen Ursachen dargestellt. Bei der Vernachlässigung anderer und der bewusst riskanten Planung steht eine Fehlentscheidung im Vordergrund. Außerdem kann die Ursache der Fehlhandlung in der Ausführung liegen. Der Schwerpunkt von Assistenzsystemen muss hier bei aktiv unterstützenden bzw. eingreifenden Systemen liegen, um diese Fehlhandlungen zu vermeiden.

Insgesamt ergeben sich für die Abbiegeunfälle folgende Schlussfolgerungen:

- Bei diesem Unfall zeigen sich drei Handlungsfehler: das Auffahren, die Kollision mit entgegenkommenden Fahrzeugen und die seitliche Kollision.
- Am häufigsten ist das Auffahren (5,3 % aller und 4,6 % der schweren Unfälle insgesamt). Hier ist die bei weitem häufigste Fehlhandlung die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer we-

Abbiegeunfall seitliche Kollision rechts Radfahrer	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer				X	
Ausführungsfehler					X
Bewusst riskante Planung				X	

Tab. 41: Ursachen der Fehlhandlungen für den Abbiegeunfall mit dem Handlungsfehler „seitliche Kollision beim gemeinsamen Abbiegen“. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

gen Unaufmerksamkeit oder einer falschen Aufmerksamkeitsrichtung, sodass hier die fehlende Wahrnehmung als Ursache im Vordergrund steht. Die seltenere Fehleinschätzung des Verhaltens ist als Fehlinterpretation zu bewerten. Bei diesen Ursachen kann ein Assistenzsystem, das vor stehenden oder langsam voranfahrenden Fahrzeugen warnt (z. B. Collision-Warning-System), die Unfälle mit einiger Wahrscheinlichkeit verhindern. Ein System, dass das Fahrzeug automatisch abbremst (Collision-Avoidance-System), sollte die Unfälle vollständig verhindern. Bei nur rund 2 % der Auffahrunfälle beim Abbiegen spielt die Fehlanpassung von Geschwindigkeit und Abstand eine Rolle. Hier müssten bereits vor der Kreuzung Geschwindigkeit und Abstand an Straßenzustand, Fahrerfähigkeit und Fahrerzustand angepasst werden. Da es sich um Fehlentscheidungen handelt, sind zumindest aktiv unterstützende Systeme notwendig.

- Die Kollision mit entgegenkommenden Fahrzeugen betrifft 3,4 % aller und 5,5 % der schweren Unfälle, ist also gerade für die schweren Unfälle eine typische Konstellation beim Abbiegeunfall. Als Fehlhandlung spielt die Vernachlässigung anderer aus verschiedenen Gründen die wesentliche Rolle (2,8 % bzw. 4,7 % aller schweren Unfälle), sodass eine Warnung vor entgegenkommenden Verkehrsteilnehmern bereits sehr wirkungsvoll sein könnte. Dabei müssten sowohl auf der Gegenfahrbahn entgegenkommende Fahrzeuge als auch rechts auf dem Fahrradweg entgegenkommende Radfahrer berücksichtigt werden. Fehlentscheidungen sind deutlich seltener und unterschiedliche Aspekte der Situation werden dabei nicht berücksichtigt. Hier wäre eine aktive Unterstützung durch ein Assistenzsystem notwendig, wobei dieses sowohl das Anhalten als auch die Entscheidung zum Losfahren (wenn es sicher ist) unterstützen müsste.

- Bei der seitlichen Kollision treten sehr unterschiedliche Fehlhandlungen jeweils relativ selten auf. Hier geht es um Fehler beim Überholen, bei Spurwechsel und der Spurhaltung beim Abbiegen aus wiederum unterschiedlichen Ursachen. Gerade für die schweren Unfälle ist die Kollision mit einem Radfahrer beim Rechtsabbiegen wesentlich, was 1,3 % aller schweren Unfälle ausmacht. Hier spielt die Vernachlässigung anderer als Fehlentscheidung der Fahrer eine hauptsächliche Rolle, sodass eine aktive Unterstützung notwendig ist.

3.4 Der Einbiegen/Kreuzen-Unfall

Die häufigsten Feintypen für den Einbiegen/Kreuzen-Unfall sind in Tabelle 42 dargestellt.

Mit diesen ausgewählten Feintypen werden 93,4 % aller bzw. 94,4 % der schweren Einbiegen/Kreuzen-Unfälle abgedeckt. Dies entspricht 18,1 % aller bzw. 23,7 % der schweren Unfälle. Die Feintypen unterscheiden sich in erster Linie danach, aus welcher Richtung der Einbieger bzw. der bevorrechtigte Verkehrsteilnehmer kommt. Am häufigsten ist die Kombination, dass der Fahrer nach links abbiegen will und ein Bevorrechtigter von links kommt. Fast gleich häufig will der Fahrer geradeaus fahren und der Bevorrechtigte kommt von rechts. An dritter Stelle kommt der Bevorrechtigte von rechts und der Fahrer will nach links einbiegen. Dann folgen Fälle, bei denen der Bevorrechtigte von links kommt und der Fahrer rechts oder geradeaus fährt. Die Unfälle mit Radfahrern sind gerade bei den schweren Unfällen relativ häufig, vor

Einbiegen/Kreuzen-Unfälle		Gesamt	Schwer
302	Bevorrechtigter links VT links	167	59
321	Bevorrechtigter rechts, VT gerade	159	60
322	Bevorrechtigter rechts, VT links	116	16
303	Bevorrechtigter links, VT rechts	94	13
301	Bevorechtigter links, VT gerade	71	19
342	Bevorrechtigter Radweg (r), VT gerade	66	41
341	Bevorrechtigter Radweg (l), VT gerade	27	19
323	Bevorrechtigter rechts, VT rechts	25	3
305	Bevorrechtigter links, VT Beschl.	24	2
399	Sonstige Unfälle	21	3
Summe		770	235
% Einbiegen/Kreuzung-Unfälle		93.4	94.4
% aller Unfälle		18.1	23.7

Tab. 42: Häufigkeit der Feintypen beim Einbiegen/Kreuzen-Unfall bei der Analyse für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“). Dargestellt sind die gewichtete Anzahl, der Anteil der In-Depth analysierten Unfälle an allen Einbiegen/Kreuzen-Unfällen und an allen Unfällen aus Braunschweig

allem, wenn der Radfahrer von rechts kommt. Alle weiteren Unfälle sind relativ selten.

Um einen Einbiegen/Kreuzen-Unfall handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigten ausgelöst wurde. Das gilt an Einmündungen und Kreuzungen von Straßen, Feld- oder Radwegen, an Bahnübergängen sowie an Zufahrten, z. B. von einem Grundstück oder einem Parkplatz.

Der Handlungsfehler besteht in der Kollision im Kreuzungsbereich mit einem bevorrechtigten Fahrzeug, das von links, rechts oder entgegenkommt. Bei diesem Unfalltyp gibt es insgesamt 5 unterschiedliche Kategorien von Fehlhandlungen, die zu dem Unfall führten.

Die häufigste Fehlhandlung ist die Vernachlässigung anderer, wobei in den meisten Fällen Unaufmerksamkeit als Grund angegeben wird. Die Fahrer fahren in den Kreuzungsbereich ein, ohne auf andere Verkehrsteilnehmer zu achten. Daraufhin kommt es im Kreuzungsbereich zur Kollision: „02 befuhr die Schmalbachstraße, von der Gifhorner Straße kommend, in Richtung Veltenhof. 01 bog aus der Porschestraße nach links in die Schmalbachstraße ein, ohne auf die bevorrechtigte 02 zu achten. Es kam zum Zusammenstoß, bei dem 02 leicht verletzt wurde“ (Code 1329).

Weitere Gründe für die Vernachlässigung anderer sind eine falsche Ausrichtung der Aufmerksamkeit (d. h., die Fahrer achten auf andere Dinge, aber nicht auf den relevanten Verkehrsteilnehmer), eine falsche Einschätzung der Situation (z. B. glaubt der Verursacher, dass der andere warten muss) und eine Beeinträchtigung des Fahrerzustandes.

An zweiter Stelle der Fehlhandlungen stehen Fehlanpassungen. Am häufigsten wird die Querführung nicht an den Straßenverlauf und andere Verkehrsteilnehmer angepasst: „Die Beteiligte 01 wollte aus der ersten Ausfahrt des dortigen Parkplatzes der BBS II nach rechts in die Schwartzkopfstraße einbiegen. Aufgrund der auf der Straße parkenden Fahrzeuge ist die Straße jedoch nur einspurig zu befahren. Beim Einbiegen wollte 01 nun in etwas größerem Bogen in die Straße einfahren und übersah hierbei den entgegenkommenden 02. Es kam zum Zusammenstoß“ (Code 2018). Als zweite Fehlhandlung in diesem Bereich wird das An- und Weiterfahren nicht an schlechte Sichtbedingungen angepasst, sondern z. B. trotz schlechter Sicht in die Kreuzung eingefahren. Schließlich wird in weiteren Fällen die Geschwindigkeit nicht an den Straßenzustand angepasst, sodass der Fahrer nicht rechtzeitig zum Halten kommt.

Weiter finden sich Fehleinschätzungen des Verhaltens anderer, wie sich anhand des folgenden Beispiels zeigt: „02 setzte den Fahrtrichtungsanzeiger rechts und ordnete sich in den rechten Fahrstreifen ein, denn sie beabsichtigte, nach rechts in die Hansestraße einzubiegen. 01 nahm an, dass 02 das Grundstück von Burger King befahren würde. Somit kam es zum Zusammenstoß beider Fahrzeuge“ (Code 9574).

Teilweise wird das Fahrmanöver bewusst riskant geplant. Der vorfahrtberechtigte Verkehrsteilnehmer wird durchaus erkannt, aber seine Vorfahrt wird missachtet: „Die 01 befuhr die Tuckermannstraße, aus Richtung Königsstieg kommend, in Richtung Goslarsche Straße. Im dortigen Kreuzungsbereich übersah sie nach eigenen Angaben die von links kommende 02, welche die Goslarsche Straße in Richtung Rudolfplatz befuhr. Die beiden Zeugen (Fahrradfahrer) befuhren die Goslarsche Straße in gleicher Richtung und befanden sich nur wenige Meter hinter der 02, als es zum Zusammenstoß zwischen der 01 und der 02 kam. Beide Zeugen gaben – unabhängig voneinander – an, die 01 sei mit ihrem Pkw aus der Tuckermannstraße „herausgeschossen“ gekommen, ohne vorher angehalten zu haben“ (Code 6582).

Als letzte Fehlhandlung findet sich eine falsche Ausführung des Fahrmanövers. Ein Beispiel dafür lautet folgendermaßen: „… In dem Augenblick, als der vorfahrtsberechtigte 02 die Petristraße aus Richtung Goslarsche Straße in Richtung Celler Straße befuhr und sich in Höhe Einmündung Thomaestraße befand, fuhr 01 aufgrund eines Bedienfehlers am Automatikgetriebe plötzlich an“ (Code 1008).

Die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen ist in Tabelle 43 dargestellt. Die Vernachlässigung anderer wegen Unaufmerksamkeit spielt bei 55,2 % aller und 45,2 % der schweren Unfälle eine Rolle. Die falsche Aufmerksamkeitsausrichtung oder Fehleinschätzung der Situation als Ursache für die Vernachlässigung anderer steht bei den schweren Unfällen mit 17,7 % bzw. 11,9 % stärker im Vordergrund als bei allen Unfällen (10,8 % bzw. 7,0 %). Alle weiteren Fehlhandlungen treten deutlich seltener auf.

Bei allen Fehlhandlungen geht es darum, entweder abzubiegen oder die Kreuzung zu durchqueren, wobei bevorrechtigte Verkehrsteilnehmer berücksichtigt werden müssen (s. Tabelle 44). Bei der Fehlanpassung der Querführung geht es vor allem darum, die Planung der Spurhaltung an die Situation anzupassen, sodass auf der Stabilisierungsebene auch die Spurhaltung unterstützt werden muss. Bei allen anderen Fehlhandlungen steht die Planung der Längsführung im Vordergrund, d. h. das korrekte Anhalten oder Losfahren unter Berücksichtigung der anderen Verkehrsteilnehmer.

Die Ursache der Fehlhandlung (siehe Tabelle 45) liegt bei der Vernachlässigung anderer darin, dass vorhandene Informationen über andere Verkehrsteilnehmer von den Fahrern nicht wahrgenommen werden, sodass sie bei der Planung auch nicht

Einbiegen/Kreuzen-Unfälle	Anzahl		% Abb.-Unfälle		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	455	113	55.2	45.2	10.7	11.3
Vernachlässigung anderer wg. falscher Aufmerkeitsausrichtung	89	44	10.8	17.7	2.1	4.4
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung Situation	58	30	7.0	11.9	1.4	3.0
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	36	5	4.3	1.9	0.8	0.5
Fehlanpassung An-/Weiterfahren, Sichtbehinderung	33	8	4.0	3.1	0.8	0.8
Fehleinschätzung Verhalten anderer	24	4	2.9	1.7	0.6	0.4
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	16	7	2.0	2.9	0.4	0.7
Ausführungsfehler	10	3	1.2	1.0	0.2	0.3
Vernachläss. anderer, Fahrerzustand	9	5	1.1	1.9	0.2	0.5
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Straßenzustand	8	2	1.0	0.8	0.2	0.2
Keine Zuordnung	19	6	2.3	2.3	0.4	0.6
Ausschluss	14	9	1.6	3.4	0.3	0.9
Summe	769	234	93	93.9	18.1	23.6

Tab. 43: Häufigkeit der Feintypen beim Einbiegen/Kreuzen-Unfall. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf die Einbiegen/Kreuzen-Unfälle und alle Unfälle

Einbiegen/Kreuzen-Unfall	Stabilisierung			Führung																		
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer		X			X										X		X						
Fehlanpassung Querführung	X			X											X		X						
Fehlanpassung An- und Weiterfahren		X			X										X		X						
Fehlanpassung Geschwindigkeit		X			X										X		X						
Fehleinschätzung anderer		X			X										X		X						
Bewusst riskante Planung		X			X										X		X						
Ausführungsfehler		X			X										X		X						

Tab. 44: Zuordnung der Fehlhandlungen zu den verschiedenen Fahraufgaben beim Einbiegen/Kreuzen-Unfall. Mit einem Kreuz sind die Fahraufgaben gekennzeichnet, die von einem Assistenzsystem beherrscht werden müssen, um den Unfall zu verhindern

berücksichtigt werden. Entsprechend könnte hier ein informierendes System bereits wirkungsvoll sein. Bei den verschiedenen Arten der Fehlanpassung werden von den Fahrern vorliegende Informationen nicht in die Handlungsplanung einbezogen, sodass hier eine Fehlentscheidung vorliegt, die durch eine aktive Unterstützung korrigiert werden könnte. Bei der Fehleinschätzung des Verhaltens spielt die Fehlinterpretationen von Informationen eine Rolle, sodass hier eine Warnung wirken könnte. Bei bewusst riskanter Planung des Manövers liegt eine Fehlentscheidung vor, wobei eine aktive Unterstützung oder der Vermeidung der Korrektur dieser Entscheidung hilfreich sein könnte. Bei der fehlerhaften Ausführung ist ein übersteuerbarer Eingriff notwendig.

Zusammenfassend bedeutet das für den Einbiegen/Kreuzen-Unfall:

- Die mit Abstand häufigste Fehlhandlung (14,3 % aller und 19,2 % aller schweren Unfälle) besteht darin, andere Verkehrsteilnehmer bei der Planung des Manövers zu vernachlässigen, wobei die Informationen dem Fahrer prinzipiell zugänglich sind, aber nicht von ihm wahrgenommen werden. Die Bereitstellung der Informationen über diese bevorrechtigten Verkehrsteilnehmer könnte deshalb bereits diese Unfälle verhindern, wobei u. U. eine Warnung notwendig ist, damit der Fahrer diese Informationen auch bei der Planung berücksichtigt. Dazu müsste das Assistenzsystem Fahrzeuge von rechts und links erkennen, die bevorrechtigt sind, und auch Radfahrer berücksichtigen.
- Alle weiteren Fehlhandlungen sind deutlich seltener und betreffen vor allem fehlerhafte Entscheidungen der Fahrer, bei denen bei verschiedenen Teilen des Fahrmanövers situative Rahmenbedingungen besser berücksichtigt werden müssten. Ein Assistenzsystem, dass diese Fehler verhindern kann, muss die gesamte Planung und Durchführung der Einbiegesituation beherrschen einschließlich der Wahl einer passenden Geschwindigkeit bei der Anfahrt, dem adäquaten Anhalten und dem Losfahren unter Berücksichtigung anderer bevorrechtigter Verkehrsteilnehmer. Durch eine aktive Unterstützung des Fahrers bei der Situationsbewältigung könnten weitere 2,8 % aller bzw. 2,6 % der schweren Unfälle verhindert werden.

Einbiegen/Kreuzen Unfall	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Fehlanpassung Querführung				X	
Fehlanpassung An- und Weiterfahren				X	
Fehlanpassung Geschwindigkeit				X	
Fehleinschätzung anderer			X		
Bewusst riskante Planung				X	
Ausführungsfehler					X

Tab. 45: Ursachen der Fehlhandlungen für den Einbiegen/Kreuzen-Unfall. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

3.5 Der Unfall mit ruhendem Verkehr

Es handelt sich um einen Unfall durch ruhenden Verkehr, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem auf der Fahrbahn ruhenden, d. h. einem haltenden oder parkenden Fahrzeug ausgelöst wurde. Wie Tabelle 46 zeigt, werden durch eine Auswahl der häufigsten Feintypen 75,0 % dieses Unfalltyps ausgewählt bzw. 71,0 % der schweren Unfälle. Bei diesem Grobtyp tritt neben den analysierten häufigsten Feintypen eine große Anzahl weiterer Feintypen mit jeweils geringer Häufigkeit auf, die unterschiedliche Konstellationen beim Ein- und Ausparken beschreiben und damit unter-

	Unfälle durch ruhenden Verkehr	Gesamt	Schwer
501	Parker rechts, VT von links	159	9
551	Anfahren/Ausparken Längsaufstellung	75	9
541	Anhalten/Einparken rechts	29	3
594	Einbieger rechts, parkendes Auto	26	0
571	Ausparken rückwärts Queraufstellung	20	1
Summe		309	22
% Unfälle durch ruhenden Verkehr		75.0	71.0
% aller Unfälle		7.3	2.2

Tab. 46: Häufigkeit der Feintypen bei Unfällen durch ruhenden Verkehr bei der Analyse für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“). Dargestellt sind die gewichtete Anzahl, der Anteil der In-Depth analysierten Unfälle an allen Unfällen durch ruhenden Verkehr und an allen Unfällen aus Braunschweig

schiedliche Fehlhandlungen betreffen. Wegen der jeweils geringen Anzahl erscheint eine Analyse nicht sinnvoll. Insgesamt werden mit diesen Feintypen 7,3 % aller Unfälle und 2,2 % der schweren Unfälle erfasst, d. h., hier überwiegen Unfälle mit Sachschaden.

Dieser Unfalltyp ist gekennzeichnet durch drei unterschiedliche Handlungsfehler:

- Handlungsfehler „Kollision mit ruhendem Verkehr rechts“. Dazu zählen die Feintypen 501 (Unfall mit rechtsseitig parkendem Fahrzeug) und 594 (Unfall zwischen Abbieger und rechtsseitig parkendem Fahrzeug).
- Handlungsfehler „Unfall beim Ausparken“. Dazu gehören die Feintypen 551 (Anfahren/Ausparken aus der Längsaufstellung) und 571 (rückwärts Ausparken aus der Queraufstellung).
- Handlungsfehler „Auffahren auf ruhenden Verkehr“. Hierzu zählt der Feintyp 541 (Anhalten/Einparken rechts).

Bei den Unfällen der ersten Gruppe kommt es zu einer seitlichen Kollision mit einem auf der rechten Straßenseite geparkten Fahrzeug. Hier finden sich Fehlhandlungen in drei Kategorien. Am häufigsten wird die Querführung nicht an den Straßenverlauf und andere Verkehrsteilnehmer angepasst. Die Fahrer müssen dem entgegenkommenden Verkehr ausweichen, die Straße ist möglicherweise verengt und dabei kommt es zu einer seitlichen Berührung des geparkten Fahrzeugs. Ein Beispiel lautet wie folgt: „Demnach befuhr 01 die Georg-Westermann-Allee, aus Richtung Ebertallee kommend, in Richtung Helmstedter Straße. In Höhe der Hausnummer XXX fuhr 01, ihm kamen auf der engen Fahrbahn Fahrzeuge entgegen, zu weit nach rechts. Hierbei stieß er gegen den linken Außenspiegel des ordnungsgemäß am rechten Fahrbahnrand geparkten Pkw 02“ (Code 7385).

Als zweite Fehlhandlung ist eine Vernachlässigung der Querführung aus unterschiedlichen Gründen zu finden. Die Hauptursache ist Unaufmerksamkeit des Fahrers. Ein Beispiel: „Demnach befuhr sie mit ihrem Pkw den Schmiedeweg in Richtung der Straße Am Steintore. Aus Unachtsamkeit stieß sie dabei seitlich gegen den in Höhe Grundstück Nr. XXX ordnungsgemäß geparkten Pkw zu 02. An beiden Fahrzeugen entstand Sachschaden“ (Code 2065). Weitere Ursachen für die Vernachlässigung der Querführung sind Ablenkung (z. B. durch Mitfahrer, andere Handlungen) oder ein beeinträchtigter Fahrerzustand.

Bei der dritten Art von Fehlhandlungen handelt es sich um Ausführungsfehler, die sich wie folgt beschreiben lassen: „Beim Abbiegen umfuhr 01 linksherum den stehenden 02. Hierbei lenkte 01 zu früh nach links und streifte dadurch den 02“ (Code 1539).

Tabelle 47 zeigt die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen.

Die Fehlanpassung der Querführung an den Straßenverlauf ist mit 11,7 % bei den Unfällen im ruhenden Verkehr insgesamt am häufigsten, tritt aber bei den schweren Unfällen nicht auf. Die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund oder aus Unaufmerksamkeit tritt bei beiden Arten von Unfällen ähnlich häufig auf (8,2 % aller und 9,0 % der schweren Unfälle), während Ablenkung vor allem bei den schweren Unfällen (14,4 %) sehr häufig ist. Ausführungsfehler und die Vernachlässigung der Querführung wegen des Fahrerzustands sind bei den Unfällen insgesamt und bei den schweren Unfällen relativ selten. Dieser Hand-

Kollision mit ruhendem Verkehr rechts	Anzahl		% Unfälle ruhend		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	48	0	11.7	0.0	1.1	0.0
Vernachläss. Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	34	3	8.2	9.0	0.8	0.3
Vernachlässigung Querführung, Ablenkung	8	4	2.1	14.4	0.2	0.5
Ausführungsfehler	4	0	1.0	0.0	0.1	0.0
Vernachlässigung Querführung, Fahrerzustand	1	0	0.4	1.6	0.0	0.0
Keine Zuordnung	78	1	18.9	2.9	1.8	0.1
Ausschluss	11	0	2.7	0.0	0.3	0.0
Summe	185	9	44.8	27.9	4.3	0.9

Tab. 47: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Kollisionen mit ruhendem Verkehr rechts. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

lungsfehler betrifft insgesamt vor allem die leichten Unfälle (44,8 % aller Unfälle mit ruhendem Verkehr und 27,9 % der schweren Unfälle). Insgesamt entspricht dies 4,3 % aller Unfälle und 0,9 % der schweren Unfälle.

Bei allen Fehlhandlungen geht es auf der Führungsebene um das Fahrmanöver, der Straße zu folgen bzw. sich an ein Hindernis anzunähern und dieses zu passieren. Von der Planung her müssen der Straßenverlauf und andere Fahrzeuge am Rand für die Querführung berücksichtigt werden. Auf der Stabilisierungsebene muss die Spur entsprechend gut gehalten werden, sodass Kollisionen mit stehenden Fahrzeugen rechts vermieden werden (s. Tabelle 48).

Die Ursachen der Fehlhandlung (s. Tabelle 49) liegen bei der Fehlanpassung der Querführung darin, dass Straßenverlauf und rechts stehende, ruhende Fahrzeuge nicht adäquat in die Planung einbezogen werden bzw. Informationen wie Seitenabstände falsch interpretiert werden, sodass hier Warnungen bzw. aktive Unterstützung notwendig ist. Bei der Vernachlässigung werden vorhandene Informationen von den Fahrern nicht wahrgenommen und deswegen bei der Planung nicht berücksichtigt. Hier könnten bereits informierende Systeme wirkungsvoll sein. Bei der letzten Gruppe ist eine fehlerhafte Ausführung wesentlich, sodass ein übersteuerbarer Eingriff sinnvoll erscheint.

Bei der zweiten Gruppe von Unfällen mit ruhendem Verkehr besteht der Handlungsfehler darin, dass die Fahrer beim Ausparken mit dem fließenden Verkehr zusammenstoßen. Das kann sowohl das Vorwärts-Ausparken aus der Längsaufstellung als auch das Rückwärts-Ausparken aus der Queraufstellung betreffen.

Die häufigste Fehlhandlung ist die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund von Unachtsamkeit. Ein Beispiel für die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer lautet folgendermaßen: „Der Bet. 01 fuhr vom Fahrbahnrand der Celler Heerstr., Höhe Nr. XXX, vom Fahrbahnrand an, ohne auf den in Richtung stadtauswärts fahrenden Bet. 02 zu achten. Der Beteiligte 02 konnte trotz Vollbremsung eine Kollision nicht mehr verhindern“ (Code 0230).

Kollision mit ruhendem Verkehr rechts	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Fehlanpassung Querführung			X	X	
Vernachlässigung Querführung		X			
Ausführungsfehler					X

Tab. 49: Ursachen der Fehlhandlungen für die Kollisionen mit ruhendem Verkehr rechts. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Kollision mit ruhendem Verkehr rechts	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Fehlanpassung Querführung	X			X				X	X			X											
Vernachlässigung Querführung	X			X				X	X			X											
Ausführungsfehler	X			X				X	X			X											

Tab. 48: Zuordnung der Fehlhandlungen zu den verschiedenen Fahraufgaben bei Unfällen mit ruhendem Verkehr rechts. Mit einem Kreuz sind die Fahraufgaben gekennzeichnet, die von einem Assistenzsystem beherrscht werden müssen, um den Unfall zu verhindern

Tabelle 50 zeigt die Häufigkeiten der verschiedenen Fehlhandlungen. Die Vernachlässigung anderer wegen Unaufmerksamkeit betrifft 19,3 % aller und 31,3 % der schweren Unfälle. Alle anderen Fehlhandlungen treten jeweils nur bei einem leichten Unfall auf. Insgesamt tritt dieser Handlungsfehler bei 2,2 % aller und 1,0 % der schweren Unfälle auf.

Bei allen Fehlhandlungen geht es auf der Führungsebene um das Ausparken (s. Tabelle 51). Dabei müssen einerseits andere Fahrzeuge bei der Planung des An- und Weiterfahrens berücksichtigt werden, andererseits der Straßenverlauf und andere Verkehrsteilnehmer bei der Querführung, d. h., der Schwerpunkt liegt entweder bei der Längs- oder bei der Querführung.

Die Ursachen der Fehlhandlung (s. Tabelle 52) liegen bei der Vernachlässigung anderer darin, dass die Fahrer die relevanten, prinzipiell vorhandenen Informationen nicht einholen, sich also nicht vergewissern, ob die Straße frei ist. Hier könnte eine zusätzliche Information wertvoll sein. Damit der Fahrer diese auch beim Ausparken wahrnimmt, ist wahrscheinlich eine Warnung notwendig. Bei der Fehlanpassung der Querführung und von Abstand und Geschwindigkeit geht es um Fehlentscheidungen, die durch aktive Unterstützung zu korrigieren sind. Bei der letzten Gruppe ist eine fehlerhafte Ausführung wesentlich. Hier ist ein übersteuerbarer Eingriff notwendig.

Bei der dritten Gruppe besteht der Handlungsfehler darin, dass der Fahrer auf ein Fahrzeug auffährt,

Unfall beim Ausparken	Anzahl		% Unfälle ruhend		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	80	10	19.3	31.3	1.9	1.0
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Ausführungsfehler	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Fehlanpassung Abstand und Geschw. Straßenzustand	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	8	1	1.8	1.9	0.2	0.1
Ausschluss	4	0	1.0	0.0	0.1	0.0
Summe	95	10	23.1	33.1	2.2	1.1

Tab. 50: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Unfällen beim Ausparken. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Unfall beim Ausparken	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer		X			X																		X
Fehlanpassung Querführung	X			X																			X
Fehlanpassung Abstand Geschwindigkeit		X			X																		X
Ausführungsfehler		X			X																		X

Tab. 51: Zuordnung der Fehlhandlungen zu den verschiedenen Fahraufgaben bei Unfällen beim Ausparken. Mit einem Kreuz sind die Fahraufgaben gekennzeichnet, die von einem Assistenzsystem beherrscht werden müssen, um den Unfall zu verhindern

das anhält, um einzuparken. Auf der Ebene der Fehlhandlungen kommt es einerseits zu einer Vernachlässigung der Abstandshaltung aufgrund von Unaufmerksamkeit, falscher Aufmerksamkeitsausrichtung oder Ablenkung. Ein Beispiel für Ersteres: „Der Bet. 01 befuhr die Steinstr. in Richtung Petersilienstraße. Eigenen Angaben zufolge sei er einen Augenblick unachtsam gewesen und sei auf den stehenden Pkw der Bet. 02 aufgefahren. Die Bet. 02 suchte einen Parkplatz“ (Code 1450).

Weiter werden Abstand und Geschwindigkeit nicht an den veränderten Straßenzustand angepasst, d. h., der Fahrer fährt bei nasser bzw. glatter Fahrbahn auf den vor ihm Anhaltenden auf, da er aufgrund der erhöhten Geschwindigkeit nicht mehr abbremsen kann. Ein Beispiel: „Vor Hausnummer XXX wollte 02 in eine Parkbox einfahren, was sie durch das Setzen des Blinkers ankündigte. 01, die hinter 02 fuhr, konnte aufgrund der regennassen Fahrbahn und des geringen Sicherheitsabstandes nicht mehr rechtzeitig abbremsen“ (Code 5180). Sehr selten kommt es zu einer Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit an eine vorliegende Sichtbehinderung.

Unfall beim Ausparken	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Fehlanpassung Querführung				X	
Fehlanpassung Abstand Geschwindigkeit				X	
Ausführungsfehler					X

Tab. 52: Ursachen der Fehlhandlungen für die Kollisionen mit ruhendem Verkehr rechts. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Tabelle 53 zeigt die Häufigkeiten der verschiedenen Fehlhandlungen. Insgesamt handelt es sich um einen kleinen Teil der Unfälle bei ruhendem Verkehr (7,0 % aller und 7,9 % der schweren Unfälle im ruhenden Verkehr). Bezogen auf alle Unfälle betrifft dieser Handlungsfehler 0,7 % bzw. 0,3 % der schweren Unfälle. Am häufigsten ist die Vernachlässigung der Abstandshaltung wegen Unaufmerksamkeit (2,6 % aller und 2,6 % der schweren Unfälle), wobei dies der einzige schwere Unfall dieses Typs ist. Alle anderen Fehlhandlungen treten nur bei den leichten Unfällen auf und dort auch relativ selten.

Bei den Fehlhandlungen geht es auf der Führungsebene um das Fahrzeugfolgen, die Annäherung an ein Fahrzeug oder Hindernis und das sichere Anhalten davor (s. Tabelle 54). Bei der Vernachlässigung der Abstandshaltung geht es um das Einhalten eines sicheren Abstands auf der Stabilisierungsebene. Bei der Fehlanpassung kommt hinzu, dass bereits im Vorfeld eine Geschwindigkeit und ein Abstand gewählt werden müssen, bei dem man auch bei plötzlichem Anhalten des vorderen Fahrzeugs sicher zum Stehen kommen kann.

Die Ursachen der Fehlhandlung (s. Tabelle 55) liegen bei der Vernachlässigung der Abstandshaltung darin, dass die Fahrer die relevanten, prinzipiell vorhandenen Informationen nicht einholen, also nicht in hinreichendem Maß auf den Voranfahrenden achten. Hier könnten entsprechende Informationen bereits wirkungsvoll sein. Bei der Fehlanpassung von Geschwindigkeit und Abstand geht

Auffahren auf ruhenden Verkehr	Anzahl		% Unfälle ruhend		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	11	1	2.6	2.6	0.3	0.1
Fehlanpassung Abstand und Geschw. Straßenzustand	3	0	0.7	0.0	0.1	0.0
Vernachlässigung Abstandshaltung, falsche Aufmerksamkeitsausrichtung	2	0	0.6	0.0	0.1	0.0
Vernachlässigung Abstandshaltung, Ablenkung	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Fehlanpassung Abstand und Geschw. Sichtbehinderungen	1	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	2	0	0.5	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	9	2	2.1	5.2	0.2	0.2
Summe	29	3	7.0	7.9	0.7	0.3

Tab. 53: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Auffahren auf ruhenden Verkehr. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Abbiegeunfälle und alle Unfälle

Auffahren auf ruhenden Verkehr	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung Abstandshaltung			X			X			X			X			X								
Fehlanpassung Abstand Geschwindigkeit		X	X		X	X			X			X			X								

Tab. 54: Zuordnung der Fehlhandlungen zu den verschiedenen Fahraufgaben bei Unfällen mit Auffahren auf ruhenden Verkehr. Mit einem Kreuz sind die Fahraufgaben gekennzeichnet, die von einem Assistenzsystem beherrscht werden müssen, um den Unfall zu verhindern

Auffahren auf ruhenden Verkehr	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung Abstandshaltung		X			
Fehlanpassung Abstand Geschwindigkeit				X	

Tab. 55: Ursachen der Fehlhandlungen für die Kollisionen mit ruhendem Verkehr rechts. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

es um Fehlentscheidungen, bei denen wesentliche situative Bedingungen nicht in die Handlungsplanung einbezogen werden. Dies könnte durch aktiv unterstützende Assistenzsysteme erreicht werden.

Zusammenfassend ergibt sich damit für Unfälle mit ruhendem Verkehr:

- Es handelt sich insgesamt um einen kleinen Anteil aller (7,3 %) und besonders der schweren (2,2 %) Unfälle.
- Bei den Unfällen insgesamt treten vor allem Unfälle mit ruhendem Verkehr rechts (44,8 %) auf, seltener Unfälle beim Ausparken (23,1 %) und sehr selten mit Auffahren (7,0 %) auf.
- Bei den schweren Unfällen sind Unfälle beim Ausparken (33,1 %) etwas häufiger als Unfälle mit ruhendem Verkehr rechts (27,9 %). Unfälle mit Auffahren sind auch hier selten (9,2 %).
- Bei den Unfällen mit ruhendem Verkehr rechts steht die Querführung im Vordergrund. Ein Assistenzsystem muss bei der Spurhaltungsunterstützung neben dem Straßenverlauf auch andere Fahrzeuge berücksichtigen. Vor allem bei den schweren Unfällen liegt die Ursache darin, dass die Querführung vernachlässigt wird. Hier ist eine Warnung sinnvoll, wobei aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit wahrscheinlich eine aktive Unterstützung nötig ist. Dies ist bei der Fehlanpassung als Fehlentscheidung des Fahrers vor allem bei den leichten Unfällen ebenfalls notwendig. Mit einer entsprechenden aktiven Unterstützung wären damit 4,3 % aller und 0,9 % der schweren Unfälle zu verhindern.
- Beim Ausparken geht es bei der Längsführung um die Entscheidung, erst dann loszufahren, wenn keine anderen Verkehrsteilnehmer vorhanden sind. Die Ursache dafür liegt im Bereich der fehlenden Wahrnehmung, d. h., die Fahrer vernachlässigen die prinzipiell wahrnehmbaren Informationen. Entsprechend wäre hier ein Assistenzsystem wichtig, dass beim Ausparken die Information über andere Verkehrsteilnehmer vermittelt, etwa über eine entsprechende Warnfunktion. Damit wären 2,2 % aller und 1,1 % der schweren Unfälle zu vermeiden.
- Beim Auffahren auf ruhenden Verkehr steht die Längsführung im Vordergrund. Vor allem bei den schweren Unfällen ist eine fehlende Wahr-

nehmung anderer Verkehrsteilnehmer die Ursache, sodass eine Warnung vor stehenden Fahrzeugen bzw. Hindernissen den Unfall vermeiden würde. Dies betrifft allerdings nur 0,4 % aller und 0,1 % der schweren Unfälle. Andererseits würde ein entsprechendes System auch in anderen Fällen wirksam sein (beim Auffahren beim Abbiegeunfall und bei Unfällen im Längsverkehr), sodass die Wirkung insgesamt deutlich größer wäre.

3.6 Der Unfall im Längsverkehr

Beim Unfall im Längsverkehr wurde eine ganze Reihe unterschiedlicher Feintypen in die Analyse einbezogen (s. Tabelle 56).

Insgesamt werden damit 90,4 % aller Unfälle im Längsverkehr und 88,5 % der schweren Unfälle im Längsverkehr analysiert. Zu den häufigsten Feintypen gehören verschiedene Unfälle mit Auffahren gefolgt von Unfällen beim Spurwechsel. Insgesamt umfasst dieser Unfalltyp 32,6 % aller und 20,2 % der schweren Unfälle.

Um einen Unfall im Längsverkehr handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern ausgelöst wurde, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten, sofern dieser Konflikt nicht die Folge eines Verkehrsvorganges war, der einem anderen Unfalltyp entspricht. Es lassen sich vier unterschiedliche Handlungsfehler unterscheiden:

- Handlungsfehler „Auffahren“. Dazu gehören die Unfalltypen 601 (Vorausfahrender/Nachfolgender, rechte Spur), 602 (Vorausfahrender/Nachfolgender, mittlere Spur), 611 (Stau/Nachfolgender) und 621 (Wartepflichtiger/Nachfolgender, vor Kreuzung).
- Handlungsfehler „seitliche Kollision (Spurwechsel)“. Darunter fallen die Unfalltypen 631 (Spurwechsler/nach links Nachfolgender, Spurwechsel wegen vorausfahrenden Fahrzeuges), 639 (Spurwechsler/nach links Nachfolgender, Spurwechsel aus unklaren Gründen), 641 (Spurwechsler/nach rechts Nachfolgender, Spurwechsel wegen vorausfahrenden Fahrzeuges) und 649 (Spurwechsler/nach rechts Nachfolgender, Spurwechsel aus unklaren Gründen).
- Handlungsfehler „seitliche Kollision (nebeneinander fahrende Fahrzeuge)“. Zu diesem Handlungsfehler gehört der Feintyp 651 (Nebeneinanderfahrende).
- Handlungsfehler „seitliche Kollision (entgegenkommende Fahrzeuge)“. Dazu zählt der Unfalltyp 681 (Entgegenkommende).

Unfälle im Längsverkehr		Gesamt	Schwer
601	Vor-Nach, rechte Spur	461	83
623	Warten-Nach, LSA	286	36
602	Vor-Nach, mittlere Spur	134	28
621	Stau-Nach, Kreuzung	85	3
631	Spurw. links weg. voraus	81	12
639	Spurw. links unklar	78	9
649	Spurw. rechts unklar	69	9
641	Spurw. rechts weg. voraus	58	3
651	Nebeneinanderfahrende	51	2
611	Stau-Nach, rechte Spur	49	12
681	Begegnende Fahrzeuge	36	3
Summe		1,388	200
% Unfälle im Längsverkehr		90.4	88.5
% aller Unfälle		32.6	20.2

Tab. 56: Häufigkeit der Feintypen bei Unfällen im Längsverkehr bei der Analyse für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“). Dargestellt ist die gewichtete Anzahl, der Anteil der In-Depth analysierten Unfälle an allen Unfällen im Längsverkehr und an allen Unfällen aus Braunschweig

Bei den Unfällen der ersten Gruppe besteht der Handlungsfehler im Auffahren auf ein vorausfahrendes Fahrzeug. Dabei lassen sich vier Kategorien von Fehlhandlungen unterscheiden.

Zur häufigsten Kategorie gehört die Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit an unterschiedliche Rahmenbedingungen. Das sind zum einen andere Verkehrsteilnehmer, die plötzlich anhalten können, aber auch der durch Schnee oder Regen veränderte Straßenzustand. Ein Beispiel für diese Kategorie lautet wie folgt: „Demnach befuhren 01 und 02 in genannter Reihenfolge die Berliner Heerstr. in Richtung stadteinwärts. Als 02 sein Fahrzeug in Höhe der Einmündung verkehrsbedingt abbremsen musste, erkannte 01 dieses Abbremsen zu spät und fuhr auf den Pkw 02 auf. Sachschaden“ (Code 1810).

Zur zweiten Kategorie gehört die Vernachlässigung sowohl anderer Verkehrsteilnehmer als auch der Abstandshaltung aufgrund von Unaufmerksamkeit, Ablenkung oder der Beeinträchtigung des Fahrerzustandes. Ein Beispiel für die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer lautet: „Als die LZA auf Grün umschaltete, fuhren die Fahrzeuge vor 02 an, bremsten aber noch zweimal ab, sodass 02 ebenfalls abbremsen musste. Beim letzten Mal bemerkte 01 dies zu spät und fuhr noch leicht auf 02 auf. Sachschaden“ (Code 1589).

Zu dritten Kategorie gehören die Ausführungsfehler, die durch nachfolgenden Verlauf beschrieben werden können: „02 und 01 befuhren die Humboldtstr. aus Richtung Gliesmaroder Str. in Richtung Hagenring und mussten vor der Lichtzeichenanlage Humboldtstr./Hagenring bei Rotlicht warten. Beim späteren Anfahren rutschte 01 eigenen Angaben zufolge von der Kupplung ab und fuhr auf den Pkw 02 auf“ (Code 9671).

In der letzten Kategorie besteht die Fehlhandlung in der bewusst riskanten Planung des Fahrmanövers, d. h. dass der Abstand so gering und die Geschwindigkeit so hoch gewählt werden, dass es zu einem Auffahren kommt. „Demnach befuhr 02 die A 395 aus Richtung Braunschweig kommend im linken Fahrstreifen, in Richtung Bad Harzburg. In Höhe Kilometer XXX war er im Begriff, den Pkw 01 zu überholen, als dieser plötzlich vom rechten in den linken Fahrstreifen wechselte und vor dem Pkw 02 stark abbremste, ohne dazu einen Grund gehabt zu haben. ... 02 leitete mit seinem Pkw eine Vollbremsung ein und geriet dabei ins Schleudern. … 01 entfernte sich unerlaubt von der Unfallstelle“ (Code 0661).

Tabelle 57 zeigt die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen. Im Vordergrund steht die Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit an andere (28,6 % aller und 34,0 % der schweren Unfälle) und an den Straßenzustand (22,0 % aller und 19,8 % der schweren Unfälle). Deutlich seltener ist die Vernachlässigung anderer wegen einer Fehleinschätzung der Situation (5,1 % und 2,3 %). Die Vernachlässigung der Abstandshaltung wegen Unaufmerksamkeit (3,6 % und 7,1 %), Ablenkung (2,2 % und 2,0 %), Fahrerzustand (1,5 % und 2,9 %) und ohne besonderen Grund (0,1 % und 0,5 %) ist insgesamt ähnlich häufig. Diese Gruppe von Unfällen entspricht 66,1 % aller und 71,7 % der schweren Unfälle im Längsverkehr.

Die Fehlhandlungen sind auf der Führungsebene dem Folgen eines Fahrzeugs, der Annäherung an ein Fahrzeug oder Hindernis und dem Anhalten zuzuordnen (s. Tabelle 58). Bei der Fehlanpassung und der bewusst riskanten Planung wählen die Fahrer den Abstand und die Geschwindigkeit so, dass sie bei plötzlichem Anhalten des vorderen Fahrzeugs nicht sicher zum Stehen kommen können. Bei der Vernachlässigung stehen die Abstandshaltung und die Reaktion auf das vordere Fahrzeug im Vordergrund. Die Ausführungsfehler betreffen sowohl Abstandshaltung als auch Geschwindigkeitsregulation.

Die Ursache für die Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit liegt darin, dass Fahrer ihnen

Unfälle im Längsverkehr Auffahren	Anzahl		% Längsverkehr		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Fehlanpassung Abstand und Geschw. an andere	440	77	28.6	34.0	10.3	7.7
Fehlanpassung Abstand und Geschw. Straßenzustand	338	45	22.0	19.8	7.9	4.5
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung Situation	78	5	5.1	2.3	1.8	0.5
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	55	16	3.6	7.1	1.3	1.6
Vernachlässigung Abstandshaltung, Ablenkung	33	4	2.2	2.0	0.8	0.5
Vernachlässigung Abstandshaltung, Fahrerzustand	23	7	1.5	2.9	0.5	0.7
Ausführungsfehler	18	1	1.2	0.3	0.4	0.1
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	4	1	0.2	0.3	0.1	0.1
Vernachlässigung Abstandshaltung o. bes. Grund	1	1	0.1	0.5	0.0	0.1
Keine Zuordnung	9	3	0.6	1.3	0.2	0.3
Ausschluss	17	3	1.1	1.2	0.4	0.3
Summe	1.015	162	66.1	71.7	23.8	16.3

Tab. 57: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Unfällen mit Längsverkehr mit Auffahren. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Unfälle im Längsverkehr und alle Unfälle

prinzipiell verfügbare Informationen nicht in die Handlungsplanung einbeziehen (s. Tabelle 59).

Hier handelt es sich um Fehlentscheidungen, die durch aktive Unterstützung zu korrigieren sind. Bei der Vernachlässigung anderer und der Abstandshaltung fehlen den Fahrern wichtige Informationen, die über informierende Systeme zu vermitteln sind. Bedingt durch die kurze zur Verfügung stehende Zeit könnte auch eine entsprechende Warnung notwendig sein. Ausführungsfehler sind nur durch eine entsprechende Überwachung und Eingriff zu verhindern. Auch bei Fehlentscheidungen im Sinne einer bewusst riskanten Planung ist davon auszugehen, dass eine aktive Unterstützung alleine nicht hinreichend ist, um den Unfall zu verhindern.

Der zweite Handlungsfehler bei den Unfällen im Längsverkehr besteht darin, dass der Fahrer einen Spurwechsel durchführt, obwohl ein Fahrzeug in der anderen Spur fährt, sodass es mit diesem zu einer seitlichen Kollision kommt.

Die verschiedenen Fehlhandlungen lassen sich in drei Kategorien zusammenfassen. Die häufigste Fehlhandlung ist die Vernachlässigung der Informationsaufnahme, d. h., die Fahrer vergewissern sich nicht durch einen Seitenblick, ob der Spurwechsel gefahrlos möglich ist. Das geschieht aus Unaufmerksamkeit, weil die Fahrer wegen der gleichzeitigen Ausführung einer anderen Aufgabe überfordert sind, oder aufgrund eines beeinträchtigten Fahrerzustandes. Beispielhaft für den ersten Fall lässt sich folgende Situation nennen: „Bet. 01 befuhr die Berliner Str. in Richtung Volkmarode auf dem rechten Fahrstreifen. Auf Höhe der Hausnummer XXX wollte er auf den linken Fahrstreifen wechseln. Hierbei übersah er den neben sich fahrenden Bet. 02 und stieß mit ihm zusammen. Durch den Zusammenstoß wurde das Fahrzeug des Beteiligten 02 gegen den linken Bordstein gestoßen“ (Code 3578).

Zur zweiten Kategorie gehören Unfälle, bei denen die Fehlhandlung darin besteht, dass der Fahrer die Planung des Fahrens hinsichtlich der Quer-

Unfälle im Längsverkehr Auffahren	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit				X	
Vernachlässigung anderer		X			
Vernachlässigung Abstandshaltung		X			
Ausführungsfehler					X
Bewusst riskante Planung				X	

Tab. 59: Ursachen der Fehlhandlungen für den Unfall im Längsverkehr mit Auffahren. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Unfälle im Längsverkehr Auffahren	Stabilisierung			Führung																		
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit		X	X		X	X			X		X			X									
Vernachlässigung anderer			X			X			X		X			X									
Vernachlässigung Abstandshaltung			X			X			X		X			X									
Ausführungsfehler		X	X		X	X			X		X			X									
Bewusst riskante Planung		X	X		X	X			X		X			X									

Tab. 58: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Unfall im Längsverkehr mit Auffahren

führung nicht an den Straßenverlauf bzw. andere Verkehrsteilnehmer anpasst: „… kurz hinter der Einmündung Ludwigstraße wechselte die 01 auf den rechten Fahrstreifen und musste sofort verkehrsbedingt bremsen. Der 02 konnte nicht mehr reagieren ... und fuhr auf 01 auf“ (Code 2000).

Die Fehlhandlung der dritten Kategorie besteht darin, dass die Fahrer den Spurwechsel durchführen, da sie bestimmte Rahmenbedingungen der Situation fehlinterpretieren und es somit zu einer Kollision kommt, wie das Beispiel veranschaulicht: „Auf Höhe der AS Ölper Kreuz wechselte 01, in der Annahme, die Fahrbahn würde auf einen Fahrstreifen verengt werden, vom rechten in den linken Fahrstreifen und übersah dabei den links neben ihm in gleicher Richtung fahrenden 02, sodass es zum Zusammenstoß kam“ (Code7953).

Tabelle 60 zeigt die Häufigkeit dieser verschiedenen Fehlhandlungen. In der Mehrzahl der Unfälle ist die Fehlhandlung die Vernachlässigung der Informationsaufnahme, entweder ohne besonderen Grund (13,7 % aller bzw. 10,2 % der schweren Unfälle) oder wegen Überforderung (3,3 % bzw. 3,4 %). Die anderen Fehlhandlungen sind nur vereinzelt zu finden. Insgesamt betrifft dieser Handlungsfehler 18,6 % aller und 14,7 % der schweren Fahrunfälle. Dies entspricht 6,7 % aller und 3,4 % der schweren Unfälle insgesamt.

Die Fehlhandlungen sind auf der Führungsebene dem Spurwechsel zuzuordnen (s. Tabelle 61).

Wesentliche Anforderungen für ein sicheres Bewältigen dieses Manövers sind entsprechend den Fehlhandlungen, sich zu vergewissern, dass keine anderen Verkehrsteilnehmer den Spurwechsel behindern, vorausschauend auch die weitere Fahrt nach dem Spurwechsel zu planen und die Rahmenbedingungen für das Manöver richtig einzuschätzen.

Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel	Anzahl		% Längsverkehr		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung Info-Aufnahme o. bes. Grund	211	23	13.7	10.2	5.0	2.3
Vernachlässigung Info.-Aufnahme weg. Überforderung	51	8	3.3	3.4	1.2	0.8
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	8	1	0.5	0.3	0.2	0.1
Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen	6	2	0.4	0.8	0.1	0.2
Vernachlässigung Info-Aufnahme wg. Fahrerzustand	2	0	0.1	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	5	0	0.3	0.0	0.1	0.0
Ausschluss	4	0	0.3	0.0	0.1	0.0
Summe	286	33	18.6	14.7	6.7	3.4

Tab. 60: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Unfällen mit Längsverkehr mit Spurwechsel. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Unfälle im Längsverkehr und alle Unfälle

Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung Informationsaufnahme																X							
Fehlanpassung Querführung																X							
Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen																X							

Tab. 61: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Unfall im Längsverkehr mit Spurwechsel

Die Ursache für die Vernachlässigung der Informationsaufnahme ist als Fehlentscheidung zu werten, da die Sicherung nach hinten bei diesem Manöver eigentlich immer durchgeführt werden sollte (s. Tabelle 62). Bei der Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen werden situative Umstände falsch interpretiert.

Dadurch fehlen dem Fahrer Informationen über Fahrzeuge, die sich seitlich hinten befinden. Entsprechend könnte es genügen, entsprechende Informationen zu vermitteln. Da der Fahrer selbst die Information nicht aktiv aufsucht, ist zu vermuten, dass auch diese Informationen zu wenig berücksichtigt werden, sodass eine Warnung notwendig sein könnte. Bei der zweiten Fehlhandlung muss in die Planung des Spurwechsels die Überlegung einbezogen werden, ob nach dem Spurwechsel ein sicheres Fahren weiter möglich ist, d. h. vorausschauend geplant werden. Dass dies nicht geschieht, ist als Fehlentscheidung zu klassifizieren. Entsprechend ist eine aktive Unterstützung notwendig, um die Ausführung des Manövers zu verhindern. Es könnte allerdings schwierig sein, dem Fahrer die Notwendigkeit dafür zu vermitteln. Außerdem muss vorausgesetzt werden, dass ein Assistenzsystem diese vorausschauende Planung beherrscht. Die Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen ist ebenfalls als Fehlentscheidung zu werten. Ein Assistenzsystem muss aufgrund einer korrekten Analyse der Fahrsituation durch eine aktive Unterstützung verhindern, dass der Fahrer die Spur wechselt.

Der dritte Handlungsfehler bei den Unfällen im Längsverkehr besteht in der fehlerhaften Überwachung der Querführung während des Nebeneinanderfahrens, wobei es zu einer Kollision mit dem anderen Fahrzeug kommt. Häufigste Fehlhandlung ist die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund, aus Unaufmerksamkeit oder wegen eines beeinträchtigen Fahrerzustands. Ein typisches Beispiel lautet: „01 fuhr von der Bushaltestelle Rebenring Nr. 23 in den rechten Fahrstreifen ein und geriet dabei leicht in den linken Fahrstreifen, wobei sie leicht die 02 touchierte, die im linken Fahrstreifen in Richtung Hamburger Str. fuhr. Sachschaden“ (Code 5616).

Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung Informationsaufnahme		X		X	
Fehlanpassung Querführung				X	
Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen			X		

Tab. 62: Ursachen der Fehlhandlungen für den Unfall im Längsverkehr mit Spurwechsel. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Eine weitere Fehlhandlung ist die Fehlanpassung der Querführung an Besonderheiten des Straßenverlaufs oder an andere Verkehrsteilnehmer. Ein Beispiel: „Vor dem Haus Böcklinstraße XXX wollte die 01 in eine Parkbox am rechten Fahrbahnrand einparken. Dies kündigte sie durch Setzen des rechten Fahrtrichtungsanzeigers an. Um in die Parkbox einfahren zu können, scherte sie dabei nach links zur Fahrbahnmitte aus und übersah aus Unachtsamkeit dabei die Beteiligte 02, welche mit ihrem Pkw an ihr vorbeifuhr. Es kam zum seitlichen Anstoß mit Schaden an beiden Pkw.“ (Code 6723)

Schließlich tritt in einem Fall als Fehlhandlung die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand auf, in deren Folge die Spur nicht gehalten werden konnte.

Wie Tabelle 63 zeigt, sind diese verschiedenen Unfälle insgesamt und vor allem bei den schweren Unfällen sehr selten. Insgesamt tritt die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund oder durch Unaufmerksamkeit am häufigsten auf (1,4 % aller und 0,0 % der schweren Unfälle), gefolgt von Fehlanpassungen der Querführung an andere Verkehrsteilnehmer (0,9 % bzw. 0,3 %) und an den Straßenverlauf (0,7 % bzw. 0,0 %). Die weiteren Fehlhandlungen treten auch bei allen Unfällen nur vereinzelt auf. Dieser Handlungsfehler betrifft nur 3,3 % aller und 0,8 % der schweren Fahrunfälle und 1,1 % bzw. 0,2 % aller Unfälle.

Bei diesen Fehlhandlungen geht es auf der Führungsebene um das Straßefolgen, wobei bei den ersten beiden Fehlhandlungen die Querführung im Vordergrund steht, bei der letzten Fehlhandlung auch die Geschwindigkeitsregelung (s. Tabelle 64).

Die Ursache für die Vernachlässigung der Querführung liegt darin, dass dem Fahrer durch Unaufmerksamkeit oder ohne besonderen Grund we-

Unfälle im Längsverkehr Nebeneinander	Anzahl		% Längsverkehr		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachläss. Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	21	0	1.4	0.0	0.5	0.0
Fehlanpassung Querführung an andere	14	1	0.9	0.3	0.3	0.1
Fehlanpassung Querführung, Bes. Straßenverlauf	10	0	0.7	0.0	0.2	0.0
Vernachlässigung Querführung, Fahrerzustand	2	1	0.1	0.5	0.0	0.1
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Straßenzustand	1	0	0.1	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	3	0	0.2	0.0	0.1	0.0
Ausschluss	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe	51	2	3.3	0.8	1.1	0.2

Tab. 63: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Unfällen mit Längsverkehr beim Nebeneinanderfahren. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Unfälle im Längsverkehr und alle Unfälle

Unfälle im Längsverkehr Nebeneinander	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung Querführung	X			X				X															
Fehlanpassung Querführung	X			X				X															
Fehlinterpretation Geschwindigkeit	X	X		X	X			X															

Tab. 64: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Unfall im Längsverkehr beim Nebeneinanderfahren

Unfälle im Längsverkehr Nebeneinander	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung Querführung		X			
Fehlanpassung Querführung				X	
Fehlinterpretation Geschwindigkeit				X	

Tab. 65: Ursachen der Fehlhandlungen für den Unfall im Längsverkehr beim Nebeneinanderfahren. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

sentliche Informationen fehlen, sodass hier eine Information genügen könnte oder aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit eine Warnung (s. Tabelle 65). Bei der Fehlanpassung der Querführung liegt eine Fehlentscheidung vor, bei der situative Rahmenbedingungen wie der Verlauf der Fahrspur nicht berücksichtigt werden. Hier ist eine Unterstützung der Spurhaltung unter Einbezug des Straßenverlaufs notwendig. Die Fehlanpassung der Geschwindigkeit ist eine Fehlentscheidung des Fahrers, wobei die Geschwindigkeitshaltung mit Einbezug des Straßenzustands durch ein Assistenzsystem aktiv unterstützt werden müsste.

Der letzte Handlungsfehler besteht in einer Kollision mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Dies geschieht, weil die Fahrer aus der Spur geraten. Auch hier steht als Fehlhandlung die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund, aus Unaufmerksamkeit oder wegen eines beeinträchtigen Fahrerzustands im Vordergrund. Ein typisches Beispiel lautet: „01 und 02 befuhren die Nordstraße im Begegnungsverkehr. In Höhe der Haus-Nr. XXX kollidierten sie mit ihren Außenspiegeln. Beide Beteiligten gaben an, nicht äußerst rechts gefahren zu sein … Begegnungsverkehr wäre gefahrlos möglich gewesen“ (Code 6252).

Unfälle im Längsverkehr Entgegenkommender	Anzahl		% Längsverkehr		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachläss. Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	16	0	1.0	0.0	0.4	0.0
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	9	2	0.6	1.0	0.2	0.2
Fehlanpassung Querführung, Bes. Straßenverlauf	6	0	0.4	0.0	0.1	0.0
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	3	1	0.2	0.3	0.1	0.1
Vernachlässigung Querführung, Fahrerzustand	1	0	0.1	0.0	0.0	0.0
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Straßenzustand	1	0	0.1	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	1	0	0.1	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe	37	3	2.4	1.3	0.8	0.3

Tab. 66: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei Unfällen mit Längsverkehr bei seitlichen Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle Unfälle im Längsverkehr und alle Unfälle

Unfälle im Längsverkehr Entgegenkommend	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung Querführung	X			X				X															
Bewusst riskante Planung	X			X				X															
Fehlanpassung Querführung	X			X				X															
Fehlanpassung Geschwindigkeit	X	X		X	X			X															

Tab. 67: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für den Unfall im Längsverkehr bei seitlichen Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen

Als zweite Fehlhandlung gehen die Fahrer bewusst Risiken ein und verlassen deshalb ihre Spur. Ein Beispiel: „... hätte 01 hinter dem dort ordnungsgemäß parkenden Pkw warten müssen, um den entgegenkommenden 02 vorbeifahren zu lassen. 01 missachtete diese Vorschrift. Es kam zum Zusammenstoß“ (Code 6847).

Eine weitere Fehlhandlung ist die Fehlanpassung der Querführung an Besonderheiten des Straßenverlaufs oder an andere Verkehrsteilnehmer: „01 befuhr die Friedrichstr. in Richtung Böcklerstr., 02 befuhr ebenfalls die Friedrichstr. in entgegengesetzter Richtung. Auf Grund der Fahrbahnenge fuhr 02 in eine Parklücke am linken Fahrbahnrand, um 02 vorbeizulassen. 01 fuhr vorbei und touchierte dabei das Fahrzeug des 02“ (Code 5217).

Schließlich tritt in einem Fall als Fehlhandlung die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand auf.

Wie Tabelle 66 zeigt, sind auch diese Unfälle sehr selten. Insgesamt tritt die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund oder durch Unaufmerksamkeit auf häufigsten auf (1,0 % aller und 0,0 % der schweren Unfälle). Bei den schweren Unfällen ist die bewusst riskante Planung des Fahrmanövers häufiger zu finden (0,6 % aller und 1,0 % der schweren Unfälle). Fehlanpassungen der Querführung an Besonderheiten des Straßenverlaufs (0,4 % bzw. 0,0 %) und an andere Verkehrsteilnehmer (0,2 % bzw. 0,3 %) sind ähnlich selten. Die weiteren Fehlhandlungen treten nur vereinzelt auf.

Bei diesen Fehlhandlungen geht es auf der Führungsebene manöverseitig um das Straßefolgen, wobei bei den ersten drei Fehlhandlungen die Querführung im Vordergrund steht, bei der letzten Fehlhandlung auch die Geschwindigkeitsregelung (s. Tabelle 67).

Die Ursache für die Vernachlässigung der Querführung liegt darin, dass dem Fahrer durch Unaufmerksamkeit oder ohne besonderen Grund wesentliche Informationen fehlen, sodass hier eine Information genügen könnte, wobei aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit auch eine Warnung nötig sein kann (s. Tabelle 68). Der bewusst riskanten Planung ist als Fehlentscheidung durch eine aktive Unterstützung entgegenzuwirken. Bei der Fehlanpassung der Querführung liegt eine Fehlentscheidung vor, bei der situative Rahmenbedingungen wie der Verlauf der Fahrspur nicht berücksichtigt werden. Hier ist eine Unterstützung der Spurhaltung unter Einbezug des Straßenverlaufs notwendig. Die Fehlanpassung der Geschwindigkeit ist eine Fehlentscheidung des Fahrers, wobei die Geschwindigkeitshaltung mit Einbezug des Straßenzustands durch ein Assistenzsystem aktiv unterstützt werden müsste.

Insgesamt ergibt sich damit für die Unfälle im Längsverkehr folgendes Bild:

- Dieser Unfalltyp ist vor allem bei den Unfällen insgesamt sehr häufig (32,6 % aller Unfälle) und etwas seltener bei den schweren Unfällen (20,2 %).
- Bei diesem Unfall dominiert von der Häufigkeit her der Handlungsfehler Auffahren (mehr als zwei Drittel dieser Unfälle), gefolgt von Unfällen beim Spurwechsel (18,6 % aller bzw. 14,7 % der schweren Unfälle im Längsverkehr). Die Unfälle mit seitlicher Kollision mit einem in derselben oder entgegengesetzter Richtung fahrenden Fahrzeug liegen jeweils unter 5 % der Unfälle im Längsverkehr.

Unfälle im Längsverkehr Entgegenkommend	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung Querführung		X			
Bewusst riskante Planung				X	
Fehlanpassung Querführung				X	
Fehlinterpretation Geschwindigkeit				X	

Tab. 68: Ursachen der Fehlhandlungen für den Unfall im Längsverkehr beim Entgegenkommendfahren. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

- Beim Auffahren werden sehr häufig Abstand und Geschwindigkeit im Vorfeld des Unfalls nicht an die Situation angepasst. Die Korrektur dieser Fehlentscheidung müsste durch ein Assistenzsystem aktiv unterstützt werden. Damit wären 18,3 % aller und 12,3 % der schweren Unfälle zu verhindern. Weiter spielt die Vernachlässigung der Abstandshaltung aus verschiedenen Gründen eine wesentliche Rolle. Hier liegt die Ursache in fehlender Wahrnehmung vorhandener Information, sodass eine Warnung vor einem zu geringen Abstand bereits den Unfall verhindern könnte. Aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit könnte es bei plötzlichen Bremsmanövern des voranfahrenden Fahrzeugs allerdings notwendig sein, dies aktiv zu unterstützen. Mit einem entsprechenden System könnten weitere 2,6 % aller und 2,8 % der schweren Unfälle verhindert werden. Dieses könnte auch bei der Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer mit fehlender Wahrnehmung von plötzlichen Bremsmanövern wirkungsvoll sein, sodass weitere 1,8 % aller und 0,5 % der schweren Unfälle zu verhindern wären.
- Beim Spurwechsel vergewissern sich die Fahrer in den meisten Fällen nicht, dass die Spur neben ihnen frei ist, sondern wechseln direkt die Spur. Entsprechend muss die Querführung im Sinne der Bahnplanung unterstützt werden. Da die Ursache in einer Fehlentscheidung des Fahrers liegt, ist eine aktive Unterstützung notwendig, wenn nicht bereits im Vorfeld die Information über andere Fahrzeuge in der Spur, in die gewechselt werden soll, vermittelt werden kann. Damit ließen sich 6,3 % aller und 3,1 % der schweren Unfälle verhindern.
- Bei den Unfällen mit seitlicher Kollision stehen Schwierigkeiten bei der Spurhaltung im Vordergrund. Die Vernachlässigung der Spurhaltung und die Fehlanpassung der Querführung treten in ähnlicher Häufigkeit auf, sodass insgesamt ein aktives System, dass die Spurhaltung unterstützt und dabei den Straßenverlauf berücksichtigt, die Unfälle verhindern könnte. Insgesamt handelt es sich nur um 1,2 % aller und 0,2 % der schweren Unfälle. Allerdings könnte diese Art von Assistenz auch bei anderen Unfällen wirkungsvoll sein.
- Ähnliches gilt für seitliche Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Gerade für die

schweren Unfälle ist es hier auch wichtig, riskante Fahrmanöver zu verhindern, was nur durch ein aktiv unterstützendes Assistenzsystem zu leisten wäre. Mit dieser Assistenz, die die Spurhaltung in Abhängigkeit vom Straßenverlauf unterstützt, wären 0,6 % aller und 0,1 % der schweren Unfälle zu verhindern.

3.7 Sonstige Unfälle

Bei den sonstigen Unfällen wurden die acht häufigsten Feintypen in die Analyse einbezogen (s. Tabelle 69). Insgesamt werden damit 64,5 % aller sonstigen Unfälle und 51,6 % der schweren sonstigen Unfälle analysiert. Dieser relativ geringe Prozentsatz ergibt sich, da eine Vielzahl weiterer, aber sehr seltener Feintypen vorhanden war, bei denen es aufgrund der kleinen Häufigkeiten nicht sinnvoll erscheint, diese zu analysieren. Insgesamt umfasst dieser Unfalltyp 5,0 % aller und 4,7 % der schweren Unfälle.

Bei diesem Unfalltyp lassen sich insgesamt drei Handlungsfehler unterscheiden:

- Handlungsfehler „vorwärts und rückwärts rangieren beim Parken“. Dazu zählen die Unfalltypen 701 (Unfall zwischen Parkern in der Längsaufstellung), 702 (Unfall zwischen Parkern in der Queraufstellung), 703 (Unfall zwischen Parkern auf einem Parkplatz und 705 (geparkten Pkw gestreift).
- Handlungsfehler „Rückwärtsfahren im Verkehr“. Dazu gehören die Unfalltypen 711 (Rückwärtsfahren) und 716 (Rückwärts mit Pkw gegen Gegenstand fahren).
- Handlungsfehler „Wenden“. Dazu gehören die Unfalltypen 721 (Wenden auf einer Hauptstraße) und 723 (Wenden um eine Verkehrsinsel).

Sonstige Unfälle		Gesamt	Schwer
703	Unfall Parker Parkplatz	79	26
716	Rückwärts Pkw/Gegenstand	38	3
721	Wenden Hauptstrasse	25	12
711	Rückwärtsfahren	21	3
701	Unfall Parker Längs	19	0
705	Geparkter Pkw gestreift	16	0
723	Wenden Verkehrsinsel	9	3
702	Unfall Parker Quer	6	0
Summe		213	47
% sonstige Unfälle		64.5	51.6
% aller Unfälle		5.0	4.7

Tab. 69: Häufigkeit der Feintypen bei sonstigen Unfällen bei der Analyse für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“). Dargestellt sind die gewichtete Anzahl, der Anteil der In-Depth analysierten Unfälle an allen sonstigen Unfällen und an allen Unfällen aus Braunschweig

In der ersten Gruppe besteht der Handlungsfehler im fehlerhaften Ein- bzw. Ausparken, in dessen Folge es zu einer Kollision mit einem anderen Fahrzeug kommt. Es gibt zwei Kategorien von Fehlhandlungen, die zu diesem Unfall führen.

Die häufigste Fehlhandlung ist die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer aus Unaufmerksamkeit und aufgrund eines beeinträchtigten Fahrerzustands. Vernachlässigungen der Berücksichtigung des Straßenverlaufs und Ausführungsfehler sind etwas seltener. Sichtbehinderung spielt nur in einem Fall eine Rolle. Ein Beispiel für die Kategorie Vernachlässigung (Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund von Unaufmerksamkeit) lautet folgendermaßen: „02 parkte ordnungsgemäß am rechten Fahrbahnrand. 01 stieß beim Rangieren gegen das Fahrzeug 02“ (Code 9589).

Ein Beispiel für die fehlerhafte Ausführung als zweite Kategorie lautet wie folgt: „01 befuhr den Parkplatz i. H. der Telekom AG (T-Punkt Business) und wollte mit seinem Pkw vorwärts einparken. Beim Einfahren in eine Parklücke verwechselt 01 das Gaspedal mit dem Bremspedal“ (Code 0348).

Tabelle 70 zeigt die Häufigkeit dieser Fehlhandlungen. Die Vernachlässigung anderer aus verschiedenen Gründen deckt die Mehrzahl dieser Unfälle ab, wobei Unaufmerksamkeit (22,6 % aller und 4,9 % der schweren Unfälle) am häufigsten ist und eingeschränkter Fahrerzustand (3,1 % bzw. 7,9 %) bzw. Sichtbehinderung (0,3 % und 0,0 %) relativ selten sind. Die Vernachlässigung des Straßenverlaufs tritt bei 2,3 % aller und 2,9 % der schweren Unfälle auf. Ähnlich häufig sind Ausführungsfehler. Dieser Handlungsfehler deckt 36,2 % aller und 28,1 % der schweren sonstigen Unfälle ab und entspricht 2,8 % bzw. 2,6 % aller Unfälle.

Bei allen Fehlhandlungen, die diesen Unfällen zugrunde liegen, geht es um das Ein- und Ausparken (s. Tabelle 71). Die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer betrifft vor allem die Längsführung, d. h. die Entscheidung an- und weiterzufahren. Bei der Vernachlässigung des Straßenverlaufs geht es vor allem um die Querführung im Sinne der Planung der Fahrspur. Bei den Aus-

Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz	Anzahl		% sonstige		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	74	4	22.6	4.9	1.8	0.5
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	10	7	3.1	7.9	0.2	0.7
Vernachläss. Berücksichtigung, Straßenverlauf o. bes. Grund	8	3	2.3	2.9	0.2	0.3
Ausführungsfehler	5	3	1.4	2.9	0.1	0.3
Vernachlässigung anderer, Sichtbehinderung	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	21	9	6.3	9.5	0.5	0.9
Summe	120	26	36.2	28.1	2.8	2.6

Tab. 70: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei sonstigen Unfällen mit Rangieren auf dem Parkplatz. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle sonstigen Unfälle und alle Unfälle

Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer		X			X																	X	X
Vernachlässigung Straßenverlauf	X			X																		X	X
Ausführungsfehler	X	X		X	X																	X	X

Tab. 71: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für sonstige Unfälle mit Rangieren auf dem Parkplatz

Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Vernachlässigung Straßenverlauf		X			
Ausführungsfehler					X

Tab. 72: Ursachen der Fehlhandlungen für sonstige Unfälle mit Rangieren auf dem Parkplatz. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

führungsfehlern kann sowohl Längs- als auch Querführung betroffen sein.

Wie Tabelle 72 zeigt, ist bei der Vernachlässigung anderer und des Straßenverlaufs eine fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen wesentlich, d. h., die Bereitstellung der entsprechenden Informationen könnte diese Unfälle verhindern. Bei Ausführungsfehlern muss ein Assistenzsystem eingreifen.

Bei der zweiten Gruppe besteht der Handlungsfehler darin, dass der Fahrer beim Rückwärtsfahren mit einem anderen Fahrzeug kollidiert.

Bei diesen Unfällen treten als Fehlhandlungen die Vernachlässigung anderer aufgrund von Unaufmerksamkeit oder wegen eines beeinträchtigten Fahrerzustands auf. Hinzu kommt die Vernachlässigung des Straßenverlaufs. Ein Beispiel für die Vernachlässigung anderer aufgrund von Unachtsamkeit lautet folgendermaßen: „01 befand sich mit ihrem Pkw auf dem Gelände der ARAL-Tankstelle, Sackring/Maienstraße, und fuhr im nördlichen Bereich einige Meter rückwärts. Hierbei übersah die 01 die hinter ihrem Pkw aufhältige Radfahrerin 02, sodass es mit dieser zum Zusammenstoß kam“ (Code 7645). Schließlich trat in zwei Fällen bei den leichten Unfällen ein Ausführungsfehler auf.

Sonstige Unfälle rückwärts Fahren	Anzahl		% sonstige		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer ,Unaufmerksamkeit	43	4	13.2	4.9	1.0	0.5
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	5	0	1.5	0.0	0.1	0.0
Vernachläss. Berücksichtigung, Straßenverlauf o. bes. Grund	4	1	1.4	1.6	0.1	0.2
Ausführungsfehler	2	0	0.6	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	3	0	0.9	0.0	0.1	0.0
Summe	59	5	17.9	6.5	1.3	0.7

Tab. 73: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei sonstigen Unfällen mit Rückwärtsfahren. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle sonstigen Unfälle und alle Unfälle

Sonstige Unfälle rückwärts Fahren	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer		X			X														X				
Vernachlässigung Straßenverlauf	X			X															X				
Ausführungsfehler	X	X		X	X														X				

Tab. 74: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für sonstige Unfälle mit Rückwärtsfahren

Entsprechend Tabelle 73 ist die Vernachlässigung anderer aufgrund von Unaufmerksamkeit (13,2 % aller und 4,9 % der schweren Unfälle) oder wegen eines beeinträchtigten Fahrerzustands (1,5 % bzw. 0,0 %) am häufigsten. Die Vernachlässigung des Straßenverlaufs steht an dritter Stelle (1,4 % bzw. 1,6 %). Insgesamt sind dies 1,3 % aller und 0,7 % der schweren Unfälle.

Bei allen Fehlhandlungen geht es auf der Führungsebene um das Rückwärtsfahren (s. Tabelle 74). Die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer betrifft vor allem die Längsführung, d. h. die Entscheidung, an- und weiterzufahren. Bei der Vernachlässigung des Straßenverlaufs geht es vor allem um die Querführung im Sinne der Planung der Fahrspur. Bei den Ausführungsfehlern kann sowohl Längs- als auch Querführung betroffen sein.

Wie Tabelle 75 zeigt, ist bei der Vernachlässigung anderer und des Straßenverlaufs eine fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen wesentlich, d. h., die Bereitstellung entsprechender Informationen könnte diese Unfälle verhindern. Bei Ausführungsfehlern muss die Assistenz eingreifen.

Sonstige Unfälle rückwärts Fahren	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Vernachlässigung Straßenverlauf		X			
Ausführungsfehler					X

Tab. 75: Ursachen der Fehlhandlungen für sonstige Unfälle mit Rückwärtsfahren. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

Der Handlungsfehler bei den Unfällen der dritten Gruppe besteht darin, dass die Fahrer beim Wenden mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kollidieren. Dabei treten Fehlhandlungen in drei Kategorien auf. Bei der Vernachlässigung anderer wegen

Sonstige Unfälle Wenden	Anzahl		% sonstige		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	25	14	7.5	15.2	0.6	1.4
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	6	1	2.0	1.6	0.2	0.2
Vernachlässigung anderer, Sichtbehinderung	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0
Keine Zuordnung	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ausschluss	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe	34	15	10.4	16.8	0.8	1.6

Tab. 76: Häufigkeit der Ursachen der Fehlhandlungen bei sonstigen Unfällen mit Wenden. Dargestellt ist die gewichtete Anzahl für alle Unfälle („Gesamt“) und schwere Unfälle („Schwer“), außerdem der prozentuale Anteil bezogen auf alle sonstigen Unfälle und alle Unfälle

Sonstige Unfälle Wenden	Stabilisierung			Führung																			
	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Vernachlässigung anderer		X			X																X		
Bewusst riskante Planung		X			X																X		
Fehlanpassung Querführung	X			X																	X		

Tab. 77: Zuordnung der verschiedenen Fehlergruppen zu den Fahraufgaben für sonstige Unfälle mit Wenden

Unaufmerksamkeit vergewissern sich die Fahrer nicht, ob das Wenden gefahrlos möglich ist, wie folgendes Beispiel veranschaulicht: „01 befuhr die Humboldtstr. in Richtung stadteinwärts im rechten Fahrstreifen. Kurz vor der Anbindung Am Fallersleber Tore wollte 01 wenden, um dann in Richtung stadtauswärts fahren zu können. Dazu wendete 01 vom rechten über den linken Fahrstreifen, ohne hierbei auf den dort fahrenden 02 zu achten. Zusammenstoß“ (Code 1588).

Bei der bewusst riskanten Planung liefert folgende Beschreibung ein Beispiel: „01 befuhr den linken stadtauswärts führenden Fahrstreifen der Münchenstraße, wechselte kurz vor der Einmündung Pippelweg nach links – über die weiße durchgezogene Linie – in den für Fahrzeuge gesperrten Fahrstreifen und bog von dort nach links über den dortigen Gleiskörper ab (01 wollte dann in Richtung Luisenstraße zurückfahren). Beim Wendevorgang achtete 01 nicht auf die in Richtung stadtauswärts fahrende Strab. 02, sodass es mit dieser zum Zusammenstoß kam“ (Code 8792).

Alle anderen Fehlhandlungen sind nur vereinzelt zu finden, wie Tabelle 76 zeigt. Die Vernachlässigung anderer wegen Unaufmerksamkeit ist am häufigsten mit 7,5 % aller und 15,2 % der schweren sonstigen Unfälle. An zweiter Stelle steht die bewusst riskante Planung des Fahrmanövers (2,0 % aller und 1,6 % der schweren sonstigen Unfälle). Alle anderen Fehlhandlungen treten nur vereinzelt bei den leichten Unfällen auf. Insgesamt sind dies 0,8 % aller und 1,6 % der schweren Unfälle. Dieser Handlungsfehler ist also etwas mehr für die schweren Unfälle relevant.

Alle Fehlhandlungen, die bei diesen Unfällen auftreten, betreffen das Wenden (s. Tabelle 77). Die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer betrifft vor allem die Längsführung, d. h. die Entscheidung an- und weiterzufahren. Gleiches gilt für die bewusst riskante Planung. Bei der Fehlanpassung

Sonstige Unfälle Wenden	Informationsmangel	Fehlende Wahrnehmung	Fehlinterpretation	Fehlentscheidung	Fehlerhafte Ausführung
Vernachlässigung anderer		X			
Bewusst riskante Planung				X	
Fehlanpassung Querführung				X	

Tab. 78: Ursachen der Fehlhandlungen für sonstige Unfälle mit Wenden. Mit Kreuzen ist der Punkt in der Handlung angegeben, an dem die Ursache für die Fehlhandlung liegt

der Querführung geht es vor allem um die Planung der Fahrspur.

Wie Tabelle 78 zeigt, ist bei der Vernachlässigung anderer eine fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen wesentlich, d. h., hier müssten dem Fahrer die entsprechenden Informationen vermittelt werden. Bei der bewusst riskanten Planung muss ein aktiv unterstützendes System die Fehlentscheidung des Fahrers korrigieren, ebenso bei Fehlanpassungen der Querführung.

Insgesamt zeigt sich damit für die sonstigen Unfälle:

- Bei sonstigen Unfällen sind Unfälle auf dem Parkplatz, beim Rückwärtsfahren und beim Wenden am häufigsten, machen aber insgesamt nur 5 % aller und 4,7 % der schweren Unfälle aus.
- Auf dem Parkplatz und beim Rückwärtsfahren werden von den Fehlhandlungen her am häufigsten andere Verkehrsteilnehmer nicht berücksichtigt, sodass ein informierendes System bereits hilfreich wäre. Dabei müssten auf dem Parkplatz alle möglichen Verkehrsteilnehmer in der jeweiligen Fahrtrichtung berücksichtigt werden, beim Rückwärtsfahren nur die hinter dem Fahrzeug. Auf dem Parkplatz ließen sich durch ein solches System 2,0 % aller und 1,2 % der schweren Unfälle verhindern. Beim Rückwärtsfahren wären dies zusätzlich 1,1 % aller bzw. 0,5 % der schweren Unfälle.
- Beim Wenden spielt die Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer eine wesentliche Rolle. Hier könnte ein informierendes System bereits die Unfälle verhindern, da eine fehlende Wahrnehmung die Ursache ist. Ein solches System müsste allerdings andere Verkehrsteilnehmer während des Wendens auf den verschiedenen Fahrspuren erkennen. Damit ließen sich 0,6 % aller und 1,4 % der schweren Unfälle verhindern. Um die riskante Planung dieses Manövers zu verhindern, ist ein aktiv unterstützendes Assistenzsystem notwendig, das diese Manöver verhindert. Dies könnte zusätzlich 0,2 % aller und der schweren Unfälle verhindern.

4 Diskussion und Ausblick

4.1 Wesentliche Fehlhandlungen und ihre Ursachen – Anforderung an Assistenz

Bei der Diskussion der einzelnen Unfalltypen, der dort auftretenden Handlungsfehler und der ihnen vorangehenden Fehlhandlungen ist in den einzelnen Kapiteln eine Reihe an Anforderungen an verschiedene Funktionalitäten von Assistenzsystemen und ihre Eingriffsstrategie abgeleitet worden. Um diese zusammenfassend darzustellen, werden für alle Handlungsfehler die Fehlhandlungen herangezogen, bei denen mindestens fünf schwere Unfälle vorhanden waren, um so die von der Häufigkeit her wichtigsten Unfälle hervorzuheben. Diese wurden dann nach den Handlungsfehlern geordnet. Tabelle 79 zeigt die Ergebnisse in der Übersicht.

An erster Stelle von der Häufigkeit her stehen Einbiegen/Kreuzen-Unfälle, bei denen 7 Fehlhandlungen 21,2 % aller schweren Unfälle abdecken. Bei diesen Unfällen werden andere Verkehrsteilnehmer aus unterschiedlichen Gründen bei der Planung vernachlässigt. Außerdem wird das Verhalten nicht an Sichtbehinderungen angepasst, das Manöver wird bewusst riskant geplant oder die Querführung wird nicht an den Straßenverlauf und andere Verkehrsteilnehmer angepasst.

Fahrunfälle mit insgesamt 4 Fehlhandlungen betreffen weitere 20,4 % aller schweren Unfälle. Hier steht die Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand, an den Fahrerzustand und an die eigene Leistungsfähigkeit im Vordergrund, außerdem die Vernachlässigung der Querführung ohne besonderen Grund.

Unfälle im Längsverkehr mit Auffahren decken mit 5 Fehlhandlungen weitere 15,1 % aller schweren

Unfälle ab. Dabei wird bei der Wahl von Abstand und Geschwindigkeit nicht in der Planung berücksichtigt, dass andere Verkehrsteilnehmer plötzlich bremsen könnten. Außerdem wird der Straßenzustand nicht in die Planung einbezogen. Die Abstandshaltung wird aus Unaufmerksamkeit oder wegen eines eingeschränkten Fahrerzustands vernachlässigt. Schließlich werden andere Verkehrsteilnehmer nicht beachtet, weil die Situation falsch eingeschätzt wird.

Alle weiteren Handlungsfehler sind deutlich seltener und liegen im Bereich von jeweils unter 5 % der schweren Unfälle. Abbiegeunfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen betreffen 4,1 % der schweren Unfälle, wobei die Vernachlässigung anderer Fahrzeuge aus Unaufmerksamkeit die Ursache ist. Unfälle im Längsverkehr mit Spurwechsel betreffen mit 2 Fehlhandlungen 3,1 % der schweren Unfälle. Hier wird von den Fahrern nicht vor dem Spurwechsel sichergestellt, dass keine anderen

	Anzahl		% alle Unfälle	
	Gesamt	Schwer	Gesamt	Schwer
Einbiegen/Kreuzen Unfälle	**695**	**211**	**16.3**	**21.2**
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	455	113	10.7	11.3
Vernachlässigung anderer wg. falscher Aufmerkeitsausrichtung	89	44	2.1	4.4
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung, Situation	58	30	1.4	3.0
Fehlanpassung An-/Weiterfahren, Sichtbehinderung	33	8	0.8	0.8
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	16	7	0.4	0.7
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	9	5	0.2	0.5
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	36	5	0.8	0.5
Fahrunfälle	**515**	**202**	**12.1**	**20.4**
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Straßenzustand	354	128	8.3	12.9
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Fahrerzustand	70	44	1.6	4.5
Vernachlässigung Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	62	21	1.5	2.2
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit	29	9	0.7	1.0
Unfälle im Längsverkehr Auffahren	**933**	**149**	**21.9**	**15.1**
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit an andere	440	77	10.3	7.7
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit, Straßenzustand	338	45	7.9	4.5
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	55	16	1.3	1.6
Vernachlässigung Abstandshaltung, Fahrerzustand	23	7	0.5	0.7
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung, Situation	78	5	1.8	0.5
Abbiegeunfälle Entgegenkommender				
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	92	41	2.2	4.1
Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel	**262**	**31**	**6.1**	**3.1**
Vernachlässigung Info-Aufnahme o. bes. Grund	211	23	5.0	2.3
Vernachlässigung Info.-Aufnahme weg. Überforderung	51	8	1.2	0.8
Abbiegeunfälle Auffahren				
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	162	24	3.8	2.4
Sonstige Unfälle Wenden				
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	25	14	0.6	1.4
Abbiegeunfälle rechts Radfahrer				
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	19	13	0.4	1.3
Unfall beim Ausparken				
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	80	10	1.9	1.0
Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz				
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	10	7	0.2	0.7

Tab. 79: Übersicht über die häufigsten Unfalltypen und die dafür verantwortlichen Fehlhandlungen. Eingeschlossen wurden alle Fehlhandlungen, bei denen mindestens 5 schwere Unfälle vorliegen. In den ersten beiden Spalten sind die Anzahlen zu finden, in den letzten beiden Spalten die Prozentsätze bezogen auf alle und auf die schweren Unfälle. Für Unfalltypen mit mehreren Fehlhandlungen ist auch die Summe der entsprechenden Fehlhandlungen dargestellt

Verkehrsteilnehmer auf der Spur vorhanden sind, auf die gewechselt werden soll. Dies geschieht entweder ohne besonderen Grund oder wegen Überforderung durch andere Fahraufgaben.

Bei allen weiteren Handlungsfehlern besteht die Fehlhandlung in der Vernachlässigung anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund von Unaufmerksamkeit. Dies ist der Fall beim Auffahren bei Abbiegeunfällen (2,4 % der schweren Unfälle), beim Wenden (1,4 %), bei Unfällen mit Radfahrern von rechts hinten bei Abbiegeunfällen (1,3 %), beim Ausparken (1,0 %) und beim Rangieren auf dem Parkplatz (0,7 %).

Um aus dieser Analyse Anforderungen an Assistenzsysteme abzuleiten, stellt Tabelle 80 für die verschiedenen Fehlhandlungen die Fahrmanöver dar, die dabei beherrscht werden müssen. Ähnliche Fehlhandlungen wurden dabei aus Gründen der Übersichtlichkeit zusammengefasst (z. B. Vernachlässigung anderer aus Unaufmerksamkeit, wegen des Fahrerzustands usw.). Die Unfälle wurden so umsortiert, dass Gruppen entstehen, bei denen dieselben Fahrmanöver betroffen sind.

In der oberen Hälfte der Tabelle geht es auf der Führungsebene um das Abbiegen oder Kreuzen. Hier steht hinsichtlich der Häufigkeit die Längsregelung im Vordergrund, wobei es darum geht, nur dann loszufahren, wenn die Straße tatsächlich frei ist. In einer geringeren Anzahl von Fällen geht es um die Planung der Fahrspur, d. h. die Anpassung der Querführung an die Situation. Am häufigsten müssen Bevorrechtigte von links oder rechts erkannt werden, wenn Fahrer in eine Straße einbiegen oder diese kreuzen. An zweiter Stelle steht das links Abbiegen, bei dem entgegenkommende Fahrzeuge erkannt werden müssen. Der kleinste Anteil betrifft Radfahrer von rechts hinten beim rechts Abbiegen. Damit ergibt sich als Anforderung für die Funktionalität der Assistenz:

	% Unfälle		Stab.			Führung																			
	Gesamt	Schwer	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hindernis passieren	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärts fahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Einbiegen/Kreuzen-Unfälle	16.3	21.2																							
Vernachlässigung anderer	14.3	19.2		■			■										■		■						
Fehlanpassung An- und Weiterfahren	0.8	0.8		■			■										■		■						
Bewusst riskante Planung	0.4	0.7		■			■										■		■						
Fehlanpassung Querführung, Straße und andere	0.8	0.5	■			■																			
Abbiegeunfälle Entgegenkommender																									
Vernachlässigung anderer	2.2	4.1		■			■												■						
Abbiegeunfälle rechts Radfahrer																									
Vernachlässigung anderer	0.4	1.3		■			■												■						
Abbiegeunfälle Auffahren																									
Vernachlässigung Abstandshaltung	3.8	2.4			■			■			■		■			■									
Unfälle im Längsverkehr Auffahren	21.9	15.1																							
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit	18.3	12.3		■	■		■	■			■		■			■									
Vernachlässigung Abstandshaltung	1.8	2.3			■			■			■		■			■									
Vernachlässigung anderer	1.8	0.5			■			■			■		■			■									
Fahrunfälle	12.1	20.4																							
Fehlanpassung Geschwindigkeit	10.6	18.3		■			■			■															
Vernachlässigung Querführung	1.5	2.2	■			■				■															
Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel																									
Vernachlässigung Informationsaufnahme	6.1	3.1																■							
Sonstige Unfälle Wenden																									
Vernachlässigung anderer	0.6	1.4		■			■															■	■		
Unfall beim Ausparken																									
Vernachlässigung anderer	1.9	1.0		■			■																		■
Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz																									
Vernachlässigung anderer	0.2	0.7		■			■																	■	■

Tab. 80: Übersicht über Fahrmanöver und Aufgaben auf der Stabilisierungsebene, die bei den verschiedenen Handlungsfehlern und den dafür verantwortlichen Fehlhandlungen unterstützt werden sollten

- Kreuzungsassistenz, die bevorrechtigte Fahrzeuge von rechts, links oder aus entgegengesetzter Richtung sowie von rechts hinten kommende Fahrradfahrer erkennt, die beim rechts Abbiegen übersehen werden.
- Gelingt es, ein fehlerhaftes Losfahren des Fahrers in diesen Fällen zu verhindern, können damit 26,2 % aller schweren Unfälle vermieden werden, wobei die Erkennung nach rechts und links den überwiegenden Teil dieser Unfälle betrifft, gefolgt von Unfällen mit Fahrzeugen in entgegengesetzter Richtung und mit Radfahrern von rechts.

In der Mitte der Tabelle finden sich Unfälle mit dem Handlungsfehler Auffahren, die auch im Kreuzungsbereich stattfinden können. Hier müssen die Manöver „Fahrzeug folgen“, „Annäherung an ein Hindernis“ und „Anhalten vor Hindernis“ durch ein Assistenzsystem unterstützt werden. Der Schwerpunkt liegt darin, einen sicheren Abstand einzuhalten, wobei teilweise zusätzlich eine der Situation angepasste Geschwindigkeit zu wählen ist, sodass bei plötzlichen Ereignissen noch gebremst werden kann. Das heißt für die notwendige Funktionalität von Assistenz:

- Kollisionsvermeidungssystem, das bereits vor einer Kollision Abstand und Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Fahrsituation regelt, bei dem auch stehende Fahrzeuge erkannt werden und bei dem das Bremsen bei plötzlichen Ereignissen unterstützt wird.
- Gelingt es, mit diesem System einen sicheren Abstand und Geschwindigkeit einzuhalten und bei plötzlichen Ereignissen zu bremsen, so können damit 17,5 % aller schweren Unfälle verhindert werden.

Im unteren Bereich finden sich als weitere große Gruppe die Fahrunfälle, bei denen auf der Führungsebene das Manöver „Straße folgen“ unterstützt werden muss. Auf der Ebene der Fehlhandlungen geht es vor allem darum, die Geschwindigkeit an die situativen Rahmenbedingungen anzupassen, wobei der Straßenzustand hier eine wesentliche Rolle spielt, aber auch ein eingeschränkter Fahrerzustand und die Fähigkeiten der Fahrer berücksichtigt werden müssen. In deutlich weniger Fällen ist eine Unterstützung der Spurhaltung notwendig. Als Assistenzfunktion ergibt sich:

- Eine situationsbezogene Geschwindigkeitsregulation, die dafür sorgt, dass der Fahrer eine der Situation angemessene Geschwindigkeit nicht überschreitet. Zusätzlich ist eine Unterstützung der Querführung hilfreich.
- Ein Assistenzsystem, dem dies vollständig gelingt, kann 20,4 % aller schweren Unfälle verhindern, wobei die Querführungsunterstützung davon 2,2 % ausmacht.

Gerade in diesem Bereich spielt ein eingeschränkter Fahrerzustand durch Alkohol, Drogen oder Müdigkeit eine große Rolle. Prinzipiell könnten Fehlhandlungen, die dadurch bedingt sind, durch ein Assistenzsystem korrigiert werden. Sinnvoller wäre es allerdings, die Fahrt in dem eingeschränkten Zustand zu vermeiden. Die eine wesentliche Voraussetzung dafür ist die Erkennung des Fahrerzustandes, wobei aktuell verschiedene Ansätze des „driver monitoring“ diskutiert werden. Die andere wesentliche Anforderung wäre, dass der Fahrer dazu gebracht wird, auf die Fahrt in eingeschränktem Zustand zu verzichten. Für Alkohol hat sich hier im amerikanischen Bereich das „Ignition Interlock System“ bewährt (z. B. VOAS, BLACKMAN, TIPPETTS & MARQUES, 2002), bei dem Fahrer vor der Fahrt über eine Atemalkoholprobe im Auto nachweisen müssen, dass sie nüchtern sind. Wenn nicht, bleibt das Zündschloss gesperrt. Allerdings ist dieses System aufgrund der relativ hohen Kosten nicht flächendeckend einzusetzen, sondern vor allem für alkoholauffällige Fahrer gedacht (eine Diskussion für den deutschen Bereich gibt KLIPP 2005). Noch schwieriger wird es, wenn während des Fahrt ein eingeschränkter Zustand, z. B. Müdigkeit, entdeckt wird. Eine reine Information oder Warnung über den eingeschränkten Zustand wird wenig wirkungsvoll sein, da dem Fahrer dies in der Regel wohl bewusst ist. Ein wirkungsvolles System müsste den Fahrer dazu bringen, die Fahrt im eingeschränkten Zustand zu vermeiden.

Alle weiteren Assistenzfunktionen liegen im Bereich unter 5 % der schweren Unfälle. Hier handelt es sich um folgende Funktionen:

- Eine Spurwechselassistenz, die vor anderen Fahrzeugen warnt, die sich in der Zielspur befinden, kann 3,1 % aller schweren Unfälle vermeiden.
- Eine Assistenzfunktion, die eine Kollision mit anderen Fahrzeugen verhindert, die sich in der geplanten Fahrspur befinden, kann insgesamt 3,1 % der schweren Unfälle verhindern, wobei sowohl das Wenden auf der Fahrbahn als auch

das Ausparken bzw. Rangieren auf dem Parkplatz berücksichtigt werden sollten.

Damit ergibt sich insgesamt ein sehr hohes Potenzial, durch wenige Assistenzfunktionen einen mit 70,7 % großen Anteil der schweren Unfälle zu verhindern. Das größte Potenzial besitzt ein Kollisionsvermeidungssystem, gefolgt von einer Kreuzungsassistenz und einer situationsangemessenen Geschwindigkeitsregulation. Kann das Kollisionsvermeidungssystem auch in anderen Situationen wie beim Parken und Wenden potenzielle Konfliktobjekte erkennen, so erhöht sich dieses Potenzial noch einmal. Mit weitem Abstand ergibt sich eine Notwendigkeit für eine Spurwechselassistenz.

Diese Ergebnisse decken sich recht gut mit den in Kapitel 1.6 dargestellten Studien, die den möglichen Nutzen von Assistenzsystemen untersuchen (GWEHENBERGER & KIEBACH, 2004; für einen Überblick, s. KOCHERSCHEIDT, 2004; WILTSCHKO, 2003). Bereits im Rahmen von PROMETHEUS war ein hohes Potenzial für einen Kreuzungsassistenten vermutet worden. Die Analysen für Lkw und Pkw aufgrund von Unfallanalysen (GWEHENBERGER & KIEBACH, 2004; WILTSCHKO, 2003) schätzen dies ebenfalls relativ hoch ein. Auch in diesen Studien wird außerdem ein hohes Potenzial für ein Abstandswarnsystem sowohl bei Pkw als auch bei Lkw gesehen. Gerade bei Lkw kommt auch die Studie von GWEHENBERGER und KIEBACH zu dem Schluss, dass ein ISA je nach Auslegung ein sehr großes unfallvermeidendes Potenzial haben könnte. Insgesamt liegen die Schätzungen der unfallvermeidenden Wirkung geringer als in der vorliegenden Studie. Dies erklärt sich dadurch, dass hier das maximale Potenzial angegeben ist, also eine Wirkung bei allen untersuchten Unfällen.

Anzumerken ist auch, dass nicht alle Feintypen in diese Abschätzung einbezogen wurden. Mit einiger Wahrscheinlichkeit sind diese Assistenzsysteme auch bei weiteren Feintypen wirksam, sodass ein größeres Potenzial anzunehmen ist, das allerdings im Rahmen dieser Studie nicht genauer anzugeben ist.

Allerdings sind die Anforderungen an diese verschiedenen Assistenzsysteme sehr hoch. Bei dem Kollisionsvermeidungssystem und der Geschwindigkeitsregelung müssen Straßenzustand und ein eingeschränkter Fahrerzustand ebenso berücksichtigt werden wie ein plötzliches Anhalten oder unerwartete Hindernisse auf der Fahrbahn. Um die Unfälle zu verhindern, muss das System mit Sicherheit dafür sorgen, dass die entsprechenden Abstände und Geschwindigkeiten tatsächlich eingehalten werden. Hier wird der zweite Aspekt der Analysen wesentlich, die Frage der Eingriffsstrategie.

Um diese zu beschreiben, sind in Tabelle 81 die verschiedenen Ursachen der Fehlhandlungen dargestellt. Die Fehlhandlungen sind nach den Handlungsfehlern wie in Tabelle 80 geordnet. Auffällig ist, dass Informationsmangel bei den hier ausgewählten schweren Unfällen keine Rolle spielt. Nach den Protokollen ist davon auszugehen, dass die relevanten Informationen bei diesen Unfällen prinzipiell vorhanden sind, aber von den Fahrern entweder nicht wahrgenommen oder bei der Entscheidung nicht adäquat berücksichtigt werden. Auch Fehlinterpretationen spielen bei den schweren Unfällen keine Rolle. Damit könnten bereits informierende Systeme recht wirkungsvoll sein, wenn der Fahrer diese zusätzlichen Informationen durch die Systeme berücksichtigt. Um dies sicherzustellen, ist es wahrscheinlich notwendig, diese Informationen im Sinne einer Warnung zu vermitteln, um die Aufmerksamkeit des Fahrers auf diese Weise aktiv auf die Information zu richten, Hinweise zu geben, dass dies in die Handlungsplanung einbezogen werden sollte, und damit die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass diese auch berücksichtigt wird. Bei Fehlentscheidungen ist eine aktive Unterstützung notwendig, um diese zu korrigieren. Allerdings gehen hier Fahrer häufig mehr oder weniger bewusst Risiken ein, sodass ein übersteuerbarer Eingriff, bei dem das Fahrzeug prinzipiell selbstständig die Korrektur übernimmt, besser dazu beitragen könnte, dass dies gelingt.

Bei der Kreuzungsassistenz (Einbiegen/Kreuzen-Unfälle und Abbiegeunfälle mit Entgegenkommenden) ist die relevante Information über die vorfahrtsberechtigten Fahrzeuge prinzipiell vorhanden, wird aber von den Fahrern nicht wahrgenommen, wobei Unaufmerksamkeit, Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf andere Aspekte der Fahrsituation und der Fahrerzustand dazu beitragen können. Auch hier könnte bereits eine Information durch ein Assistenzsystem ausreichen. Um sicherzustellen, dass diese auch berücksichtigt wird, erscheint allerdings eine gezielte Warnung vor anderen Verkehrsteilnehmern vor allem bei Unaufmerksamkeit sinnvoller. Bei einem eingeschränkten Fahrerzustand wäre es am besten, die Fahrt zu verhindern. Eine Fehlentscheidung des Fahrers liegt in 2,0 % der Unfälle vor. Da die Informationen prinzipiell

	% Unfälle		Ursache				
	Gesamt	Schwer	Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Ausparken
Einbiegen/Kreuzen-Unfälle	16.3	21.2					
Vernachläss. anderer	14.3	19.2		■			
Fehlanpassung An- und Weiterfahren	0.8	0.8				■	
Bewusst riskante Planung	0.4	0.7				■	
Fehlanpassung Querführung, Straße und andere	0.8	0.5				■	
Abbiegeunfälle Entgegenkommender							
Vernachlässigung anderer	2.2	4.1		■			
Abbiegeunfälle rechts Radfahrer							
Vernachlässigung anderer	0.4	1.3		■			
Abbiegeunfälle Auffahren							
Vernachlässigung Abstandshaltung	3.8	2.4		■			
Unfälle im Längsverkehr Auffahren	21.9	15.1					
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit	18.3	12.3				■	
Vernachlässigung Abstandshaltung	1.8	2.3		■			
Vernachlässigung anderer	1.8	0.5		■			
Fahrunfälle	12.1	20.4					
Fehlanpassung Geschwindigkeit	10.6	18.3				■	
Vernachlässigung Querführung	1.5	2.2		■			
Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel							
Vernachlässigung Informationsaufnahme	6.1	3.1		■		■	
Sonstige Unfälle Wenden							
Vernachlässigung anderer	0.6	1.4		■			
Unfall beim Ausparken							
Vernachlässigung anderer	1.9	1.0		■			
Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz							
Vernachlässigung anderer	0.2	0.7		■			

Tab. 81: Übersicht über die Ursachen der Fehlhandlungen bei den häufigsten Handlungsfehlern. Die schwarzen Kästen zeigen die Ursache, die bei der jeweiligen Fehlhandlung verantwortlich ist

wahrgenommen, aber nicht beachtet werden, ist davon auszugehen, dass auch eine Warnung mit einiger Wahrscheinlichkeit ignoriert wird, sodass eine aktive Unterstützung des Systems notwendig ist.

Beim Auffahren im Längsverkehr und beim Abbiegen (Kollisionsvermeidungssystem) geht es sehr häufig um Fehlentscheidungen des Fahrers, die situative Rahmenbedingungen nicht in die Planung von Geschwindigkeit und Abstand mit einbeziehen. Wesentlich ist, dass ein Assistenzsystem dafür sorgt, dass der Straßenzustand, mögliche plötzliche Reaktionen voranfahrender Fahrzeuge und plötzlich auftauchende Hindernisse bei der Planung der Geschwindigkeit und des Abstands berücksichtigt werden. Da diese Informationen prinzipiell für den Fahrer verfügbar sind, aber missachtet werden, wird auch eine aktive Unterstützung der Einhaltung einer adäquaten Geschwindigkeit und eines ausreichenden Abstands nicht ausreichend sein. Hier könnte ein übersteuerbarer Eingriff bessere Ergebnisse liefern. Eine informierende oder warnende Assistenzfunktion, die bei der Vernachlässigung der Abstandshaltung positiv wirken könnte, betrifft nur 5,2 % von insgesamt 17,5 % aller schweren Unfälle.

Ähnliches gilt für die Fahrunfälle (situationsangepasste Geschwindigkeitsregelung), wo die Geschwindigkeit ebenfalls nicht an die situativen Rahmenbedingungen wie den Straßenzustand angepasst wird. Hinzu kommt, dass auch Fahrerzustand und Fahrerfähigkeit berücksichtigt werden müss-

ten. Entsprechend müsste auch hier ein Assistenzsystem mit einem übersteuerbaren Eingriff dafür sorgen, dass eine sichere Geschwindigkeit eingehalten wird, um die Unfälle zu vermeiden. Der Vernachlässigung der Querführung bei 2,2 % der schweren Unfälle könnte dagegen durch eine informierende oder warnende Assistenzfunktion entgegengewirkt werden.

Bei den restlichen Unfällen steht die fehlende Wahrnehmung im Vordergrund. Hier wäre eine Information oder Warnung vor anderen Verkehrsteilnehmern, die sich in der geplanten eigenen Fahrspur befinden, wahrscheinlich ausreichend, um diese insgesamt 3,1 % der schweren Unfälle zu verhindern.

Zusammenfassend zeigt sich in Bezug auf die Eingriffsstrategie von Assistenzsystemen Folgendes:

- Die Analysen weisen darauf ihn, dass etwa gleich hohe Anteile von informierenden bzw. warnenden (38,2 % der schweren Unfälle) und aktiv unterstützenden bzw. eingreifenden (32,5 % der schweren Unfälle) Assistenzsystemen notwendig sind, um Unfälle wirkungsvoll zu verhindern.
- Informierende bzw. warnende Assistenzsysteme erscheinen vor allem im Bereich der Kreuzungsassistenz sinnvoll und bei Assistenz, die Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern verhindert.
- Aktiv unterstützende und eingreifende Assistenzsysteme erscheinen für den Bereich der Kollisionsvermeidungssysteme und der situationsangemessenen Geschwindigkeitsregelungssysteme als notwendig, da die Fahrer die ihnen vorliegende Informationen bzw. Warnungen aus der Umwelt ignorieren.

4.2 Bewertung vorhandener Assistenzsysteme

Vor diesem Hintergrund können die in Kapitel 2.4 beschriebenen Assistenzsysteme hinsichtlich ihres Unfallvermeidungspotenzials bewertet werden. Einerseits geht es dabei darum, ob diese Assistenzsysteme eine Funktionalität aufweisen, die bestimmte Handlungsfehler verhindern könnte. Außerdem ist die Eingriffsstrategie wesentlich. Die Bewertung ist in Tabelle 82 dargestellt, wobei wiederum nur die Handlungsfehler und Fehlhandlungen berücksichtigt werden, die mit einer substanziellen Häufigkeit in der Analyse zu finden waren.

Bei einer Reihe von Systemen ergeben sich keine Eintragungen, d. h., hier sind keine Sicherheitspotenziale zu erwarten. Dies betrifft die Geschwindigkeitsregelanlage, die Automatische Notbremse, die Anti-Schlupf-Regelung, den Curve-Speed-Assistant und die Parkassistenz. Dabei erscheint der Curve-Speed-Assistant gerade für die Fahrunfälle zunächst interessant, da für den Kurvenbereich sichere Geschwindigkeiten vorgegeben werden. Die Analysen zeigen aber, dass nicht der Kurvenverlauf allein, sondern der Straßenzustand, der Fahrerzustand und die Leistungsfähigkeit des Fahrers eine wesentliche Rolle spielen. Solange dies nicht berücksichtigt wird, ist nicht von einer positiven Wirkung auszugehen.

Die Parkassistenz in der vorgestellten Form überwacht das Einparken in Längsrichtung. Die wesentliche Anforderung wäre, beim Ausparken oder Parkmanövern auf Parkplätzen vor anderen Fahrzeugen zu warnen. Deshalb ist auch vom Parkassistenten keine unfallverhindernde Wirkung zu erwarten.

Die Automatische Notbremse greift nur ein, wenn die Kollision nicht zu vermeiden ist und trägt dazu bei, die Unfallfolgen zu mindern, verhindert aber den Unfall nicht.

Bei einer Reihe von Systemen sind graue Eintragungen zu finden. Hier ist möglicherweise von Wirkungen auszugehen, die aber schwer zu quantifizieren sind. Bei den schwarzen Eintragungen ist eine Wirkung zu erwarten.

Das ACC-System kann bei Auffahrunfällen im Längsverkehr eine unfallvermeidende Wirkung haben, da von vornherein ein sicherer Abstand zum Vordermann gewählt wird und ein Eingriff sowohl in die Beschleunigung als auch in die Verzögerung möglich ist. Nicht wirksam ist das System bei einer Änderung des Straßenzustandes und bei der Vernachlässigung der Abstandshaltung aufgrund einer Fehleinschätzung der Situation. Außerdem ist dieses System nicht einsetzbar, wenn die voranfahrenden Fahrzeuge sehr langsam sind oder stehen. Dies wird erreicht bei der Erweiterung auf ACC Stop-and-Go. Allerdings sind auch bei diesem System Grenzen hinsichtlich der maximalen Verzögerung vorhanden, die momentan allerdings schwierig anzugeben sind, da sich dieses System noch in Entwicklung befindet. Deshalb sind auch

	% alle Unfälle																	
	Gesamt	Schwer	Geschwindigkeitsregelanlage	Abstandsregeltempomat (ACC)	ACC Stop-and-Go	Bremsassistenz (BAS)	Automatische Notbremse (ANB)	Anti-Blockiersystem (ABS)	Anti-Schlupf-Regelung (ASR)	Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	Collision Avoidance System (ACA)	Collision Warning System (CWS)	Curve Speed Assistant (CSA)	Parkassistenz	Spurhalteassistent (LDW)	Spurwechselassistent (LCA)	Intelligent Speed Adaption (ISA)	Kreuzungsassistenz
Einbiegen/Kreuzen Unfälle	**16.3**	**21.2**																
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	10.7	11.3																
Vernachlässig. anderer wg. falscher Aufmerkeitsausrichtung	2.1	4.4																
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung, Situation	1.4	3.0																
Fehlanpassung An-/Weiterfahren, Sichtbehinderung	0.8	0.8																
Bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	0.4	0.7																
Vernachlässigung anderer, Fahrerzustand	0.2	0.5																
Fehlanpassung Querführung an Straßenverlauf und andere	0.8	0.5																
Fahrunfälle	**12.1**	**20.4**																
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Straßenzustand	8.3	12.9																
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Fahrerzustand	1.6	4.5																
Vernachläss. Querführung o. bes. Grund, Unaufmerksamkeit	1.5	2.2																
Fehlanpassung Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit	0.7	1.0																
Unfälle im Längsverkehr Auffahren	**21.9**	**15.1**																
Fehlanpassung Abstand und Geschw. an andere	10.3	7.7									■							
Fehlanpassung Abstand und Geschwindigk., Straßenzustand	7.9	4.5									■							
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	1.3	1.6									■	■						
Vernachlässigung Abstandshaltung, Fahrerzustand	0.5	0.7									■							
Vernachlässigung anderer wg. Fehleinschätzung, Situation	1.8	0.5									■	■						
Abbiegeunfälle Entgegenkommender																		
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	2.2	4.1																
Unfälle im Längsverkehr Spurwechsel	6.1	3.1																
Vernachlässigung Info-Aufnahme o. bes. Grund	5.0	2.3													■	■		
Vernachlässigung Info.-Aufnahme weg. Überforderung	1.2	0.8																
Abbiegeunfälle Auffahren											■	■						
Vernachlässigung Abstandshaltung, Unaufmerksamkeit	3.8	2.4																
Sonstige Unfälle Wenden																		
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	0.6	1.4																
Abbiegeunfälle rechts Radfahrer																		
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	0.4	1.3																
Unfall beim Ausparken																		
Vernachlässigung anderer, Unaufmerksamkeit	1.9	1.0																
Sonstige Unfälle Rangieren Parkplatz																		
Vernachläss. anderer Fahrerzustand	0.2	0.7																

Tab. 82: Bewertung der Assistenzsysteme hinsichtlich ihres Unfallvermeidungspotenzials

hier die entsprechenden Zellen grau gekennzeichnet, da unklar bleibt, welchen Anteil der entsprechenden Situationen durch ein solches System bewältigt werden kann. Im Extremfall geht dieses System über in ein Collision-Avoidance-System, das diese Auffahrunfälle sicher verhindern könnte. Für ein solches System, das sichere Abstände einhält und bei plötzlichem Abbremsen oder Hinder-

nissen den Fahrer aktiv unterstützt, ergäbe sich nach den oben dargestellten Analysen ein sehr hohes Potenzial für eine Unfallvermeidung.

Der Bremsassistent unterstützt die Vollbremsung und kann dann positiv wirksam werden, wenn die Fahrer noch versuchen, die Kollision zu verhindern. Wie häufig dies der Fall ist, ist bei den vorliegenden Daten nicht zu entscheiden, sodass eine quantitative Abschätzung der Wirkung nicht möglich ist.

Das Antiblockiersystem (ABS) könnte bei einem drohenden Auffahrunfall auf nasser bzw. eisglatter Straße das Anhalten vor einem plötzlich bremsenden Fahrzeug oder ein Ausweichen unterstützen. Eine grundsätzlich unfallvermeidende Wirkung kann allerdings nicht angenommen werden. In Unfallstudien, in denen Fahrzeuge mit und ohne ABS verglichen werden, zeigen sich kleine positive Effekte von ABS vor allem bei Eis und Schnee (ASCHENBRENNER, BIEHL & WURM, 1992; im Überblick s. KOCHERSCHEIDT, 2004; KULLGREN, LIE & TINGVALL, 1994), wobei diese Effekte unter 10 % liegen. Eine Zuordnung zu einzelnen Fehlhandlungen erscheint für dieses System allerdings sehr schwierig. Entsprechend wurde nur bei Auffahrunfällen bedingt durch eine Fehlanpassung von Abstand und Geschwindigkeit eine mögliche positive Wirkung durch ein graues Kästchen signalisiert.

ESP kann gerade bei Fahrunfällen den Fahrer darin unterstützen, auch im Grenzbereich die Kontrolle zu behalten. Dafür sprechen verschiedene Unfallstudien, die bei Vergleichen von Unfällen mit und ohne ESP einen deutlichen positiven Effekt von ESP nachweisen (für Amerika s. FARMER, 2004; für einen Überblick s. LANGWIEDER, 2004). Eine genaue Zuordnung zu einzelnen Fehlhandlungen erscheint allerdings nicht möglich, sodass dies grau dargestellt wurde.

Das Collision-Avoidance-System sollte Auffahrunfälle im Längsverkehr und bei Abbiegeunfällen vermeiden, da es sowohl in die Spurhaltung als auch in die Abstands- und Geschwindigkeitsregulation eingreifen und das Fahrzeug sicher zum Stehen bringen kann. Gelingt dies vollständig, so sind damit mindestens 25,7 % aller Unfälle und 17,5 % der schweren Unfälle zu vermeiden. Dieser Prozentsatz kann konkret noch höher liegen, da auch bei anderen Unfällen Kollisionen eine wesentliche Rolle spielen, die dieses System vermeiden könnte.

Das Collision-Warning-System könnte zumindest bei den Unfällen, die aufgrund der fehlenden Informationswahrnehmung auftreten, wirksam sein. Dies betrifft 6,9 % aller Unfälle und 4,6 % der schweren Unfälle.

Der Spurhalteassistent (LDW) könnte bei Fahrunfällen, bei denen die Querführung durch Unaufmerksamkeit vernachlässigt wird, eine unterstützende Wirkung haben. Allerdings ist bei der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit für eine Reaktion des Fahrers schwer abzuschätzen, inwieweit eine Warnung allein ohne aktive Unterstützung genügt. Wäre das der Fall, könnten damit 1,5 % aller bzw. 2,2 % der schweren Unfälle verhindert werden.

Die Unfälle im Längsverkehr, die durch einen ungesicherten Spurwechsel erfolgen, ließen sich mit dem Spurwechselassistenten verhindern, da der Fahrer die relevante Information, nämlich dass der Spurwechsel wegen eines anderen Fahrzeugs nicht möglich ist, nicht wahrnimmt. Eine Warnung des Systems sollte also dazu führen, dass der Spurwechsel erst dann vorgenommen wird, wenn kein Fahrzeug auf der anderen Fahrspur fährt. Damit könnten 6,2 % aller und 3,1 % der schweren Unfälle verhindert werden.

Für die Intelligent Speed Adaptation (ISA) hängt die Wirkung einerseits von der Auslegung, andererseits von der Funktionalität ab, d. h., welche Informationen aus der Umwelt in die Vorgabe der Geschwindigkeit einbezogen werden. Wenn nur die Richtgeschwindigkeit als Information angezeigt wird, ist die Wirkung nur dann zu erwarten, wenn entsprechende Informationen nicht wahrgenommen wurden. Dies war nach den vorliegenden Protokollen selten der Fall. Außerdem müsste die Geschwindigkeit vor allem an zusätzliche situative Rahmenbedingungen angepasst werden. Gelingt es, diese zusätzlich bei der Geschwindigkeitsvorgabe von ISA zu berücksichtigen und den Fahrer bei der Geschwindigkeitswahl aktiv zu unterstützen, könnte eine höhere Wirkung erreicht werden, die nach den Analysen über 18 % der schweren Unfälle betrifft. Dieser Anteil könnte noch größer werden, wenn nicht nur die Unfälle im Längsverkehr, sondern auch weitere Unfälle verhindert werden könnten, bei denen eine zu hohe Geschwindigkeit eine Rolle spielt.

Noch schwieriger ist die Bewertung der Kreuzungsassistenz, da die Beschreibung der Funktionalität bislang sehr allgemein oder sehr unterschiedlich ist und über die Eingriffsstrategie keine

Aussagen möglich sind. Entsprechend sind die möglicherweise damit zu verhindernden Unfälle in grau dargestellt. Wie schon bei der Beschreibung der Anforderungen an Assistenzsysteme in Kapitel 4.1 deutlich wird, ergibt sich für diese Art von System insgesamt ein sehr hohes unfallvermeidendes Potenzial.

4.3 Bewertung der Studie

Bei der vorliegenden Studie wurde versucht, In-Depth-Analysen von Unfällen mit deutlich reduziertem Aufwand gegenüber herkömmlichen Studien (s. Kapitel 1.5) durchzuführen, indem vorliegende Unfallprotokolle von geschulten Experten im Hinblick auf die vorliegenden Fehlhandlungen und ihre Ursachen analysiert wurden. Damit ergibt sich die Möglichkeit, ohne eigene Datenerhebungen und durch Lesen von pro Unfall maximal einer Seite Unfallbeschreibung wertvolle zusätzliche Informationen über den Unfallhergang zu gewinnen, die in der amtlichen Unfallstatistik nicht enthalten sind.

Problematisch bei dieser Analyse ist, dass die Beschreibung des Unfallhergangs aufgrund von Aussagen der Unfallbeteiligten und den Beobachtungen durch Polizeibeamte geschieht, wobei einerseits die Vollständigkeit und der Wahrheitsgehalt der Aussagen, andererseits Beobachtungsfehler und Annahmen der Beamten die Gültigkeit dieser Berichte einschränken. Diese Problematik gilt aber prinzipiell auch für In-Depth-Analysen mit höherem Aufwand, wobei über ausführliche Interviews von Beteiligten und Zeugen und detaillierte Unfallrekonstruktionen die Fehler zu verringern sind, allerdings mit deutlich höherem Aufwand.

Die Analyse wurde theoriegeleitet in Anlehnung an Modelle menschlichen Fehlverhaltens durchgeführt. Dabei sind zwei Stufen zu unterscheiden: (1) Aus der Analyse der Fehlhandlungen lassen sich Anforderungen an die Funktionalität der Assistenz ableiten. (2) Die Analyse der Ursachen der Fehlhandlungen ermöglicht Aussagen über die notwendige Eingriffsstrategie.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere der erste Aspekt mit Hilfe der hier vorgestellten Unterscheidung verschiedener Typen des Fahrunfalls und dabei auftretender Fehlhandlungen sehr gut möglich ist. Diese lassen sich aus den Protokollen sehr gut ableiten, sodass die notwendige Funktionalität von Assistenzfunktionen, mit denen sich gerade schwere Unfälle vermeiden lassen, gut beschreiben lässt. Eine entsprechende Zusammenfassung gibt Kapitel 4.1.

Die Analyse der Ursachen der Fehlhandlungen ist problematischer, da in diesem Fall die Aussagen der Fahrer entscheidend dafür sind, welche Ursachen angenommen werden. Außerdem wurde diese Zuordnung über Expertenurteile vorgenommen, die zwar sehr gut, aber nicht perfekt übereinstimmten. Deshalb ist einerseits mit einer großen Ungenauigkeit zu rechnen. Andererseits ermöglicht die Analyse zumindest eine grobe Abschätzung der Häufigkeit unterschiedlicher Arten von Ursachen. Im Wesentlichen lassen sich diese auf zwei große Gruppen reduzieren: Einerseits geht es um die fehlende Wahrnehmung vorhandener Informationen, bei denen die Vermittlung dieser Informationen über Warnungen bereits die Unfälle verhindern könnte. Andererseits liegen Fehlentscheidungen vor, bei denen eine aktive Unterstützung bzw. ein übersteuerbarer Eingriff durch ein Assistenzsystem notwendig ist. Fehlende Informationen tauchen kaum als Ursache auf. Fehlinterpretationen betreffen vor allem die Vorhersage des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, treten selten auf und sind durch eine aktive Unterstützung zu verhindern. Ausführungsfehler sind ebenfalls selten und erfordern einen Eingriff durch ein Assistenzsystem.

Bei dem Versuch, diesen Ursachen Eingriffsstrategien für Assistenzsysteme zuzuordnen, zeigte sich, dass zusätzliche Aspekte wichtig sind. Bei fehlender Wahrnehmung von Informationen ist der Fahrer häufig überfordert oder richtet seine Aufmerksamkeit falsch aus, sodass nur eine Warnung, die ihn darauf hinweist, die Fehlhandlung zu vermeiden, Erfolg versprechend erscheint. Hier muss also zusätzlich berücksichtigt werden, warum die Informationen nicht wahrgenommen werden. Bei Fehlinterpretationen vorhandener Informationen kommt häufig hinzu, dass nur wenig Zeit für eine Korrektur der Fehlhandlung zur Verfügung steht, sodass eine Warnung nicht ausreichen wird, sondern eine aktive Unterstützung durch ein Assistenzsystem die Korrektur einleiten sollte. Schließlich zeigt sich bei Fehlhandlungen, dass Fahrer in bestimmten Fällen bewusst Risiken eingehen, bei denen auch eine aktive Unterstützung mit einiger Wahrscheinlichkeit übersteuert werden wird. Ein übersteuerbarer Eingriff erscheint in diesen Fällen wirkungsvoller. Insgesamt sind damit teilweise noch zusätzliche Informationen über die „Ursachen der Ursachen“ der Fehlhandlung zu berücksichtigen, um eine wirkungsvolle Eingriffsstrategie anzugeben.

Diese Unterscheidung der verschiedenen Ursachen macht deutlich, dass die Frage nach der Eingriffsstrategie ganz wesentlich dafür ist, ob ein bestimmtes Assistenzsystem Unfälle verhindern kann oder nicht. Warnende Systeme sind nur dann wirkungsvoll, wenn fehlende Wahrnehmungen die Ursache der Fehlhandlung sind. Ein wesentlicher Einfluss ist nicht zu erwarten, wenn Fehlentscheidungen für die Fehlhandlung verantwortlich sind. Entsprechend gibt es eine Reihe von Funktionalitäten, für die eine aktive Unterstützung durch das System notwendig ist, wenn eine sicherheitserhöhende Wirkung erreicht werden soll (s. Kapitel 4.1).

Insgesamt ermöglicht diese Analyse damit recht genaue Beschreibungen von Funktionalität und Eingriffsstrategie für drei wesentliche Assistenzsysteme, die substanziell dazu beitragen können, vor allem die schweren Unfälle zu verhindern. Die quantitativen Aussagen darüber, welcher Prozentsatz der Unfälle damit verhindert werden könnte, ist allerdings mit Vorsicht zu betrachten und im Sinne einer Gewichtung des relativen Einflusses dieser verschiedenen Assistenzfunktionen. Die Schätzung des Sicherheitspotenzials ist durch mehrere Punkte eingeschränkt:

- Die Unfälle aus Braunschweig sind nur begrenzt repräsentativ für Deutschland. Insbesondere sind mehr Unfälle aus dem städtischen Bereich enthalten, als es insgesamt typisch ist. Durch eine Gewichtung hinsichtlich zentraler Merkmale wurde die Übereinstimmung verbessert, aber die Unterschiede nicht vollständig ausgeglichen. Insbesondere die Definition „schwerer Unfälle“ ist nicht vollständig vergleichbar.
- Es wurden nicht alle Unfälle und alle Unfalltypen analysiert. Die Analysen beschränken sich auf Unfälle, bei denen der Verursacher ein Pkw war und der Fahrer mindestens 18 Jahre alt (sofern diese Information verfügbar war). Möglicherweise können auch Assistenzsysteme bei den unschuldig beteiligten Pkw zur Unfallvermeidung beitragen. Außerdem ist die Definition der Unfallverursachung durch die Polizeibeamten nicht unproblematisch (z. B. wegen Teilschuld usw.).
- Überschreiten-Unfälle und -Feintypen, die sehr selten vorkamen, wurden wegen der geringen Häufigkeit nicht analysiert. Assistenzsysteme könnten einen Teil dieser Unfälle vermeiden, wobei nicht anzugeben ist, wie groß dieser Anteil ist. Da insgesamt 12,8 % aller Unfälle und 15,3 % der schweren Unfälle nicht analysiert wurden, könnte sich die positive Wirkung maximal um diesen Prozentsatz erhöhen. Möglicherweise sind aber für diese Unfälle auch spezielle andere Assistenzfunktionen notwendig.

Unter diesem Vorbehalt sind die angegebenen Prozentsätze als Gewichtung zu verstehen, welche Assistenzfunktionen mit welcher Eingriffsstrategie zu entwickeln sind, wenn damit substanzielle Verbesserungen der Sicherheit im Verkehr erreicht werden können. Deutlich wird, dass sowohl Warnungen als auch eine aktive Unterstützung durch Systeme notwendig sind. Im Folgenden wird dies unter rechtlichen Aspekten kurz diskutiert.

4.4 Rechtliche Aspekte

Beim Einsatz von Fahrerassistenzsystemen in Fahrzeugen, die am Verkehr teilnehmen, stellt sich bei einem Unfall auf Grund eines fehlerhaften Fahrerassistenzsystems die Frage der Haftung. Doch bevor es überhaupt zum Einsatz solcher Systeme kommen kann, muss die Zulässigkeit bzw. der erlaubte Grad der Assistenz untersucht werden.

Die Wiener Konvention über den Straßenverkehr stellt die Rahmenbedingungen für die deutschen straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften und muss somit eingehalten werden (s. z. B. ALBRECHT, 2005; RESPONSE2, 2004). Artikel 8 Abs. 1 und 5 sind für die Art der Unterstützung durch Fahrerassistenz zu beachten. Sie besagen, dass jedes Fahrzeug einen Führer haben muss, der es dauernd beherrscht. Artikel 13 Abs. 1 unterstreicht diese Forderung: „Jeder Fahrzeugführer muss unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen, um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen.“ Daraus ergibt sich die Grundbedingung, dass der Fahrer sein Fahrzeug beherrschen können muss und die Fahrerassistenzsysteme überstimmbar sein müssen. Der Einsatz von nicht überstimmbaren Systemen ist nur dann zulässig, wenn der Fahrer die Verkehrssituationen objektiv nicht bewältigen kann und der Eingriff selbst dem Willen des Fahrers entspricht.

Vor diesem Hintergrund stellen sich die nationalen rechtlichen Rahmenbedingungen für die Haftung folgendermaßen dar (die Darstellung orientiert sich im Wesentlichen an ALBRECHT, 2005; RESPONSE2, 2004):

Nach § 7 StVG ist der Halter eines Kraftfahrzeuges im Falle eines Unfalls verpflichtet, dem Geschädigten den entstandenen Schaden zu ersetzen. Er ist nur dann von der Ersatzpflicht ausgeschlossen, wenn der Unfall durch höhere Gewalt verursacht wird. Der Halter haftet somit auch für Schäden, die durch Fehler der Beschaffenheit des Fahrzeugs entstehen. Da auch die Fahrerassistenzsysteme die Beschaffenheit eines Fahrzeuges kennzeichnen, ist der Halter dazu verpflichtet, Schadensersatz zu leisten, wenn der entstehende Schaden auf ein fehlerhaft arbeitendes Fahrerassistenzsystem oder auf fehlerhaften Umgang mit einem ordnungsgemäß arbeitenden Fahrerassistenzsystem zurückzuführen ist.

Der Fahrzeugführer haftet nach § 18 StVG jedoch nur im Falle des (zunächst vermuteten) Verschuldens, wenn fahrlässiges oder vorsätzliches Handeln tatsächlich vorliegt. Laut § 276 Abs. 2 BGB wird die Fahrlässigkeit durch Außeracht-Lassen „der im Verkehr erforderlichen Sorgfalt“ gekennzeichnet. Dabei grenzt sich die Fahrlässigkeit vom Vorsatz insoweit ab, als dass der Handelnde den Ausgang der Situation nicht wollte. Damit Fahrlässigkeit überhaupt vorliegen kann, bedarf es demnach der Vermeidbarkeit und der Voraussehbarkeit des rechts- beziehungsweise pflichtwidrigen Erfolgs. Nach § 18 StVG trägt der Fahrzeugführer demnach keinerlei Verantwortung für einen Schaden, welcher durch Fehler eines Fahrerassistenzsystems verursacht wird, es sei denn, der Führer ist für den Fehler verantwortlich (bspw. aufgrund einer verschuldeten Fehlbedienung) oder er hätte es auf Grund äußerer Warnungen vorhersehen können. Die Beweislast, sich vom vermuteten Schuldvorwurf zu befreien, liegt beim Fahrzeugführer.

Aus § 823 Abs. 1 BGB lassen sich ebenfalls Schadensersatzpflichten für den Fahrer und den Halter ableiten. Es wird darin im Gegensatz zu den §§ 7 und 18 StVG geregelt, dass Fahrer und Halter lediglich bei rechtswidrigem und schuldhaftem Handeln haften. Die Beweislast liegt auf der Seite des Geschädigten.

Nach § 1 ProdHaftG ist der Hersteller verpflichtet, Schadensersatz zu leisten, wenn ein Schaden durch ein fehlerhaftes Produkt oder Teilprodukt entsteht. Ein Verschulden des Herstellers ist dabei nicht notwendig (verschuldungsunabhängige Produkthaftung). Das Gesetz greift – im Falle eines Sachschadens, sonst ohne diese Beschränkung – allerdings nur bei Produkten, die für den privaten Gebrauch bestimmt sind und eine andere Sache als sich selbst beschädigen. Es sind somit Schäden an einem Fahrzeug selbst, die auf ein fehlerhaftes Fahrerassistenzsystem zurückzuführen sind, aus der Ersatzpflicht ausgenommen, es sei denn, das Fahrerassistenzsystem wurde nachträglich eingebaut. (Denkbar ist der Ersatz des Schadens am Fahrzeug aber noch nach den Grundsätzen der Produzentenhaftung, § 823 Abs. 1 BGB, sowie aufgrund von Gewährleistung). Im Fall des Produkthaftungsgesetzes muss der Geschädigte lediglich die Fehlerhaftigkeit des Produktes und die Ursächlichkeit des Fehlers für den Schaden nachweisen, auf Verschulden des Herstellers kommt es nicht an, da der Hersteller für das In-Verkehr-Bringen verschuldensunabhängig haftet (sog. Gefährdungshaftung). Der Nachweis eines Fehlers des Fahrerassistenzsystems dürfte sich aber vor allem bei elektronischen Bauteilen nur schwer realisieren lassen.

Fahrerassistenzsysteme, wie z. B. das ABS, die lediglich zur Funktionsoptimierung eines vom Fahrzeugführer ausgelösten Steuerungsbefehls dienen, sind nicht besonders hervorzuheben. Es wird lediglich der Wille des Fahrers möglichst effektiv umgesetzt, ohne in die Fahrt direkt einzugreifen. Die Sachherrschaft liegt bei dieser Art von Assistenzsystemen uneingeschränkt beim Fahrzeugführer. Im Vergleich zu anderen Bauteilen am Kraftfahrzeug entstehen keine Besonderheiten, die eine gesonderte Untersuchung der Rechtsfolgen ihres Einsatzes rechtfertigen.

Die erweiterten Assistenzsysteme lassen sich analog Kapitel 1.3 in fünf Klassen unterteilen. (1) Informationssysteme liefern dem Fahrer zusätzliche Informationen, die ihn darin unterstützen, die Situation richtig einzuschätzen und damit die Handlungen adäquat planen zu können. (2) Warnsysteme bewerten diese Informationen zusätzlich und machen dem Fahrer deutlich, dass bestimmte Aktionen notwendig sind, überlassen ihm aber die Entscheidung, wie er in dieser Situation adäquat reagiert. (3) Aktiv unterstützende Systeme assistieren den Fahrer dabei, die richtige Handlung einzuleiten, ohne diese aber vollständig zu übernehmen. (4) Eingreifende Systeme führen selbstständig bestimmte Aktionen aus, wobei der Fahrer jederzeit eingreifen und dies übersteuern kann. (5) Der fünften Gruppe der Assistenzsysteme gehören Systeme an, die nicht durch den Fahrer überstimmbar sind und somit die Kontrolle des Fahrzeugs übernehmen.

Die informierenden und warnenden Assistenzsysteme belassen stets die volle Kontrolle über das Fahrzeug bei dem Fahrzeugführer. Die Systeme stellen unter Einbeziehung sämtlicher umgebender Umstände (z. B. Wetterzustand etc.) Informationen zur Verfügung, die mittels eines bspw. visuellen, akustischen oder haptischen Hinweises den Fahrer in seiner Entscheidung über eine angemessene Reaktion unterstützen. Eine Beeinflussung des Fahrzeugführers ist die Folge. Die aktiv unterstützenden Assistenzsysteme leiten diese angemessene Reaktion auch ein bzw. unterstützen den Fahrer bei der Ausführung. Dabei hat der Fahrer die volle Kontrolle über das Fahrzeug, weil er das System jederzeit überstimmen kann und somit die ihm vorgeschlagene Reaktion nicht ausführen muss. Die Fahrentscheidungen des Fahrzeugführers werden allerdings vom Fahrerassistenzsystem stark beeinflusst. Die gleichen rechtlichen Konsequenzen wie für die warnenden und aktiv unterstützenden Assistenzsysteme gelten auch für Systeme, die für den Fahrer Situationen bewältigen, in denen er nicht rechtzeitig reagieren kann, aber stets übersteuern könnte und demnach zu der vierten Gruppe (überstimmbarer Eingriff) zu zählen sind.

Aus haftungsrechtlicher Sicht ergeben sich bei einem Schaden aufgrund einer Fehlfunktion des Fahrerassistenzsystems stets Ersatzpflichten für den Halter nach § 7 StVG und für den Fahrzeughersteller im Fall eines Produktfehlers auf Grund von § 1 ProdHaftG. Eine Haftung des Halters auch aufgrund der weiteren denkbaren Anspruchsgrundlage des § 823 Abs. 1 BGB ist nur im Fall von Verschulden denkbar, genauso die Haftung des Herstellers, wobei hier im Rahmen der Produzentenhaftung Beweiserleichterungen für den Geschädigten zum Tragen kommen. Der Fahrer hat keinerlei rechtliche Konsequenzen zu befürchten, da er Fehlfunktionen des Fahrerassistenzsystems in der Regel nicht verschuldet haben wird. § 18 StVG und § 823 Abs. 1 BGB greifen somit nur im Fall schuldhaften Handelns. Es bestehen zwar, wie eben erwähnt, Ersatzansprüche durch die Produkthaftungspflicht gegen den Fahrzeughersteller, diese sind aber auf Grund der schwierigen Beweislage in der Realität möglicherweise nur eingeschränkt.

Eine Sonderrolle nehmen Fahrerassistenzsysteme ein, die auf Telematik basieren, da es sich hierbei um eine Kooperation fahrzeugexterner und fahrzeuginterner Komponenten handelt. So würde am Beispiel einer intelligenten Geschwindigkeitsadaption (ISA – Intelligent Speed Adaptation) der Halter weiterhin nach § 7 StVG und der Hersteller nach § 1 ProdHaftG für das fehlerhafte System zur Rechenschaft gezogen werden.

Bei einem durch falschen Umgang mit den Fahrerassistenzsystemen auftretenden Unfall haftet der Halter nach § 7 StVG. Nach der alternativ anwendbaren Anspruchsgrundlage, § 823 Abs. 1 BGB, allerdings nur dann, wenn eine ungeeignete Person sein Fahrzeug führt, deren Auswahl er zu vertreten hat. Ungeeignet bedeutet in diesem Fall bspw., dass der Fahrzeugführer nicht mit dem Assistenzsystem vertraut ist. Der Fahrer haftet nach § 18 StVG und § 823 Abs. 1 BGB, weil der falsche Umgang ein schuldhaftes Handeln darstellt, zumindest dann, wenn er sich durch Lesen der Bedienungsanleitung oder Einweisung hätte Klarheit über die Funktion verschaffen können. Für den Fahrzeughersteller ergeben sich Ersatzpflichten, wenn der Instruktionspflicht nicht ausreichend nachgekommen wird.

Aus Sicht der Wiener Konvention über den Straßenverkehr (der Fahrer muss jederzeit die volle Sachherrschaft haben) ergeben sich bei den warnenden, aktiv unterstützenden und überstimmbar eingreifenden Assistenzsystemen keinerlei Probleme, sofern der Fahrzeugführer stets in der Lage ist, die Assistenz zu überstimmen bzw. abzuschalten.

Die Gruppe der Fahrerassistenzsysteme, die Handlungen ohne eine mögliche Überstimmbarkeit durch den Fahrzeugführer selbstständig ausführen, obwohl der Fahrer noch rechtzeitig reagieren könnte, wirft schwerwiegende Rechtsprobleme auf, da ein teilautonomes oder telematikbasiertes Fahren im nationalen und internationalen Straßenverkehrsrecht noch nicht berücksichtigt wird und somit unangemessene Rechtsfolgen nicht bedacht werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei Vertragsschluss ein teilautonomes oder telematikbasiertes Fahren fern aller Vorstellungen war. Eine Änderung der vertraglichen Grundlagen wäre hier ggf. erforderlich.

Nach Artikel 8 Abs. 1 und 5 sowie Artikel 13 Abs. 1 der Wiener Konventionen ist ein Fahrerassistenzsystem, welches die vollkommene Sachherrschaft dem Fahrer entzieht, nicht zulassungsfähig. Gegebenenfalls wäre der Begriff des Fahrzeugführers völlig neu zu definieren.

Aus der aktuellen haftungsrechtlichen Sicht würde der Fahrzeughalter nach § 7 StVG im Rahmen seiner Gefährdungshaftung wiederum für alle auf

Fehlfunktionen der auf Fahrerassistenzsysteme zurückzuführenden Schäden haften. Im Gegensatz dazu würde der Fahrzeugführer von jeglichen Schadensersatzpflichten nach § 18 StVG und § 823 Abs. 1 BGB befreit werden, da ein schuldhaftes Handeln durch die nicht übersteuerbaren Systeme nicht mehr möglich wäre. Bei dem Fahrzeughersteller würde die verschuldensunabhängige Produkthaftung zum Tragen kommen. Die Ersatzpflicht nach ProdHaftG ist allerdings bereits durch tatbestandliche Anforderungen beschränkt.

Sofern bei Fahrerassistenzsystemen die Datengrundlage von staatlicher Seite erfasst wird, käme ebenfalls noch die Staatshaftung nach § 839 BGB in Verbindung mit Artikel 34 GG in Betracht, da Fehler der Amtswalter bei Zusammenstellung der Daten Ersatzpflichten auslösen könnten.

Insgesamt würde ein hohes Maß an Verantwortlichkeit vor allem beim Halter, aber auch bei dem Hersteller liegen. Es wäre dabei zu klären, wie sich diese Verantwortlichkeit auf die Haftpflichtversicherung im Zuge des erweiterten Rahmens der Gefährdungshaftung auswirkt. Risikobezogene Umstufungen bei den Versicherungsprämien infolge erweiterter Assistenzsysteme wären hier denkbar.

Die heutigen rechtlichen Rahmenbedingungen sind für informierende, warnende, aktiv unterstützende und überstimmbar eingreifende Fahrerassistenzsysteme durchaus akzeptabel und angemessen. Gleiches gilt auch für eingreifende Systeme, die zwar nicht überstimmbar sind, aber nur in Situationen eingreifen, in denen der Fahrer keine Möglichkeit hat, rechtzeitig oder überhaupt zu reagieren und diese dem fahrerischen Willen entsprechen. Fahrerassistenzsysteme, die in Fahrsituationen eingreifen, in denen es dem Fahrer noch möglich ist, rechtzeitig und angemessen zu reagieren, und den Fahrer überstimmen, sind nach der aktuellen Rechtslage allerdings unzulässig. Bei diesen Assistenzsystemen wäre auch nur noch eine Haftung der Hersteller und Halter denkbar.

Möglichkeiten der Absicherung auf Seiten der Hersteller für informierende, warnende und aktiv unterstützende Assistenzsysteme mit der Möglichkeit der Überstimmung ergeben sich aus zweierlei Sicht. Während das Trainieren der Fahrer zur korrekten Nutzung der eingreifenden Assistenzsysteme die Vertrautheit mit den Systemgrenzen bestärkt und somit die Möglichkeit der Überstimmung des Systems durch den Fahrer im Gefahrenfall schult, sichern Warnungen und Anleitungen den Hersteller auf rechtlicher Basis ab, sofern dort die Systemgrenzen eindeutig beschrieben sind. Unsachgemäßer Umgang mit den Systemen, auch aufgrund von Unwissenheit, der einen Schaden zur Folge hat, wird regelmäßig zu einer Haftung des Fahrers führen. Zugleich ergibt sich daraus die Kritik an der Komplexität des Funktionsumfangs von erweiterten Assistenzsystemen und der daraus resultierenden Notwendigkeit für die Hersteller, den Funktionsumfang fahrertauglich zu begrenzen und intuitiv zu gestalten.

Die Fragen der Haftung im Fall der Übertragung von Fahreraufgaben an ein Assistenzsystem können im Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig und schon gar nicht für den Einzelfall geklärt werden. Dies liegt darin begründet, dass für die Frage der Haftung letztlich gerade die tatsächlich gewählte technische Ausgestaltung sowie die konkrete Schadensentstehung entscheidend sind. Produkthaftungsrechtliche Fragen hindern die Implementierung jedoch am ehesten. Ausgehend von automatisierten Assistenz-(Sicherheits-)Systemen in anderen Verkehrsbereichen (z. B. Luftfahrt, Schienenverkehr) wird deutlich, dass Ausfälle nicht vollständig zu vermeiden sind und eine 100%ige Zuverlässigkeit – wenn überhaupt – allenfalls theoretisch denkbar ist. Ein Hersteller muss aber nur für Produktfehler haften, wenn diese nach dem Stand von Wissenschaft und Technik von ihm hätten erkannt werden können. Dieses Maximum an Sicherheit lässt sich mittels durchgängiger Nachweisführung über den gesamten Entwicklungsprozess sowie gewissenhafter Risikoanalyse erreichen, sodass die Haftungsrisiken bei Einführung von Fahrerassistenzsystemen vertretbar erscheinen. Eine absolute Sicherheit gibt es für Hersteller ohnehin nicht, da mit dem In-Verkehr-Bringen von Produkten notwendig ein juristisches Haftungsrisiko verbunden ist.

5 Danksagung

Die Studie wurde zusätzlich gefördert vom Land Niedersachsen im Rahmen des Projekts „Strategien für Fahrerassistenzsysteme“. Wir danken außerdem der Braunschweiger Polizei, vor allem Herrn Kühne, für ihre ausgezeichnete Unterstützung im Rahmen dieses Projekts.

6 Literatur

ALBRECHT, F. (2005): Die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Implementierung von Fahrerassistenzsystemen zur Geschwindigkeitsbeeinflussung. Deutsches Autorecht DAR, 4, S. 186-198

ASCHENBRENNER, K. M., BIEHL, B. & WURM, G. W. (1992): Mehr Verkehrssicherheit durch bessere Technik. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bericht zum Forschungsprojekt 8323

BAUER, A., & SEECK, A. (2004): Geschwindigkeitsmanagement mit Hilfe von Fahrerassistenzsystemen – Offene Forschungsfragen. In VDI (Ed.), Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme (S. 485-496). Düsseldorf: VDI-Verlag

BERNOTAT, R. (1970): Anthropotechnik in der Fahrzeugführung [Operation functions in vehicle control]. Ergonomics, 13 (3), 353-377

DONGES, E. (1982): Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. Automobil-Industrie, 2, 183-190

FARMER, C. M. (2004): Effect of electronic stability control on automobile crash risk. Traffic Injury Prevention, 5 (4), 317-325

FASTENMEIER, W. (1995): Autofahrer und Verkehrssituationen: Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme. Köln: Verlag TÜV Rheinland

FGSV (2003): Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen – Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten [FGSV-Nr. 316/1]. Köln: FGSV Verlag

FLEURY, D., & BRENAC, T. (2001): Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. Accident Analysis & Prevention, 33 (2), 267-276

GRÜNDL, M. (2004): Analyse des Fahrerverhaltens vor dem Unfall. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 42 (1), 2-7

GWEHENBERGER, J., & KIEBACH, H. (2004): Sicherheitspotenzial ausgewählter Fahrerassistenzsysteme – Ergebnisse aus der Analyse von Realunfällen. Paper presented at the Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, Garching bei München, 11.-12. März 2004

HACKER, W. (1998): Allgemeine Arbeitspsychologie. Bern: Verlag Hans Huber

KLIPP, S. (2005): Are There Ways to Establish Interlock Programs in Germany? Paper presented at the 6th Annual IGNITION INTERLOCK SYMPOSIUM “A Global Perspective”, 25.-27.9.2005, Annecy, France

KOCHERSCHEIDT, H. (2004): Wege zur Effizienzbetrachtung von Fahrerassistenzsystemen. Paper presented at the Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, Garching bei München, 11.-12. März 2004

KULLGREN, A., LIE, A., & TINGVALL, C. (1994): The effectiveness of ABS in real life accidents. Paper presented at the Proceedings of the 14th ESV, München

LANGWIEDER, K. (2004): Sicherheitsgewinn durch ESP. Internationale Erfahrung aus Realunfällen. Paper presented at the Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, Garching bei München, 11.-12. März 2004

LARSEN, L. (2004): Methods of multidisciplinary In-Depth-Analyses of road traffic accidents. Journal of Hazardous Materials, 111 (1-3), 115-122

LARSEN, L., & KINES, P. (2002): Multidisciplinary in-depth investigations of head-on and left-turn road collisions. Accident Analysis & Prevention, 34 (3), 367-380

MALATERRE, G. (1990): Error analysis and in-depth accident studies. Ergonomics, 33 (10/11), 1403-1421

NAGEL, H.-H. (1994): A Vision of “Vision and Language” Comprises Action: An Example from Road Traffic. Artificial Intelligence Review, 8, 189-214

NORMAN, D. A. (1981): Categorization of action slips. Psychological Review, 88 (1), 1-15

O’HARE, D., WIGGINS, M., BATT, R., & MORRISON, D. (1994): Cognitive failure analysis for aircraft accident investigation. Ergonomics, 37, 1855-1869

RÄSÄNEN, M., & SUMMALA, H. (1998): Attention and expectation problems in bicycle-car

collisions: an in-depth study. Accident Analysis & Prevention, 30 (5), 657-666

RASMUSSEN, J. (1982): Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. Journal of Occupational Accidents, 4, 311-333

RASMUSSEN, J. (1983): Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-13 (3), 257-266

REASON, J. (1992): Human Error. Cambridge: University Press

RESPONSE2. (2004): Deliverable D2: Methods for Risk-Benefit-Analysis of ADAS: Micro Perspective and Macroscopic Socio-Economic Evaluation. Internet: http://response. adase2. net/docs/ response_index_asp_ id~19685_ domid~695_sp~E_addlastid~0_m1~19662_m2 ~19685_suma~.htm

TRG, INRIA & PATH (2001): STARDUST (Towards Sustainable Town development: A Research on Deployment of Urban Sustainable Transport Systems) D1: Critical Analysis of ADAS/AVG Options to 2010, Selection of Options to be Investigated. Internet: http://www.trg.soton. ac.uk/ stardust/reports.htm

VOAS, R. B., BLACKMAN, K. O., TIPPETTS, A. S., & MARQUES, P. R. (2002): Evaluation of a program to motivate impaired driving offenders to install ignition interlocks. Accident Analysis & Prevention, 34 (4), 449-455

WILTSCHKO, T. (2003): Mikroskopische Unfallanalyse zur Identifikation von Wirkungsfeldern zukünftiger Fahrerassistenzsysteme. Paper presented at the 19. Verkehrswissenschaftliche Tage, 22.-23.9.2003, Dresden

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

1993

F 1: **Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw**
Faerber, Wobben € 12,50

F 2: **Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen**
König, Werner, Schuller, Beier, Spann € 13,50

F 3: **Sicherheit von Motorradhelmen**
Zellmer € 11,00

F 4: **Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung**
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typprüfverfahren
Richter, Michelmann
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüverfahrens für Fahrzeuge mit Katalysator
Albus € 13,50

1994

F 5: **Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz**
Bamberg, Zellmer € 11,00

F 6: **Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport**
Wobben, Zahn € 12,50

F 7: **Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben**
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
P. Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Chmielarz, Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie
Derkum € 14,00

F8: **Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen**
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50

F 9: **Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Straßenbedingungen**
Schmieder, Bley, Spickermann, von Zettelmann € 11,00

1995

F 10: **Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern**
Damasky € 12,50

F 11: **Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-Up-Displays**
Mutschler € 16,50

F 12: **Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen**
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern
Zellmer, Schmid
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern
Zellmer € 12,00

F 13: **Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen**
Sander € 11,50

1996

F 14: **Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim Fußgängerunfall – Entwicklung eines Prüfverfahrens**
Glaeser € 15,50

F 15: **Verkehrssicherheit von Fahrrädern**
Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Fahrrädern
Heinrich, von der Osten-Sacken
Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicherheit von Fahrrädern“
Nicklisch € 22,50

F 16: **Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen**
Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50

F 17: **Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen – Problemanalyse und Verfahrenskonzept**
Grunow, Heuser, Krüger, Zangemeister € 17,50

F 18: **Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS**
Präckel € 14,50

F 19: **Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der Hauptuntersuchung**
Pullwitt € 11,50

F 20: **Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße und im Prüfstand**
Sander € 13,00

F 21: **Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe**
Fach € 14,00

1997

F 22: **Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzeitiger Motorabschaltung**
Bugsel, Albus, Sievert € 10,50

F 23: **Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfallforschung in der Pre-Crash-Phase**
Berg, Mayer € 19,50

1998

F 24: **Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zweiradkonzeptes**
Kalliske, Albus, Faerber € 12,00

F 25: **Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und in Fahrradanhängern**
Kalliske, Wobben, Nee € 11,50

1999

F 26: **Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-Regelsysteme**
Schweers € 11,50

F 27: **Betriebslasten an Fahrrädern**
Vötter, Groß, Esser, Born, Flamm, Rieck € 10,50

F 28: **Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen**
Kohlstruck, Wallentowitz € 13,00

2000

F 29: **Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen**
Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen
Glaeser
Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen
Aubel € 13,00

F 30: **Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen**
Faber € 12,50

F 31: **Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen**
Otte € 12,50

F 32: **Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BASt – Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach** € 14,00

F 33: **Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen**
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

2001

F 34: **Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug**
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00

F 35: **Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren**
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling, Richter, Gaupp € 19,00

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

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

F 38: **Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes**
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

2002

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

F 40: **Prüfverfahren für Spritzschutzsysteme an Kraftfahrzeugen**
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

2003

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

F 42: **Schwachstellenanalyse zur Optimierungdes Notausstiegsystems bei Reisebussen**
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00

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

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

2004

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

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

F 47: **Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen**
Jahn, Oehme, Rösler, Krems € 13,50

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

F 49: **Prüfverfahren für die passive Sicherheit motorisierter Zweiräder**
Berg, Rücker, Mattern, Kallieris € 18,00

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

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

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

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

F 54: **Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw**
Niewöhner, Berg € 16,50

2005

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

2006

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

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

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

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

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

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

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

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.