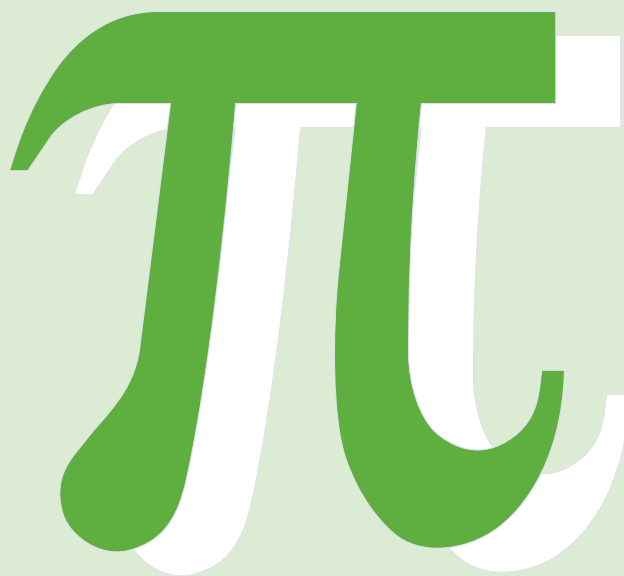


FAT 245



Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben



Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben

BAST FE-Nr.: 82.0379/2010

Forschungsstelle:

Technische Universität Dresden
Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List"
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr
Professur für Verkehrspsychologie

Verfasser:

Katharina Hagen, Christoph Schulze, Bernhard Schlag

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) gefördert.

Inhalt

Inhalt	I	4.2.4	Äußere Einflüsse auf das Fußgängerverhalten	42
Abbildungsverzeichnis	III	4.3	Besondere Charakteristiken im Fußgängerverhalten	44
Tabellenverzeichnis	V	4.3.1	Seheingeschränkte Personen.....	44
Danksagung	VI	4.3.2	Gehöreingeschränkte Personen	48
1 Einleitung	1	4.3.3	Ältere Personen	49
2 Äußere Verkehrsteilnehmer	2	4.3.4	Kinder.....	51
2.1 Charakterisierung von äußeren Verkehrsteilnehmern	2	4.4	Akustische Interaktionssicherung	52
2.2 Sinnesphysiologische Grundlagen.....	3	5 Unfallsituationen	55	
2.2.1 Sehen	3	5.1	Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern	56
2.2.2 Hören.....	8	5.1.1	Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne sensorische Einschränkungen	57
2.2.3 Haptik	12	5.1.2	Unfallsituationen von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Personen.....	63
3 Fahrzeuge	13	5.2	Unfallsituationen mit Radfahrern	71
3.1 Merkmale alternativ angetriebener Fahrzeuge	13	5.2.1	Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Radfahrern	71
3.1.1 Einteilung alternativer Antriebskonzepte	13	5.2.2	Unfallsituationen von Radfahrern mit Fußgängern.....	72
3.1.2 Anteil alternativen Antriebskonzepte im Bestand	14	5.3	Unfallsituationen von Fahrzeugen mit alternativem Antriebskonzept	73
3.2 Chancen und Risiken von alternativen Antrieben	15	6 Modell der Gefahrenkognition	76	
3.3 Fahrzeuggeräusche	15	6.1	Erweitertes Modell der Gefahrenkognition	76
4 Fußgängerverhalten	27	6.2	Besondere Anforderungen seitens sensorisch eingeschränkter Personen	80
4.1 Charakterisierung von Fußgängerverhalten.....	27	6.3	Das adaptierte Modell.....	81
4.1.1 Ansätze zur Beschreibung von Fußgängerverhalten.....	27	7 Veränderung in der Wahrnehmbarkeitssituation und Problemstellung	84	
4.1.2 Verkehrstechnische Betrachtung des Fußgängerverkehrs	29	7.1	Abgrenzung von Informationsdefiziten	84
4.1.3 Abgrenzung relevanter Interaktionskonstellationen	31	7.2	Betrachtungen zu Kompensationsmöglichkeiten	86
4.2 Querungsverhalten.....	32	7.3	Zusammenfassung der Problemstellung	87
4.2.1 Beobachtbare Verhaltensmaße des Fußgängerverhaltens	32	8 Maßnahmen zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit	89	
4.2.2 Wahrnehmungsaspekte des Fußgängerverhaltens	38			
4.2.3 Psychologische Aspekte des Fußgängerverhaltens	40			

8.1	Informations- und wissensorientierte Maßnahmen	89	11.1	Vorgehen	123
8.2	Infrastrukturbezogene Maßnahmen	90	11.2	Informationsbedarf	124
8.3	Fahrzeugbasierte Maßnahmen	92	11.3	Informationssituation	126
8.4	Maßnahmen der Fahrzeug/ Fußgänger – Kommunikation	94	11.4	Bewertung von Maßnahmen	127
8.5	Bewertung der Maßnahmen	94	11.5	Ausblick	128
8.5.1	Maßnahmen und Bewertungskriterien	94	12	Literaturverzeichnis	129
8.5.2	Nutzenbewertung der Maßnahmen	96		Anhang	138
8.5.3	Aufwandsbewertung der Maßnahmen	97			
8.5.4	Bewertung der Maßnahmen im Vergleich	101			
8.5.5	Fazit der literaturbasierten Bewertung	102			
9	Wissenschaftlicher Hintergrund der Datenerhebung	103			
9.1	Fragestellungen der Interviews	103			
9.2	Methodik der Interviews	104			
9.3	Onlinebefragung	104			
10	Ergebnisse der Datenerhebungen .	106			
10.1	Charakterisierung der Interviewprobanden	106			
10.1.1	Allgemeine Charakterisierung	106			
10.1.2	Charakterisierung der seheingeschränkten Personen	106			
10.1.3	Höreingeschränkte Personen	107			
10.2	Interviewergebnisse nach Fragestellungsbereichen	107			
10.2.1	Wahrnehmung und Orientierung bei Interaktionen	107			
10.2.2	Unfälle und kritische Situationen	110			
10.2.3	Bewertung möglicher Maßnahmen	112			
10.3	Ergebnisse der Onlinebefragung von Fußgängern	114			
10.3.1	Charakterisierung der Teilnehmer	114			
10.3.2	Ergebnisse der Maßnahmenbewertung	116			
10.4	Fazit der Erhebungsdaten	122			
11	Zusammenfassung	123			

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: schematische Darstellung des Auges (Grehn, 2003)	4	Abbildung 4-1: Problemfelder älterer Kraftfahrer in Wahrnehmung, Kognition und Handlung (Schlag (Hrsg.), 2008 S. 29).....	50
Abbildung 2-2: Ursachen der Neuerblindung in Deutschland (Knauer, et al., 2006)	5	Abbildung 5-1: prozentuale Verteilung der Antriebsart bei Fußgänger-Pkw-Unfällen.....	57
Abbildung 2-3: Kreuzung für einen Normalsichtigen (a) und für einen Kataraktpatienten (b)	6	Abbildung 5-2: Anteile der Unfalltypen (bis 75% kumulierte Häufigkeit) bei Fußgänger – Pkw – Unfällen (N=2.454) mit beispielhafter graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV)).....	59
Abbildung 2-4: Kreuzung für einen Patienten mit Makuladegeneration (a) und für einen RP-Patienten (b)	6	Abbildung 5-3: prozentuale Verteilung der Unfallstelle im Straßennetz.....	60
Abbildung 2-5: Kreuzung aus Sicht eines DR-Patienten (a) und eines Patienten mit Glaukom (b)	6	Abbildung 5-4: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Gruppe der hochgradig Sehbehinderten (N=10) mit beispielhafter graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))	65
Abbildung 2-6: schematische Darstellung des Ohres (Goldstein, 2001 S. 322) ..	9	Abbildung 5-5: prozentuale Verteilung der Unfallstelle im Straßennetz für die Fußgängergruppe mit Seh- und/oder Gehörleiden.....	65
Abbildung 2-7: Hörbereich des Menschen (Baumüller, et al.).....	9	Abbildung 5-6: prozentuale Verteilung der Unfallursache bei Fußgängern mit Seh- und/oder Gehörleiden (N=122).....	67
Abbildung 2-8: Blindenleistreifen mit Aufmerksamkeitsfeld (Rosburg, 2001).....	12	Abbildung 5-7: prozentuale Häufigkeit der Fußgänger-Unfälle aufgeteilt nach zulässiger Geschwindigkeit	68
Abbildung 3-1: mittlerer Schallpegel in dB(A) der HEV - ICE Partnerfahrzeuge über der Geschwindigkeit (konstante Annäherungsfahrt) (Darstellung in Anlehnung an Garay-Vega et al. (2010 S. A-32/A-33)).....	18	Abbildung 5-8: prozentuale Verteilung der Verletzungsschwere bei Fußgängern mit Seh- und/oder Gehörleiden	69
Abbildung 3-2: mittlere Schalldruckpegel über alle Studien in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	19	Abbildung 6-1: erweitertes Modell der Gefahrenkognition (in Anlehnung an (Schlag, et al., 2009))	77
Abbildung 3-3: graphische Darstellung der Ergebnisse der Tonaufnahmenbewertungen von vorbeifahrenden Fahrzeugen nach Rosenblum (2008)	20	Abbildung 8-1: zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn	91
Abbildung 3-4: Schallpegelveränderung bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei einem HEV im E-Mode und zwei Verbrennungsmotoren (Darstellung in Anlehnung an (JASIC, 2009 S. 9)).....	20	Abbildung 8-2: Einteilung Fahrerassistenzsysteme (Knoll, 2010 S. 110)	93
Abbildung 3-5: Schallpegel der Vorbeifahrt aufgetragen über der Entfernung zum Mikrophone (Fußgänger, Hörer) (Goodes, et al., 2009)	22	Abbildung 10-1: geographische Verteilung der Teilnehmer (Darstellung unter	
Abbildung 3-6: Schallpegel von 4 ICEs aufgetragen über der Entfernung zum Mikrophone (Hörer), zusätzlich eingetragen ist die von		Probanden ermittelte Erkennbarkeitsentfernung (Goodes, et al., 2009).....	22

Verwendung der Funktion Google-Maps, www.google.de; blau=1-5 Teilnehmer je Ort, gelb=6-10, rot=11-20, pink>30).....	115
Abbildung 10-2: Verteilung der Sehleistung in der Onlinebefragung (N=603)	115
Abbildung 10-3: Mittlere Maßnahmenbewertung für die Personengruppen mit und ohne Seheinschränkungen (N=603); 5-stufige Skala von 1 = „gar nicht hilfreich“ bis 5 = „sehr hilfreich“; signifikante Unterschiede zwischen den Personengruppen gekennzeichnet mit (*)	117

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Kraftfahrzeugbestand in Deutschland nach Kraftstoffen (KBA, 2011)	14
Tabelle 4-1:	Interaktionssituationen nach Reaktionsaufforderung	30
Tabelle 5-1:	Charakterisierung der Fußgänger ohne Seh- oder Gehörleiden nach Altersgruppen.....	57
Tabelle 5-2:	Definition der Unfalltypen (GDV, 1998).....	58
Tabelle 5-3:	Grade der Verletzungsschwere (in Anlehnung an (Kühn, et al., 2007 S. 35))	62
Tabelle 5-4:	Charakterisierung der Unter- gruppen Fußgänger mit Seh- und/ oder Gehörleiden (N=Fallzahl) .	63
Tabelle 8-1:	Kriterien zur Bewertung der Maßnahmen.....	95
Tabelle 8-2:	detaillierte Nutzenbewertung von Maßnahmen aus den Bereichen Informations, Infrastruktur und Technik	99
Tabelle 8-3:	detailliert Aufwandsbewertung von Maßnahmen aus den Bereichen Informations, Infrastruktur und Technik	100
Tabelle 8-4:	Bewertung des mittleren Nutzen- bzw. Aufwandswertes	101
Tabelle 8-5:	Vergleichende Bewertung der exemplarischen Maßnahmen .	101
Tabelle 10-1:	Charakterisierung Teilnehmer in den Fokusgruppen	106
Tabelle 10-2:	Präferierte Maßnahmen in den zusammengefassten Personengr. (Rangplatz 1 bis 4).....	113
Tabelle 10-3:	Kurzdarstellung der im Fragebogen präsentierten Maßnahmen.....	116
Tabelle 10-4:	Als am hilfreichsten bewertete Maßnahmen innerhalb der Onlinebefragung für die drei sehbeeinträchtigten Personengruppen	119
Tabelle 10-5:	am höchsten bewertete Maßnahmen innerhalb der Onlinebefragung für die vier Personengruppen mit bzw. ohne Seheinschränkung und mit bzw. ohne Gehörschwäche	121

Danksagung

Die Verfasser danken allen Personen, die zum Gelingen des Forschungsprojektes beigetragen haben.

Allen voran den Teilnehmern an der Befragung und den Interviews, die mit uns ihre Ansichten diskutiert haben und uns Einblick in ihre Alltagsmobilität gewährten. Ohne Sie wäre eine Umsetzung der empirischen Untersuchungsteile nicht möglich gewesen.

Weiter sind dies die Mitarbeiter in den Betroffenenorganisationen, die uns bei der Gewinnung von Teilnehmern für Onlinefragebogen und Fokusgruppeninterviews nachhaltig unterstützt haben.

Im Einzelnen waren dies (Nennung in alphabetischer Reihenfolge):

- Allgemeiner Blinden- und Sehbehindertenverein Berlin e.V. (ABSV)
- Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverein e.V. (DBSV)
- Deutscher Gehörlosen-Bund e.V.
- Deutscher Schwerhörigenbund e.V. (DSB) und Schwerhörigennetz.de
- Landesverband der Gehörlosen Sachsen e.V.
- Ortsverband Schwerhörige Dresden e.V.
- Stadtverband der Gehörlosen Dresden e.V.
- Volksolidarität Dresden e.V.

Schließlich gilt unser Dank dem Team von oFb-Server SoSciSurvey.de für die Unterstützung bei der Umsetzung des Online-Fragebogens sowie den Mitgliedern des Betreuungskreises für die anregenden Diskussionen und vielfältigsten Beiträge zum Gelingen.

Viele weitere Personen haben durch ungezählte Einzelbeiträge zum Gelingen des Projektes beigetragen. Bei Ihnen bedanken wir uns ebenfalls herzlich.

1 Einleitung

Verkehrssicherheit von äußeren Verkehrsteilnehmern im Straßenverkehr entsteht in der Interaktion der dabei beteiligten Partner. Sie fußt damit auf einer erfolgreichen gegenseitigen Beachtung. Die erfolgreiche gegenseitige Beachtung gründet allgemein auf der gegenseitigen Wahrnehmung und dem daran ausgerichteten Verhalten.

Das im vorliegenden Bericht dokumentierte Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der Wahrnehmung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb mit dem speziellen Fokus der Verkehrssicherheit. Für einige dieser Fahrzeuge besteht die Fragestellung nach den Auswirkungen einer möglicherweise veränderten akustischen Wahrnehmbarkeit, der Explikation daraus resultierender Folgen im Sinne der Verkehrssicherheit sowie der Geeignetheit verschiedenster Maßnahmen zur positiven Beeinflussung von Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit.

Verkehrssicherheit wird häufig über Unfälle und Beinahe-Unfälle definiert. Diese Definition ist vom Grundsatz her eine negative. Sichere Verkehrsprozesse zeichnen sich durch die Abwesenheit kritischer Ereignisse aus. Eine ebenso umfassende und damit äquivalente Definition positiven Charakters („Soll“ anstatt „Soll nicht“) wird bislang nicht verwendet.

Die bislang verfügbaren Erkenntnisse zur Unfallsituation alternativ angetriebener Fahrzeuge erlauben keine umfassende Abschätzung möglicher Auswirkungen der veränderten Wahrnehmungssituation auf die Verkehrssicherheit. Der vorliegende Bericht beschreitet daher einen bislang wenig begangenen Pfad. Die Betrachtungen gehen zusätzlich von einer positiv definierten „Soll-Situation“ in der Interaktion äußerer Verkehrsteilnehmer mit Fahrzeugen aus.

Die Basis dieser Ausführungen stellen die perzeptiven und kognitiven Grundlagen menschlicher Wahrnehmung sowie die Merkmale des Verhaltens in Interaktion mit Kraftfahrzeugen dar. Die besondere Herausforderung dabei besteht in der enormen Heterogenität relevanter Ausprägungen in der Gruppe äußerer Verkehrsteilnehmer, die sämtliche Altersgruppen umfasst und damit Kinder genauso einschließt wie hochbetagte Menschen. Hinzu kommen die besonderen

Anforderungen sensorisch eingeschränkter Personen, zu denen insbesondere Sehbehinderte und Blinde zählen.

Auf Grundlage der so explizierten Soll-Situation werden die Auswirkungen veränderter Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb betrachtet. Der empirische Teil der vorliegenden Untersuchung beschäftigt sich folglich mit der auf die Fragestellung fokussierten Betrachtung der Interaktion von äußeren Verkehrsteilnehmern und Fahrzeugen, der Diskussion von typischen Konfliktkonstellationen sowie der Bewertung von wahrnehmungs- und verkehrssicherheitsorientierten Maßnahmen aus Sicht der äußeren Verkehrsteilnehmer.

Das dazu verwendete methodische Repertoire umfasst spezifische Unfallanalysen, leitfadensbasierten Interviews mit Fokusgruppen und eine Onlinebefragung mit dem speziellen Ziel der Beurteilung einer breiten Auswahl möglicher Maßnahmen zur Verbesserung von Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit durch ein großes Probandenkollektiv.

2 Äußere Verkehrsteilnehmer

Äußere Verkehrsteilnehmer können aus Sicht des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zunächst alle anderen Verkehrsteilnehmer im Fahrwegs- und Auswirkungsbereich der Fahrzeugbewegung sein. Hierzu gehören andere Kraftfahrzeuge sowie straßengebundene oder straßennah geführte Fahrzeuge des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) genauso wie Radfahrer und Fußgänger.

Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojektes ist die Verkehrssicherheit von äußeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von alternativen Antrieben. Für diesen Betrachtungsfokus kann die umrissene Gruppe äußerer Verkehrsteilnehmer auf die beiden letztgenannten Verkehrsteilnehmergruppen, namentlich Radfahrer und Fußgänger eingeschränkt werden.

Ein zentrales Abgrenzungsmoment erwächst zusätzlich aus der unter dem Verkehrssicherheitsaspekt notwendigen Interaktion zwischen Kraftfahrzeugen und diesen Verkehrsteilnehmern. Daher kommen für die Gruppe der Fußgänger auch Nutzer des ÖPNV hinzu, insofern sie sich in Interaktion mit Fahrzeugen des MIV befinden. Dies ist beim Zustieg, mehr jedoch beim Ausstieg aus Fahrzeugen des ÖPNV der Fall, vor allem, wenn dieser auf eine ebenfalls von Kraftfahrzeugen benutzte Fläche (Fahrbahn) erfolgt.

Ein weiterer Ausgangspunkt besteht im Informationsanspruch von Fußgängern und Radfahrern, dessen Grundlage das Informationsangebot seitens der Fahrzeuge bildet. Hierzu kann weiter davon ausgegangen werden, dass Fahrzeuge bislang keine empfängerspezifischen Informationen, z.B. für Radfahrer oder Fußgänger besondere Wahrnehmbarkeitsinformationen emittieren. Daher gehen die Betrachtungen im weiteren Verlauf davon aus, dass für die unter dem Projektfokus interessierenden Merkmale und Eigenschaften von Kraftfahrzeugen die Interaktionssituationen mit Radfahrern ebenfalls als berücksichtigt angesehen werden können, wenn die Orientierungssituation aus Sicht von Fußgängern erschöpfend betrachtet wird.

2.1 Charakterisierung von äußeren Verkehrsteilnehmern

Wie oben ausgeführt, genügt die Betrachtung von Fußgängern in Interaktion mit Kraftfahrzeugen mit alternativem Antrieb, um vor dem Hintergrund der im vorliegenden Projekt bearbeiteten Fragestellung die Belange äußerer Verkehrsteilnehmer in Interaktion mit diesen Fahrzeugen abzubilden.

Fußgänger verfügen im Vergleich zu anderen Verkehrsteilnehmern über charakteristische Eigenschaften und Verhaltensweisen. So muss zunächst davon ausgegangen werden, dass die Teilnahme am Straßenverkehr als Fußgänger praktisch voraussetzungsfrei möglich sein muss. Es werden keinerlei vertiefte Kenntnisse der Straßenverkehrsordnung in Form einer Prüfung oder Schulung abgefordert.

Zudem können auch Personen, die geistig oder körperlich nicht in der Lage sind, sich zu jedem Zeitpunkt angemessen zu verhalten, ebenfalls als Fußgänger am Verkehrsgeschehen teilnehmen. Durch eine zunehmend barrierefreie Gestaltung der Fußgängerverkehrsanlagen (zum Beispiel DIN 32984) werden Anstrengungen zur Unterstützung mobilitätseingeschränkter Personen unternommen. Eine erhöhte Vorsicht und Rücksichtnahme aller Verkehrsteilnehmer gegenüber diesem Personenkreis bleibt jedoch davon unberührt.

Fußgänger sind im Straßenverkehr die schwächsten Verkehrsteilnehmer, die im mechanischen Verhältnis klein und leicht sind und sich ohne schützende Ausstattungselemente bewegen (Schnabel, 1997). Fußgänger erwarten sichere, angenehme, umweg- und hindernisfreie Bewegungsbedingungen (FGSV, 2002). Sie sind in hohem Maße empfindlich gegenüber Umwegen, Steigungen und Wartezeiten. Dabei wird die Bequemlichkeit oftmals stärker als die Sicherheit gewichtet (Schnabel, 1997). Dies äußert sich in der weit verbreiteten Praxis der Nutzung von Abkürzungen, die sich zumeist außerhalb der geplanten Fußgängerverkehrsanlagen befinden. Dies gilt dabei nicht nur für den Fußgängerlängsverkehr sondern ebenfalls für das Querungsverhalten.

Eine wesentliche Konsequenz aus dieser ersten Charakterisierung ist zunächst, dass es sich bei Fußgängern um eine sehr heterogene Verkehrsteilnehmergruppe handelt, die sich mit deutlich

unterschiedlicher Geschwindigkeit (Kapitel 4.2.1.3) und nicht für alle Situationen in einer für äußere Beobachter vorhersehbaren Art und Weise bewegen (Kapitel 4.2.1.4).

2.2 Sinnesphysiologische Grundlagen

Der Mensch verfügt über sehr verschiedene Sinnesmodalitäten, die jeweils auf die Detektion bestimmter physikalischer Merkmale bzw. Zustände spezialisiert sind. Die gemeinsame Aufgabe aller Sinne ist die Informationsbeschaffung über den Zustand der Verhaltensumwelt oder/und den Zustand des Körpers in Relation zur unmittelbar verhaltensrelevanten Umwelt. Dazu lassen sich Sinne für die Ferne von Sinnen mit Nah- und Körperinformation unterscheiden.

Sehen und Hören können Informationen über Objekte in größerer Entfernung detektieren (Fernsinne), während die Informationen anhand der Modalitäten Riechen, Schmecken und Tasten vor allem den Nahbereich abdecken.

Für die natürliche, d.h. nicht technisch vermittelte Informationsbasis einer Interaktionssicherung zwischen Fußgängern und Kraftfahrzeugen kommen zunächst nur die Sinne mit Fernwirkung in Frage. Eine Vermittlung entsprechender Informationen wie etwa Entfernung, Richtung und Geschwindigkeit anhand der Nahsinne ist grundsätzlich möglich, bedarf jedoch technischer Unterstützung und intensiver Lern- und Trainingsprozesse. Nachfolgend werden die für die nachfolgenden Betrachtungen relevanten Sinnesmodalitäten in ihren wesentlichen Eigenschaften kurz umschrieben.

2.2.1 Sehen

Das Auge ist das wichtigste Sinnesorgan des Menschen. Mit diesem Sinn nehmen normalsehende Personen im Straßenverkehr den größten Anteil der Informationen aus der Umwelt wahr.

2.2.1.1 Funktionsweise des Sehens

Die Beschreibung des Sehvorgangs geht häufig einher mit den Begriffen optische und visuelle Wahrnehmung. Dabei beschreibt der Begriff optische Wahrnehmung hauptsächlich die Prozesse des Sehens, die im Auge stattfinden. Unter visueller Wahrnehmung hingegen wird das

Erkennen von Reizen, sowie deren Unterscheidung und die Verknüpfung mit früheren Erfahrungen verstanden (DIN 5340).

Die Funktionsweise des Auges lässt sich am einfachsten über den geometrischen Weg des Lichtes durch das optische System Auge beschreiben (Abbildung 2-1). Das Licht, welches Informationen wie Helligkeit, Farbe und Größe trägt, tritt über die Hornhaut in das Auge ein. Die Hornhaut leistet ca. 2/3 der Gesamtbrechkraft des Auges. Die Lichtstrahlen werden von der Hornhaut über das Kammerwasser durch die Iris auf die Augenlinse abgebildet. Die Aufgabe der Iris ist es, die Ausdehnung der Lichtstrahlen zu begrenzen. Dies macht sie zu einem wichtigen Kriterium für die Abbildungsgüte des Systems. Außerdem wird der Iris ein Anteil im Mechanismus der Leuchtdichteniveaunpassung (Adaptation) zugesprochen. Durch die an der Augenlinse befestigten Zonulafasern kann sich das Auge auf unterschiedliche Entfernungen (Akkommodation) des Fixationspunktes einstellen. Die Augenlinse ist eine bikonvexe Linse und übernimmt ein weiteres Drittel der Gesamtbrechung.

Die Lichtstrahlen werden über die Augenlinse und durch den Glaskörper auf die Netzhaut abgebildet. Mit ihren beiden lichtempfindlichen Rezeptorarten, den Stäbchen und den Zapfen, ist sie die Empfängerfläche des optischen Systems Auge. Diese Rezeptoren sind verantwortlich für die unterschiedliche Hellempfindung von Wellenlängen (Licht). Die Netzhaut übersetzt das physikalische Signal Licht durch die Umwandlung der Sehfärbstoffe in elektrische Potentiale (Signale). Die nicht sehr lichtempfindlichen Zapfen befinden sich hauptsächlich in der Netzhautgrube, die die Makula beherbergt. Die Zapfendichte nimmt zur Peripherie kontinuierlich ab. Die Grenze zwischen den in der Netzhautperipherie angesiedelten Stäbchen und den Zapfen geht fließend ineinander über. Die lichtempfindlicheren Stäbchen werden hauptsächlich für das Sehen in der Nacht und zur Orientierung gebraucht. Die elektrischen Signale werden über den Sehnerv zum Gehirn weitergeleitet. (Trotter, 1995) (Methling, 1996) (Maidowsky, 1997)

In allen „Bauteilen“ unseres Auges sowie in der angeschlossenen neuronalen Verarbeitung können Störungen auftreten, die im folgenden Kapitel

2.2.1.2 kurz vorgestellt werden. Diese Funktionsstörungen können vererbt, erworben oder altersbedingt sein. Je nach Schwere und Art der Störung treten unterschiedliche Probleme der optischen bzw. der visuellen Wahrnehmung auf.

2.2.1.2 Funktionsstörungen des Sehens

Ein Mensch gilt in Deutschland als sehbehindert, wenn sein Sehvermögen auf dem besseren Auge auch mit optischer Korrektur $\leq 0,3$ beträgt. Als hochgradig sehbehindert wird eine Person mit einem Sehvermögen von $\leq 0,05$ auf dem besseren Auge geführt und mit einem Sehvermögen $\leq 0,02$ oder einem guten Visus aber einem Gesichtsfeld kleiner 5° ist diese Person nach dem Gesetz blind (WHO, 2008). Sehbehinderte haben den Anspruch auf einen Schwerbehindertenausweis, dieser ermöglicht unter anderem eine kostenfreie Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs (SGB IX).

Allein in Deutschland wurden im Jahr 2007 348.442 sehbehinderte und Blinde Menschen über den Besitz eines Schwerbehindertenausweises von Statistischen Bundesamt erfasst (Destatis [b], 2009).

Nach Expertenschätzungen gibt es ca. 145.000 Blinde, darunter auch hochgradig Sehbehinderte, und ca. 500.000 Sehbehinderte in Deutschland. Das sind fast doppelt so viele Menschen wie vom

Statistischen Bundesamt gemeldet werden und dies stellt auch nur die unterste Schätzungsgrenze dar. Die errechnete Anzahl von Sehbehinderten in Deutschland für das Jahr 2030 beträgt wenigstens 460.000 Menschen, die Dunkelziffer wird nach Knauer und Pfeifer (2006) jedoch höher ausfallen. Nicht zuletzt sind für die steigenden Zahlen der Sehbehinderung auch der immer größer werdende Anteil älterer Generation verantwortlich, denn mit steigendem Lebensalter erhöht sich das Risiko an einer Sehbehinderung zu erkranken (Knauer, et al., 2006). Im Jahr 2007 gab es 16,5 Mio. Menschen mit einem Alter über 65 Jahren, für das Jahr 2030 werden ca. 22,3 Mio. Menschen (unterster Schätzungsgrenze) mit einem Alter über 65 Jahren erwartet (Destatis [a], 2009). Wobei ihr wahrer Anteil nur zu schätzen ist, 2007 waren es 241.991 Menschen mit einer Sehbehinderung oder Blindheit über 65 Jahren (Destatis [b], 2009).

Die Arten der Sehbehinderungen sind sehr unterschiedlich, da die zugrunde liegenden Störungen an verschiedenen Stellen im visuellen System auftreten können. In der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 2-2) sind die häufigsten Ursachen für Neuerblindung in Deutschland dargestellt. Zumeist sind diese die Hauptvertreter der fünf nachfolgend beschriebenen Gruppen der Sehbehinderung. Die Gruppen beinhalten ähnliche systemische Ursachen für eine Sehbeeinträchtigung (Methling, 1996) (Echterhoff, et al., 1994) (Lindner, et al., 1995) (Lindner, et al., 1999).

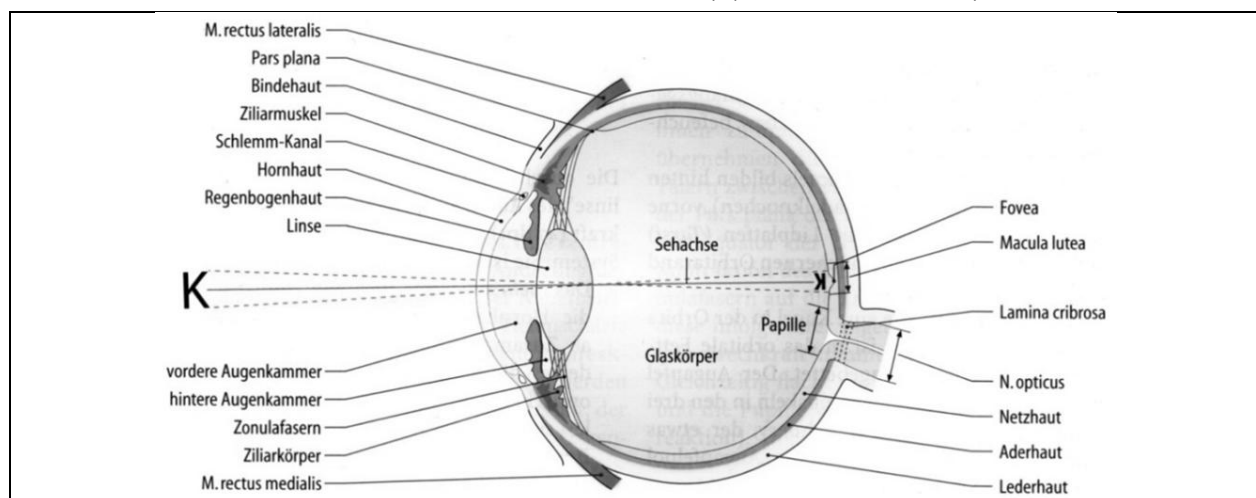


Abbildung 2-1: schematische Darstellung des Auges (Grehn, 2003)

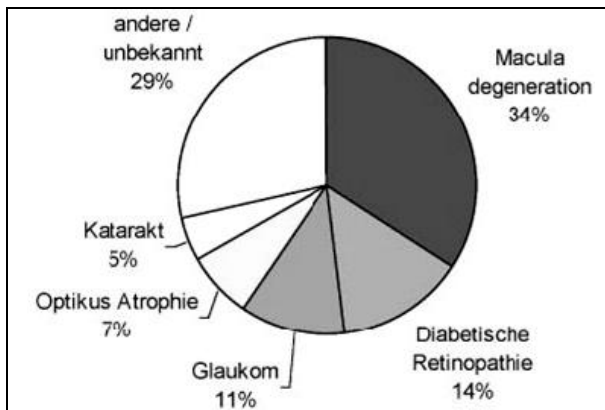


Abbildung 2-2: Ursachen der Neuerblindung in Deutschland (Knauer, et al., 2006)

Trübung der brechenden Medien

Die erste Gruppe repräsentiert die Trübung der brechenden Medien. Hier liegt in den meisten Fällen eine Katarakt (Linsentrübung) (Abbildung 2-3 b) vor. Jedoch zählen auch Erkrankungen der Hornhaut zu dieser Gruppe. Die Trübung der Medien führt zu Störungen im Abbildungsstrahlengang, das heißt das einfallende Licht wird gestreut und trifft nicht mehr gerichtet auf die Netzhaut. Somit wird das Gesehene Bild durch die Lichtstreuung mit einer Schleierleuchtdichte überlagert. Das hat eine Reduzierung der zentralen Sehschärfe und der Kontrastempfindlichkeit zur Folge. Eine weitere Auswirkung der Lichtstreuung ist eine gesteigerte Blendempfindlichkeit. Oftmals ist das Gesichtsfeld bei dieser Personengruppe stark eingeschränkt. Da das periphere Gesichtsfeld zur Orientierung benötigt wird, haben Betroffene somit große Schwierigkeiten sich speziell in unbekannter Umgebung zurechtzufinden.

Erkrankungen und Veränderungen der Makula

Die zweite Sehbehindertengruppe umfasst Erkrankungen und Veränderungen der Makula. Die häufigste Erkrankung dieser Gruppe ist die altersbedingte Makuladegeneration (AMD). Die Makula ist die Stelle des schärfsten Sehens. Hier befinden sich nur Zapfen, die einzeln innerviert werden, was die hohe Sehschärfe in diesem Bereich erklärt. Die Zapfen sind für das Tages- und Farbsehen verantwortlich, weshalb genau diese Funktionen bei Veränderungen der Makula stark beeinträchtigt sind (Lang, 2004). Diese Personen leiden an zentralen Gesichtsfeldausfällen (Abbildung 2-4 a) und damit einhergehend ein herabgesetztes

Tages- und Farbsehen sowie einer stark herabgesetzten Lesefähigkeit. Ihr Sehen basiert ausschließlich auf den verbleibenden parazentralen Netzhautbereichen. Desweiteren haben die Menschen, die an einer Makuladegeneration erkrankt sind, ein reduziertes Dämmerungssehen und eine herabgesetzte Kontrastempfindlichkeit.

Erkrankungen der Netz- und Aderhaut

Erkrankungen der Netz- und Aderhaut bilden die dritte große Gruppe bei den Ursachen für eine Sehbehinderung. Hierzu zählen Krankheiten, wie diabetische Retinopathie (DR), Netzhautablösung und hohe Myopie. Vor allem die Retinopathia pigmentosa (RP) spielt hier eine bedeutende Rolle. Bei Personen mit RP sind die ersten Anzeichen in jungen Jahren vor allem Störungen des Dämmerungssehens (Nachtblindheit). Hinzu kommen Schwierigkeiten bei der Anpassung von Hell-Dunkel-Übergängen und umgekehrt. Im fortgeschrittenen Stadium ist das Gesichtsfeld auf den zentralen Bereich bis auf wenige Grad eingeschränkt. Diese Menschen betrachten ihre Welt wie durch ein Rohr (Abbildung 2-4 b), was auch als Tunnelsehen bekannt ist und eine Orientierung fast unmöglich macht. RP-Erkrankte sind blendempfindlich und haben zusätzlich ein gestörtes Farb- und Kontrastsehvermögen (Lang, 2004) (Methling, 1996).

Die Krankheit diabetische Retinopathie ist eine Folgeerscheinung der Krankheit Diabetes mellitus. Die Gefäße in der Umgebung der Makula werden durchlässig. Dadurch gelangen Blut und Proteine in Hohlräume und bilden Ödeme, die die Funktion der Stäbchen und Zapfen beeinträchtigen (Abbildung 2-5 a) (Grein, 2007). Hieraus resultieren eine herabgesetzte Sehschärfe und eine geminderte Kontrastempfindlichkeit. Mit Fortschreiten der Krankheit nimmt das Sehvermögen stark ab, bis hin zur Blindheit (Lang, 2004).

Im Allgemeinen weisen Personen mit Erkrankungen der Netz- und Aderhaut starke Defekte des Gesichtsfeldes auf. Sie besitzen eine stärker herabgesetzte Kontrastempfindlichkeit als andere Gruppen oder Normalsichtige. Aufgrund der starken Gesichtsfeldeinschränkungen ist es für diese Menschen sehr schwierig, sich zu orientieren. Sie erfassen ihre unmittelbare Umgebung mit häufigen Blickwechseln von rechts

nach links, wie durch abschannen. Sie benötigen von allen Gruppen am längsten, um ihre Umgebung wahrzunehmen (Echterhoff, et al., 1994).

Erkrankungen der afferenten Sehbahnen

Die vierte Ursachengruppe für Sehbehinderung sind die Erkrankungen der afferenten Sehbahnen, ein Beispiel hierfür ist das Glaukom. Es ist auch bekannt als grüner Star. Allgemein lässt sich das Glaukom mit einer krankhaften Erhöhung des Augeninnendrucks beschreiben. Der Druckanstieg

im Auge kann auf unterschiedlichste Art und Weise entstehen. Bei ständig erhöhtem Druck kann es zu typischen Gesichtsfeldausfällen (Schädigungen) entlang der Nervenbahnen kommen (Abbildung 2-5 b) (Grein, 2007).

Kombinationen aus verschiedenen Krankheiten

Bei den Betroffenen dieser Gruppe ist die Ursache für die Sehbehinderung in einer Kombination aus verschiedenen Facetten der oben beschriebenen, aber auch weitere Krankheiten zu finden.

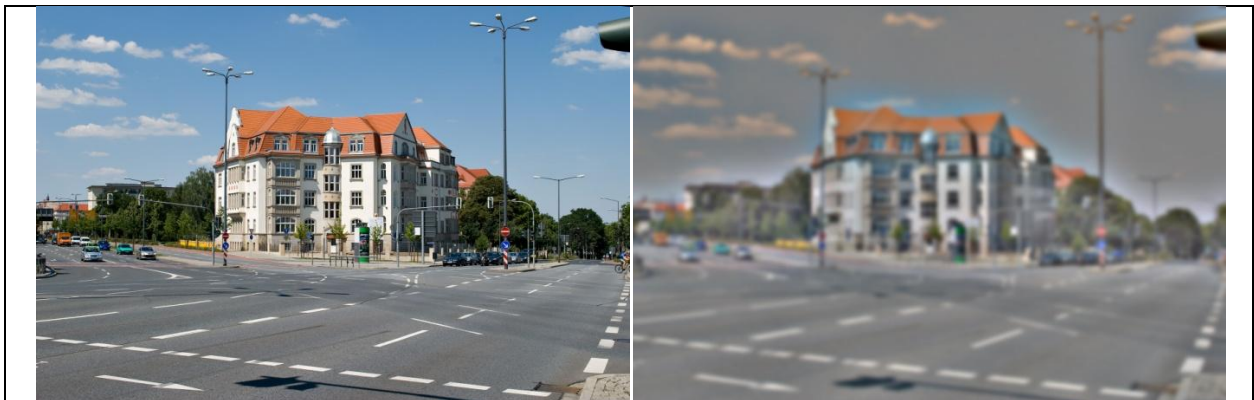


Abbildung 2-3: Kreuzung für einen Normalsichtigen (a) und für einen Kataraktpatienten (b)

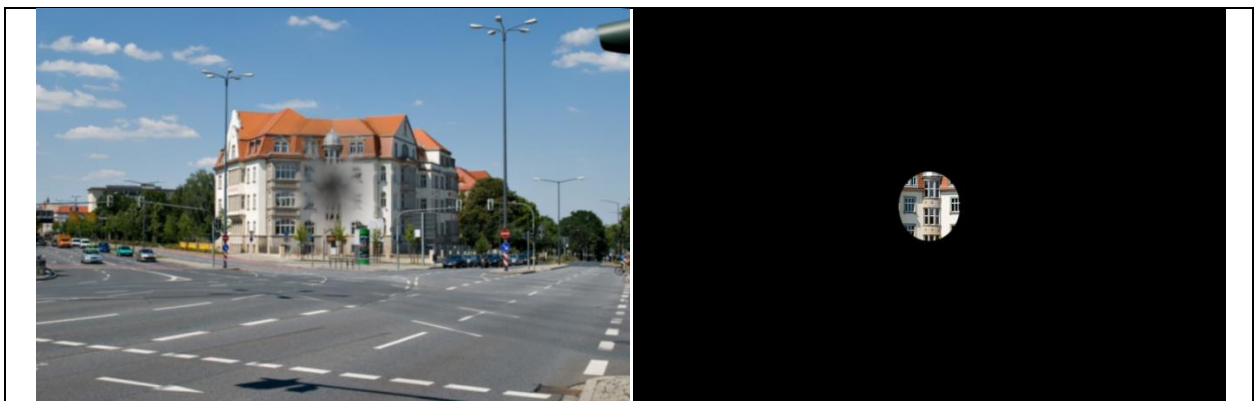


Abbildung 2-4: Kreuzung für einen Patienten mit Makuladegeneration (a) und für einen RP-Patienten (b)

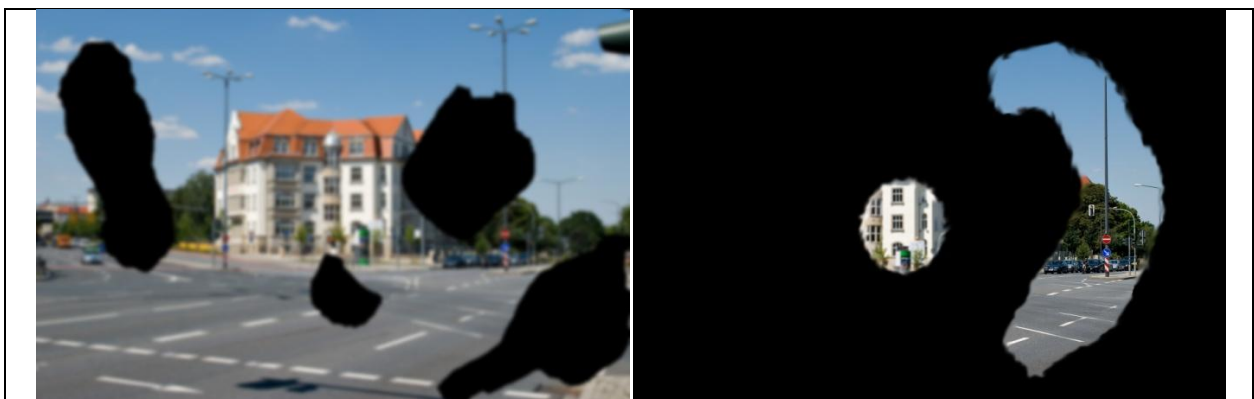


Abbildung 2-5: Kreuzung aus Sicht eines DR-Patienten (a) und eines Patienten mit Glaukom (b)

Funktionsstörungen des Sehens bei älteren Menschen

Allein durch das Älter kann die Informationsaufnahme über die Augen ebenso erschwert sein wie für Sehbehinderte. Die Augenlinse verliert an Elastizität im Alter (Diepes, 2004), dementsprechend ist eine Scharfeinstellung für die Nähe nicht mehr möglich. Die Akkommodationsfähigkeit lässt mit zunehmendem Alter nach. Durch die im Laufe der Jahre absorbierte UV-Strahlung trübt sich die Augenlinse nach und nach ein und es kann sich folglich eine Katarakt ausbilden. Nicht nur die Augenlinse, sondern auch Medien wie die Hornhaut trüben sich im Alter. Dies führt zu verlangsamten Wahrnehmungszeiten und Farbsehstörungen. Im Alter erschlaffen die Muskeln, so auch im Auge. Die Pupille ist nicht mehr so weit geöffnet wie in jungen Jahren. Das beeinträchtigt die Adaptationsfähigkeit (Helladaptation, Dunkeladaptation) und somit die Anpassung an unterschiedliche Helligkeitsniveaus. Daraus folgt, dass ein älterer Mensch vergleichsweise höhere Beleuchtungsstärken benötigt (Schierz, 2008). Aufgrund des höheren Streulichtanteils in den optischen Medien (Hornhaut, Linse, Glaskörper) besitzen ältere Personen zugleich eine erhöhte Blendempfindlichkeit. Eine weitere Einschränkung, die das Alter mit sich bringt, ist das kleiner werdende Gesichtsfeld (ca. ab dem 50. Lebensjahr). Die Veränderungen im Alter und die eingeschränkte Kontrastempfindlichkeit führen auch bei diesem Personenkreis zu Problemen und zu einem Unsicherheitsgefühl im öffentlichen Leben.

2.2.1.3 Auswirkungen der Funktionsstörungen

Allen Funktionsstörungen des Sehens ist ein herabgesetztes Sehvermögen gemein. Je nach Art der Erkrankung schreitet die Verminderung des Sehvermögens unterschiedlich schnell voran und dies kann nicht selten bis zur Blindheit führen. Das Vermögen zur visuellen Informationsaufnahme ist in Abhängigkeit der Person und der momentanen Verfassung unterschiedlich stark beeinträchtigt.

Das hat Auswirkungen auf alle Lebensbereiche, so auch auf die Wahrnehmung im Straßenverkehr. Die betroffenen Personen versuchen solange wie möglich ihr (restliches) Sehvermögen zur Orientierung und für die Informationsaufnahme zu

nutzen. Wie angedeutet, ist die Qualität der Informationen je nach Art der Erkrankung und mit zunehmendem Sehverlust unterschiedlich gut.

Sehbeeinträchtigte und insbesondere blinde Personen meistern ihren Alltag in der Regel gut, ihre intakten Sinne scheinen geschärft (Röder, 2003 S. 70) und die fehlenden Informationen werden soweit möglich kompensiert. Obwohl jeder Sinn seine eigenen Verarbeitungszentren im Gehirn besitzt, bleiben die Teile des visuellen Cortexes beim Blinden nicht ungenutzt.

Die Informationsverarbeitung passt sich den besonderen Anforderungen an. Zum einen erfolgt eine Reorganisation des Cortexes, sodass die ungenutzten visuellen Felder für die intakten Sinne mit verwendet werden und zum anderen ist die Effizienz für die intakten Sinne verbessert (Röder, 2003). So ruft beispielsweise ein Hörreiz bei einem Blinden eine stärkere Erregung in auditiven Cortex hervor als bei einem Sehenden. Auch können Geräusche in der Peripherie von einem Blinden präziser lokalisiert werden (Saum-Aldehoff, 2005).

Sehbehinderte und insbesondere blinde Personen weisen eine höhere Leistungsfähigkeit im Hör- und Tastsinn, im Sprachverständnis sowie in der Gedächtnisleistung auf. Trotz der Überlegenheit der intakten Sinne können fehlenden visuellen Informationen nur größtenteils, nicht aber vollständig kompensieren werden (Röder, et al., 2001)(Röder, et al., 2004).

Die größte Kompensationsleistung, insbesondere im Straßenverkehr übernehmen das auditive und das haptische System (Kapitel 2.2.2 und 2.2.3). Während die akustische Wahrnehmung bei Personen vor dem Auftreten der Sehschädigung im Normalfall bereits gut ausgeprägt ist, müssen die Fähigkeiten und Fertigkeiten der haptischen Wahrnehmung mit größerem Lernaufwand entwickelt und geschärft werden (Löttsch, 2001).

Der Umfang und insbesondere die Güte der Kompensation durch intakte Sinne stehen in Abhängigkeit von der Art und dem Grad der Sehbeeinträchtigung sowie von den interpersonell deutlich verschiedenen Fähigkeiten und Fertigkeiten. So unterscheiden sich etwa Blinde teilweise deutlich in der Qualität ihres Hör- und auch Tastvermögens.

2.2.2 Hören

Das Ohr ist das Sinnesorgan, welches es dem Menschen ermöglicht Töne und Geräusche aus der Umgebung wahrzunehmen und diese Informationen in Bruchteilen von Sekunden zu analysieren. Es ist das schnellste Sinnesorgan, welches zudem immer aktiv ist und mit 360° das gesamte Umfeld erfasst. Eine besondere Bedeutung kommt dem Hören daher als Sinnesmodalität zur Warnung vor unspezifischen und unerwarteten Ereignissen zu. Bei einer visuell eingeschränkten Person oder einem Blinden übernimmt der Hörsinn einen deutlich höheren Anteil der Informationsbeschaffung als bei normal Sehenden.

2.2.2.1 Funktionsweise des Hörens

Das menschliche Gehör übernimmt im Wesentlichen zwei Funktionen. Dies ist Erstens das Wahrnehmen von Schallsignalen sowie Signalfunktionen und Zweitens die Lokalisation von Schallquellen. Die Wahrnehmung von Schallsignalen umfasst die Rezeption von Tonhöhen und Lautstärken, während unter Signalfunktionen der inhaltliche und verhaltensbeeinflussende semantische Charakter akustischer Wahrnehmung verstanden wird. Gegenstand dieser informationsbezogenen Komponente sind neben akustisch basierten Warnfunktionen (z.B. Schreckreflex) auch der Kontakt zu anderen Menschen anhand Sprache und Musik.

Unter der Lokalisation von Schallquellen werden mit dem Richtungs- und Entfernungshören zwei basale Subfunktionen subsummiert, die die geometrische Relation von Schallquelle und wahrnehmender Person zum Gegenstand haben. Die nachfolgenden Abschnitte betrachten die angesprochenen Funktionen näher.

Wahrnehmung von Schallsignalen

Physikalisch betrachtet ist jeder Ton, jedes Geräusch ein Schallereignis, welches aus mechanischen Schwingungen in einem elastischen Medium besteht. Treten diese Schwingungen im Hörbereich des Menschen auf, spricht man von Hörschall. Trifft ein Schallereignis auf das menschliche Ohr, wird eine Ereignisfolge in Gang gesetzt, welche zu einem Hörereignis wird und unterschiedliche Empfindungen auslösen kann. So stört

beispielsweise ein physikalisch leises Geräusch wie das Tropfen eines Wasserhahns tagsüber kaum. Nachts wird das gleiche Geräusch als störende Lärmquelle empfunden.

So wird aus dem physikalischen Schallereignis und der menschlichen Bewertung des Hörereignisses eine Hörwahrnehmung. Zur rein physikalischen Qualität der Schwingung kommt also die psychologische Bewertung hinzu. Insofern ist für die meisten Schallereignisse eine rein physikalische Beschreibung nicht erschöpfend, sondern muss um die psychologische Komponente erweitert werden. Dies impliziert insbesondere, dass physikalisch sehr ähnliche Schallereignisse durchaus unterschiedliche Empfindungen und damit Verhaltenskonsequenzen ausweisen können. Die Berücksichtigung dieser Zusammenhänge in der technischen Akustik hat zur Entwicklung der Psychoakustik als eigenem Fachgebiet geführt.

Die Entstehung eines Hörereignisses beginnt mit dem Auftreffen einer Luftdruckschwankung (Schallwelle) auf das menschliche Ohr (Abbildung 2-6), genauer das äußere Ohr. Die hier eintreffenden Schallwellen versetzen das Trommelfell in Schwingung, welches gleichzeitig die Grenzfläche zwischen dem äußeren und dem Mittelohr darstellt. Das äußere Ohr besitzt neben der Schutzfunktion für das Mittel- und Innenohr auch die Aufgabe, bestimmte Frequenzen (2000 – 4000Hz) leicht zu verstärken (Goldstein, 2001).

Die Schallwellen werden vom Trommelfell über die drei Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß und Steigbügel) zum Innenohr weitergeleitet. Zusätzlich gibt es den Musculus stapedius der den eintreffenden Schall dämpfen kann und das Innenohr vor Schädigungen schützt. Im Gegensatz zum äußeren- und Mittelohr ist das Innenohr nicht mit Luft, sondern mit einer wässrigen Flüssigkeit gefüllt. Eigentlich würde es durch die unterschiedlichen Dichten zu Informationseinbußen kommen. Hierzu übernehmen die Gehörknöchelchen zwei wichtige Aufgaben. Zum einen steigern sie durch die Flächenverringern der Schallwelle vom Trommelfell zum Steigbügel den Druck pro Fläche und zum anderen verstärken sie aufgrund ihrer Funktionsweise nach dem Hebelprinzip die Schwingung um den Faktor 1:3 (Goldstein, 2001). Sie bringen durch das sogenannte Ovale Fenster

die wässrige Flüssigkeit im Innenohr in Schwingung.

In der Flüssigkeit des Innenohrs selbst entsteht eine Wanderwelle. Das Innenohr (Cochlea oder Schnecke) hat die Form eines aufgewickelten Bogenganges. In der Mitte des Schneckenquerschnittes ist die Basilarmembran angeordnet. Die Basilarmembran wird somit beidseitig von der Flüssigkeitswelle umströmt, zunächst auf deren Weg zum Mittelpunkt und dann wieder zurück. Die Basilarmembran ist mit äußeren (Hinweg) und inneren (Rückweg) Haarzellen besetzt. Sie stellen die eigentlichen Rezeptorzellen dar (Mrowinski, et al., 2006).

Die Haarzellen werden durch die ankommenden mechanischen Schwingungen ausgelenkt und stimulieren dadurch Nervenendigungen, welche die mechanische Schwingung amplituden- und frequenzabhängig in elektrische Nervenimpulse umgewandelt. Die Reizweiterleitung erfolgt über den Hörnerv zur Verarbeitung im auditiven Cortex und führt schließlich zur Bewusstwerdung des Schallereignisses (Goldstein, 2001) (Gerrig, et al., 2008) (Zeller, 2009).

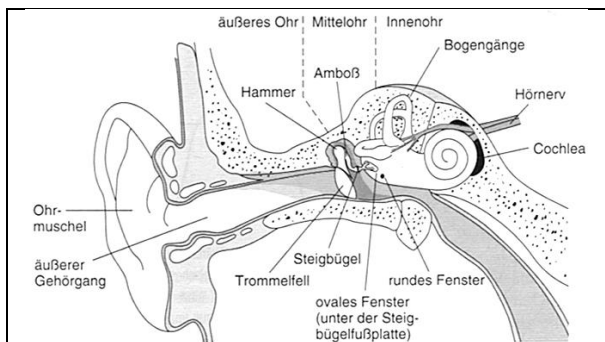


Abbildung 2-6: schematische Darstellung des Ohrs (Goldstein, 2001 S. 322)

Die einer Wahrnehmung zugrunde liegenden Töne und Geräusche lassen sich physikalisch als Schallwellen und damit bewegte Schwingungen beschreiben. Die physikalischen Merkmale, die unter anderem einen Einfluss auf die Schallwelle haben sind die Frequenz und der Schalldruckpegel (Schallpegel). Die Amplitude ist die maximale Auslenkung einer sinusförmigen Wechselgröße und beschreibt bei der Schallwelle die Stärke (Lautstärke). Der Schalldruckpegel dient zur Beschreibung der Lautstärke und ist das logarithmische Verhältnis des momentanen Schalldrucks zur menschlichen Hörschwelle. Das Maß für den

Schalldruckpegel ist Dezibel (dB). Die Frequenz wird definiert durch die Anzahl von Schwingungen in einer Sekunde und in Hertz (Hz) angegeben. Die Frequenz einer Schallwelle bestimmt die Tonhöhe.

Die für den Menschen wahrnehmbaren Luftschallwellen liegen innerhalb gewisser Frequenz- und Schalldruckbereiche. So liegt der Hörbereich (Abbildung 2-7) des Menschen zwischen 16Hz und 20.000Hz, die abhängig vom Schalldruckpegel unterschiedlich laut gehört werden (Birbaumer, et al., 1999). Um beispielsweise einen 20Hz Ton zu hören, muss der Ton einen Schallpegel von 80dB (SPL) besitzen. Am empfindlichsten ist der Mensch im Bereich von 400Hz bis 3.000Hz, welcher gleichzeitig dem Gesprächsbereich entspricht. Hier genügt ein Schalldruckpegel von 10dB, um eine relevante Wahrnehmung möglich werden zu lassen. Zu den höheren und tieferen Frequenzen nimmt die Empfindlichkeit deutlich ab.

Der Hörschwellenbereich, welcher den menschlichen Hörbereich nach unten abgrenzt, ist somit stark von der Frequenz abhängig. Die obere Grenze des Hörbereichs, die Schmerzgrenze ist charakterisiert durch den Luftschalldruck von 100Pa bei 1000Hz und entspricht einem Schalldruckpegel von 134dB (SPL) (Zeller, 2009).

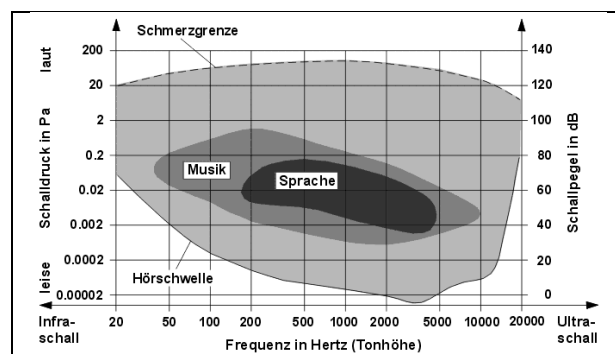


Abbildung 2-7: Hörbereich des Menschen (Baumüller, et al.)

Lokalisation von Schallquellen

Unter Lokalisation wird das Erkennen von Richtung und Entfernung einer Schallquelle verstanden. Eine Schallquelle im Raum wird beide Ohren reizen, allerdings werden die Ohren dabei unterschiedlich stimuliert. Aufgrund von Laufzeit- und Intensitätsdifferenzen (interaurale Zeit- und Pegeldifferenz) des Hörens der beiden Ohren, wird

die Richtung bestimmt, aus welcher der Schall auftritt.

Die interaurale Zeitdifferenz beschreibt den Unterschied der Laufzeiten vom rechten zum linken Ohr. So muss eine vom Hörer seitlich rechts ausgehende Schallwelle eine längere Strecke zum linken Ohr des Hörers zurücklegen. Gleichzeitig wird es am linken Ohr im Vergleich zum rechten Ohr zu unterschiedlichen Intensitäten kommen, vor allem dann, wenn ein hochfrequenter Ton (über 1000Hz) ausgesendet wird. Bei hochfrequenten Tönen wirkt der Kopf zwischen den Ohren wie ein „Schatten“ und vermindert dadurch die Intensität der Schallwelle (Goldstein, 2001). Diese Unterschiede der interauralen Pegeldifferenz werden ergänzt durch charakteristische Veränderungen in der spektralen Zusammensetzung des Schalls im Vergleich zwischen zu- und abgewandtem Ohr (Blauert, et al., 2009). Hierbei liefert die Ohrmuschel ebenfalls Informationen zur Lokalisation. Ihre asymmetrische Form reflektiert mehrfach die verschiedenen Frequenzen des Schallereignisses und ergänzt die Lokalisationsinformationen.

Der Aspekt der Entfernungserkennung einer Schallquelle wird einerseits durch die Klangfärbung beeinflusst, die der Schall durch Resonanz und Reflexion am Kopf und an der Ohrmuschel erfährt (Birbaumer, et al., 1999). Hinzu kommen gedächtnisbasierte Prozesse, die aus Lernprozessen bekannte typische Lautstärken von Objekten in bestimmten Entfernungen mit der gehörten Lautstärke vergleichen und darüber ein Urteil zur Entfernung erlauben.

Die Bestimmung der Entfernung einer Schallquelle ist daher sehr stark abhängig vom Vorkenntnisstand einer Person, zusätzlich aber auch von der Hörumgebung. Hierzu gehören störende oder gar maskierende Umgebungsgeräusche genauso wie die materiellen akustischen Eigenschaften der Umgebung, z.B. absorbierender Hindernisse. Hinzu kommt, dass im Gegensatz zum Richtungshören das Entfernungshören wenig erforscht ist, es kann jedoch im Vergleich zur visuell gestützten Entfernungsschätzung als weniger präzise angesehen werden.

Wahrnehmung von Signalfunktionen

Unter Signalfunktionen wird der inhaltliche und verhaltensbeeinflussende, zumeist semantische Charakter akustischer Wahrnehmung verstanden. Hierzu zählen akustisch basierte Warnfunktionen (z.B. Schreckreflex), aber auch der Kontakt zu anderen Menschen anhand Sprache und Musik.

Akustische Ereignisse erfahren während ihrer Wahrnehmung eine Bewertung. Bis auf ganz wenige Schallereignisse (z.B. weißes Rauschen) erfolgt beim Hören automatisch eine Bedeutungsverknüpfung, die unteilbarer Bestandteil der akustischen Wahrnehmung ist. Die Bedeutung lässt sich anhand biologischer Funktionen, wie etwa beim Schreckreflex, weiterhin anhand psychologischer Qualitäten (Angenehmheit, Verhaltenskonsequenzen) einordnen.

Zu den angeborenen biologischen Wirkungen auf zumeist eher laute Schallereignisse gehören unbewusste Reaktionsmuster, die je nach Organismus Flucht und Kampfbereitschaft vorbereiten (Schreckreflex), sich aber auch als Lähmung bis zum simulierten Tod (Todstellreflex) ausprägen können. Vor allem unerwartete und laute Schallereignisse können beim Menschen Schreck- und Orientierungsreaktionen auslösen, die im Straßenverkehr als „Schrecksekunde“ bekannt sind.

Die interessierte Zuwendung der Aufmerksamkeit zu einem schallverursachenden Objekt ist eine wichtige Funktion akustischer Wahrnehmung. Akustische Sensationen der Umgebung sind in der Lage, eine Orientierung der Person auf sich zu ziehen. Diese Funktion akustischer Wahrnehmung ist im Sinne der Gefahrenabwehr und damit der Verkehrssicherheit sehr grundlegend, da aufgrund des begrenzten Gesichtsfeldes nicht die gesamte Verhaltensumwelt visuell abgebildet werden kann.

Akustische Attraktion kann je nach akustischer Intensität bewusst beeinflusst werden. Während eine Hinwendung zu relativ leisen Ereignissen unterdrückt werden kann, erzwingen entsprechende reflexartige Reaktionen auf laute Ereignisse eine Aufmerksamkeitszuwendung, ohne dass sich die wahrnehmende Person dagegen verschließen kann.

Dieser Aufmerksamkeitseffekt wird in der Gestaltung technischer Warnsignale, z.B. im Arbeitsschutz genutzt. Gegenstand entsprechender Forschung dazu sind die wahrgenommene Dringlichkeit verschiedener Warntöne, die damit assoziierte Verhaltensaufforderung sowie psychoakustische Einflüsse auf den Aufmerksamkeits-effekt. Letzterer ist beispielsweise abhängig von der Frequenz, der Kombination mehrere Frequenzen (z.B. Auf und Ab) und ihrer Regelmäßigkeit.

Insgesamt lässt sich das Hören somit als eine komplexe Wahrnehmung auf der Basis von Schallereignissen charakterisieren. Hören stellt einen bedeutsamen Anteil verhaltensrelevanter Informationen zur Verfügung. Es ist zudem mit einigen sicherheitsbezogenen Reaktionen des Menschen als Organismus in seiner Umwelt assoziiert. Wie bei allen Funktionen können jedoch aus verschiedensten Gründen Störungen auftreten.

2.2.2.2 Funktionsstörungen des Hörens

Ein Mensch gilt in Deutschland als schwerhörig, wenn er einen Hörverlust von mehr als 20% aufweist. Als hochgradig schwerhörig wird eine Person mit Hörverlust von mehr als 60% bezeichnet, ab einem Hörverlust von 80% ist eine Person als an Taubheit grenzend einzustufen (Grehl, 2004). Bei einem vollständigen Gehörverlust wird von Taubheit gesprochen. Für den Stand des Jahres 2007 wurden vom statistischen Bundesamt über ihren Schwerbehindertenausweis 292.580 Personen als Schwerhörige und Taube erfasst (Destatis [b], 2009).

Die Störungen der akustischen Wahrnehmung können auf allen oben bereits umrissenen Etappen des Weges vom physikalischen Reiz bis zur psychologischen Empfindung auftreten. Es werden Funktionsstörungen während des Weiterleitung der Information als Schallwelle (Schallleitungsschwerhörigkeiten) unterscheiden von solchen, die während der Fortpflanzung als Flüssigkeitsschwingung oder deren Umsetzung in Nervenimpulse auftreten (Schallempfindungsschwerhörigkeiten). Schließlich können auch Störungen im Bereich der kortikalen Verarbeitung, beispielsweise durch Läsionen infolge von Hirnschädigungen auftreten.

Schallleitungsschwerhörigkeiten

Bei einer Schallleitungsschwerhörigkeit werden die über das Trommelfell ankommenden Schallwellen vom Mittelohr nicht richtig an das Innenohr weitergeleitet (Goldstein, 2001). Die Ursachen hierfür sind vielgestaltlich. Typisch ist beispielsweise die Ansammlung eitriger Flüssigkeit aufgrund einer Entzündung. Jedoch kann auch eine verstärkte Ohrenschmalzbildung oder die Versteifung der Gelenke der Gehörknöchelchenkette vorliegen.

Weiterhin können angeborene Schallleitungsstörungen oder Tumore im Gehörgang bzw. im Mittelohr Ursache dafür sein, dass die Schallsignale leiser wahrgenommen werden. Schallleitungsprobleme beeinflussen vor allem die Quantität, weniger die Qualität der Signale. Alle Tonhöhen werden gleichartig beeinflusst. So bleibt beispielsweise die Verständlichkeit des Gesprochenen weitgehend erhalten.

Bei einigen dieser Beeinträchtigungen handelt es sich um zeitweise Funktionseinschränkungen, die durch Heilungsprozesse Besserung erfahren können. Oftmals kann das Hörvermögen bei Schallleitungsschwerhörigkeiten mit technischen Hörhilfen ausgeglichen oder zumindest gebessert werden. In einigen Fällen sind aber auch medizinische Eingriffe möglich und notwendig, um das Hörvermögen teilweise oder ganz wiederherzustellen.

Schallempfindungsschwerhörigkeiten

Bei einer Schallempfindungsschwerhörigkeit handelt es sich um eine Schädigung oder Funktionsschwäche meist des Innenohrs, seltener des Hörnervs oder des Gehirns. Bei dieser Form der Schwerhörigkeit werden die Schallsignale relativ gut empfangen, jedoch die Übersetzung in eine Wahrnehmung gelingt nicht oder nicht mehr vollständig.

Typische Krankheitsbilder umfassen den Hörverlust ausgewählter Schallfrequenzen, beginnend mit den hohen Tönen. Beispielhaft seien hier Knall- oder Explosionstraumata, Infektionskrankheiten im Bereich des Innenohrs sowie Altersschwerhörigkeit, Lärmschwerhörigkeit und Erkrankungen der Hörnerven benannt. Angeborene Fehlbildungen oder Störungen des

Innenohrs wiederum können sehr vielfältige Ursachen und Konsequenzen aufweisen.

Diesen Erkrankungen gemeinsam ist die unterschiedlich starke Beeinträchtigung verschiedener Frequenzbereiche. So ist es möglich, dass einzelne Töne nicht oder nur vereinzelt gehört werden. Im Gegensatz zur Schallleitungsschwerhörigkeit ist die Lautstärke der verbleibend hörbaren Tonbereiche nahezu normal.

Schallempfindungsprobleme äußern sich somit in einem deutlichen Qualitätsverlust des Hörens. Bei oft ausreichender Quantität ist die Qualität des Gehörten meist nicht ausreichend, um das Gehörte auch verstehen zu können. Diese Form der Schwerhörigkeit, manchmal als „Fehlhörigkeit“ bezeichnet, kann nur zum Teil oder gar nicht durch technische Hilfen verbessert werden. Auch medizinische Hilfen (Operation) führen zumeist kaum Besserung herbei.

Weitere Beeinträchtigungen des Hörens

In dieser Kategorie sind komplexe Beeinträchtigungen zu nennen wie beispielsweise kombinierte Schallleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeit oder Tumore des Hörnervs. In diese Kategorie fällt auch der Tinnitus, der sich durch subjektiv sehr stark störende Geräusche aus dem eigenen Ohr auszeichnet und damit das allgemeine Hörvermögen wie auch das Wohlbefinden erheblich beeinträchtigen kann (Birbaumer, et al., 1999).

2.2.3 Haptik

Der Tastsinn und damit die haptische Wahrnehmung vermittelt die Wirkung mechanischer Reize auf die Körperoberfläche. Über diese Funktion generiert die Haptik indirekt weiterhin Informationen über die Beschaffenheit von Gegenständen, beispielsweise beim Abtasten mit der Hand (Beyer, et al., 2001).

Die haptische Wahrnehmung spielt für normalsehende Personen eine eher untergeordnete Rolle, sie nehmen 1,5 Prozent der Informationen aus der Umwelt haptisch wahr. Allerdings erfährt der Tastsinn, ähnlich wie auch der Hörsinn, bei Sehbehinderten und insbesondere bei blinden Menschen eine besondere und damit deutlich größere Bedeutung.

Blinde nehmen beispielsweise geschriebene Informationen über die Brailleschrift (Punktschrift) auf und im öffentlichen Verkehrsraum hilft ihnen bei der Informationsbeschaffung der Lang- oder Blindenstock (Taststock). Mit ihm tasten sie ihre nähere Umgebung ab. Besondere bauliche Maßnahmen, wie z.B. Blindenleit- oder Orientierungstreifen schaffen hier Möglichkeiten zur Orientierung und erleichtern unabhängige Mobilität (Rosburg, 2001) (DIN 32984).

Die sogenannten Bodenindikatoren erfüllen für Sehende oft nur die Funktion eines Warnstreifens am Bahnsteig. Für Sehbehinderte und Blinde stellen sie eine basale Orientierungshilfe dar. Wenn der Taststock die Streifen der Bodenplatte erfasst, wird dem sehgeschädigten Fußgänger neben einer taktilen auch eine akustische Rückmeldung zur Verfügung gestellt. Diese Rückmeldungen geben dem Betreffenden Informationen über bestimmte Richtungen.

Integrierte Aufmerksamkeitsfelder bieten die Möglichkeit der Richtungsänderung (Abbildung 2-8). Zusätzlich zur taktilen und akustischen Wahrnehmbarkeit besitzen diese Platten einen weiteren Vorteil. Für Personen mit einem Sehrest stellen sie auf Grund ihrer benachbarten Anordnung zu stark kontrastierenden Platten eine visuell Orientierungshilfe dar.

Bauliche Maßnahmen zur Erschließung des öffentlichen Raumes durch sehbehinderte Personen entsprechen den Forderungen des „Zwei-Sinnes-Prinzips“. Gemäß dieses Ansatzes sollen relevante Umgebungsinformationen durch mindestens zwei der drei Sinne Sehen, Hören oder Tasten wahrnehmbar sein (Boenke, et al., 2010).

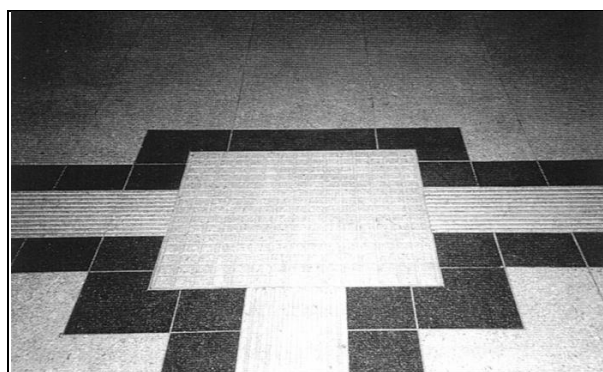


Abbildung 2-8: Blindenleistreifen mit Aufmerksamkeitsfeld (Rosburg, 2001)

3 Fahrzeuge

Kraftfahrzeuge sind maschinell angetriebene Fortbewegungsmittel, die zur Beförderung von Personen oder Gütern dienen und am Verkehr auf der Straße (nicht schienengebunden) teilnehmen. Hierzu zählen z.B. Motorräder, Personenkraftwagen oder Nutzfahrzeuge, nach §24 StVO nicht zugehörig sind z.B. Kinderwagen, Roller, Kinderfahrräder oder Inline-Skates.

Kraftfahrzeuge werden nach der Economic Commission of Europe (ECE) in Fahrzeugklassen (L-O) eingeteilt. Oftmals werden Sie aber hinsichtlich ihrer verwendeten Technik bzw. Hauptbaugruppen wie Antriebskonzept (Motor), Fahrwerkskonzept, Aufbauten (Karosserie) oder Fahrzeugelektrik/-elektronik unterschieden (Haken, 2008).

Bezüglich der Art der Bereitstellung für den Antrieb benötigten Fahrenergie (Antriebskonzept) werden Fahrzeuge in drei Gruppen eingeteilt. Dies sind konventionelle Antriebe mit dem Verbrennungsmotor, weiter Hybrid- und schließlich Elektroantrieb. Die benötigte Fahrenergie (Kraftstoff) wird aus endlichen (Erdöl), alternativ endlichen (Erdgas, Kohle) oder alternativ erneuerbaren, übereinstimmend als unerschöpflichen (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse) Energiequelle nutzbar gemacht (Hurtig, et al., 2010).

Die herkömmlichen Verbrennungsmotoren werden meistens mit dem Kraftstoff Benzin, gefolgt von Diesel betrieben. Zunehmend finden auch alternative Kraftstoffe wie z.B. Erdgas, Autogas, Wasserstoff, Methan, BtL-Kraftstoff (Biomass to Liquid) oder pflanzliche Öle Ihre Anwendung als Kraftstoff.

Als alternative Antriebskonzepte sind solche anzusehen, die entweder ganz oder zumindest teilweise auf den Antrieb durch einen Verbrennungsmotor verzichten. Hier sind die beiden Arten Hybrid- und Elektroantrieb einzuordnen. Somit ergeben sich zahlreiche Untergliederungsmöglichkeiten und Spezifikationen innerhalb der alternativen Antriebskonzepte, die nicht immer vollständig voneinander abzugrenzen sind (Hurtig, et al., 2010)(Umweltbundesamt, 2010).

3.1 Merkmale alternativ angetriebener Fahrzeuge

Als Fahrzeuge mit einem alternativen Antriebskonzept sind solche mit Hybrid- oder Elektroantrieb anzusehen. Sie werden auch häufig mit dem Überbegriff Elektromobilität zusammengefasst.

Der Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung vom August 2009 setzt das Ziel, „eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 auf Deutschlands Straßen“ und „über fünf Millionen in 2030“ (S. 46f). Diese Ziele werden im Energiekonzept vom November 2010 nochmals bekräftigt bzw. konkretisiert: „sechs Millionen bis 2030.“ (S. 24). Die von der Bundesregierung ins Leben gerufene und mit der Entwicklung von Vorschlägen für geeignete Maßnahmen beauftragte „Nationale Plattform Elektromobilität“ (NPE) kommt in ihrem Zwischenbericht zu dem Schluss, dass „Wege aufgezeigt werden [sollen], der Elektromobilität mit zunächst 1 Million Elektrofahrzeugen bis 2020 auch in Deutschland zum Durchbruch zu verhelfen“ (S. 12).

3.1.1 Einteilung alternativer Antriebskonzepte

Ein Fahrzeug mit einem Hybridantrieb (Hybridfahrzeug, engl.: hybrid vehicle (HV)) besitzt nach Definition der UNO mindestens zwei Energieumwandler und zwei Energiespeichersysteme welche das Fahrzeug antreiben (UN/ECE, 2011). Als Energieumwandler wird mindestens ein elektrischer Motor in Kombination mit einem Verbrennungsmotor (engl.: internal combustion engine (ICE)) verwendet. Als Energiespeichersysteme dienen Kraftstofftank und Batterie. Wann und in welchen Situationen das eine oder andere Antriebssystem verwendet wird, ist zumeist automatisch gesteuert und abhängig von Faktoren wie der Geschwindigkeit, dem Füllstand der Batterie oder der Motorlast.

Hybridfahrzeuge werden nach ihrer Bauweise in parallele und serielle Hybride unterteilt, zudem ergeben sich Mischformen aus beiden (Bady, et al., 2000). Bei der parallelen Variante wirken Verbrennungsmotor und Elektromotor gemeinsam auf einen Antriebsstrang. Die beiden Antriebe können gemeinsam oder unabhängig voneinander betrieben werden. Der parallele Hybridantrieb ist eher am konventionellen Fahrzeugkonzept

orientiert. Bei der seriellen Variante dient der Verbrennungsmotor dem Antrieb des elektrischen Generators für den Elektromotor. Damit ist diese Bauweise dem Elektrofahrzeugkonzept näher.

Hybridfahrzeuge können auch nach ihrer Anwendung im Grad der Elektrifizierung unterschieden werden. Unter diesem Gesichtspunkt werden Fahrzeuge als Mikro-, Mild- oder Vollhybrid unterschieden (SMMT, 2010). Im Gegensatz zum Mildhybrid ist ein Vollhybrid in der Lage einige Strecken rein elektrisch zurückzulegen. Bei den drei genannten Anwendungen ist jedoch kein direkter Netzanschluss möglich.

Erst durch die Erweiterung der Hybridtechnik zum Plug-in Hybridfahrzeug (engl.: plug-in hybrid vehicle (P-HV) oder plug-in hybrid electric vehicle (P-HEV)) ist ein Netzanschluss möglich. Diese Fahrzeuge versorgen sich mit Energie, indem die Batterie nicht mehr ausschließlich durch den Verbrennungsmotor geladen wird, sondern zusätzlich am Stromnetz aufgeladen werden kann.

Die Netzanschlussfähigkeit trennt Hybrid- und Elektrofahrzeug recht gut voneinander ab, allerdings wurde mit den Plug-in Hybriden eine Zwischengruppe geschaffen. In der Literatur ist daher häufig der Begriff „hybrid electric vehicle“ (HEV) zu finden ist, um allen Fahrzeugen gerecht zu werden.

Fahrzeuge, die eine hundertprozentige Netz-anbindung benötigen werden als Elektrofahrzeuge (engl.: electric vehicle (EV)) geführt. Ausschließlich durch eine Batterie wird elektrische Energie zum Antrieb des Elektromotors zur Verfügung gestellt (engl.: pure-electric vehicle (PEV) oder battery electric vehicle (BEV)) (SMMT, 2010).

In die Gruppe der Elektrofahrzeuge werden auch Elektrofahrzeuge mit verlängerter Reichweite

(engl.: extended-range electric vehicle (E-REV)) eingeordnet. Sie fahren bei geladener Batterie rein elektrisch, besitzen jedoch zusätzlich einen meist per ICE angetriebenen Generator, der die Batterie nachlädt und somit eine größere Reichweite zur Verfügung stellt (Tate, et al., 2008). Dieses Konzept gleicht daher weitestgehend dem oben angesprochenen seriellen Hybrid (VDA, 2001).

Neben Hybrid- und Elektrofahrzeugen gibt es einen weiteren Fahrzeugtyp, der zu den alternativen Antrieben (allg. Elektromobilität) zugeordnet werden kann. Es handelt sich um Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzellentechnologie (engl.: fuel cell electric vehicle (FCEV)). Die Brennstoffzelle ist ein Energieumwandler und stellt die elektrische Energie für den Elektroantrieb zur Verfügung. Daher werden diese Fahrzeuge teilweise als eigene Gruppe geführt, teilweise zu den Elektrofahrzeugen oder zu den seriellen Hybriden gezählt.

3.1.2 Anteil alternativen Antriebskonzepte im Bestand

Derzeit sind Elektro- und Hybridfahrzeuge noch relativ selten in Straßenbild zu sehen, obwohl der Anteil in den vergangenen 5 Jahren in Deutschland schon zugenommen hat. Der Kraftfahrzeugbestand in Deutschland zum 01. Januar 2011 beträgt nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes 50,9 Millionen Kraftfahrzeuge. Davon sind 42,3 Millionen Personenkraftwagen (PKW). Diese werden größtenteils mit Benzin (72,1%) oder Diesel (26,6%) angetrieben. Lediglich ein kleiner Anteil von 0,1 Prozent ist mit einem Elektro- oder Hybridantrieb im oben umschriebenen Sinne unterwegs (siehe Tabelle 3-1). Somit befinden sich zum derzeitigen Stand unter 10.000 Fahrzeugen etwa 10 Fahrzeuge mit Elektro- oder Hybridtechnologie (KBA, 2011).

Antriebsart	Stand: 01. Jan. 2006		Stand: 01. Jan. 2011	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
PKW (insgesamt)	46.090.303	100,00%	42.301.563	100,00%
Benzin	35.918.697	77,93%	30.487.578	72,07%
Diesel	10.091.290	21,89%	11.266.644	26,63%
Flüssiggas	40.585	0,09%	418.659	0,99%
Erdgas	30.554	0,07%	71.519	0,17%
Elektro	1.931	0,00%	2.307	0,01%
Hybrid	5.971	0,01%	37.256	0,09%

Tabelle 3-1: Kraftfahrzeugbestand in Deutschland nach Kraftstoffen (KBA, 2011)

Insgesamt wird mit einem signifikanten Anstieg der Marktpräsenz erst ab 2015 gerechnet (VCÖ-Forschungsinstitut, 2009). Im nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität setzt es sich die Bundesrepublik zum Ziel, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren (VDI/VDE-IT, 2009). Diese Anzahl entspräche einem Anteil von ca. 2% der Fahrzeugflotte.

Für Europa wird der Anteil von Elektro- und Hybridfahrzeugen im Jahr 2020 auf 3-14% geschätzt, nach dem VCÖ-Forschungsinstitut (2009) ist für Europa mit einem Elektrofahrzeuganteil von 10% im Jahr 2020 zu rechnen. Für das Jahr 2030 wird ein Anteil von 12 bis 16% angenommen. Einige optimistische Prognosen sagen Anteile von bis zu 31% im Jahr 2030 vorher (Enerdata, 2009) zitiert nach (VCÖ-Forschungsinstitut, 2009).

3.2 Chancen und Risiken von alternativen Antrieben

Chancen alternativer Antriebskonzepte von erheblicher Bedeutung beziehen sich auf die Mobilität sowie den Klima- und Umweltschutz. Es werden neben vielen weiteren Zielen der Energieverbrauch, die Verringerung der CO₂- und Feinstaubemissionen diskutiert (VDI/VDE-IT, 2009) (Beckmann, 2010).

Weiterhin kann Elektromobilität mit seinen geräuscharmen Antriebskonzepten einen erheblichen Beitrag zur Lärminderung leisten (WHO, 2011), (Belojevic, et al., 1997). Die Lärmbelastung im Straßenverkehr soll bis zum Jahr 2020 um bis zu 30% reduziert werden (BMVBS, 2011).

Die benannten Chancen werden von bedeutsamen Herausforderungen begleitet (VDI/VDE-IT, 2009). Diese umfassen beispielsweise die Batteriesysteme, die Netzintegration und die Sicherheit (Pester, et al., 2009), (Malorny, 2009), (SMMT, 2010).

Neben der Fahrzeugtechnik und des alltäglichen Gebrauchs werden zu alternativ angetriebenen Fahrzeugen auch Fragen der Sicherheit diskutiert. Ein Gegenstand sind etwa Fragen der Betriebssicherheit des notwendigen Hochvoltbordnetzes im Normalbetrieb und insbesondere bei einem Unfall (Seeck, 2010).

Ein ebenfalls diskutierter Aspekt beschäftigt sich mit der Geräuschemission von alternativ getriebenen Fahrzeugen. Hybrid- und Elektrofahrzeugen emittieren insbesondere bei niedrigen Geschwindigkeiten geringere Fahrzeuggeräusche. Eine viel diskutierte Konsequenz dieser „leisen Fahrzeuge“ ist ein daraus abgeleitetes höheres Unfallrisiko für Fußgänger und Radfahrer.

Insbesondere Blinden- und Sehbehindertenorganisationen kommunizieren ihre Bedenken bezüglich einer Verringerung der Fußgängersicherheit, z.B: National Federation of the Blind (2011). Sie befürchten, dass ihnen nicht mehr ausreichend akustische Informationen zur unabhängigen Mobilität im Straßenverkehr zur Verfügung gestellt werden und daraus eine erhöhte Gefahrenlage für sie und anderen Fußgänger resultieren könnten (weitere (NFB, 2003) (NFB, 2006) (Nuckols, 2007) (Simpson, 2008) (Mauer, 2008) (Rosenblum, 2008) (NFB, 2008) (Whoriskey, 2009) (Claus, 2011)).

Im Fazit der Betrachtungen stehen erhebliche Chancen alternativer Antriebskonzepte allgemein und der Elektromobilität im speziellen. Die aufgezeigten Risiken sind Anlass für umfangreiche Forschungsleistungen. Die vorliegende Forschungsarbeit beschäftigt sich explizit mit dem letzten angesprochenen Bereich der Geräuschemission, für den die als sehr positiv zu bewertenden Effekte verminderter Lärmbelastung in den Städten und Gemeinden der Befürchtung verminderter Fußgängersicherheit zumindest teilweise gegenüber stehen.

Diese Aspekte werden im weiteren Verlauf unter verschiedenen Gesichtspunkten diskutiert, das direkt nachfolgende Kapitel geht auf die Fahrzeugaußengeräusche ein. Die von Fahrzeugen emittierten Geräusche stehen äußeren Verkehrsteilnehmern als eine von mehreren Informations- und Interaktionsgrundlagen zur Verfügung.

3.3 Fahrzeuggeräusche

Als wesentliche Bestandteile des Fahrzeugaußengeräusches sind die Teilschallquellen Antriebsgeräusch und Fahrgeräusch (Rollgeräusche) zu benennen. Das Antriebsgeräusch bei Verbrennungsmotoren setzt sich wiederum zusammen aus den Geräuschen der Ansauganlage, des Verbrennungsprozesses, des

Getriebes und des Schalldämpfers. Fahrgeräusche bestehen im Wesentlichen aus den Abrollgeräuschen der Reifen und den Windgeräuschen.

Das Reifen/Fahrbahn-Geräusch wird ab einer Geschwindigkeit von ca. 30-40km/h dominant, davor sind die maßgeblichen Fahrzeuggeräusche die Antriebsgeräusche (Zeller, 2009). Einflussfaktoren, die das Fahrzeugaußengeräusch beeinflussen sind zum Beispiel Verkehrsanteil, Fahrzeuggewicht, Witterungsbedingungen, Fahrverhalten (individueller Fahrstil), Fahrbahnart (Fahrbahnbelag) sowie Reifenart und Reifen/Fahrbahn-Kombination (Zeller, 2009) (Bietenbeck, 2009).

Aufgrund des hohen Anteils der Lärmbelastigung durch den Verkehr waren bisher Obergrenzen der Fahrzeugaußengeräusche Gegenstand der gesetzlichen Regelungen und Betrachtungen. Das maximale Fahrzeugaußengeräusch wird nach der ISO 362 ermittelt und begrenzt. Der derzeitige gesetzliche Typprüfwert darf 74dB(A) nicht überschreiten (Zeller, 2009).

Da das existierenden Messverfahren das Fahrprofil des täglichen Verkehrs nur unzureichend wiedergibt, wird eine Änderung des Verfahrens bereits erarbeitet. Dieses soll das tatsächliche Fahrverhalten eher wiedergeben (Bietenbeck, 2009). Als Ausblick werden von *Bietenbeck* (2009) realistische Untergrenzen des maximalen Fahrzeuggeräusches je nach Fahrzeugkonzept und Reduzierung der Reifengeräusche von 65-67 dB(A) mit dem neuem Verfahren angegeben. Dennoch wird auch die Neufassung nur die max. Fahrzeuggeräusche regeln.

Nach Diskussionen um das Thema möglicherweise eingeschränkter Verkehrssicherheit aufgrund besonders leiser Hybrid- und Elektrofahrzeuge wurde eine Expertengruppe der UNECE für „leise Fahrzeuge“ ins Leben gerufen. Die Informal Group on Quiet Road Transport Vehicle (QRTV) widmet sich dieser komplexen Fragestellung minimaler Fahrzeuggeräuschforderung. Minimale Geräuschforderungen an Fahrzeuge mit alternativem Antrieb sollen eine Wahrnehmbarkeit gewährleisten. Ein bereits absehbar großer Einfluss kommt auch hier der Berücksichtigung der akustischen Umgebungssituation zu.

Vor dem Hintergrund der Wahrnehmbarkeit und geringen Geräuschemission von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb wurden eine Reihe empirischer Untersuchungen in der internationalen Literatur dokumentiert. Es steht zu erwarten, dass sich ihre Anzahl aufgrund der Aktualität der Fragestellung ständig erweitert.

Zum derzeitigen Stand können verschiedene methodische Zugänge unterschieden werden (vgl. Anhang Tab. A 1-1). Dies sind im Wesentlichen Untersuchungen anhand technischer Messungen und Untersuchungen anhand subjektiver Wahrnehmungsurteile von Personen, letztere entweder direkt in realer Verkehrsumgebung oder anhand von Tonaufnahmen im Laborsetting. In Abhängigkeit des gewählten Untersuchungszuganges werden die Ergebnisse zentraler Studien nachfolgend vorgestellt.

Untersuchungen mit vergleichenden technischen Messungen

Wiener et al. (2006) haben Messwerte hinsichtlich der Fahrzeuggeräusche für die Beschleunigung und für die Annäherungsfahrt erhoben. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein Toyota Corolla (ICE) bei der Beschleunigung auf 18mph¹ in 5sec annähernd 8,0dB(A) lauter als ein vergleichbares Hybridfahrzeug (Toyota Prius im ICE-Mode) ist.

Im EV-Mode ist der Toyota Prius bei langsamer Beschleunigung (6mph² in 5sec) ungefähr 17dB(A) leiser als der vergleichbare Toyota Corolla (ICE), dessen mittleres Ausgangsniveau mit 70dB(A) angegeben wird.

Die Ergebnisse lassen die Autoren schlussfolgern, dass normalhörende Personen keine Einschränkungen haben sollten, den Toyota Prius im ICE- oder EV-Mode wahrzunehmen, wohingegen für Personen mit eingeschränkten Hörvermögen Schwierigkeiten für den Toyota Prius im EV-Mode vorhergesagt werden.

Die Fahrzeuggeräusche aus dem Annäherungsversuch von 330ft³ auf 110ft⁴ (Messpunkt: 110ft mit

¹ 18mph = 28,97km/h

² 6mph = 9,7km/h

³ 330ft = 100,6m

⁴ 110ft = 33,5m

30mph⁵) von *Wiener et al.* (2006) des Toyota Prius weisen in angetriebenen Zustand 72,4dB(A) und im rollenden Zustand 72,0dB(A) auf. In beiden Fällen liegen diese Werte über dem des Toyota Corolla mit 70,1dB(A) (angetrieben Zustand) und 69,7dB(A) (rollender Zustand).

Zusätzliche Messwerte in den anderen Entfernungen wurden erhoben. Bei einer Entfernung von 330ft⁶ werden beim Toyota Corolla 8,3dB (2000Hz) über dem Umfeldgeräusch gemessen, bei 198ft⁷ sind es sogar 12,1dB (2000Hz) und bei 110ft⁸ waren es 18,4dB (2000Hz). Für den Toyota Prius wurden etwas geringere Werte von 10dB über Umfeldgeräusch (im 2000Hz-Frequenzband) in einer Entfernung von 198ft gemessen.

Bei einer Geschwindigkeit von 30mph stellen die 198ft Entfernung geradeso einen ausreichenden Bremsweg dar, wenn man Fahrerreaktionszeit und Bremsweg berücksichtigt (Garay-Vega, et al., 2010 S. 18). Zwei der Autoren der Studie von Wiener et al. (2006) fungierten zusätzlich als Testperson und konnten nach eigenen Angaben im gewählten Umfeld trotz verbundener Augen das Fahrzeug (Toyota Prius) selbst im leisesten Zustand bereits in einer Entfernung von 330ft wahrnehmen.

In der NHTSA-Studie (2010) wurden umfangreiche vergleichende Messungen zu den äußeren Fahrzeuggeräuschen bei HEV und den vergleichbaren ICE-Partnerfahrzeugen durchgeführt (Toyota Prius (2010, HEV) – Toyota Matrix (2009, ICE); Honda Civic (2009, HEV) – Honda Civic (2009, ICE); Toyota Highlander (2009, HEV) – Toyota Highlander (2008, ICE)).

Insgesamt wurden 5 Fahrzustände untersucht: Rückwärtsfahren mit 5mph⁹; Abbremsen von 20 auf 10mph; Annäherungsfahrt mit konstanter Geschwindigkeit (6mph¹⁰, 10mph¹¹, 20mph¹², 30mph¹³, 40mph¹⁴); Beschleunigung aus dem

Stand und stationärer Fahrzeugzustand. Die Daten wurden in Anlehnung an die „Measurement of Minimum Noise Emitted by Road Vehicles“ (SAE J2889-1) erhoben.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass beim Rückwärtsfahren mit 5mph die HEVs 7 bis 10dB(A) leiser sind als ihr vergleichbarer ICE. Beim Abbremsen von 20 auf 10mph zeigten sich kaum Unterschiede zwischen den jeweiligen Partnerfahrzeugen. Die Geräusche im stationären Zustand für die beiden Toyota HEVs waren auf Grund des Umfeldgeräusches nicht messbar und können daher als leiser angenommen werden. Der mittlere Schallpegel der anderen Fahrzeuge lag zwischen 46,0 und 48,1dB(A). In der Beschleunigung aus dem Stand fanden sich bedeutsam lautere Fahrzeuggeräusche als in der Konstantfahrt. Weiter wurden keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den HEV- und ICE-Fahrzeugen beim Beschleunigen ermittelt.

Die konstante Annäherungsfahrt mit 6mph weist für die HEV-Fahrzeuge Unterschiede eines 2 bis 9dB(A) geringeren Schallpegels als die vergleichbaren ICE-Fahrzeuge auf. Beim Prius wurde ein mittlerer A-bewerteter Schallpegel (L_{Aeq}) von 44,7dB(A) gemessen, für den Civic Hybrid 49,3dB(A) und für den Highlander Hybrid waren es 53,2dB(A).

Die jeweiligen Messungen der ICE-Fahrzeuge betragen beim Matrix 53,5dB(A), beim Civic 52,0dB(A) und bei Highlander 55,5dB(A). Für die Toyota Prius – Matrix Kombination zeigt sich ein annähernd gleicher Geräuschpegel ab 20mph, bei den anderen beiden Kombinationen stellt sich ein vergleichbares Geräuschniveau bereits ab 10mph ein (siehe Abbildung 3-1).

Zusammenfassend haben die untersuchten HEVs in dieser Studie ein geringeres Geräuschniveau als ihre Vergleichsfahrzeuge mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren (ICEs). Dies gilt insbesondere bei Geschwindigkeiten bis 20mph, darüber gleichen sich die Geräuschniveaus an und Reifen-Fahrbahngeräusche dominieren (Garay-Vega, et al., 2010)(Hastings, et al., 2011).

⁵ 30mph = 48,3km/h

⁶ 330ft = 100,6m

⁷ 198ft = 60,4m

⁸ 110ft = 33,5m

⁹ 5mph = 8km/h

¹⁰ 6mph = 9,7km/h

¹¹ 10mph = 16km/h

¹² 20mph = 32,2km/h

¹³ 30mph = 48,3km/h

¹⁴ 40mph = 64,4km/h

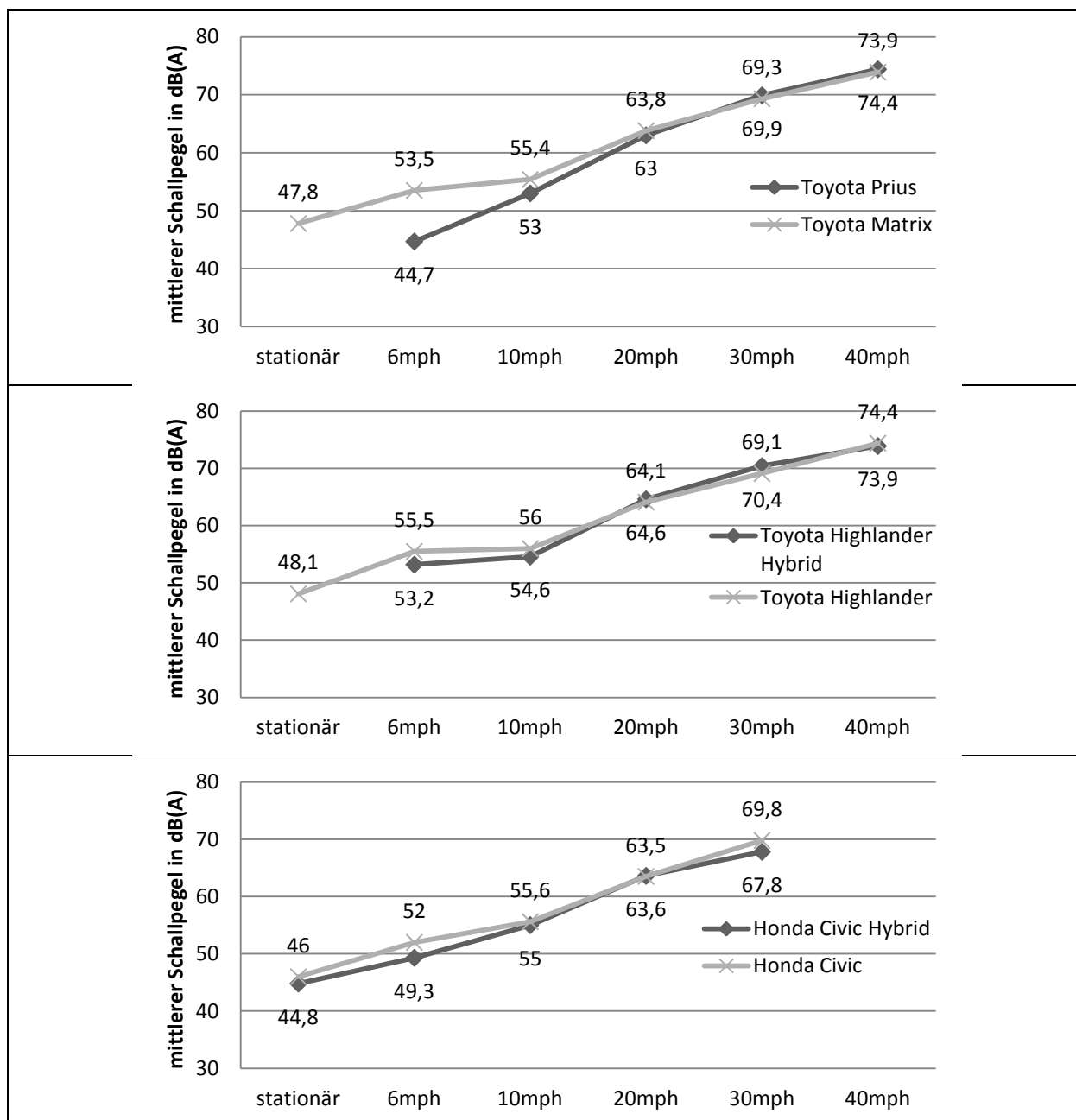


Abbildung 3-1: mittlerer Schallpegel in dB(A) der HEV - ICE Partnerfahrzeuge über der Geschwindigkeit (konstante Annäherungsfahrt) (Darstellung in Anlehnung an Garay-Vega et al. (2010 S. A-32/A-33))

Bei einer zusammenhängenden Betrachtung aller Studien, wird dieses Ergebnis gestützt (vgl. Abbildung 3-2). Hierbei wurde die in den Studien (Wiener et al. (2006), Rosenblum (2008), JASIC (2009), Goodes et al. (2009) und Garay-Vega et al. (2010)) gewonnenen Ergebnisse tabellarisiert (siehe Anhang Tab. A 1-2). Anschließend wurde der Mittelwert pro Geschwindigkeit berechnet, von den

Schalldruckpegeln die in Anhängigkeit von der Geschwindigkeit angegeben waren. Aus dieser Vorgehensweise resultiert die nachfolgende Abbildung 3-2, hierbei lassen sich geringere mittlere Schalldruckwerte für alternative Antriebe ablesen. Ein Angleich der Schalldruckpegel von ICE und HEV/EV erfolgt ab oberhalb von 20km/h.

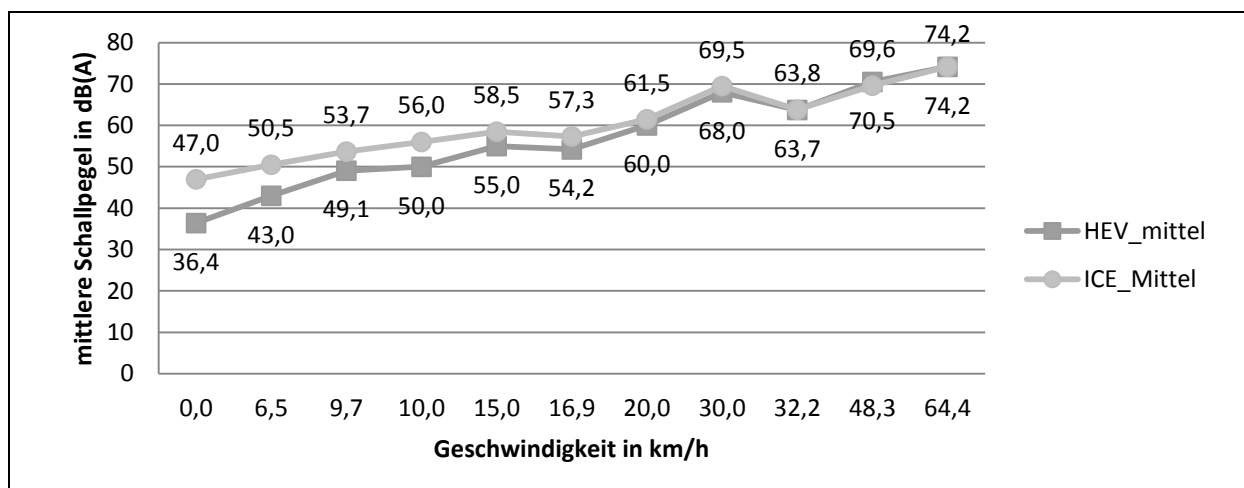


Abbildung 3-2: mittlere Schalldruckpegel über alle Studien in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Untersuchungen mit Bewertung von Tonaufnahmen

Im Unterschied zu den vergleichenden technischen Messungen von ICE – EV/HEV fanden bei einer Vielzahl Studien Bewertungen von Tonaufnahmen durch Personen statt. Oft handelte es sich um Blinde Personen oder Personen mit verbundenen Augen. Als abhängige Variable wurden überwiegend Entdeckungszeiten bzw. bei konstanter Annäherungsgeschwindigkeit daraus errechnete Wahrnehmungsentfernungen verwendet.

Rosenblum (2008) führt mehrere Experimente mit binauralen Tonaufnahmen durch. Die Aufnahmen entstanden auf einem leisen Parkplatz. Hierfür sind die Fahrzeuge von rechts oder links kommend, aus einer Entfernung von 110ft¹⁵ mit einer Geschwindigkeit von 5mph¹⁶ vorbeigefahren. Die Tonaufnahmen wurden von 15 Probanden mit verbundenen Augen bewertet und dazu über Kopfhörer dargeboten. Die Aufgabe der Probanden war es, so schnell wie möglich zu antworten aus welcher Richtung sich das Fahrzeug nähert.

Im ersten Experiment wurde ein Toyota Prius (2004, EV-Mode) mit einem Ford Mustang (2004, ICE) verglichen. Die beiden Fahrzeuge wiesen einen Schallpegelunterschied von 15dB auf. Der Ford Mustang wurde bereits in einer Entfernung

von 40ft¹⁷ oder 5,5sec vor der Position des Hörers wahrgenommen. Der Toyota Prius hingegen wurde in einer Entfernung von 23ft¹⁸ zum Hörer oder 3,3sec vor der Position des Hörers wahrgenommen (siehe Abbildung 3-3).

In einem zweiten Experiment wurde ein 2006er Toyota Prius (EV-Mode) einem Honda Accord (2004) gegenübergestellt. Der Honda Accord sowie der Prius aus dem Jahr 2006 waren beide leiser als die beiden Fahrzeuge aus dem ersten Experiment. Der Unterschied zwischen dem Accord und dem Prius (2006) betrug 13dB bei der Vorbeifahrt. Der Honda Accord wurde 4,9sec (oder 46ft¹⁹) vor der Position des Hörers und der 2006er Prius wurde in einer Entfernung von 11ft²⁰ wahrgenommen, das entspricht 1,4sec bis zur Vorbeifahrt am Hörer.

Im dritten Experiment von *Rosenblum* (2008) wurden zusätzliche Hintergrundgeräusche (Leerlaufgeräusch von zwei ICE) eingebracht, wodurch sich das Umfeldgeräusch um 8dB erhöhte. Es wurden wieder die beiden Fahrzeuge aus Experiment 1 und 2 verwendet. Der Ford Mustang wurde in einer Entfernung zum Hörer von 28ft²¹ (3,8sec) wahrgenommen, der Toyota Prius (2004) wurde hingegen erst in einer Entfernung von 7ft²² (1sec) wahrgenommen.

¹⁵ 110ft = 33,5m

¹⁶ 5mph = 8km/h

¹⁷ 40ft = 12,2m

¹⁸ 23ft = 7,1m

¹⁹ 46ft = 14m

²⁰ 11ft = 3,4m

²¹ 28ft = 8,5m

²² 7ft = 2,1m

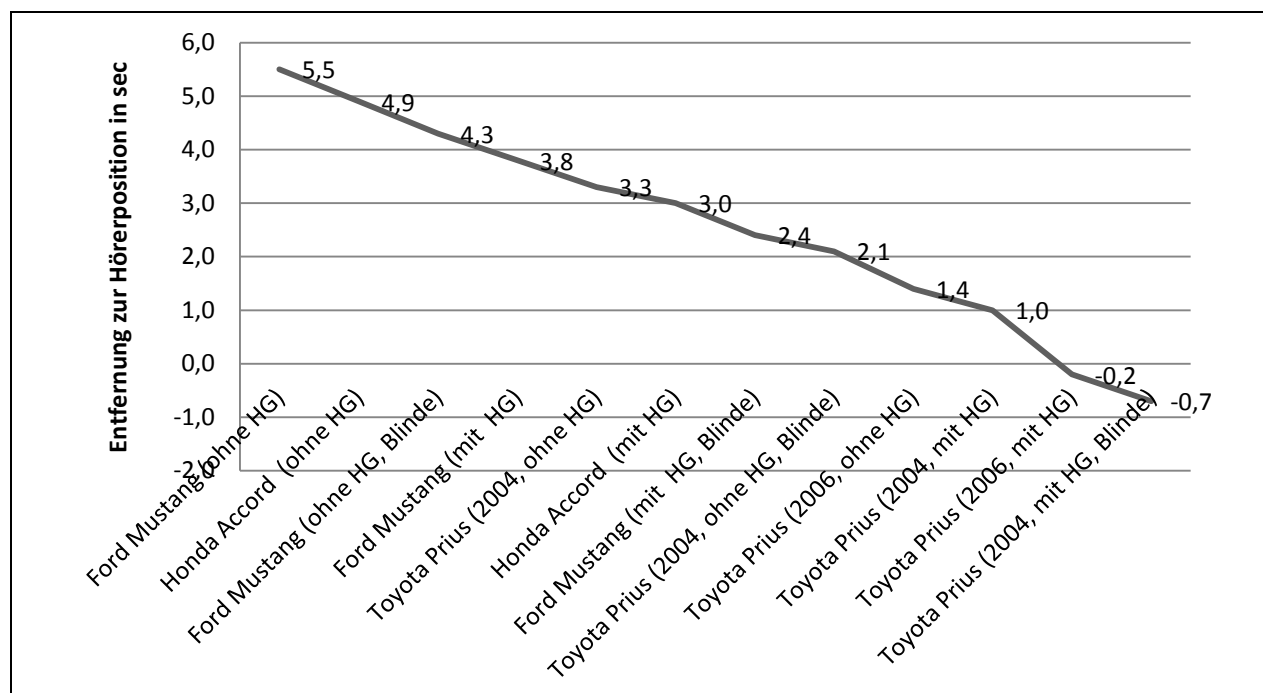


Abbildung 3-3: graphische Darstellung der Ergebnisse der Tonaufnahmenbewertungen von vorbeifahrenden Fahrzeugen nach Rosenblum (2008)

Die Wahrnehmbarkeitsentfernung für den Honda Accord betrug 3sec (22ft²³) und beim Toyota Prius (2006) waren es erst 0,2sec (1,6ft²⁴) hinter der Position der Hörer, das heißt erst nach erfolgter Vorbeifahrt (Rosenblum, 2008).

Ein weiteres Experiment in dieser Reihe wurde mit Blinden Personen durchgeführt (Robart, et al., 2009). Diese Versuche fanden nicht im Labor sondern in einem Hotel statt (Garay-Vega, et al., 2010 S. 18). Die Ergebnisse sind ähnlich zu den bereits berichteten. Der Ford Mustang wurde in 4,3sec vor dem Hörer und der Prius (2004) in einer Entfernung von 15ft²⁵ (2,1sec) vor dem Hörer wahrgenommen. Mit zusätzlichem Hintergrundgeräusch wurde der Mustang in einer Entfernung von 18ft²⁶ (2,4sec) vor der Hörerposition wahrgenommen und der Prius in 0,7 sec (1,2ft²⁷) nach dem Hörer (siehe Abbildung 3-3) (Garay-Vega, et al., 2010 S. 18).

In der JASIC-Studie (2009) wurden äquivalente Schallpegel von HEV- (in EV-Mode) und ICE-Fahrzeugen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten

verglichen (siehe Abbildung 3-4). Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Unterschied von ca. 20dB(A) bei einer Geschwindigkeit von 0km/h auf. Dieser Unterschied wird mit zunehmender Geschwindigkeit geringer und ist ab ungefähr 20km/h als annähernd gleich zu betrachten (JASIC, 2009).

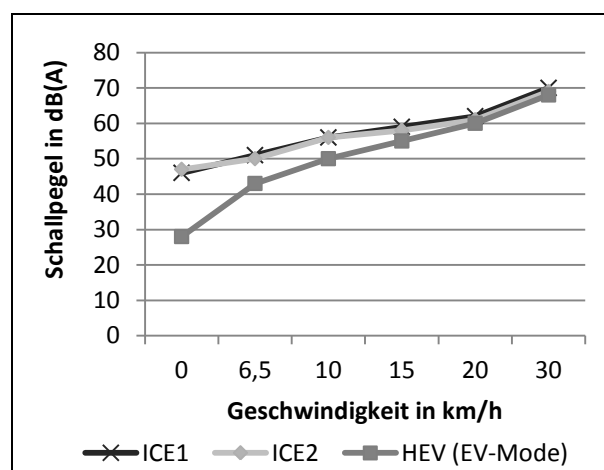


Abbildung 3-4: Schallpegelveränderung bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei einem HEV im E-Mode und zwei Verbrennungsmotoren (Darstellung in Anlehnung an (JASIC, 2009 S. 9))

²³ 22ft = 6,7m

²⁴ 1,6ft = 0,5m

²⁵ 15ft = 4,6m

²⁶ 18ft = 5,5m

²⁷ 1,2ft = 0,4m

Neben dem Schalldruckpegel der Fahrzeuge wurden auch unterschiedliche Umfeldgeräusche (45,2dB(A), 52,6dB(A) und 61,7dB(A)) aufgenommen, welche in Kombination mit den Fahrzeuggeräuschen von 20 Probanden bewertet wurden. Die Aufgabe der Probanden bestand darin einen Knopf zu drücken, wenn sie das Fahrzeug wahrnehmen konnten. Diese Reaktionen erfolgten sowohl für Hörversuch (1) mit stationärem Fahrzeuggeräusch als auch für den Hörversuch (2) mit konstanter Annäherung (6,5km/h, 10 km/h, 15km/h und 20km/h) des Fahrzeuges.

Die Ergebnisse des Hörversuches (1) zeigen, dass das HEV-Fahrzeug auch bei leisen Umfeldgeräuschen (45,2dB(A) und 52,6dB(A)) nicht wahrnehmbar war. Die ICE-Fahrzeuge wurden bei diesen Bedingungen in 95 – 100 Prozent der Fälle wahrgenommen. Die Ergebnisse des zweiten Hörversuches weisen auch bei Annäherung mit konstanter Geschwindigkeit eine geringere Wahrnehmung von HEV (in Elektro-Mode) gegenüber ICE auf. Dies gilt bereits bei geringeren Umfeldgeräuschen. Der Einfluss auf die unterschiedliche Wahrnehmbarkeit von HEV und ICE-Fahrzeugen wird mit steigender Geschwindigkeit geringer (JASIC, 2009).

In der NHTSA-Studie (2010) wurden neben umfangreichen Messungen zu den äußeren Fahrzeuggeräuschen bei HEV und den vergleichbaren ICE-Partnerfahrzeugen (Toyota Prius (2010, HEV) – Toyota Matrix (2009, ICE); Honda Civic (2009, HEV) – Honda Civic (2009, ICE); Toyota Highlander (2009, HEV) – Toyota Highlander (2008, ICE)) zusätzliche Aufnahmen bei unterschiedlichen Umfeldgeräuschen durch meist blinde Probanden bewertet. Die Umgebungsgeräusche betragen in der Bedingung „hohes Umfeldgeräusch“ 49,8dB(A) und in der Bedingung „geringes Umfeldgeräusch“ 31,2dB(A).

Insgesamt haben 48 nach dem Gesetz Blinde Personen teilgenommen. Von diesen waren 20 vollständig erblindet, 10 hatten Lichtwahrnehmung und 18 hatten noch einen Sehrest. Den Probanden wurden binaurale Tonaufnahmen von drei Fahrzeugzuständen (Rückwärtsfahren mit 5mph, Abbremsen von 20 auf 10mph und konstante Annäherungsfahrt mit 6mph), jeweils im lauten oder leisen Umfeld dargeboten.

Die Aufgabe der Probanden bestand darin, einen Knopf zu drücken wenn sie ein Fahrzeug wahrnahmen. Die Ergebnisse zeigen, dass in allen drei Fahrzuständen die Entdeckungswahrscheinlichkeit (kein Fahrzeug wahrgenommen) bei den HEV häufiger vorkam als bei den vergleichbaren Partnerfahrzeugen.

Darüber hinaus wurde die Entdeckungszeit ausgewertet. Alle Fahrzeuge wurden für die beiden Fahrzeugzustände Annäherungsfahrt mit 6mph und Rückwärtsfahren mit 5mph bei hohem Umfeldgeräusch signifikant später als beim leisen Umfeld erkannt. Zudem brauchten die Probanden in beiden Fällen signifikant länger um die HEVs im Gegensatz zu ihren ICE-Partnerfahrzeugen wahrzunehmen. Für den Fahrzustand „Abbremsen von 20 auf 10mph²⁸“ wurden jedoch die HEVs signifikant eher wahrgenommen als ihre vergleichbaren ICEs.

Die Wahrnehmbarkeitszeiten sind damit abhängig vom Umfeldgeräusch und vom Fahrzeugtyp. Allgemein werden die Fahrzeuge bei geringen Umfeldgeräuschen eher wahrgenommen. Fahrzeuge mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren werden eher wahrgenommen als vergleichbare alternativ angetriebene Fahrzeuge. Die Autoren führen abschließen ihrer Betrachtungen aus, dass für beide Fahrzeugtypen ausreichend Zeit für eine Ausweichhandlung vorhanden sei (Garay-Vega, et al., 2010)(Garay-Vega, et al., 2011).

Die Wahrnehmbarkeitsentfernung verhält sich in erster Näherung entsprechend der im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Zeit. Dem Aspekt der Wahrnehmbarkeitsentfernung von Fahrzeugen widmen sich die zwei nachfolgend dargestellten Studien mit Hilfe von Tonaufnahmen und der Einschränkung, dass es sich um Fahrzeuge mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren handelte Goodes et al. (2009) und Kerber(2008).

²⁸ 20 auf 10mph = 32 auf 16km/h

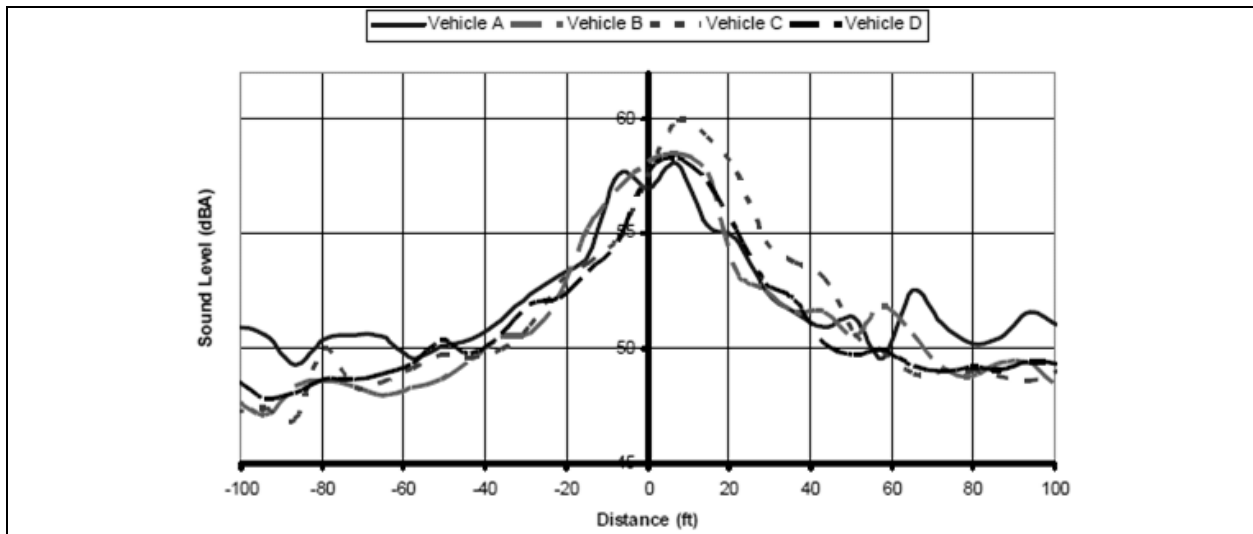


Abbildung 3-5: Schallpegel der Vorbeifahrt aufgetragen über der Entfernung zum Mikrophone (Fußgänger, Hörer) (Goodes, et al., 2009)

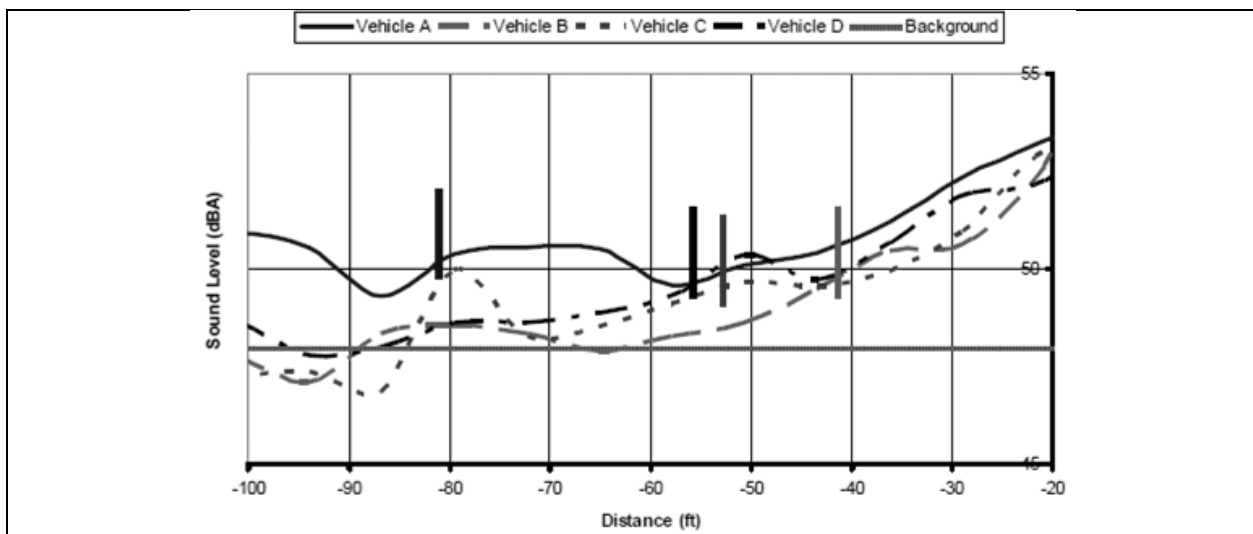


Abbildung 3-6: Schallpegel von 4 ICEs aufgetragen über der Entfernung zum Mikrophone (Hörer), zusätzlich eingetragen ist die von Probanden ermittelte Erkennbarkeitsentfernung (Goodes, et al., 2009)

Goodes et al. (2009) versuchen sich der Problematik ähnlich wie Rosenblum mit einer Vorbeifahrt zu nähern. Sie verwenden 4 ICE-Fahrzeuge und bestimmen deren Schalldruckpegel bei der konstanten Vorbeifahrt bei 10mph²⁹ bis zu 100ft³⁰ vor und hinter dem Fußgänger (Empfängerposition). Das mittlere Umgebunggeräusch betrug 48+/-1dB(A). Der maximale Schalldruckpegel wurde erst erreicht, wenn die Fahrzeugfront die Position des Mikrophones (Fußgängers, Position: 0ft) überschritt (siehe Abbildung 3-5). Die

²⁹ 10mph = 16km/h

³⁰ 100ft = 30,5m

maximalen Schalldruckpegel bewegten sich zwischen 58,0 – 59,8dB(A) und somit in einem relativ ähnlichen Bereich.

Die erstellten Tonaufnahmen wurden 9 Personen mit verbundenen Augen über Kopfhörer dargeboten. Ihre Aufgabe war es, die Aufnahme zu stoppen wenn sie das Fahrzeug wahrnahmen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fahrzeuge sich deutlich in ihrer Wahrnehmbarkeitsentfernung voneinander unterscheiden. Die Entdeckungsentfernung schwankt zwischen 41ft³¹ bei ICE B

³¹ 41ft = 12,5m

und 81ft³² bei ICE A (ICE C: 53ft³³; ICE D: 56ft³⁴), obwohl auch der Schallpegel in der wahrgenommenen Entfernung relativ ähnlich ist (49,5 – 50,5dB(A) (siehe Abbildung 3-6).

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass es offenbar ausreichend für die Wahrnehmung eines Fahrzeugs ist, wenn es 2dBA über dem mittleren Hintergrundgeräusch (Umfeldgeräusch) liegt. Weiterhin korreliert der gemessene Schalldruckpegel nicht mit der Wahrnehmungsentfernung des Fahrzeuges. Dies wiederum legt nahe, dass nicht nur die technisch vermittelte Größe „Lautstärke“, sondern auch die inhaltlich-akustische Qualität der Fahrzeuggeräusche vor dem jeweiligen Hintergrundgeräusch einen bedeutsamen Einfluss auf die sichere Erkennung darstellt.

Kerber (2008) untersuchte die akustische Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugaußengeräuschen in verschiedenen Hintergrundgeräuschen. Er wählte eine psychoakustische Herangehensweise anhand der Mithörschwelle, operationalisiert durch Reaktionszeitmessungen.

Bei der Mithörschwelle handelt es sich um einen Begriff aus der Psychoakustik, welcher den Zusammenhang zwischen dem zu erkennenden Geräusch und den Umgebungsgeräuschen beschreibt. Das zu erkennende Geräusch wird als Testschall und die Umgebungsgeräusche (Hintergrundgeräusch) als Maskierer bezeichnet. Die Mithörschwelle beschreibt dabei die gerade hörbare Schwelle, welche beispielsweise durch die Aufmerksamkeit der Fußgänger beeinflusst wird.

Die Reaktionszeiten wurden für Pegel mit anschwellenden und abschwelenden Tönen bei verschiedenen Frequenzen und Anstiegsgeschwindigkeiten gemessen. Das daraus resultierende Modell wurde in weiteren Stufen auf seine Anwendbarkeit zur Vorhersage der akustischen Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugaußengeräuschen geprüft.

Weiterhin wurden reale Schalle von 47 Fahrzeuganfahrten (ICE) aufgenommen und bei vier verschiedenen Hintergrundgeräuschen (2 innerstädtische Realaufnahmen, ein am PC modellierter

Maskierer und ein synthetischer Maskierer) untersucht. Anhand der klassischen Mithörschwellenbestimmung zeigt sich einerseits die Übereinstimmung der experimentell untersuchten Mithörschwellen zu den rechnerisch aus dem Modell ermittelten Schwellen und zum anderen, dass sich der Einfluss des Hintergrundgeräusches direkt in der Änderung der Mithörschwelle widerspiegelt.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass die Gangwahl einen signifikanten Einfluss auf die akustische Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen hat und dass bei Personen, die abgelenkt sind die Mithörschwelle um bis zu 6dB ansteigt.

Kerber berücksichtigt weiterhin in seinen Untersuchungen die Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen und führt dafür kritische Abstände ein, die aus Anhalteweg und Reaktionszeit resultieren (Kerber, 2006). Die Ergebnisse zeigen, dass lediglich sechs der 35 untersuchten Fahrzeuganfahrten diesem Kriterium stand halten konnten und die akustische Wahrnehmbarkeit ausreichend war. Für die anderen Fahrzeuganfahrten setzt eine sichere Wahrnehmung die volle Aufmerksamkeit der Fußgänger voraus.

Das Modell von Kerber stellt ein Werkzeug zur Verfügung, welches über die Mithörschwelle für stationäre Schalle, die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges, das Schalldrucksignal der Fahrzeuganfahrt und das Schalldrucksignal des Maskierers (Hintergrundgeräusches) die Wahrnehmbarkeit von sich annähernden Fahrzeugen im Hintergrundgeräuschen berechnet (Kerber, et al., 2009), wobei das Modell bei geringen Geschwindigkeiten (20km/h) einen besseren Vorhersagewert besitzt als für höhere Geschwindigkeiten (50km/h).

Mit der Wahrnehmbarkeitsentfernung bei Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten sowie von Fahrzeugen mit gesonderten Soundlösungen beschäftigen sich weitere Studien (Manning, 2010) (Goodes, et al., 2008) (QRTV-02-08, 2010). Der Fokus lag hierbei auf realen Vorbeifahrten mit Fußgärgbewertung.

Manning (2010) führt eine vergleichende Studie von ICE (Toyota Corolla, Toyota Camry) und HEV (Toyota Prius, Toyota Camry Hybrid) mit drei Annäherungsgeschwindigkeiten (10km/h, 20km/h und 60km/h) durch. 11 Versuchspersonen (6

³² 81ft = 24,7m

³³ 53ft = 16,2m

³⁴ 56ft = 17,1m

Sehende mit verbundenen Augen und 5 Blinde) hatten die Aufgabe, einen Knopf zu drücken wenn sie das heranfahrende Fahrzeug wahrnehmen. Zusätzlich wurde den Probanden im Hintergrund ein zuvor aufgenommenes Umfeldgeräusch dargeboten, sodass sich eine realistischere Verkehrssituation ergeben sollte.

Im Ergebnisse der Studie zeigte sich bei Geschwindigkeiten von 10km/h und 20km/h in der akustischen Wahrnehmbarkeitsentfernung von ICE und HEV kein signifikanter Unterschied. Dies traf sowohl auf „Sehende Personen“ mit verbundenen Augen als auch blinde Versuchsteilnehmer zu. Bei einer Geschwindigkeit von 60km/h zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Wahrnehmbarkeitsentfernung.

Beim Vergleich der Gruppen ist zu sehen, dass sich der Unterschied auf die Personengruppen bezieht und nicht auf den Fahrzeugtyp. Die „Sehenden“ mit verbundenen Augen erkennen die Fahrzeuge eher als blinde Teilnehmer. Es zeigt sich, dass die blinden Teilnehmer in Ihren Antworten konsistenter waren, als die Personen mit verbundenen Augen. Begründet wird der Unterschied mit dem ungeübten Gehör der Normalsehenden.

Schlussendlich werden die Ergebnisse von Manning (2010) wie folgt dargestellt: Bei einer Annäherungsgeschwindigkeit von 60km/h waren die blinden Personen in 40% der Fälle nicht in der Lage, die Fahrzeuge in einer sicheren Entfernung wahrzunehmen. Dies galt sowohl für ICE als auch für HEV. Bei 20km/h konnten die Fahrzeuge in 23,3% der Fälle und bei 10 km/h in 27,1% der Fälle nicht rechtzeitig wahrgenommen werden. Es wurde kein signifikanter Unterschied in der Wahrnehmbarkeit von HEV und vergleichbaren ICEs bei urbanen Hintergrundgeräuschen gefunden (Manning, 2010).

Von Goodes *et al.* wurde oben bereits eine Untersuchung vorgestellt (Goodes, et al., 2009). Die nachfolgend vorgestellte Studie ist dieser vorausgegangen. Goodes *et al.* (2008) haben sich der Problematik der leisen Elektrofahrzeuge in keiner Vergleichsstudie EV – ICE genähert, sondern mit Versuchen anhand realer Vorbeifahrten eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs (ICE-Umbau zum EV).

Der „leise“ elektrische Fahrzustand wurde als Ausgangs- und Vergleichszustand verwendet. Als Zusatz wurden zwei künstliche Fahrzeugtöne (ein Diesel-Leerlaufgeräusch und ein Diesel-Leerlaufgeräusch mit Klingelton) über am Fahrzeug angebrachte Lautsprecher abgestrahlt. Das Fahrzeug fuhr mit 15mph³⁵ in einer Entfernung von 15ft³⁶ an einer Gruppe von insgesamt 27 blinden Teilnehmern auf einen ruhigen Parkplatz vorbei. Die Aufgabe der Probanden war es, die Hand zu heben, wenn sie das Fahrzeug wahrnahmen. Der Annäherungsweg wurde in drei Entfernungen eingeteilt. Die Handzeichen wurden in der jeweiligen Kategorie vermerkt.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Fahrzeug im EV-Zustand deutlich später wahrgenommen wurde. 20 von 27 Personen nahmen das Fahrzeug in diesem Zustand erst in einer Entfernung von 5ft³⁷ wahr, die restlichen sieben bereits davor. Die anderen beiden Fahrzeugzustände mit den künstlichen Geräuschen wurden deutlich eher wahrgenommen. 19 von 27 Personen nahmen bei zusätzlichem Diesel-Leerlaufgeräusch das Fahrzeug im Bereich 20-30ft³⁸ wahr. Praktisch kein Unterschied zeigte sich durch den zusätzlichen Klingelton. Hierbei nahmen das Fahrzeug 20 von 27 Personen im Abstand 20-30ft wahr (Goodes, et al., 2008).

Die MLIT-Studie (2010) ist eine Fortsetzung der bereits vorgestellten JASIC-Studie (2009). Neben dem Vergleich von ICE und HEV/EV wurden in dieser Studie ähnlich wie auch schon bei Goodes et al. (2008) zusätzliche künstliche Fahrzeuggeräusche hinsichtlich der Wahrnehmbarkeit untersucht.

Insgesamt wurden fünf Fahrzeuge (ICE, Prius, Insight, Altima HEV, iMiEV) durch 40 Versuchspersonen, davon 15 Sehbehinderte hinsichtlich ihrer akustischen Wahrnehmbarkeit bewertet. Ähnlich wie bei Goodes et al. (2008) war die Aufgabe der Probanden, die Hand zu heben wenn sie das Fahrzeug wahrnehmen.

Die Versuchspersonen standen neben einer 3,75m breiten Straßen, auf der sich die Fahrzeuge sowohl

³⁵ 15mph = 24km/h

³⁶ 15ft = 4,6m

³⁷ 5ft = 1,5m

³⁸ 20-30ft = 6,1m-9,1m

von vorn als auch von hinten den Versuchspersonen genähert haben. Insgesamt wurden drei Fahrzeugzustände untersucht: Stationär (Start – Stopp) sowie Vorbeifahrt mit 10km/h und 25km/h. Bei dem stationären Zustand und der 10km/h Vorbeifahrt wurde für die Fahrzeuge mit EV-Fahrzustand das zusätzliche künstliche Geräusch getestet (AVAS=Approaching Vehicle Audible System).

Die Ergebnisse zeigen, dass ein ICE-Fahrzeug oder ein HEV (ohne EV-Mode) in allen drei Fahrzuständen detektiert wurde. Lediglich die HEVs (mit EV-Mode) und die EVs wurden erst bei einer Geschwindigkeit von 25km/h detektiert, im Fahrzeugzustand stationär und 10km/h war dies nicht der Fall. Die Wahrnehmbarkeit verbesserte sich deutlich durch das zusätzliche künstliche Geräusch, so dass diese Fahrzeuge dann auch in den anderen Fahrzuständen detektiert werden konnten. Quantitative Angaben zum Handzeichen werden in den Publikationen nur unzureichend gegeben (QRTV-03-01, 2010), zu zeitlichen Abständen fehlen Angaben gänzlich. Unabhängig davon wird für EVs und Fahrzeuge im EV-Mode bei Geschwindigkeiten bis 20km/h und beim Rückwärtsfahren ein zusätzliches akustisches Wahrnehmbarkeitssignal empfohlen (QRTV-02-08, 2010).

Die aktuellste Studie zum Thema Wahrnehmbarkeit von alternativen Antrieben im realen Verkehr wurde von Wall Emerson et al. (2011) durchgeführt und beinhaltet zwei Experimente. Im ersten Experiment standen 28 Normalsehende und 17 Blinde in 1m Entfernung neben einer zweispurigen ruhigen Straße. In den aktuellen Straßenverkehr wurden drei HEVs (Honda Civic Hybrid, Toyota Prius und Ford Escape Hybrid) und ein ICE (Honda Accord) eingereiht. Diese Fahrzeuge fuhren mit unterschiedlichen konstanten Geschwindigkeiten an den Probanden vorbei.

Die Aufgabe der Probanden bestand darin einen Knopf zu drücken, sobald sie die Straßen queren würden und ihn solange gedrückt halten, wie sie noch queren würden. Die Zeit zwischen dem Loslassen des Knopfes durch den Probanden bis zur nächsten Fahrzeugankunft wurde ausgewertet. Eine Zeitspanne ≥ 6 sec wurde als sichere Querung angesehen (crossable gap), bei < 6 sec galt die Entscheidung als unsichere Querung.

Das mittlere Geräuschniveau im ersten Experiment betrug 52,8dB(A). Die Ergebnisse zeigen, dass die Normalsehenden nur 14,2% nicht optimale Entscheidungen getroffen haben, wohingegen es bei den Blinden 23,8% waren. Es zeigte sich, dass alle Fahrzeuge von sehenden Personen eher wahrgenommen werden als von Blinden Personen. Der Unterschied entsprach im Mittel aller ICE-Fahrzeuge einem Abstandswert von 84,5ft³⁹. Die HEV-Fahrzeuge wurden von Blinden Personen ebenfalls später wahrgenommen als von der sehenden Vergleichsgruppe. Beim Toyota Prius betrug dieser Unterschied 99,4ft⁴⁰, beim Honda Civic Hybrid 56,1ft⁴¹ und beim Ford Escape Hybrid waren es 11,0ft⁴².

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass bei Geschwindigkeiten kleiner 20mph⁴³ der Toyota Prius schwerer wahrnehmbar war als die anderen Fahrzeuge. Dieses Fahrzeug wurde in einem Abstand von 2sec wahrgenommen, dies entspricht 58,6ft⁴⁴. Für den Honda Civic Hybrid betrug der Erkennbarkeitsabstand 5,1sec, bei ICE-Fahrzeugen 5,5sec und für den Ford Escape hybrid 6,75sec. Bei Geschwindigkeiten über 20mph wurden von den Blinden Teilnehmern alle Fahrzeuge mit 4-5sec Abstand wahrgenommen.

Das Ergebnis des Ford Escape hybrid im Vergleich mit dem Toyota Prius zeigt eindrucksvoll, dass die Antriebstechnologie keinen ausreichend signifikanten Indikator für die akustische Erkennbarkeit darstellt. Während der Prius von den Blinden Probanden deutlich später als herkömmlich angetriebene Fahrzeuge gehört wird, ist der Ford sogar klar eher wahrnehmbar als diese.

Weiterhin merken die Autoren im Ergebnis ihrer Auswertung der akustischen Aufzeichnungen an, dass sich die alternativ angetriebenen Fahrzeuge überhaupt nur in wenigen Frequenzbereichen unterschieden. Es wurde keineswegs gefunden, dass das Annäherungsgeräusch des Ford bedeutsam lauter war als das des Toyota. Kleine Unterschiede in wenigen Frequenzbereichen, z.B.

³⁹ 84,5ft = 25,8m

⁴⁰ 99,4ft = 30,3m

⁴¹ 56,1ft = 17,1m

⁴² 11,0ft = 3,4m

⁴³ 20mph = 32,2km/h

⁴⁴ 58,6ft = 17,9m

eine etwas ausgeprägtere Komponente um 1000Hz beim Ford bedingen große Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit.

In einem zweiten Experiment waren die Blinden Versuchsteilnehmer aufgefordert, an einer per Lichtsignalanlage gesteuerten Kreuzung stehend den parallel zu ihrer Gehrichtung anfahrenden Fahrzeugstrom zu erkennen. Sie sollten wie im ersten Experiment einen Knopf drücken, sobald sie bemerkten, dass die Fahrzeuge losfahren. Auch in diesem Versuch waren die drei HEVs beteiligt. Sie blieben bei einer roten Ampel stehen und fuhren bei Grün wie gewohnt los.

Die Ergebnisse des zweiten Experimentes zeigen, dass ein Strom anfahrender Fahrzeugen mit herkömmlichem Antrieb (ICE) zu 95% erkannt wurde. Fuhr der Toyota Prius in dieser Situation parallel an, wurde das von den Blinden in 2 von 14 Fällen nicht erkannt. Deutlich unterschied sich der Ford Escape Hybrid. Das Anfahren dieses Fahrzeugs wurde nur in 25 von 46 Fällen (54%) erkannt. In dieser Situation zeigte sich aus Sicht der Fahrzeuge eine ganz andere Reihenfolge der Wahrnehmbarkeit. Die Autoren führen diesen Effekt auf das unterschiedliche Antriebsmanagement der Fahrzeuge zurück. Beim Toyota schaltet sich der Verbrennungsmotor bei deutlich geringeren Geschwindigkeiten hinzu als beim Ford (Wall Emerson, et al., 2011).

Synopse der Untersuchungen zu Fahrzeuggeräuschen

Die Ergebnisse der vorgestellten Studien sind vielseitig und differenziert. Eine tabellarische Übersicht über alle im obigen Abschnitt diskutierten Ergebnisse ist im Anhang enthalten (Tab. A 1-1). Es gibt offensichtlich auch bei ähnlichen Fahrzeugen deutliche Unterschiede in den Fahrzeuggeräuschen. Die Fahrzeuge bringen unterschiedliche Geräusche, je nach Situation, Fahrzustand, Antriebsart und Umgebungsbedingung hervor, deren Einfluss sich mehr oder weniger stark auf die Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen auswirken kann.

Es zeigt sich, dass die Lautstärke ein wesentliches Kriterium für die Beschreibung der Wahrnehmbarkeit ist. Sie ist jedoch kein ausreichendes Kriterium für die Beschreibung einer sicheren Wahrnehmung von Fahrzeugen, denn auch

weitere Einflüsse wie Umgebungsgeräusche, psychoakustische Merkmale des momentanen Fahrzeuggeräusches und schließlich die Aufmerksamkeit innerhalb der Situation beeinflusst die Wahrnehmbarkeit essentiell.

Die Studien zeichnen ein differenziertes Bild hinsichtlich der Einflüsse auf die Wahrnehmbarkeit. So kann keineswegs geschlussfolgert werden, dass bestimmte Fahrzeuge in allen Situationen gut oder schlecht wahrgenommen werden können. Zu fahrzeugseitig nicht kontrollierbaren Einflüssen, wie etwa dem Hintergrundgeräusch kommen deutliche Aspekte aus dem Bereich der fahrzeugakustisch zumindest theoretisch gestaltbaren Merkmale.

Hierzu gehört das momentane Antriebsmanagement, beispielsweise ob und in welchem Zustand elektrische und herkömmliche Antriebsanteile zusammenwirken. Genauso gehören aber bislang nicht ausreichend untersuchte spektrale Geräuschanteile dazu. Die semantisch daraus ableitbare inhaltlich-akustische Qualität der Fahrzeuggeräusche vor dem jeweiligen Hintergrundgeräusch ist eine eigenständige Funktion. Die Wahrnehmbarkeit auf Basis rein akustischer Informationen ist somit nicht nur abhängig von der Gesamtlautstärke.

Die Ergebnisse der zuvor dargestellten Studien zeigen, dass alternativ angetriebene Fahrzeuge, insbesondere in Situationen mit niedrigen Geschwindigkeiten (0 bis 20 km/h, teilweise 30km/h) deutlich leiser als das Mittel der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor sein können. Entsprechend konnte gezeigt werden, dass die Fahrzeuge bei geringen im Vergleich zu moderaten Umfeldgeräuschen besser wahrgenommen werden.

Die Ergebnisse zeigen für seheingeschränkte Personen eine verzögerte bzw. eine ausbleibende Wahrnehmbarkeit leiser Fahrzeuge, weshalb es zu Fehleinschätzungen der Verkehrssituation kommen kann, obgleich ihr über viele Situationen beobachteter Anteil an unsicheren Querungsentscheidungen im Vergleich zu sehenden Personen größer ist.

4 Fußgängerverhalten

Fußgänger wurden als äußere Verkehrsteilnehmer bereits im Kapitel 2.1 grob charakterisiert. Hervorzuheben ist die sehr große Heterogenität dieser Verkehrsteilnehmergruppe. Sie umfasst alle Altersgruppen vom Kleinkind bis zum Greis. Bemerkenswert ist aber auch die Umweg- und Steigungsmeidung als eine grundsätzliche Motivlage, die für die Mehrzahl der Fußgänger in vielen Situationen zutrifft. Ihr kann aufgrund einer größtmöglichen Freizügigkeit in der Bewegung auch oft entsprochen werden, wobei dies komfortsteigernd genutzt wird und dazu teilweise Verkehrsregeln nicht beachtet werden.

Im Vergleich mit dem motorisierten Kraftfahrzeugverkehr sind Fußgänger kleiner und schwächer. Die zunehmend barrierefreie Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur für Fußgänger erinnert zudem daran, dass Personen mit körperlichen oder geistigen Einschränkungen genauso als Fußgänger am Verkehrsgeschehen teilnehmen wie Menschen im Vollumfang von Orientierung und Verhalten.

Im Hinblick auf technische oder infrastrukturelle Maßnahmen zur Beeinflussung des Fußgängerverkehrs muss beachtet werden, dass die Teilnahme am Straßenverkehr als Fußgänger weitestgehend ohne besondere Voraussetzungen, beispielsweise im Sinne einer speziellen Schulung oder Ausstattung und zudem sicher möglich sein muss.

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich enger mit der Beschreibung der Verhaltensweisen von Fußgängern, insbesondere in Interaktion mit Kraftfahrzeugen. Die Zielstellung im Sinne eines Sollzustandes ist letztlich die sichere Interaktion von Kraftfahrzeugen und äußeren Verkehrsteilnehmern. Dieses engagierte Ziel muss vor dem Hintergrund einer sehr großen Heterogenität der Fußgänger in ihren Verhaltensweisen angestrebt werden.

So verschieden wie Fußgänger sind, so verschieden können auch ihre Verhaltensweisen sein. Das Verhalten von Fußgängern unterscheidet sich jedoch nicht nur zwischen den einzelnen Personen erheblich. Es kommt auch eine bedeutsame Bandbreite möglicher Verhaltensweisen einer einzigen Person hinzu. Diese große

Heterogenität der Verhaltensweisen ist Ausgangspunkt und Beleg für die wissenschaftliche Beschreibung einer großen Anzahl von Einflüssen, die in Form von personalen und situationalen, äußeren und inneren Einflüssen auf das Verhalten von Fußgängern wirken.

Daher startet das vorliegende Kapitel 4 mit der Darstellung von wissenschaftlichen Ansätzen zur Beschreibung des Fußgängerhaltens (Kapitel 4.1). Der Fokus liegt auf der verkehrstechnischen Charakterisierung des Fußgängerverkehrs. Daraus werden vor dem Hintergrund der vorliegenden Fragestellung grundsätzliche Interaktionskonstellationen von Fußgängern und Kraftfahrzeugen expliziert.

Das zweite und umfangreichste Unterkapitel beschäftigt sich mit der Beschreibung des Querungsverhaltens. Dieses kann vor dem Hintergrund der Verkehrssicherheit als bedeutsamster Aspekt des Fußgängerhaltens in Interaktion mit Kraftfahrzeugen angesehen werden (vgl. Darstellungen in Kapitel 5). In Kapitel 4.2 wird ein umfangreiches Bild der Facetten des Fußgängerhaltens und der unterschiedlichen Einflüsse darauf gezeichnet. Merkmale der Personen werden genauso berücksichtigt wie äußere Einflüsse.

Das Kapitel 4.3 stellt anschließend die Charakteristik besonderer Fußgängergruppen heraus. Darin werden die Belange Sehbehinderter und Blinder Personen, aber auch Älterer und von Kindern betrachtet. Das abschließende Kapitel 4.4 fokussiert vor dem Hintergrund der vorliegenden Fragestellung auf den speziellen Aspekt der akustischen Interaktionssicherung.

4.1 Charakterisierung von Fußgängerverhalten

4.1.1 Ansätze zur Beschreibung von Fußgängerhalten

Die wissenschaftliche Untersuchung und Charakterisierung von Fußgängerhalten ist umfangreich und blickt auf eine mehrere Jahrzehnte währende Entwicklung zurück. Sie bewegt sich im Spannungsfeld dreier größerer Bereiche. Es ist dies zunächst die Beschreibung von Bewegungsansprüchen und typischen Verhaltensparametern vor dem Hintergrund der Gestaltung

von Verkehrsinfrastruktur. Diesem Aspekt widmet sich das nachfolgende Kapitel 4.1.2 genauer, da hieraus im Wesentlichen die in Deutschland vorhandenen Gestaltungen von Fußgängerverkehrsanlagen resultieren.

Der zweite und nächstgrößere Bereich beschäftigt sich mit einem sehr speziellen, aber sicherheitskritischen Ausschnitt des Fußgängerverhaltens. Es handelt sich dabei um das Querungsverhalten. Untersuchungen zum Querungsverhalten bilden explizit die Interaktion mit dem Kfz-Verkehr in unterschiedlichsten Konstellationen ab. Sie fokussieren zumeist auf lokale Einflüsse auf das Fußgängerverhalten.

Unter diesem Aspekt finden sich beispielsweise Evaluationen von Gestaltungen infrastruktureller Einrichtungen und Verkehrssicherheitsmaßnahmen anhand von Verhaltensbeobachtung und Sicherheitsdaten. Hierzu gehören aber auch vielgestaltige Maßnahmen zu unterschiedlichsten Aspekten des Lückenwahlverhaltens (Lückenakzeptanzmodelle, vgl. Kapitel 4.2.1.2).

Durch die gleichzeitige Beschreibung des zu querenden Verkehrsstromes, beispielsweise des Fahrzeugstromes, aber auch anderer Fußgängerströme, werden aus den Untersuchungen zur Lückenwahl Modelle zur Servicequalität von Infrastrukturanlagen sowie diskrete Wahlmodelle begründet.

Erkenntnisse zum Querungsverhalten werden allgemein an Beobachtungsdaten oder per Befragung erhobenen Präferenzdaten validiert. Ein vor dem Hintergrund wissenschaftlicher Betrachtung als bedeutsam benannter Nachteil betrifft die Vernachlässigung psychologischer Faktoren und damit von wesentlichen Merkmalen der untersuchten Personen selbst (Papadimitriou, et al., 2009). So fehlt beispielsweise der Blick für die Wegebeziehung, zu der eine konkrete Querung nur ein Mittel zum Zweck ist. Damit können auch keinerlei Aussagen über die Motivlage und damit den Handlungsrahmen möglicher Verhaltensweisen einer Person berücksichtigt werden.

Bedeutsame Ansätze zur Berücksichtigung psychologischer Merkmale bedienen sich beispielsweise Risikowahlmodellen, der Theorie

des geplanten Verhaltens sowie besonderer situationaler Faktoren (vgl. Kapitel 4.2.3-4.2.4).

Über die Frage der Motivation besteht beim dritten Bereich wissenschaftlicher Charakterisierung von Fußgängerverhalten keine große Unsicherheit. Es handelt sich um den Bereich von Routenwahlmodellen. Diese Modelle existieren vor allem vor dem Hintergrund der Evakuierung größerer Personengruppen und der gezielten Lenkung dieser Fußgängerströme. Ein wesentlicher Aspekt ist die Vermeidung panikartiger Ereignisse während einer Evakuierung, es kommen aber auch Betrachtungen zu Räumzeiten und der benötigten Dimensionierungen von Rettungswegen hinzu.

Daher bestehen in diesem Bereich zunächst kaum Unsicherheiten über die grundsätzliche Motivlage der abgebildeten Fußgänger. Dies stellt gleichzeitig aber auch den größten Nachteil dieser Modelle zur adäquaten Charakterisierung von Fußgängerverhalten dar. Sie sind praktisch nicht auf andere als die untersuchte Situation verallgemeinerbar. Dies impliziert zudem, dass keine allgemeinen Angaben über die Prognosegüte oder die Validität (Gültigkeit) der Modellbildung in einem beliebigen praktischen Anwendungsfall abgeleitet werden können.

Ansätze dieses Bereiches sind üblicherweise datengetrieben, das heißt an konkrete Versuchsergebnisse angepasst. Die Grundlagen der Ansätze sind mehr oder weniger stark aus der physikalischen Beschreibung von Leitungsvorgängen flüssiger oder quasiflüssiger Stoffe (z.B. Schüttung von aus sehr kleinen Teilchen bestehenden Mischungen wie etwa Sand) abgeleitet.

Neuere Entwicklungen der letzten Jahre berücksichtigen individuelle Eigenschaften der einzelnen Agenten (Personen), die auch lernfähig sind und mit einander interagieren können. Dies bietet jedoch wenig Abhilfe zum Problem der unzureichenden Verallgemeinerbarkeit. Abgesehen von den engsten Staustellen bestehen während einer Evakuierung für Fußgänger wesentlich größere Verhaltensfreiheiten, als das physikalische Modell der Leitungsvorgänge zulassen würde. Zudem spielen oft soziale Aspekte, wie etwa Kleingruppen weniger Personen, die ihr Verhalten abstimmen oder eine

besondere Ortskenntnis über alternative Wege besitzen, eine bedeutsame Rolle.

Dies kann dazu führen, dass sich größere Anteile der Personen anders, dabei teilweise effizienter und teilweise weniger zielführend verhalten als vom Modell prognostiziert. Daher können Routenwahlmodelle vor dem Hintergrund allgemeiner Charakterisierung von Fußgängerverhalten als zu makroskopisch und zu sehr stochastisch angesehen werden (Papadimitriou, et al., 2009). Sie werden im Verlauf der vorliegenden Betrachtung daher auch nicht weiter berücksichtigt.

4.1.2 Verkehrstechnische Betrachtung des Fußgängerverkehrs

Die Anlagen des Fußgängerverkehrs werden gegliedert in Anlagen des Fußgängerlängsverkehrs sowie niveaugleiche und niveaufreie Fußgängerübergänge. Zu den Anlagen des Fußgängerlängsverkehrs gehören Gehwege, Fußgängerstraßen und Fußgängerbereiche. Niveaugleiche Fußgängerübergänge lassen sich anhand ihrer verkehrstechnischen Sicherung weiter untergliedern. Hier sind Fußgängerfurten ohne besondere Sicherungsmaßnahmen von Fußgängerüberwegen und lichtsignalgeregelten Übergängen zu unterscheiden. Niveaufreie Fußgängerüberwege beinhalten Fußgängerunter- und -überführungen sowie deren Zu- und Abgänge (Schnabel, et al., 1997).

Von der Gestaltung der Fußgängerübergänge, die die geplanten Verbindungen zwischen den Anlagen des Fußgängerlängsverkehrs darstellen, hängen ganz wesentlich die Qualität, der Komfort und die Verkehrssicherheit des Fußgängerverkehrs ab (FGSV, 2002).

4.1.2.1 Fußgängerlängsverkehr

Den Fußgängern ist der innerorts überwiegend straßenbegleitend angelegte Gehweg als eigener Verkehrsraum vorbehalten. Gehwege werden an allen angebauten Straßen angelegt. Beträgt die zulässige Geschwindigkeit auf dem Straßenabschnitt mehr als $v=70\text{km/h}$, ist eine aufwändigere bauliche Trennung, zum Beispiel anhand begrüntem Schutzstreifen, Schutzplanke oder Gitter angezeigt (FGSV, 2002). Außerhalb geschlossener Ortschaften werden Verkehrsflächen für den Fußgängerverkehr am

klassifizierten Straßennetz überwiegend als eigenständig geführte, kombinierte Geh-/Radwege angelegt.

Grundsätzlich sind selbständig geführte Gehwege die Anlagen mit der größten Sicherheit und Bequemlichkeit für den Fußgängerverkehr. Kombinierte Geh-/Radwege werden diesbezüglich als weniger günstig angesehen. Sie stellen jedoch unter der Bedingung schwachen Rad- und Fußgängerverkehrsaufkommens eine wirtschaftliche Lösung dar (Schnabel, et al., 1997). In beiden Fällen kommt es außer an Grundstückszufahrten, an denen das Kraftfahrzeug Fußgänger beachten muss, nicht zu regelmäßigen Interaktionen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen.

Fußgängerbereiche (Fußgängerzone, Verkehrszeichen 242) sind häufig städtebaulich gestaltete Räume, in denen Fußgänger Vorrang gegenüber den anderen Verkehrsarten genießen. Es sind Varianten ohne Zulässigkeit des Fahrverkehrs (oft als Fußgängerstraße bezeichnet), mit Zulässigkeit sowie mit zeitlich begrenzter Zulässigkeit unterscheidbar. Je nach vorliegender Variante unterscheiden sich die Möglichkeiten der Interaktion zwischen Kraftfahrzeugverkehr und Fußgängern. Ein besonderes Augenmerk wird ebenfalls dem Radverkehr in diesen Bereichen geschenkt. Es sind auch diesbezüglich Varianten ohne, mit sowie mit zeitlich beschränkter Zulässigkeit bekannt.

In verkehrsberuhigten Bereichen (Verkehrszeichen VZ 325) haben Fahrzeuglenker die Fußgänger zu beachten. Innerhalb dieses Bereichs gilt, dass Fußgänger die Straße in ihrer ganzen Breite benutzen dürfen. Kinderspiele sind überall erlaubt. Dazu muss der Fahrzeugverkehr Schrittgeschwindigkeit einhalten. Fahrzeugführer dürfen die Fußgänger weder gefährden noch behindern. Wenn es erforderlich ist, müssen sie warten. Andererseits dürfen die Fußgänger den Fahrverkehr auch nicht mehr als nötig behindern (StVO, 2010).

Eine besonders hervorzuheben Situation stellen gesondert ausgewiesene Anlagen für den ruhenden Verkehr, z.B. Parkplätze (VZ 314) und Parkhäuser dar, auf bzw. innerhalb derer es meist keine gesondert ausgewiesenen Gehwege gibt. Eine solche Anlage stellt keine Fahrbahn dar. Fahrzeuge haben jedoch nur auf Fahrbahnen Vorrang gegenüber Fußgängern. Entsprechend

haben Fahrzeuge weder in Interaktion mit anderen Fahrzeugen noch gegenüber Fußgängern irgendwelche Vorrechte. Es gilt ausschließlich die gegenseitige Rücksichtnahme gemäß Paragraf 1 der StVO.

Die skizzierten Situationen mit Fußgängerlängsverkehr und der Möglichkeit, in Interaktion mit Kraftfahrzeugen zu treten, erfordern nicht nur vor dem Hintergrund der gegenseitigen Rücksichtnahme und Beachtung (§1, StVO) eine Wahrnehmbarkeit aller Kraftfahrzeuge durch Fußgänger. Hinzu kommt die Erforderlichkeit der rechtzeitigen Ausrichtung des eigenen Verhaltens und dessen schutzbefohlener Personen auf eventuelle Gefahrenquellen.

Eine rechtzeitige Wahrnehmbarkeit erleichtert die angemessene Reaktion und vermeidet überraschungsbedingte Schreckreaktionen. Dieser Aspekt ist beispielsweise auch aus dem Arbeitsschutz bekannt. Selbstfahrende Anlagen werden allgemein so ausgestattet, dass sie bei Kollisionsgefahr automatisch stoppen. Sie werden trotzdem mit optischer und akustischer Warnung versehen, damit Personen rechtzeitig auf ihre Annäherung reagieren können und nicht überrascht werden.

4.1.2.2 Fußgängerquerverkehr

Interaktionen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen treten regelmäßig im Fußgängerquerverkehr auf. Allgemein müssen Fußgänger, die Verkehrswege für Kraftfahrzeuge queren, diesen beachten und ihm Vorrang gewähren (StVO, 2010). Eine Ausnahme ist die Situation an gesicherten Querungsstellen. Ein gesichertes Überqueren der Fahrbahn für Fußgänger ermöglichen Fußgängerüberwege (VZ 293 und 350), lichtsignalgesteuerte Übergänge (LSA) und Fußgängerunter- und -überführungen.

Die Vorrangsituation an Fußgängerüberwegen (FGÜ) beschreibt § 26 der StVO (StVO, 2010): „An Fußgängerüberwegen haben Fahrzeuge mit Ausnahme von Schienenfahrzeugen den Fußgängern sowie Fahrern von Krankenfahrstühlen oder Rollstühlen, welche den Überweg erkennbar benutzen wollen, das Überqueren der Fahrbahn zu ermöglichen. Dann dürfen sie nur mit mäßiger Geschwindigkeit heranfahren; wenn nötig, müssen sie warten.“

Situationen mit lichtsignalgeregeltem Übergang implizieren eine eindeutige Regelung der Vorrangverhältnisse in Abhängigkeit der Lichtzeichen. Hierbei werden bedeutsame Unsicherheiten lediglich im Zusammenhang mit Rotlichtgehern berichtet, dazu siehe Kapitel 4.2.4.1. Als unproblematisch, zumindest aus dem Blickwinkel der Interaktion mit dem Kraftfahrzeugverkehr heraus, können Situationen bei niveaufreier Querung angesehen werden.

Zu den baulichen bzw. verkehrstechnischen Querungshilfen ohne besondere Vorrangregelung zählen Inseln, Elemente zur Verkehrsberuhigung wie Fahrbahneinengungen und -verschwenkungen oder vorgezogene Randbegrenzungen. Verkehrsbeschränkungen gehören genauso dazu wie etwa Halteverbote und Geschwindigkeitsbeschränkungen (Schnabel, et al., 1997). Die Art des an einer bestimmten Querungsstelle anzulegenden Übergangs wird von Charakteristiken des Fahrzeug- und Fußgängerverkehrs, der Funktion der Straße sowie geometrischen Faktoren bestimmt (FGSV, 2002).

Reaktionsaufforderung Fahrer-und Fahrzeugseitig	Gegenseitige Beachtung §1 StVO	Reaktionsaufforderung Fußgängerseitig
<ul style="list-style-type: none"> • Vorrang Fußgänger an FGÜ, Kreuzungen • Beachtung Fußgänger im Längsverkehr • Gefährliche Querung durch Fußgänger (Notbremsung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Parkplatz • Fußgängerbereiche • Verkehrsberuhigte Bereiche • Grundstückszufahrten 	<ul style="list-style-type: none"> • Querungssituation mit Fahrzeugvorrang • Reaktion auf Fehlverhalten von Fahrzeugen

Tabelle 4-1: Interaktionssituationen nach Reaktionsaufforderung

Die aufgezählten Formen der Querungshilfen wirken aus Sicht des Fußgängers in verschiedenen Bereichen dieser Herausforderung. Sie teilen beispielsweise die Querung der gesamten Fahrbahn in Teilquerungen einzelner Fahrstreifen (Insel) oder Verkürzen den Querungszeitbedarf durch Verringerung des Querungsweges (Fahrbahneinengung).

Beeinflussungen des Fahrzeugverkehrs bewirken eine besser abschätzbare Situation durch einen homogenen Verkehrsfluss und erzeugen gleichzeitig größere Zeitlücke bei gleicher Weglänge, die beispielsweise durch feste Sichtbeziehungen vorgegeben sein kann. Maßnahmen mit Wirkung auf das Verhalten des Kraftfahrzeugverkehrs unterscheiden sich in Ihrer Unumgänglichkeit. Geschwindigkeitsbeschränkung oder die Schaffung besserer Sichtbeziehungen durch Verbote von Fahrzeugen im Seitenbereich (z.B. Halteverbote) erlauben mehr Variabilität und müssen daher zumeist kontrolliert werden. Bauliche Maßnahmen schaffen explizitere Verhaltensgrenzen, werden daher aber vom fließenden Fahrzeugverkehr auch als einschränkender erlebt.

In den Situationen mit Querungshilfe sowie gänzlichem Fehlen von verkehrstechnischen Maßnahmen zur Fußgängerquerung (Queren auf der sogenannten „freien Strecke“) suchen Fußgänger nach einer passenden Lücke im Fahrzeugstrom. Hierbei besteht eine hohe Interaktionsanforderung. Wenn Personen sich dabei verschätzen, kommt es zu einer Reaktionsaufforderung für den Fahrzeugverkehr (Feng, et al., 2007). Die Vielzahl von Faktoren im Zusammenhang der Querungsentscheidung betrachtet Kapitel 4.2.

4.1.3 Abgrenzung relevanter Interaktionskonstellationen

Die oben angestellten Betrachtungen zum Fußgängerverkehr aus verkehrstechnischer Blickrichtung erlauben eine erste grundsätzliche Systematisierung relevanter Interaktionskonstellationen von Kraftfahrzeugen und äußeren Verkehrsteilnehmern. Diese treten zunächst in Straßenbereichen auf, die neben der Verbindungsfunktion auch mit einer erheblichen Aufenthaltsfunktion belegt sind. In diesen innerörtlichen Bereichen interagieren neben weiteren Kraftfahr-

zeugen auch schwächere Verkehrsteilnehmer mit Fahrzeugen.

Aus der verkehrstechnischen Betrachtung lassen sich grundsätzliche Interaktionssituationen prototypisch beschreiben. Drei größere Bereiche von Situationen sind hier unterscheidbar. Der erste Bereich umfasst Situationen mit fahrerseitiger Reaktionsaufforderung, dazu kommen solche mit gegenseitiger Beachtung bei niedrigen Geschwindigkeiten und schließlich Situationen, in denen die primäre Reaktionsaufforderung beim Fußgänger liegt (Tabelle 4-1).

Situationen mit fahrerseitiger Reaktionsaufforderung umfassen zunächst die in Kapitel 4.1.2.2 umschriebenen Situationen mit verkehrstechnisch geregelter Querung. Es kommen in dieser Kategorie noch Interaktionen hinzu, die aufgrund einer fußgängerseitig gefährlichen Querung in Situationen ohne irgendeine Art der Querungsunterstützung resultieren und gegebenenfalls eine unfallvermeidende Reaktion des Kraftfahrzeugfahrers erfordern.

Der zweite Bereich sind Situationen mit gegenseitiger Beachtung gemäß §1 der StVO (StVO, 2010) bei geringen Geschwindigkeiten bis etwa $v=20\text{km/h}$. Hierzu gehören Grundstückszufahrten, Fußgängerbereiche und Fußgängerzonen sowie Parkplatzsituationen. Die Hauptanforderung liegt hierbei in der rechtzeitigen Wahrnehmbarkeit, damit alle beteiligten Verkehrsteilnehmer ihr Verhalten aufeinander einstellen können.

Die höchsten Anforderungen an den Fußgänger stellen die Situationen des dritten Interaktionsbereiches dar. Hier hat der Fahrzeugverkehr Vorrang. Das ist im Wesentlichen die nicht gesondert gesicherte Querung der Straße „auf freier Strecke“, aber auch an vorrangeregelten Knotenpunkten ohne LSA. Hierzu zählen jedoch auch diejenigen Situationen, in denen Fahrzeuge keinen expliziten Vorrang haben (eigentlich Situationen links und Mitte in Tabelle 4-1), es jedoch aufgrund von unsicheren Verhaltensweisen des Kraftfahrzeugfahrers zu einem Konflikt kommt und dieser durch eine unfallvermeidende Reaktion des Fußgängers abgewendet wird.

Sie erweitern den Aspekt der gegenseitigen Wahrnehmbarkeit im Sinne der Verhaltensabstimmung auf Situationen, in denen sich

Kraftfahrzeugführer nicht regelgerecht verhalten und in denen Konflikte oder Unfälle nur durch eine Verhaltensreaktion des Fußgängers abgewendet werden können. Hierzu ist eine schnelle Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen notwendig, die sich aus unerwarteten, größtenteils peripheren Richtungen und in relativ unerwarteten Momenten nähern.

Abschließend kann zunächst davon ausgegangen werden, dass es sich bei der Querung ohne besondere Sicherungsmaßnahmen um die im Sinne der Anforderungen an den Fußgänger komplexeste Interaktionssituation handelt. Weitere Betrachtungen der objektiven Verkehrssicherheit dieser Situation auch im vergleichenden Sinne liefert Kapitel 5. Das nachfolgende Kapitel 4.2 beschäftigt sich mit den wissenschaftlich gesicherten Erkenntnissen zum Querungsverhalten von Fußgängern.

4.2 Querungsverhalten

Das Querungsverhalten im engeren Sinne umfasst die unmittelbare Vorbereitung einer Querung (vgl. Kapitel 4.2.1.1 "Sicherungsverhalten") sowie die Querung an sich. Als Querung wird überwiegend der Anteil verstanden, in dem sich der Fußgänger auf der primär den anderen Verkehrsteilnehmern vorbehaltenen Fläche befindet (Papadimitriou, et al., 2009). Dazu gehören die dem Kraftfahrzeugverkehr dienenden Fahrstreifen, aber auch Radfahrstreifen und gesonderte Bereiche für Fahrzeuge des ÖPNV, insofern diese im Querschnitt vorhanden sind.

Die wissenschaftliche Beschreibung des Querungsverhaltens beschränkt sich überwiegend auf die unmittelbare Vorbereitung und die Querung selbst. Dafür werden in der Literatur verhaltensbeschreibende Parameter wie Wartezeiten, die Akzeptanz von Verboten wie Rotlicht und Sperrn, aber auch Behinderungen für Querungen anhand von Gehgeschwindigkeit, Entscheidungszeiten und der Lückenakzeptanz verwendet.

Integraler Bestandteil jeder Querung ist jedoch auch die konzeptionelle Phase weit vor der eigentlichen Querung. Hierzu gehört im Sinne einer Quervorbereitung auch die Planung einer bestimmten Querungsstelle. Diese Entscheidung ist zu einem guten Anteil abhängig

von der Wegeentscheidung. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Entscheidung für eine bestimmte Variante eines Fußweges auch abhängig von den Querungsmöglichkeiten auf dem gewählten Weg sind. Eine notwendige Voraussetzung ist, dass entsprechende Alternativen existieren und sie die Randbedingungen Einfachheit und Komfort erfüllen. Sind diese Eigenschaften zufriedenstellend gegeben, dürften bei einer Entscheidung auch die Querungshindernisse entscheidend sein.

Eine zentrale Fragestellung ist somit, warum Fußgänger an der Stelle queren, an der sie es tun. Dazu gibt es bislang wenig empirische Forschung. Anhaltspunkte aus der Literatur legen jedoch nahe, dass es für die konkrete Entscheidung in einer bestimmten Situation Einflüsse aus der Infrastruktur, der aktuellen Verkehrssituation sowie der Person selbst gibt (Chu, et al., 2002). Sofern dazu entsprechende Hinweise vorliegen, wird dieser Aspekt in den nachfolgenden Unterpunkten dargestellt.

4.2.1 Beobachtbare Verhaltensmaße des Fußgängerverhaltens

Unter beobachtbaren Verhaltensmaßen werden alle Verhaltensweisen von Fußgängern, auch in Relation zum Kraftfahrzeugstrom verstanden, die einen engeren Bezug zur Verkehrssicherheit aufweisen. Dies sind die Gehgeschwindigkeit des Fußgängers sowie die Ausprägung der von ihm zur Querung gewählten bzw. abgelehnten Lücke im Fahrzeugstrom.

Es kommt jedoch auch der beobachtbare Anteil des Sicherungsverhaltens hinzu. Dieser besteht maßgeblich in Kopf- und Blickbewegungen. Die akustischen Anteile des Sicherungsverhaltens sind der Beobachtung grundsätzlich nicht zugänglich. Ihr Vorliegen kann lediglich durch Befragungen abgeschätzt (Sullman, et al., 2011) oder bei Abwesenheit von visuellem Sicherungsverhalten unterstellt werden (Schulze, 2005).

Für einige besondere Situationen kommen weitere beobachtbare Verhaltensweisen hinzu. Das sind beispielsweise Handzeichen am FGÜ oder wie in der Verkehrspädagogik Kindern manchmal angeraten sowie Zeichen sehbehinderter oder blinder Personen mit dem Langstock. Auch Merkmale der Bewegung selbst können eine

Informationsquelle darstellen (siehe Kapitel 4.2.1.4), die dann aus Sicht des Fahrzeugführers die Interaktion und Kommunikation zum Zwecke der Verhaltensabschätzung beeinflussen können.

4.2.1.1 Sicherungsverhalten

Die als allgemeingültig anzusehende Zielstellung jeder Querung ist zunächst die sichere Querung bei Unversehrtheit von Leib und Leben. Die Voraussetzung für die Auswahl einer geeigneten Querungsstelle ist zunächst, dass die Person eine Querungsabsicht hegt. Die Querungsabsicht ist das Vorhaben, die Straße überhaupt überqueren zu wollen. Zumeist gibt es eine sehr große Bandbreite an Möglichkeiten, dies zu realisieren.

Unabhängig von der Art der gewählten Querung muss das Betreten der Straße und das Überschreiten derselben konkret vorbereitet werden. Das kann beispielsweise die Rückversicherung sein, ob man an der richtigen Stelle ist und wenn es sich um eine Querung ohne technische Sicherung oder bauliche Querungshilfe handelt, wie sich der Fahrzeugstrom momentan darstellt.

Darauf folgt die eigentliche Sicherung der Querung. Die Sicherung selbst beinhaltet letztlich die Wahrnehmung und Abschätzung, ob die Straße sicher überquert werden kann. An Stellen mit technischer Sicherung, z.B. LSA ist das die Wahrnehmung des Grünsignals und die Rückversicherung, ob die Fahrzeuge anhalten bzw. angehalten haben (Hatfield, et al., 2007).

Im Ergebnis einer subjektiv als ausreichend und erfolgreich eingeschätzten Sicherung Beginnt die Querung mit dem Betreten der Straße. Dieser Ablauf gilt grundsätzlich für alle Situationen und Personen. Die Entscheidung ist also letztlich ein Go- oder NO-GO-Entschluss, der unter Umständen bei fehlerhafter Einschätzung der Situation ernsthafte Konsequenzen nach sich ziehen kann (vgl. Kapitel 5).

Die Sicherung umfasst unterschiedlichste Aspekte der Situationseinschätzung. Der wohl komplexeste Fall stellt die Querung auf freier Strecke und damit ohne technische Sicherungen dar. Dafür müssen jeweils verschiedene Aspekte abgeschätzt werden. Das sind grundlegend die Abschätzung des Querungsaufwandes (welche Wegstrecke) sowie

die Schätzung von dafür verfügbaren Lücken im Fahrzeugstrom (vgl. Kapitel 4.2.2.1).

Diese Informationen können aus verschiedenen Sinneskanälen gespeist werden. Mit dem Beitrag des auditiven Sinneskanals beschäftigt sich das Kapitel 4.4. Für das von außen gut beobachtbare Sicherungsverhalten bestehen Grundannahmen. So wurden beispielsweise Personen bei ihrem querungsvorbereitenden Verhalten beobachtet (Schoon, 2006).

Dazu gehörte das visuelle Sichern der Querung mit 3 Blicken. Der erste Blick nach rechts, der zweite nach links und der dritte und letzte Blick dann wieder nach rechts. Danach begann mit dem ersten Schritt die Querung. Nach der Beobachtung dieser Autoren betrug die gesamte Querungsvorbereitungszeit etwa 3s (Schoon, 2006).

Die Zeitspanne von der links-Sicherung bis zum Losgehen beträgt danach im Mittel etwa 1,5s. Das bedeutet, dass ab einem Zeitraum von 1,5s vor dem eigentlichen Querungsbeginn keine visuelle Sicherung mehr nach links erfolgt, dieses Zeitbudget also als zusätzliche Vorausschau zur eigentlichen Querungszeit hinzukommt.

Innerhalb der letzten 0,5-0,75s erfolgt überhaupt keine visuelle Sicherung mehr. In diesem Zeitraum wird der erste Schritt durch Betrachtung des unmittelbar anschließend zu betretenen Bereiches vorbereitet. Die letzte Sicherung nach rechts erfolgt also etwa 1s vor dem eigentlichen Losgehen. Daraus werden Forderungen für minimale Sichtdistanzen der Fußgänger von $3s + \text{Querungszeit} + \text{Sicherheitspuffer}$ abgeleitet.

Diese Angaben gelten für die Querung aus dem Stand. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die grundsätzlichen Informationsbedürfnisse auch bei der Querung aus der Bewegung heraus zutreffen. Weiterhin ist einschränkend anzumerken, dass diese Betrachtungen nur für Rechtsverkehr und an diese Verkehrsführung gewöhnte Personen gelten. Wie Johnston, et al. (2007) zeigen, gibt es bedeutsame Effekte der Sozialisation und entsprechend Probleme, wenn sich Personen in einem Umfeld bewegen, dass nicht ihren gelernten Mustern folgt (vgl. Kapitel 4.2.3.2).

Wie Sullman, et al. (2011) zeigen, ist das oben beschriebene Sicherungsverhalten mit dem Blick nach beiden Seiten der Fahrbahn, zumindest in Befragungen, das am häufigsten berichtete sicherheitsbezogene Verhalten jugendlicher Fußgänger im Straßenverkehr. Dabei standen in dem standardisierten Fragebogen (ARBQ: Adolescent Road user Behaviour Questionnaire) 42 typische oder auch weniger typische Verhaltensweisen zur Bewertung, deren Häufigkeit die Teilnehmer in ihrem alltäglichen Verhalten angeben sollten.

Die Liste möglicher Verhaltensweisen umfasste das Tragen von sichtbarer Kleidung genauso wie das Queren der Straße zwischen parkenden Fahrzeugen. Insgesamt berichteten männliche Jugendliche mehr unsicheres Querungsverhalten. Die berichtete Häufigkeit unsicheren Querungsverhaltens nimmt gemäß den Ergebnissen der Studie mit dem Alter zu. Es wurden Personen im Altersbereich von 12 bis 17 Jahren befragt.

Die besonderen Herausforderungen des Sicherungsverhaltens mobilitätseingeschränkter Personen wird innerhalb der Abschnitte zu den jeweiligen Betroffenengruppen im Kapitel 4.3 behandelt.

4.2.1.2 Lückenakzeptanz

Unter einer Zeitlücke versteht die Verkehrstechnik den Abstand zwischen zwei Fahrzeugen im Fahrzeugstrom (Schnabel, et al., 1997). Die Akzeptanz einer Lücke bestimmter Größe wird allgemein anhand des in die Lücke hinein reichenden Querungsverhaltens, also per Beobachtung, operationalisiert. Die Ablehnung, d.h. Nichtannahme einer gegebenen Lücke wird so interpretiert, dass sie als zu gering eingeschätzt wurde.

Die drei wesentlichen Komponenten der Lückenakzeptanz sind die Verfügbarkeit von Lücken, der geschätzte Querungszeitbedarf, worin die Breite der Straße enthalten ist, sowie ein Sicherheitsfaktor. Als beobachtbares Maß des Sicherheitsfaktors wird oft der nach erfolgter Querung verbleibende Abstand zum nächsten FZ angesehen (Chu, et al., 2002).

Die Verfügbarkeit von Lücken verändert die Akzeptanz. Mit längerer Wartedauer bei nur wenigen verfügbaren Lücken können sich die

Bewertungen des Querungszeitbedarfs verändern. Dieser Verschiebung in der Bewertung kann dann durch Akzeptanz eines geringeren Sicherheitspuffers, ggf. den Verzicht auf einen solchen Zuschlag und auch durch Veränderung der Gehgeschwindigkeit bis hin zum Rennen, ein entsprechendes körperliches Vermögen vorausgesetzt, entsprochen werden.

Als erforderliche Zeitlücke im Fahrzeugstrom wird in der Verkehrstechnik die Querungszeit zuzüglich eines Sicherheitszuschlags von 1...2s angesehen. Die Querungszeit selbst wird in diesem Ansatz ausschließlich aus der Gehgeschwindigkeit in Kombination mit der vorhandenen Straßenbreite hergeleitet. Somit ergibt sich ein Zeitlückenbedarf von querenden Fußgängern von 6,5-8s für zweistreifige Straßen (Schnabel, et al., 1997).

Die internationale Literatur beschreibt eine Vielzahl von Einflüssen auf die Lückenakzeptanz. Der als am bedeutsamsten herauszuhebende Einfluss ist das Alter. Das Alter an sich erklärt jedoch wenige Aspekte der oben beschriebenen Lückenakzeptanz. Mit dem Alter korrelieren jedoch bedeutsame Ausgangsvariablen der Lückenakzeptanz systematisch. Neben allgemeinen körperlich-motorischen Fähigkeiten, wie etwa der Gehgeschwindigkeit (vgl. Kapitel 4.2.1.3) und damit dem Querungszeitbedarf, variieren auch vielfältige motivationale Parameter wie beispielsweise das akzeptierte Risiko und mit diesem die Größe des gewählten Sicherheitspuffers.

Untersuchungsergebnisse sowohl aus Labor- als auch aus Feldstudien zeigen, dass die Lückenakzeptanz nicht im Sinne einer Zeitlücke, sondern vielmehr als Weglücke unter höchstens heuristischer Berücksichtigung der Fahrzeuggeschwindigkeit aufgefasst werden muss (Papadimitriou, et al., 2009).

Das ist aus Sicht der Wahrnehmung auch verständlich. Um eine Zeitlücke schätzen zu können, bedarf es einer verlässlichen Abschätzung von Abstand und Geschwindigkeit. Kapitel 4.2.2.1 beschäftigt sich eingehend mit der Schätzung von Abständen und der Geschwindigkeit. Hierzu kann jedoch vorweggenommen werden, dass es sich dabei um eine nicht sehr exakte Schätzung handelt. Eine bewusste oder implizite Verrechnung dieser Schätzergebnisse zu einem festen Wert an

verfügbarer Zeit erscheint schon aufgrund des Aufwandes ziemlich unwahrscheinlich und wird tatsächlich auch nicht vorgenommen. Hinzu kommt, dass dann ein ebenso wenig absolut bekannter Zeitbedarfswert als Vergleichspartner nötig wäre.

Insofern kann davon ausgegangen werden, dass vor allem eine grobe Entfernungsschätzung als Entscheidungsgrundlage verwendet wird. So zeigen beispielsweise die Ergebnisse aus mehreren aufwändigen Experimenten in Fußgängersimulationen, dass erwachsene Personen unabhängig von der Geschwindigkeit des sich annähernden Fahrzeuges praktisch keine Weglücken unterhalb von 40m akzeptieren. Die Zeitlücken variieren dabei deutlich bis in den Bereich recht komfortabler Querung mit angemessenem Sicherheitspuffer, zeigen jedoch keinen nennenswerten Effekt (Oxley, et al., 2005), (Lobjois, et al., 2007).

Bei direkter experimenteller Variation der Time-To-Collision (TTC) zeigte sich, dass Querungsentscheidungen signifikant von der Entfernung und der Geschwindigkeit des ankommenden Fahrzeuges beeinflusst wurden, nicht aber von der TTC (Oxley, et al., 2006). Je größer die Entfernung, umso eher erfolgte eine positive Querungsentscheidung. Bedeutsame Anteile an Querungen waren ab 4s TTC zu beobachten, die Mehrheit querte ab 7s. Bei konstanter TTC werden mit steigender Geschwindigkeit und damit steigendem Abstand eher positive Querungsentscheidungen getroffen. Oberhalb von 10s TTC wurde kein Einfluss von Abstand oder Geschwindigkeit mehr beobachtet (Abstände alle über 150m). Die Erkenntnisse lassen sich in der allgemeinen Heuristik „je weiter das Fahrzeug entfernt, umso sicherer kann ich als FG queren“ zusammenfassen.

Diese Sichtweise wird auch von Schmidt, et al. (2009) gestützt. Diese Autoren untersuchten, wie stark die Querungsentscheidung von Entfernung und Geschwindigkeit des Fahrzeuges beeinflusst wird. In einem Feldexperiment orientierten sich die Versuchspersonen bei ihrer Querungsentscheidung eher an der Entfernung als an der TTC. Der signifikante Effekt der Fahrzeuggeschwindigkeit, bedeutend je schneller sich das Fahrzeug annäherte, umso größere Abstände

wurden zum Queren benutzt, fußte auf einer heuristischen Geschwindigkeitsschätzung.

Auch hier verringerte sich die TTC mit steigender Geschwindigkeit, es wurde somit risikoreicher gequert. Aus der Perspektive der Fußgänger folgt somit, dass diese zum akzeptierten Abstand eher pauschal einen Geschwindigkeitszuschlag berücksichtigen, als real die Geschwindigkeit als Parameter im physikalischen Sinne einzubeziehen (Schmidt, et al., 2009).

Schließlich beschäftigte sich eine Untersuchung mit dem besonderen Einfluss von Alkohol auf die Schätzung von Lücken (gaps) im Straßenverkehr. Einige der Probanden wurden alkoholisiert mit 0,7 bis 1‰BAC. Anschließend wurden allen Teilnehmern Verkehrsszenen aus einem Fahr-simulator als Video dargeboten.

Die Aufgabe der Probanden bestand im Abschätzen von Querungsmöglichkeiten in den dargestellten Fahrzeugstrom hinein. Im Ergebnis zeigte sich, dass Alkohol im untersuchten Bereich die Entscheidungszeit verlangsamte, aber auch zu tendenziell riskanteren Entscheidungen führte. Die alkoholisierten Probanden trafen weniger richtige Entscheidungen, dafür mehr unsichere. Der Anteil unnötigerweise, weil ausreichend, abgelehnter Lücken unterschied sich zwischen den Gruppen nicht (Oxley, et al., 2006).

4.2.1.3 Gehgeschwindigkeit

Als Gehgeschwindigkeit wird überwiegend der Quotient aus Weg und dafür benötigter Zeit in einem diskreten Abschnitt des Fußweges angesehen (Schnabel, et al., 1997). Der Weg wird bei der Querung durch die Breite der Fahrbahn ausreichend umschrieben. Die für die Querung benötigte Zeit, zumeist aus teilnehmender oder per Videoaufzeichnung indirekter Beobachtung ermittelt, stellt dann an einem festen Querschnitt die zweite Eingangsgröße in die Kalkulation der Gehgeschwindigkeit dar.

Viele Faktoren beeinflussen die Gehgeschwindigkeit. Sie wird maßgeblich vom Alter und der körperlichen Verfassung beeinflusst. Ältere Personen bewegen sich langsamer, ebenso Personen mit körperlichen Einschränkungen. Weiter wirkt sich die Fußgängerdichte aus, aber auch psychologische Faktoren, wie etwa der

Zweck des Fußweges oder die Ablenkung durch Gespräche mit dem Mobiltelefon (Hatfield, et al., 2007).

Ähnlich wie in Kraftfahrzeugströmen, gilt hier die Fundamentalgleichung der Bewegung. Sie verbindet Dichte, Kapazität und Geschwindigkeit zu einer festen Abhängigkeit (Schnabel, et al., 1997). Große Fußgängerdichten führen zu einer deutlichen Reduzierung der Geschwindigkeit, aber auch zu einer verminderten Kapazität, analog des „Staus“ bzw. „zähflüssigen Verkehrs“ im Fahrzeugverkehr. Freizügiges Gehen ist bei geringen Fußgängerdichten anzutreffen.

Psychologische Faktoren mit bedeutsamem Einfluss auf die Gehgeschwindigkeit sind beispielsweise die Motivation, aber auch erlebter Zeitdruck wirkt sich deutlich auf die Geschwindigkeit des Gehens aus. Je größer dieser ausgeprägt ist, umso höher im Allgemeinen die Gehgeschwindigkeit (vgl. Ausführungen in Kapitel 4.2.3).

Die mittlere Gehgeschwindigkeit von Fußgängern wird oft mit $v=1,2...1,4\text{m/s}$ angenommen. Die Bandbreite bewegt sich jedoch je nach Anwendungsfall im Bereich $0,5 \leq v \leq 1,8\text{m/s}$, wobei die Untergrenze von Kindern in Begleitung von Erwachsenen sowie alten Personen markiert wird. Die Obergrenze des Spektrums besetzen Jugendliche und junge Erwachsene. Die Grenze des natürlichen Gehens wird mit $v=2,0\text{m/s}$ angegeben (Schnabel, et al., 1997).

Eine große Beachtung haben mittlere Gehgeschwindigkeiten vor dem Hintergrund verkehrstechnischer Planungen von Lichtsignalanlagen erhalten. Internationale Forschungen haben viele relevante Einflüsse auf die Querungsgeschwindigkeit von Personen an Ampeln aufgezeigt. Hierzu gehören das Alter, eine eventuell vorliegende Behinderung, die Gruppengröße und das Geschlecht. Aber auch Ausstattungsmerkmale des Knotenpunktes können einen bedeutsamen Einfluss ausüben (Gates, et al., 2006).

In den meisten Altersgruppen queren Frauen langsamer als Männer. Individuen queren schneller als Personen in Gruppen. An Knotenpunkten mit höherer technischer Ausstattung, wobei es sich in der Regel um größere Knotenpunkte mit höherer

Anzahl von Fahrstreifen handelt, wird tendenziell auch schneller gequert als an Knotenpunkten im untergeordneten Straßennetz. Der bedeutsame Einfluss des Alters auf die Gehgeschwindigkeit findet sich nicht nur in Feldbeobachtungen sondern wurde auch in Laborexperimenten mittels Fußgängersimulator gezeigt (Lobjois, et al., 2009).

4.2.1.4 Verhalten aus Sicht des Fahrzeugführers

Das Hauptaugenmerk des Fußgängerverhaltens aus Sicht eines Kraftfahrzeugfahrers liegt in der Absichtserkennung, aber auch im Erkennen der Wahl eines bestimmten Ortes als Querungsstelle (Schmidt, et al., 2009). Für den konkreten Ort einer Querung bestehen auf einem Fußweg mit festem Ausgangs- und Zielpunkt allgemeinen eine ganze Reihe an Möglichkeiten (Papadimitriou, et al., 2009).

Die Wahl einer konkreten Querungsstelle hängt von vielen Faktoren ab. Hierzu gehören etwa Merkmale der Fußwegbeziehung selbst wie Länge, mögliche Alternativen sowie Lage von Start- und Zielpunkt. Merkmale der Infrastruktur und des Verkehrs beeinflussen das Vorhandensein und die Attraktivität von Querungsalternativen beispielsweise durch Straßengestaltung und Verkehrsdichte.

Der Einfluss personaler Faktoren wie Alter, Geschlecht, Risikotoleranz und Gesundheit wurde bereits mehrfach erwähnt. Die Autoren weisen vor diesem Hintergrund darauf hin, dass trotz der vielen bekannten Faktoren ein bedeutsamer Anteil an Zufall bleibt, der zwischen den meist trotzdem noch bestehenden Alternativen situational entscheidet.

Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen zeigen, dass Fahrzeugfahrer die Intention von Fußgängern abschätzen können (Schmidt, et al., 2009). Die Autoren haben anhand videobasierter Darbietungen bei Maskierung verschiedener Details der Szenerie gezeigt, dass eine zentrale Voraussetzung dafür die Sichtbarkeit der Bewegungslinie der Person darstellt. Ist die Bewegung des Fußgängers in ihren Schritten direkt vor der Querung nicht sichtbar, werden Intentionsschätzungen wesentlich schwieriger (vgl. Kapitel 4.2.4.2). Dies kann in der Praxis beispielsweise durch geometrische Sichtverdeckung oder

perzeptive Grenzen infolge Dunkelheit bei fehlender Beleuchtung der Fall sein (Schlag, et al., 2009).

Es zeigte sich in den Untersuchungen von Schmidt, et al. (2009) jedoch ebenso, dass zur adäquaten Abschätzung der Fußgängerintention die Komplexität der gesamten Körpersprache einbezogen wird und sich die Entscheidung keineswegs anhand einzelner Fußgängermerkmale prognostizieren lässt.

Zu den untersuchten Einflüssen gehörten beispielsweise Merkmale im Bereich des Kopfes, wie z.B. das Beobachtungsverhalten und der offensichtliche Blick nach links und rechts. Merkmale an den Beinen, etwa ob der Fuß angehoben wurde, aber auch Eigenschaften der Dynamik der Bewegung wie sehr energisches Zuschreiten, Stillstehen oder Geradeausgehen ohne Verlangsamung werden in die Absichtsschätzung einbezogen. Hinzu kommen weitere Charakteristika wie z.B. Oberkörperbewegungen, der Abstand zur Straße und das Alter der beobachteten Person.

Merkmale der Verkehrsumwelt wie Dichte und Geschwindigkeit sind nach den Ergebnissen genauso zu berücksichtigen wie besondere situationale Faktoren, z.B. das Vorhandensein eines Fußgängerüberweges, ob es sich um eine Mutter mit Kind oder eine querende Personengruppe handelt. Das Verhalten von Kindern wird als nicht sicher vorhersehbar ausgewiesen.

Für die besondere Situation am Fußgängerüberweg, bei der eine Kommunikation zwischen Fußgänger und Kraftfahrzeugfahrer erfolgen muss, zeigen Untersuchungsergebnisse große Einflüsse des sichtbaren Abstimmungsverhaltens. Dazu gehören Blickkontakt und Zuwendung des Oberkörpers seitens des Fußgängers genauso wie Handzeichen (Camenzind, et al., 1978) (Scherer, 1983), die sich in Verhaltensweisen der Kraftfahrzeuge widerspiegeln.

Auf der Seite des Kraftfahrzeuges stellt die sichtbare Verzögerung, ggf. das Anhalten die offensichtlichsste Verhaltensweise dar (Schulze, 2005). Eine schwedische Forschungsarbeit zeigt weiterhin auf, dass Fahrzeugführer das Geschwindigkeitsverhalten im Bereich um 50m vor dem Überweg als Kommunikationsmittel einsetzen.

Eine in diesem Bereich wahrnehmbare Beschleunigung oder fehlendes Abbremsen wird seitens der Fußgänger als deutliches Zeichen interpretiert, dass der Fahrzeugführer nicht gewillt ist, ihnen den Vorrang einzuräumen (Várhelyi, 1998).

Von besonderem Interesse ist das Verhalten von seheingeschränkten Fußgängern aus Sicht des Kraftfahrzeugführers. Guth, et al. (2005) haben dazu Untersuchungen durchgeführt und ausgewertet, wie Fahrer auf Fußgänger mit Mobilitätshilfen reagieren. Sie unterschieden nach den auch auf größere Entfernung erkennbaren Kennzeichen Langstock und Blindenhund und werteten den Anteil an Fahrzeugen aus, die für eine Person mit Querungsabsicht stoppten. Die Untersuchungen fanden im Campusbereich einer Universität, einem eher verkehrsberuhigten Bereich sowie an Zu- und Ausfahrt eines Kreisverkehrs und einem innerstädtischen Bereich statt.

Im Vergleich zeigte sich ein konsistenter Einfluss der Mobilitätshilfen. Gegenüber Personen mit Langstock oder Blindenhund hielten Fahrzeuge deutlich häufiger an als bei Personen ohne diese Kennzeichen. Den insgesamt größten Einfluss bildete jedoch die Untersuchungsstelle. Während im verkehrsberuhigten Campusbereich mehr als 4 von 5 Fahrern anhielten, war es im innerstädtischen Bereich knapp jeder Zwanzigste. Bezogen auf den Kreisverkehr waren die Fahrzeuglenker eher in der Zufahrt als der Ausfahrt bereit, für einen querenden Fußgänger anzuhalten.

Dies zeigt abschließend, dass die Deutung von Verhaltensintentionen der Fußgänger eine notwendige, jedoch keinesfalls hinreichende Bedingung angemessener Interaktion darstellt und der Möglichkeit einer gegenseitigen Abstimmung eine große Bedeutung bezüglich der Verkehrssicherheit zukommt.

4.2.2 Wahrnehmungsaspekte des Fußgänger- verhaltens

4.2.2.1 Schätzen von Abstand und Geschwindigkeit

Wie bereits in Kapitel 4.2.1.2 dargestellt, stellt die perzeptive Grundlage einer Querungsentscheidung mit visueller Sicherung maßgeblich die Schätzung von Lücken im Fahrzeugstrom als Abstand und damit Weglücke dar. Die für eine Schätzung von Zeitlücken notwendige Zeitwahrnehmung ist Menschen nur sehr begrenzt möglich, auch indirekte Schätzungen über den Weg und die Geschwindigkeit können physiologisch und kognitiv nicht ausreichend dargestellt werden.

Die psychologische Funktion zur Schätzung von Abständen und Geschwindigkeiten ist die räumliche Tiefenwahrnehmung. Die grundlegenden Unterfunktionen sind die Wahrnehmung räumlicher Tiefe sowie die Detektion der Bewegungsrichtung, insofern es sich um bewegte Objekte handelt (Mather, 2006).

Die Tiefenwahrnehmung beurteilt den Abstand zwischen Beobachter und einem Objekt. Sie beruht auf mehreren Mechanismen. Diese werden in binokulare, monokulare sowie bewegungsindizierte Tiefenkriterien unterteilt. Die binokularen Tiefenkriterien retinale Quer-disparation und Konvergenz erlauben eine Tiefenwahrnehmung lediglich auf kurze Distanzen weniger Meter und werden daher nicht näher betrachtet.

Eine bedeutsame Quelle für räumliche Tiefe ist die Eigenbewegung des Beobachters. Für den bewegten Beobachter verschieben sich nahe Objekte gegenüber einem festen Fixpunkt deutlich schneller als weiter entfernte Objekte (relative Bewegungsparallaxe). Eine Voraussetzung dafür ist jedoch die absolute und relative örtliche Konstanz der in der Bewegung betrachteten Objekte. Zur Entfernungsschätzung bewegter Objekte trägt dieser Mechanismus wenig bei.

Auf größere Entfernungen und für bewegte Objekte verbleiben daher im Wesentlichen die monokularen Tiefenkriterien als Grundlage einer Abstandsschätzung. Monokulare Tiefenkriterien subsumieren all diejenigen Merkmale räumlicher Tiefe, die bei der Abbildung in eine Ebene, z.B. eine Fotografie, wirksam sind. Die Bandbreite

dieser Tiefenkriterien ist recht groß. Sie umfasst Interposition, relative Größe, Linearperspektive und Texturgradienten.

Interposition beschreibt die teilweise Verdeckung eines weiter entfernten Objektes durch ein Objekt in kürzerem Abstand. Dies ist im Kontext der Fußgängerquerung beispielsweise der Fall, wenn ein gerade vorübergefahrenes Fahrzeug ein Fahrzeug aus der Gegenrichtung teilweise verdeckt. Befinden sich beide auf ähnlicher Höhe, also in gleichem Abstand vom Beobachter, endet die Verdeckung. Auch recht nah nacheinander folgende Fahrzeuge einer Richtung verdecken einander.

Sehr bedeutsam im Zusammenhang mit der Entfernungsschätzung von Einzelfahrzeugen ist der auf Projektionsgesetzen beruhende Mechanismus der relativen Größe. Näherer Objekte projizieren auf der Netzhaut im Auge ein größeres Abbild als ein identisches Objekt größeren Abstands. Durch den Rückgriff auf die im Gedächtnis verfügbare Größe typischer Fahrzeuge, z.B. „PKW“ oder „Bus“ ermöglicht die wahrgenommene projizierte Abbildgröße eine Entfernungsschätzung.

Für die spezielle Situation der Entfernungsschätzung eines herannahenden Fahrzeugs durch einen querungsbeabsichtigenden Fußgänger kommt die Form der Projektion als Abstandskriterium hinzu. Aufgrund des recht geringen Querversatzes von wenigen Metern zwischen Beobachter und beobachtetem Fahrzeug bei gleichzeitig recht großen Sichtdistanzen resultiert eine projektive Verzerrung. In großen Entfernungen ist praktisch nur die Fahrzeugfront sichtbar. Je näher das Fahrzeug ist, umso größere Anteile der beobachterzugewandten Seitenfläche werden sichtbar. Die Wahrnehmbarkeit der Fahrzeugseitenfläche als schiefe Projektion stellt also auch ein Tiefenkriterium dar. Diesem indirekten Schluss liegt die Annahme konstanter Formen zu Grunde, welche für Fahrzeuge sicher auch zutreffend ist.

Die Wahrnehmung der Textur der ausgedehnten Oberflächen im Sichtbereich (Fahrbahnoberfläche, ggf. auch Häuserfronten oder Bewuchs) liefert ebenfalls einen Beitrag zur Entfernungsabschätzung. Die feinen Strukturen der Oberflächen können in geringem Betrachtungsabstand

besser aufgelöst werden als in größerem Abstand. Das visuelle Verschmelzen der Textur zu einer zunehmend homogeneren Fläche stellt somit ebenfalls eine Tiefeninformation dar.

Der Mensch verfügt über keine direkte Wahrnehmung der Geschwindigkeit beobachteter Objekte. Es bedarf dafür der Grundannahme einer an sich stabilen, konstanten und sich nicht sprunghaft verändernden Welt. Diese Grundannahme wird als Wahrnehmungskonstanz umschrieben. Auf dieser Basis können die wechselnden Relationen eines bewegten Objektes gegenüber seiner unbewegten Umgebung wie auch die sich mit der Entfernungsänderung verändernde Projektionsgröße bekannter Objekte als indirekte Schätzung der Geschwindigkeit herangezogen werden.

Der oben umschriebene Wahrnehmungsmechanismus der relativen Bewegungsparallaxe ermöglicht die Geschwindigkeitswahrnehmung bewegter Objekte auch aus dem sich ständig selbst verändernden Blickwinkel eines bewegten Beobachters. Unabhängig von der Eigenbewegung nimmt die Güte der Abstands- und damit auch Geschwindigkeitsschätzung anhand der umrissenen indirekten Abschätzungen mit steigender Objektgeschwindigkeit und steigendem Objektabstand deutlich ab.

Als ein exemplarisches Beispiel für eine Vielzahl von Studien mit diesem Ergebnis sei die Arbeit von Daum, et al. (2009) benannt. Sie ließen Probanden in einem Feldversuch Entfernungen von Objekten schätzen. Sie fanden einen deutlich mit der Entfernung zunehmenden Schätzfehler. Dieser stieg im Mittel der 15 Probanden von etwa 30% bei der realen Entfernung von 54m auf 75% bei Entfernungen von 200m. Die Fehler stellten Überschätzungen dar. Der Einfluss der Augpunkthöhe und der Objektgröße waren gegenüber dem entfernungsabhängigen Schätzfehler deutlich geringer.

Das Ausmaß dieses Schätzfehlers kann jedoch als eher gering angesehen werden, denn eine erfahrungsbasierte Abschätzung von Querungslücken beruht nicht zwingend auf einer im absoluten Maße richtigen Entfernungsschätzung. Im Verlaufe eines im Prinzip lebenslangen Lernprozesses genügt der Vergleich mit ähnlichen Entfernungen und dem Ergebnis, dass

dabei eine Querung möglich war. Um welche Absolutentfernung es sich handelte, ist eher zweitrangig.

Forschungsergebnisse aus Laboruntersuchungen zeigen weiter, dass die verbale Abschätzungen der Entfernung ein wesentlich schlechterer Prädiktor als das tatsächlich gezeigte Gehverhalten ist (Lobjois, et al., 2009). Wurde den Probanden aufgetragen, nur verbal abzuschätzen, wann sie queren würden, gab es im Mittel 5-6% unsichere Querungen mit ungenügendem Abstand. Wesentlich besser war die Performance, wenn die Teilnehmer tatsächlich querten. Der Anteil unsicherere Querungen dabei betrug im Mittel 1%.

Trotzdem macht die große Unsicherheit absoluter Entfernungsschätzungen anfällig für Abweichungen in der aktuellen Situation. Gerade eine stark untypische Annäherungsgeschwindigkeit eines Fahrzeuges, egal ob sehr langsam oder sehr schnell, bewirkt eine suboptimale Entscheidung. Ein diesbezüglicher Anhaltspunkt kommt aus Untersuchungen anhand eines Fußgängersimulators.

Wie Untersuchungen aus dem Labor per Fußgängersimulator zeigen, wird die Geschwindigkeit in das Urteil einbezogen, mit steigender Geschwindigkeit der steigende Urteilsfehler dabei aber immer weniger gut ausgeglichen. Im Ergebnis resultieren mit steigender Fahrzeuggeschwindigkeit immer unsicherere Querungsentscheidungen (Lobjois, et al., 2007).

4.2.2.2 Selektive Aufmerksamkeit

Aus der Umwelt strömen über alle Sinneskanäle wesentlich mehr Informationen auf die menschliche Psyche ein, als zu einem Zeitpunkt bearbeitet werden können. Der grundlegende Mechanismus der Selektion und Fokussierung auf wenige Ausschnitte aus diesem Überangebot an Information wird als selektive Aufmerksamkeit beschrieben.

Sie ist eine wesentliche Grundlage geordneter Wahrnehmung und gezielt geistig gesteuerten Verhaltens. Die selektive Aufmerksamkeit ist dabei nur eine Funktionalität unter mehreren, die unter der Überschrift der Aufmerksamkeit zusammengefasst werden. Insgesamt werden drei

wesentliche Funktionsbereiche unterschieden. Dies ist zunächst die tonische Aufmerksamkeit (Vigilanz), die eine unspezifische Alarmfunktion für unerwartet auftretende Ereignisse in der Umgebung darstellt. Auf Basis dieser Funktion erfährt der Organismus von der Existenz eines möglicherweise relevanten Ereignisses. Hinzu kommen die selektive Aufmerksamkeit und die verhaltensbezogene Aufmerksamkeit der Handlungsausführung.

Die selektive Aufmerksamkeit fokussiert die sensorische Wahrnehmung auf ein Ereignis. Die dabei relevanten Orientierungsfunktionen behandeln in voneinander unabhängigen psychischen Prozessen die Fragen nach dem Ort des Ereignisses und der Erkennung, worum es sich handelt, um schließlich in der gemeinsamen Auswertung dieser Information zu einem Urteil über die Relevanz zu kommen.

Eine weitere Funktion selektiver Aufmerksamkeit ist die intrinsisch, durch bewusste Willensanstrengung ausgelöste Fokussierung der Wahrnehmung auf einen bestimmten Aspekt der Umgebung. Wie auch bei der von außen bedingten selektiven Aufmerksamkeit bedarf es dazu einer Filterung relevanter Informationen und der Unterdrückung nicht relevanter Inhalte.

Der selektiven Aufmerksamkeit kommt eine große Bedeutung in der Wahrnehmung im Straßenverkehr zu (Barton, 2006). Das gezielte Suchen nach Informationen, beispielsweise in Vorbereitung einer Querung kann als Kombination von Orientierung und Filterung angesehen werden. Selektive Aufmerksamkeit ist darüber hinaus auch bei der Handlungsvorbereitung beteiligt. Die bewusste Überwachung einer Handlung wird als Ausführungsaufmerksamkeit bezeichnet.

Alle Aufmerksamkeitsprozesse können durch Ablenkung beeinträchtigt werden. Dies trifft für die tonische Aufmerksamkeit jedoch in geringerem Maße zu als für die selektive Aufmerksamkeit und die bewusste Ausführungsaufmerksamkeit. Ablenkung kann durch die verschiedensten Aktivitäten verursacht werden. Für Fußgänger während der Querung wurde beispielsweise der Einfluss von Ablenkung durch Gespräche mit dem Mobiltelefon untersucht. Hatfield und Murphy (2007) führten systematische Beobachtungen von 546 querenden Fußgängern durch. Es zeigte sich

bei den telefonierenden Personen ein weniger umsichtiges und damit unsichereres Verhalten während der Querung, aber auch in der Querungsvorbereitung.

4.2.3 Psychologische Aspekte des Fußgängerverhaltens

4.2.3.1 Besonderes Fußgängerverhalten in Gruppen

Fußgänger folgen in Relation zu anderen Fußgängern der Tendenz, sich möglichst freizügig bewegen zu können unter der Maßgabe des subjektiv bequemsten und kürzesten Weges (Schnabel, et al., 1997). In der Bewegung als Gruppe versuchen Personen, einen angemessenen Mindestabstand zu Vorder- und Nebenmann einzuhalten. Die Toleranz dieses Mindestabstandes ist abhängig von der momentanen Dichte des Fußgängerverkehrs. Ebenfalls ist die mittlere Gehgeschwindigkeit der Gruppe eine direkte Funktion der Gruppendichte sowie weiterer Hindernisfunktionen, wie etwa Steigung und Verengungen (FGSV, 2002).

Eine sicherheitsrelevante Folge von Fußgängergruppen ist der ihnen inhärente Konformitätsdruck. Gruppen erzeugen bei den beteiligten Individuen in vielen Fällen eine Motivation zur Anpassung. Queren beispielsweise größere Personengruppen eine Fußgängerampel bei rotem Signallicht, ist die Wahrscheinlichkeit, dass weitere der wartenden Personen es ihnen gleichtun sehr viel größer (Zhou, et al., 2010).

Ein weiterer zentraler Aspekt von Gruppenverhalten ist die Vorbildwirkung einer oder weniger Personen. Für Fußgängergruppen bedeutet das beispielsweise, dass das Verhalten weniger Personen eine initiale Vorbildwirkung für viele der weiteren Beteiligten darstellt (Schroeder, et al., 2008). Wieder am Beispiel der Querung bei Rotlicht heißt das, dass die Wahrscheinlichkeit, ob an der Ampel ankommende Fußgänger warten oder bei Rot queren, neben den Lücken im Kraftfahrzeugstrom maßgeblich von dem Verhalten der zuerst eingetroffenen Person abhängt. Wartet die erste Person, ist die Wahrscheinlichkeit des Wartens für alle nachfolgenden Fußgänger wesentlich höher. Quert die erste Person jedoch bei Rotlicht, besteht eine sehr hohe Wahrschein-

lichkeit, dass auch die weiteren diesem Vorbild folgen (Rosenbloom, 2009).

4.2.3.2 *Erwartungen und Automatismen*

Erwartungen sind ein essentieller Bestandteil der Wahrnehmung und Orientierung als auch der Organisation des Verhaltens. Erwartungen entstehen durch Lernprozesse und auf höherer Aggregationsebene durch Reflektion. Automatismen im Verhalten werden durch Erwartungen begründet und ihre Performance hängt eng mit dem tatsächlichen Zutreffen der zugrundeliegenden Erwartung zusammen.

Der bedeutsamste Vorteil von Erwartungen ist die Ökonomisierung von Wahrnehmung und Verhalten. Häufig wiederkehrende Situationen müssen nicht vollständig analysiert werden, es genügt ein Wiedererkennen anhand wesentlicher Merkmale. Auf diese Zuordnung folgt zumeist eine dafür oft geübte teilweise oder ganz automatisierte Handlung. Das Queren einer Straße als Fußgänger stellt zu einem bedeutsamen Teil ein solches Verhalten dar.

Die Ökonomisierung ist gleichzeitig die Achillesferse erwartungsbasierter Verhaltens. Aus der Sicht des angemessenen Verhaltens in einer Situation reicht es nicht aus, dass eine bestimmte Information objektiv in der Umgebung, d.h. im physikalischen Sinne vorhanden ist. Eine große Reihe an Defiziten im Verhalten, die ggf. in Unfällen oder unsicherem Verhalten resultieren, erwachsen aus Fehlern bei der Informationsverarbeitung und bei der Handlungsausführung (Hacker, 2005).

Aufgrund erwartungsbasierter und damit oberflächlicher Wahrnehmung können die objektiv vorhandenen Informationen möglicherweise übersehen und damit nicht genutzt werden. Fehler auf Basis von ungenutzter Information äußern sich beispielsweise im völligen Übersehen relevanter Details, wie etwa von Fahrzeugen (looked-but-failed-to-see).

Neben dem Übersehen, beispielsweise aufgrund von Ablenkung oder Multitasking spielt auch das mehr oder weniger bewusste, erwartungsorientierte Übergehen, beispielsweise unter Zeitdruck eine bedeutsame Rolle. Das Einsparen erfahrungsgemäß oder vermutet überflüssiger Handlungen,

wie etwa das intensive Sichern an unbeschränkten Bahnübergängen sind hier zu verorten.

Zentraler Bestandteil von erwartungsorientierten Fehlern ist die Informationsreduzierung aufgrund von Routine. In Folge dieser werden Anzeichen veränderter objektiver Situationen nicht genutzt und aufgrund dann unzutreffender Erwartungen fehlerhafte Handlungen oder unzureichende Orientierungen ausgeführt (Johnston, et al., 2007).

Eine große Rolle spielen Erwartungen in Situationen mit überforderter Informationsverarbeitung. Wenn beispielsweise in komplexen Kreuzungssituationen Fahrzeuge gleichzeitig aus mehreren Richtungen beachtet werden müssen, kommt die menschliche Informationsverarbeitung schnell an Grenzen der Antizipation, vor allem, weil es sich häufig um nicht-lineare Prozesse handelt. In dieser Situation werden Annahmen über typische Bewegungsverläufe anstatt der überforderten Wahrnehmung verwendet. Weichen reale Situationen sehr deutlich von diesen verkürzten modellhaften internen Abbildungen ab, entsteht unter Umständen ein bedeutsames Sicherheitsdefizit.

Situationen hoher Beanspruchung sind zudem häufig die Basis für Handlungsfehler aufgrund falsch genutzter Informationen. Unter dem Bereich falscher Identifikation der objektiven Realität werden nicht nur die klassischen Sinnestäuschungen subsummiert sondern auch erwartungsorientierte Fehldeutungen. Solche Erwartungsfehler betreffen beispielsweise die Interpretation eines Blinksignals als Abbiegevorgang. In einigen Situationen kann dies jedoch nur ein Versäumen des Fahrzeugführers bei der Bedienung sein, der trotz des Signals geradeaus fährt und es daher zu einem Konflikt kommt.

Im Kontext querender Fußgänger mit sensorischer Einschränkung ist eine solche Fehldeutung die Annahme, dass die Zuwendung des Gesichtes ein Erkennen bedeutet. Aufgrund bedeutsamer Gesichtsfeldeinschränkungen kann trotz Gesichtszuwendung ein Übersehen passieren. Ohne weitere Rückversicherung am tatsächlichen Gehverhalten könnten unzutreffende Erwartungen eine konflikthafte Situation nach sich ziehen.

4.2.3.3 Weitere psychologische Aspekte des Fußgängerhaltens

Weitere bedeutsame Einflüsse auf das menschliche Verhalten allgemein und das Fußgängerhalten im Speziellen resultieren einerseits aus sozialpsychologischem und andererseits aus persönlichkeitspsychologischem Hintergrund.

Das Verhalten im Straßenverkehr ist ein umfangreich durch explizite und implizite Normen geregelter Verhaltensbereich. Die „Theorie des Geplanten Verhaltens“ ist umfangreich elaboriert und beschreibt die Beziehung zwischen Einstellung zu einer Verhaltensweise und dem tatsächlich gezeigten Verhalten. Ein häufiger Anwendungsfall im Bereich des Fußgängerhaltens ist die Querung bei roter Ampel (Zhou, et al., 2009).

Die berichtete Intention zu einem Verhalten, beispielsweise dem Queren bei „Rot“ ist demnach bedeutsam für das gezeigte Verhalten. Die Verhaltensintention wird jedoch nur unzureichend von der Einstellung erklärt, sondern ist zudem abhängig von der subjektiven und angenommenen sozialen Norm zu diesem Verhalten. Hinzu kommen Aspekte der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle sowie des wahrgenommenen Risikos absolut sowie in Relation zum erwarteten Nutzen.

Die sozialpsychologische und angewandte verkehrspsychologische Forschung zeigt beispielsweise Unterschiede in diesen Variablen in Abhängigkeit von Personenmerkmalen, wie etwa Alter, Geschlecht und Schulbildung (Zhou, et al., 2010), die bedeutsam mit dem beobachtbaren Verhalten korrelieren.

Schließlich unterscheiden sich Personen bedeutsam in der Suche nach Stimulationen durch die Situation, um sich wohl zu fühlen. Personen mit einer hohen Ausprägung im „Sensation Seeking“ zeichnen sich durch die aktive Suche nach riskanten Situationen, beispielsweise schnellem Autofahren aus.

Aber auch die Suche nach neuen Eindrücken, wie etwa Reisen oder das Schließen neuer Bekanntschaften sind Ausdruck dieser Disposition. Monotone Situationen werden von Personen mit

einer hohen Ausprägung oft als besonders unangenehm erlebt. Für den Verkehrsbereich ist vor allem die erste Komponente des riskanten Verhaltens bedeutsam. So finden sich etwa bedeutsame Zusammenhänge zum Fahrstil, zu Verkehrsverstößen und alkoholisiertem Fahren (Herzberg, et al., 2003).

4.2.4 Äußere Einflüsse auf das Fußgängerhalten

4.2.4.1 Infrastruktur

Als infrastrukturseitige Einflüsse auf das Fußgängerhalten können alle baulichen Angebote und Hindernisse des freizügigen Gehens aufgefasst werden. Hierzu gehören alle im Kapitel 4.1.2 betrachteten Anlagen des Fußgängerlängs- und -querverkehrs. Hinzu kommen Beschränkungen, die entweder explizit für den Fußgängerverkehr errichtet werden, wie z.B. Absperrgitter als auch solche, die mit anderweitiger Motivation entstehen wie etwa Grünflächen.

Die Infrastruktur ist dem Fußgänger daher Verhaltensangebot und -beschränkung zugleich. Für die konkrete Art der Nutzung besteht zumeist ein größerer Freiheitsbereich, es zeigen sich jedoch bedeutsame Zusammenhänge zu typischen Verhaltensweisen. Intensive Forschungsbemühungen beschäftigen sich mit dem Warteverhalten von Fußgängern an Ampeln und dabei insbesondere mit dem Anteil an bei „Rot“ querenden Personen (Das, et al., 2003).

Ein bedeutsamer Aspekt, an dem sich das zeigt, sind beispielsweise Wartezeitanzeigen an signalisierten Querungsstellen. Studien belegen bedeutsame Einflüsse dieser Information auf das Warteverhalten und damit auch auf den Anteil Querungen bei Rotlicht (Keegan, et al., 2003). Einen bedeutsamen Einfluss hat hier jedoch die Servicequalität. Je größer die absoluten Wartezeiten und je verfügbarer Querungsalternativen in unmittelbarer Umgebung, umso geringer die Befolungsrate.

Neben den Wartezeit- oder Restzeitanzeigen werden bedeutsame Einflüsse auf das Warteverhalten an Ampeln von Mittelinseln und der Anzahl von Fahrstreifen berichtet. Interessant ist vor allem die gemeinsame Wirkung der baulichen Merkmale. Ampeln allein erzeugen eine hohe

Compliance, aber in Kombination mit Mittelinseln verschwindet der Effekt nahezu vollständig. Ähnliche Befunde werden zu Einbahnstraßen berichtet, hier wirken rote Ampeln ebenfalls überwiegend nicht als bedeutsamer Grund, um als Fußgänger zu Warten (de Lavalette, et al., 2009).

Die bauliche Gestaltung von Straßenumfeld und Querungsstelle ist neben der Verkehrsbelegung ein sehr bedeutsamer Einflussfaktor auf die Wahl einer Stelle als Querungsstelle durch Fußgänger. Dabei werden vor allem die Merkmale Komfort und Vorhersehbarkeit sowie Sicherheit und Zeitbedarf als relevante Einflussgrößen benannt (Chu, et al., 2002). Aber auch die Möglichkeiten zur adäquaten Querungssicherung, wie etwa ausreichende Sichtverhältnisse spielen eine bedeutsame Rolle bei der Wahl der Querungsstelle.

Einen bedeutsamen Einfluss hat schließlich die Gestaltung der Gehwege. Ist dort das Gehen nicht ausreichend gut möglich, queren Fußgänger auch an unsicheren oder ungünstigen Stellen, damit sie ihren Weg auf einem akzeptablen Gehweg fortzusetzen. Dabei bleibt die große Umwegempfindlichkeit als Grundtendenz erhalten. Querungsangebote außerhalb kürzester und realisierbarer Gehwegverbindungen werden sehr viel seltener genutzt als solche in direkter Gehwegrelation.

4.2.4.2 Beleuchtungs- und Sichtverhältnisse

Die objektiven Wahrnehmungsbedingungen haben einen bedeutsamen Einfluss auf die Verkehrssicherheit von Fußgängern (vgl. Kapitel 5). Im Zusammenhang mit dem Verhalten von Fußgängern ist dabei zwischen äußeren Sichtverhältnissen aufgrund von Tageslicht- bzw. künstlichen Beleuchtungsverhältnissen einerseits und den geometrischen Sichtbedingungen aufgrund von Verdeckung zu unterscheiden.

Vor allem die Häufung von Fußgängerunfällen in der ersten Dunkelstunde, unabhängig vom jahreszeitlich verschiedenen Dämmerungszeitpunkt, ist ein Indiz dafür, dass sich die Personen noch nicht ausreichend auf die veränderten Wahrnehmungsbedingungen eingestellt haben (Griswold, et al., 2011). Unabhängig davon zeigen Befragungen und Feldversuche, dass Fußgänger ihre eigene Sichtbarkeit für Fahrzeugführer in nächtlicher Verkehrsumgebung systematisch überschätzen

(Tyrrell, et al., 2004) und dadurch möglicherweise zu Verhaltensweisen neigen, die eine unter Umständen nicht gegebene Sichtbarkeit durch Fahrzeugführer voraussetzen.

Im Vergleich dazu können unter ausreichenden beleuchtungsseitigen Sichtverhältnissen Einschränkungen der geometrischen Sicht gut abgeschätzt werden. Nichtsdestotrotz stellen sie eine bedeutsame Randbedingung des Verhaltens von Fußgängern dar. Während an baulich gesicherten Querungsstellen im Allgemeinen ausreichende Sichtbereiche, beispielsweise durch Parkverbote oder entsprechende Markierung und Straßenführung vorgesehen werden (Mutabazi, 2010), können bei der Querung auf der freien Strecke oder im Bereich von Knotenpunkten durchaus relevante Beschränkungen der Sichtverhältnisse auftreten.

4.2.4.3 Witterung

Li, et al. (2010) untersuchten das Verhalten von Fußgängern an einem ausgedehnten innerstädtischen Knotenpunkt in Abhängigkeit zeitlicher Einflüsse und vor allem von Witterungseinflüssen. Die Studie zeigt einen deutlichen Wettereinfluss auf das Querungsverhalten. Kälte und Schnee erhöhten die Rotlichtverstöße hoch signifikant.

Dazu wirkte sich das Wetter auf die Gehgeschwindigkeit aus. Je schlechter das Wetter, umso schneller gingen die beobachteten Fußgänger. Eine konstant höhere Gehgeschwindigkeit wiesen zudem die Rotlichtgeher auf. Der Unterschied der Gehgeschwindigkeit zwischen Personen, die bei Rotlicht querten und denjenigen, die bei Grün die Furt überquerten, blieb über alle zeitlichen und witterungsbezogenen Bedingungen stabil.

Die Autoren schließen aus den Ergebnissen, dass je unangenehmer das Wetter, Fußgängern umso größere Risiken in Kauf nehmen. Der Einfluss der Rush-hour auf Rotlichtverstöße und Gehgeschwindigkeit wurde verglichen mit den Effekten des Wetters als geringer gefunden (Li, et al., 2010).

4.3 Besondere Charakteristiken im Fußgängerverhalten

Neben den für alle Fußgänger mehr oder weniger ähnlich wirkenden Einflüssen aus situationalen Bedingungen in der Person (psychologische Aspekte, siehe Kapitel 4.2.3) und äußeren Verhaltenseinflüssen (Kapitel 4.2.4) gibt es typische Verhaltensweisen und Randbedingungen, die sich aus individuellen Einschränkungen einer Person ergeben. Im Nachfolgenden werden die besonderen Charakteristiken des Fußgängerverhaltens von seh- und höreingeschränkten Personen, Älteren sowie Kindern betrachtet. Die Ansprüche und Randbedingungen beruhen auf je nach Personengruppe typischerweise eingeschränktem sensorischem, geistigem oder motorischem Vermögen.

4.3.1 Seheingeschränkte Personen

Zentrales Merkmal für Personen dieser Gruppe ist die Einschränkung im sensorischen Vermögen (vgl. Darstellungen in Kapitel 2.2.1.2). Geistige und motorische Voraussetzungen unterscheiden sich nicht grundsätzlich von normalsichtigen Personen, wenn auch ein Großteil der Betroffenen zusätzlich altersbedingte Defizite in weiteren Bereichen aufweist. Dies bedingt eine Reihe Besonderheiten. Die Wahrnehmungsdefizite im Sehen müssen soweit möglich durch alternative Informationsquellen ausgeglichen werden, wenn eine eigenständige Mobilität aufrecht erhalten werden soll.

Als alternative Informationsquellen kommen einerseits die Sinneskanäle „Hören“ und „Tasten“ sowie andererseits Vorwegnahme und Ergänzung fehlender sensorischer Information durch Gedächtnisinhalte zur Anwendung (Sauerburger, 2005). Grundsätzlich muss diese Art der Orientierung, auch in Kombination mehrerer der benannten Informationsquellen, im Vergleich zur Wahrnehmung normalsichtiger Personen als dauerhaft weniger zuverlässig bezeichnet werden. Die dadurch verbleibende Unsicherheit bei den Betroffenen sollte durch unterstützende Maßnahmen so weit wie möglich gemildert, kann jedoch nicht vollständig beseitigt werden.

Ein großer Anteil der Besonderheiten dieser Fußgängergruppe ergibt sich durch den Versuch, fehlende visuelle Informationsmöglichkeiten durch

akustische und haptische Wahrnehmung auszugleichen. Das Ausmaß dieser Bemühung steigt mit dem Grad visueller Defizite und ist damit für Blinde Personen am stärksten ausgeprägt.

Gerade dieser Umstand führte zu Forderungen, die barrierefreie Gestaltung öffentlicher Verkehrswege und Bereiche nicht nur für geheingeschränkte Personen, z.B. Rollstuhlfahrer angemessen vorzunehmen, sondern auch die Belange seheingeschränkter Personen in der gebauten Infrastruktur explizit zu berücksichtigen. Ihnen kann anhand von Elementen zur Orientierung, Information und Wegeleitung deutliche Unterstützung in ihrer eigenständigen Mobilität gegeben werden (DIN 32975)(DIN 32984).

Diese infrastruktureseitigen Bemühungen kommen auch der dritten zusätzlichen Informationsquelle dieser Personengruppe zu Gute. Die Vorwegnahme und Ergänzung fehlender sensorischer Information durch Gedächtnisinhalte braucht zwingend eine Anleitung (Mobilitätstrainer) und einen Lernprozess. Mehr als das wird jedoch eine konstante, vorhersehbare oder prototypisch gestaltete Umwelt benötigt. Nur das tatsächliche Zutreffen gelernter Verhältnisse kann die sensorischen Defizite aus dem Gedächtnis zutreffend ergänzen. Erschwerend kommt hinzu, dass seheingeschränkte Personen im Gegensatz zu Normalsichtigen das Zutreffen ihrer Annahmen meist nicht umfassend prüfen können und sich somit mit sehr viel Vertrauen gegenüber der Umgebung bewegen müssen.

4.3.1.1 Querungsverhalten seheingeschränkter Fußgänger

Die in Kapitel 4.2.1 diskutierten Maße des Fußgängerverhaltens wie Sicherungsverhalten, Lückenakzeptanz und Gehgeschwindigkeit treffen für sehbehinderte und Blinde Personen vom Ansatz her zu. Die sensorischen Einschränkungen und der Versuch, dieses Defizit mit anderen Mitteln auszugleichen, bedingen jedoch eine Reihe besonderer Verhaltensweisen. Mit allen Fußgängern gemein haben seheingeschränkte Personen die Motivation, durch Abschätzung der vorhandenen Gefahr zu entscheiden, ob die aktuell herrschende Situation für sie akzeptabel ist oder ob sie gegebenenfalls nach alternativen Querungen und Wegen Ausschau halten möchten (Sauerburger, 2005). Alternativen zur

selbständigen Querung an komplexen Knotenpunkten bestehen beispielsweise im Erfragen von Hilfe, dem Queren an weniger komplexen Stellen. Es kann jedoch auch sein, dass bestimmte Ziele gar nicht selbständig erreicht werden können.

Grundsätzlich ist für sehingeschränkte Personen zwischen der Orientierung auf bekannten und unbekanntem Wegen zu unterscheiden. Die Unsicherheit auf bekannten Wegen umfasst vor allem den Abgleich der im Gedächtnis präsenten Route mit der realen aktuellen Position und die Detektion von nicht vorhersehbaren Hindernissen. Die eigenständige Bewegung in unbekanntem Bereichen bedarf hingegen einer weitergehenden Orientierung des Verlaufs des Weges selbst und aller seiner Elemente und Hindernisse.

Der erste Aspekt an einer Straßenquerung ist das Bemerkens der Straße selbst. Besonders blinde Fußgänger haben Probleme zu erkennen, dass sie an einer Straße angekommen sind (Wiener, et al., 1997). In Bereichen von Kreuzungen entstehen durch die durchgängig und zusammenhängend für mehrere Richtungen ausgeführten Bordsteinabsenkungen Unsicherheiten, ob die Straßenkante erreicht wurde und ob es sich um die gewünschte Furt handelt (Bentzen, et al., 1998). Blindenleitsysteme können, wo vorhanden, diesbezüglich hilfreiche Orientierung bieten (DIN 32984).

Bestehen keine solchen Hilfestellungen seitens der Infrastruktur, sind diese Personen auf das akustische Wahrnehmen des Fahrzeugstromes angewiesen, um zunächst zu erkennen, dass sie an einer Straße angekommen sind. Im bekannten Terrain besteht dann wenig Unsicherheit über Art und Gestaltung des erreichten Knotenpunktes. Auf unbekanntem Wegen kommen diese Orientierungsleistungen noch hinzu. Je komplexer ein Knotenpunkt aufgebaut ist und je mehr Fahrstreifen ähnlicher Richtung mit getrennter Signalisierung er beinhaltet, umso schwieriger bis nahezu unmöglich wird diese Orientierungsleistung (Barlow, et al., 2005).

In jedem Fall besteht an lichtsignalgeregelten Querungen die Herausforderung zu erkennen, welche Ampelphase gerade geschaltet ist und den Moment wahrzunehmen, in dem das Signal für Fußgänger an der gewählten Furt auf Grün schaltet. An vielen Lichtsignalanlagen gibt es unterschiedlich gestaltete akustische Zusatz-

signalgeber, die eine solche Information transportieren (DIN 32981). An vielen Lichtsignalanlagen gibt es diese Signalgeber jedoch nicht. Dort stellt der Fahrzeugstrom anhand der von ihm emittierten Geräusche die einzig verfügbare Informationsquelle über den Phasenzustand der Ampel dar (Bentzen, et al., 1998).

Barlow, et al. (2005) regen daher vor allem Überlegungen dazu an, dass den betroffenen Personen eine ausreichend belastbare Information über den Phasenzustand der Lichtsignalanlage vermittelt werden müsste. Die Autoren zeigen jedoch auch auf, dass nicht nur die Phasenfolge und der aktuelle Zustand eine kritische Information darstellen. Sie kommen in Ihrer Untersuchung zu dem Schluss, dass Probleme vor allem im Zusammenhang mit der Grünsignaldauer auftreten (Barlow, et al., 2005).

Unsicherheiten über den Zustand der Lichtsignalanlage können zu deutlich verzögertem Loslaufen führen. Eine sicherheitsrelevante Folge ist dann, dass die Querung noch nicht beendet wurde, während der Querverkehr bereits das Grünsignal bekommt (Barlow, et al., 2005). Kommt es zu dieser Konstellation, ist die Wahrnehmung der sich nähernden Fahrzeuge von essentieller Wichtigkeit. Die heute praktisch einzig verfügbare sensorische Information dazu leistet das Hören. Bei Rot fahrende Fahrzeuge sowie insbesondere von der Hauptrichtung abbiegende Fahrzeuge stellen hier die Hauptunsicherheitsquellen für alle Fußgänger, besonders jedoch die sehingeschränkten Personen dar (Sauerburger, 2005).

Die akustische Wahrnehmung stellt für blinde Personen heute auch die einzig verfügbare Informationsquelle an Kreuzungen mit Vorfahrtregelung oder Rechts-vor-Links-Regelung dar. Die größte Unsicherheit bei Querungen an diesen Kreuzungen ist die unentdeckte Annäherung eines Fahrzeuges. Dabei kann es sich grundsätzlich um ein Fahrzeug auf der überquerten Straße oder ein einbiegendes Fahrzeug handeln (Sauerburger, 2005). Diese Situation trifft grundsätzlich auch für die Querung „auf der freien Strecke“ zwischen zwei Knotenpunkten und an Kreisverkehren zu.

Für diese Situation besteht die größte Herausforderung im Erkennen einer ausreichend großen Lücke in den Fahrzeugströmen. Im Zusammenhang mit baulichen Querungshilfen wie etwa

Mittelinseln ist es ausreichend, sich auf den Fahrzeugstrom einer Richtung zu konzentrieren. Hierbei sind auch die Chancen größer, von herannahenden Fahrzeugen Vorrang nach deutlichem Anzeigen mit dem Langstock zu erhalten. Voraussetzung für diese Art der Interaktion ist die akustische Rückversicherung, dass das Fahrzeug angehalten hat (Wall Emerson, et al., 2008).

Wall Emerson und Kollegen (2008) führten mit 23 sehbehinderten Personen und Blinden Querungsuntersuchungen in realen Verkehrsumgebungen mit insgesamt über 800 realen Fahrzeugannäherungen durch. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Umfeldlautstärke den größten Einfluss auf die Wahrnehmbarkeit hatte. Einen etwas geringeren Einfluss zeigten die Fahrzeuggeräusche und die Fahrzeuggeschwindigkeit.

In diesem Zusammenhang bemerkenswert ist der Befund, dass die Geschwindigkeit und die Fahrzeuggeräusche nicht signifikant mit einander korrelierten (Wall Emerson, et al., 2008). In der Konsequenz bedeutet dies für die Querungssicherung von seheingeschränkten Personen, dass allein anhand der Lautstärke eines Fahrzeuggeräusches keine Abstandsschätzung vorgenommen werden kann. Da dies trotzdem erfolgreich passiert, ist es ein Hinweis auf die Nutzung weiterer akustischer Qualitäten der emittierten Fahrzeuggeräusche über die Lautstärke hinaus.

Die Autoren weisen weiter darauf hin, dass je leiser das Umfeldgeräusch war, Fahrzeuge umso besser erkennbar waren. Ebenso wenig überraschend waren lautere oder schnellere Fahrzeuge besser zu hören. In Bereichen mit Umfeldgeräuschpegeln oberhalb von 50dB(A) war es für die Probanden unabhängig vom Fahrzeuggeräusch praktisch unmöglich, Fahrzeuge rechtzeitig akustisch zu detektieren. Im Ergebnis bedeutet dies jedoch, dass vor allem leise Fahrzeuge in einem Kollektiv mit lauteren Fahrzeugen bei mittlerer Umgebungslautstärke ein mögliches Risiko darstellen.

Ein weiterhin bemerkenswertes Ergebnis der Studie von Wall Emerson, et al. (2008) waren die aufgezeigten Umgebungseinflüsse. Die Autoren konnten nachweisen, dass sich Kurven im

Straßenverlauf genauso wie Bewegungen im Höhenverlauf (Hügel) bedeutsam auf die akustische Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen auswirken.

Ein besonderer Bereich mit speziellen Herausforderungen an die Querung sind Knotenpunkte in Form von Kreisverkehren. Ashmead, et al. (2005) sowie Guth, et al. (2005) untersuchten Orientierung und Querungsverhalten von Blinden im Vergleich mit normal sehenden Personen. An Kreisverkehren muss von Fußgängern üblicherweise jede einstreifige Zufahrt und Ausfahrt einzeln überquert werden. Es handelt sich daher um eine größere Anzahl an Querungsvorgängen, die jeder für sich jedoch eine gegenüber anderen Knotenpunktformen reduzierte Komplexität aufweisen.

Im Ergebnis zeigte sich, dass Blinde Fußgänger mehr Möglichkeiten zum sicheren Queren verstreichen ließen und gleichzeitig bei den genutzten Lücken größere Risiken eingingen (Ashmead, et al., 2005). In der Interpretation stellte sich das akustische Sicherungsverhalten als Abwarten dar, bis sich hörbar kein Fahrzeug annäherte. Das führt dazu, dass vor weit entfernten, aber gut hörbaren Fahrzeugen trotz ausreichender Lücke nicht gequert wird. Auf der anderen Seite werden relativ geringe Lücken vor vergleichsweise weniger gut hörbaren Fahrzeugen zum Queren genutzt.

Ein weiteres bedeutsames Zeichen für die aufgrund akustischer Sicherung bleibende Unsicherheit ist der wesentlich höhere Wartezeit-aufwand der Blinden Personen. Die Wartezeit unterschied sich zudem bedeutsam in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens. Bei hohem Verkehrsaufkommen verzeichneten die Autoren sowohl für normal sehende Personen als auch für die Blinden Fußgänger höherer Wartezeiten. Während die mittlere Wartezeit für normal sehende Personen von 5 auf 10 Sekunden zunahm, verdoppelte sich die Wartezeit der Blinden ebenfalls, allerdings von 20 auf 40 Sekunden (Ashmead, et al., 2005).

Ein weiterer Aspekt der Querung am besonderen Beispiel des Kreisverkehrs ist die Kommunikation zwischen Fußgänger und den Fahrzeugführern. Sehende Personen nutzten den Blickkontakt zum heranfahrenden Fahrer. Die Blinden Personen

haben diese Möglichkeit nicht. Sie interpretierten die Kommunikation mit dem Fahrer teilweise falsch. Die fahrerseitigen Zeichen konnten die Blinden nicht wahrnehmen. Da sie sich meist keiner Interaktion mit dem Fahrzeug bewusst waren, gab es auch Missverständnisse, wenn das Fahrzeug stark verlangsamte um den Fußgängern den Vortritt zu lassen. Die daraufhin notwendige Rückversicherung der Blinden Teilnehmer, ob das Fahrzeug angehalten hatte und ob sie jetzt sicher queren könnten, führte zu zusätzlichen Wartezeiten. Diese wiederum äußerten sich in wachsender Ungeduld bei den beteiligten Fahrern. Nutzten diese dann auch noch die Hupe, kam es zu einer weiteren Verunsicherung.

Neben der Verkehrsstärke zeigten Guth, et al. (2005) in ihren Ergebnissen auch den damit zusammenhängenden Einfluss von Maskierungsgeräuschen. Wind, eine nasse Fahrbahn oder besonders dominante Geräusche lauter Fahrzeuge beeinträchtigen die akustische Querungssicherung bedeutsam. Die größeren Probleme fanden diese Autoren an den Zufahrten zum Kreisverkehr, da dort die Fahrzeuge abbremsen und damit leiser waren als im Bereich der Ausfahrt. Demgegenüber sind die gefahrenen Geschwindigkeiten in der Ausfahrt höher, so dass ein Verschätzen seitens der Blinden Fußgänger mit potentiell größeren Konsequenzen verbunden wäre.

Die Querung des zuführenden Fahrstreifens erscheint auch aus Sicht des Kraftfahrzeugverkehrs günstiger. Für alle Fußgänger wurde beobachtet, dass Fahrzeugführer eher geneigt waren, ihnen bei der Zufahrt in den Kreisverkehr den Vortritt einzuräumen als bei der Ausfahrt. Gegenüber den per Langstock oder Blindenhund erkennbaren Blinden Personen verstärkte sich diese grundsätzliche Tendenz (Guth, et al., 2005).

Dies korrespondiert eng mit der situativ vorgegebenen Motivlage der Fahrzeugführer. Die Zufahrt stellt eine wartepflichtige Situation dar, in der gegebenenfalls anderen Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn der Vorrang eingeräumt werden muss. Es besteht also eher eine Motivation zum Bremsen. Bei der Ausfahrt besteht jedoch kein solches Wartekriterium und es überwiegt die Beschleunigungsmotivation hin zur Fahrgeschwindigkeit der freien Strecke. Der Vorrang, den Fußgänger oft genießen, stellt dabei

offensichtlich nur ein schwach bremsendes Moment dar.

Unabhängig von der Art der Querung und ihrer baulichen Gestaltung fehlen während der Querung selbst zumeist taktile Informationen über den Verlauf der Furt. Um gerade und auf dem kürzesten Weg queren zu können, brauchen blinde Personen eine akustische Rückversicherung durch den parallelen Fahrzeugstrom und dies vor allem dann, wenn es sich um ausgedehnte Furten über mehr als drei Fahrstreifen handelt.

Akustische Wahrnehmung hat von Natur aus die Einschränkung, dass die Lokalisation der Richtung einer Geräuschquelle wesentlich besser funktioniert als die Entfernungsschätzung. Auch ist der Einfluss der Umgebung durch Störung, wie etwa Hintergrundgeräusche wesentlich stärker ausgeprägt als im visuellen Sinneskanal beispielsweise durch Blendung (vgl. Darstellungen im Kapitel 2.2.2).

Das überwiegend akustisch gesicherte Querungsverhalten blinder Personen ist daher mit einer größeren Unsicherheit behaftet als eine visuelle Abschätzung (Guth, et al., 2005). Die Forschungsergebnisse zur Orientierung blinder Personen im Straßenverkehr zeigen dieses Defizit deutlich. Eine technische Unterstützung anhand phasenabhängiger akustischer Zusatzsignalisierung ist daher eine für Lichtsignalanlagen weit verbreitete Forderung (Barlow, et al., 2005). Schwieriger gestaltet sich die Situation an nicht technisch gesicherten Knotenpunkten.

Die ganze Komplexität dieser Situation zeigt exemplarisch die Untersuchung von Schroeder, et al. (2005). Diese Autoren untersuchten das Querungsverhalten Blinder im Vergleich zu normal sehenden Personen an separat geführten Abbiegefahrstreifen (turn lanes), wie sie beispielsweise an ausgedehnten Knotenpunkten außerhalb der Innenstädte vorkommen. Aufgrund der oft recht engen Abbiegeradien kommt es bereits für sehende Personen zu Problemen mit nicht ausreichenden Sichtdistanzen vor allem dann, wenn die Kurveninnenseite ein Überschauen nicht zulässt. Dies ist beispielsweise durch Strauchbewuchs der Fall, aber auch Brückenpfeiler können hier sichtbehindernd sein. Erschwerend kommen die in diesen Bereichen vergleichsweise hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten hinzu.

Für Blinde Fußgänger verstärkt sich die Problematik. Durch ihre Unsicherheit bei akustischer Sicherung brauchen sie länger, um eine Entscheidung zu treffen. Entsprechend kam es bei den Blinden häufiger zu riskanten Entscheidungen. Die schon die sehenden Personen beeinträchtigenden geometrischen Verhältnisse zwischen sich annähernden Fahrzeugen und querungswilligem Fußgänger erschwerten auch die akustische Sicherung zusätzlich. Dies führte dazu, dass für Blinde Fußgänger diese Abbiegefahrstreifen bereits ab deutlich geringerer Verkehrsstärke zu einem quasi unüberwindbaren Hindernis werden, als dies für die sehenden Personen der Fall war (Schroeder, et al., 2005).

4.3.1.2 Detektion von Fahrzeugen durch seheingeschränkte Personen

Die im vorangegangenen Kapitel aufgezeigten Besonderheiten in Sicherungs- und Querungsverhalten seheingeschränkter Fußgänger zeigen die große Bedeutung der akustischen Detektion von Anwesenheit und Abstand sich annähernder Fahrzeuge. Fahrzeuge müssen detektiert werden, um die Richtung der Querung zu halten, um Lücken zu schätzen und um sich zu versichern, dass ein Fahrzeug angehalten hat, vor dem man queren möchte.

Bei stark eingeschränktem Sehvermögen kann die Detektion von Fahrzeugen haptisch nur durch technische Hilfsmittel und aus dem Gedächtnis gar nicht erfolgen. Als derzeit einzig praktisch relevante Möglichkeit verbleibt daher die akustische Wahrnehmung. Daher haben sich vor diesem Hintergrund Untersuchungen mit der akustisch basierten Anwesenheits- und Abstandswahrnehmung von Kraftfahrzeugen durch seheingeschränkte Personen beschäftigt.

Als bedeutsamen Einfluss auf die akustische Detektion und Abstandsschätzung ist die Geschwindigkeit des Fahrzeuges herauszustellen. Vor allem für sich langsam annähernde Fahrzeuge zeigen Untersuchungen eine nicht ausreichend frühzeitige akustische Entdeckung (Wall Emerson, et al., 2011). Bei höheren Geschwindigkeiten wurde alle Fahrzeuge von den Blinden Teilnehmer mit 4-5sec Abstand wahrgenommen. Dies ermöglicht sicher keine differenzierte Lückenschätzung, stellt aber eine ausreichende

sensorische Grundlage dafür dar, die Querung erst bei gänzlicher Abwesenheit von Fahrzeugen zu beginnen.

Die von Blinden Personen berichteten Entdeckungsentfernungen sind dabei insgesamt konsistenter in der Relation zu akustischen Parametern (Manning, 2010). Die für den Versuch künstlich blinden, sonst aber sehenden Personen gaben in allen Geschwindigkeiten eine deutlich größere Entdeckungsentfernung an, berücksichtigten dabei aber die Bewegungsrichtung der Fahrzeuge nur ungenügend.

Auf Grundlage der Ergebnisse aus den Entdeckungsuntersuchungen mit Fahrzeugen werden in der internationalen Literatur verschiedene, mit dem speziellen Fokus der sehbehinderten Personen und Blinden besonders relevante Situationen benannt (Garay-Vega, et al., 2010), (Sauerburger, 2005).

Hierzu gehören das Rückwärtsfahren bei niedriger Geschwindigkeit, das Abbremsen bei paralleler Bewegungsrichtung vor Kreuzungen, dem regelmäßig ein Abbiegevorgang folgt sowie die Fahrzeugannäherung bei geringen Geschwindigkeiten, auch aus peripheren Richtungen.

Hierbei handelt es sich um typische Interaktionssituationen zwischen Fahrzeug und Fußgängern, die Bestandteil der im Kapitel 4.1.3 gezeichnete grundsätzlichen Konstellationen sind und damit die dort getroffene Systematisierung stützen. Unter dem formal-verkehrstechnischen Gesichtspunkt der prototypischen Charakterisierung relevanter Interaktionskonstellationen kommen jedoch keine weiteren grundsätzlichen Situationen hinzu.

4.3.2 Gehöreingeschränkte Personen

Die besonderen Charakteristiken gehöreingeschränkter Personen ergeben sich aus dem Sinnesverlust. Es wird ähnlich wie bei den blinden Personen davon ausgegangen, dass eine Kompensation des Hörverlustes über die verbleibenden intakten Sinne soweit es möglich ist, erfolgt. Dies schließt auch die Plastizität der Informationsverarbeitung ein.

Entsprechend konnte bei tauben Menschen die anteilige Verarbeitung von visuellen Informationen im auditorischen Cortex sowie eine Verbesserung

der visuellen Aufmerksamkeit im peripheren visuellen Raum festgestellt werden (Bavelier, et al., 2000) (Finney, et al., 2001). Der damit bei gehöreingeschränkten Personen noch stärker dominierende Sinn ist der Sehsinn.

In Vorbereitung für die empirische Datenerhebung wurde ein Gespräch mit 12 gehörbeeinträchtigten Personen am 30.09.2010 in Dresden durchgeführt. Im Vordergrund stand hierbei, welche Besonderheiten bei einem Gruppeninterview mit gehörbeeinträchtigten Personen zu beachten sind und einen ersten Eindruck zur besonderen Situation dieser Personengruppe zu gewinnen. Die dabei anwesenden Personen besaßen zumeist ein Cochlea-Transplantat und es konnte daher über Mikrofon gesprochen werden.

Die gehörbeeinträchtigten Personen berichteten von einer Kompensation des Hörverlustes ausschließlich über die Augen. Sie haben den Prozess des Sehens, der zusätzlichen und der „ausschwenkenderen“ Kopf- und Blickbewegungen für sich verinnerlicht und weitestgehend automatisiert. Sie gaben als bedeutsame Kompensationsstrategie im Straßenverkehr an, deutlich mehr Blickkontakt zu Autofahrern zu suchen.

Neben dem bereits erwähnten „mehr Schauen“ unterbrechen sie beispielsweise ihre Konversation (das Gebärden) für Querungen, um die Verkehrssituation visuell zu erfassen. Die bewusste erhöhte Aufmerksamkeit fordert den Betroffenen eine höhere kognitive Leistung ab. Sie beobachten zudem die Verhaltensweisen von anderen Fußgängern, um über deren Reaktion beispielsweise ferne akustische Informationen wie ein heranfahrenden Krankenwagen oder Polizeiwagen rechtzeitig wahrzunehmen.

Weiterhin wurde im Gespräch berichtet, dass im Straßenverkehr insbesondere von hinten kommende Fahrzeuge ein Problem darstellen. Diese können visuell schlecht erfasst oder erst sehr spät, manchmal zu spät wahrgenommen

werden. Die betroffenen Personen berichteten vom häufigen Auftreten entsprechender Schreckreaktionen. Diese seien nicht nur bei den beteiligten gehörbeeinträchtigten Fußgängern, sondern teilweise auch den Fahrzeugführern zu beobachten.

Als besonders wurde der Fall hervorgehoben, wenn sie sich als Fußgänger den Verkehrsraum mit anderen Verkehrsteilnehmern teilen, beispielsweise auf kombinierten Rad- und Fußwegen. Hier versuchen sie nach rechts auszuweichen, um den Konflikt so gering wie möglich zu halten. In besonders beengten Bereichen oder bei entgegenkommenden Personen ist dies schwer möglich. Dazu wird berichtet, dass sie oft von anderen Verkehrsteilnehmern als ignorant erachtet werden, weil sie den sich von hinten annähernden, möglicherweise „klingelnden“ Radfahrern nicht auswichen. Ähnliche Erlebnisse wurden zu verkehrsberuhigten Bereichen mit gemischten Verkehrsflächen berichtet.

4.3.3 Ältere Personen

Der demografische Wandel führt dazu, dass der Anteil älterer Personen an der Bevölkerung wächst und in den nächsten Jahrzehnten weiter wachsen wird. Mit steigendem Alter können sensorische, motorische und geistige Fähigkeiten nachlassen, die Ausprägung entsprechender Einschränkungen zeigt eine deutliche Korrelation mit dem Alter. Die individuellen Unterschiede in Verlauf und Ausprägung von Einschränkungen bedingen eine sehr große Heterogenität der Leistungsfähigkeit in der Gruppe älterer Personen.

Verkehrspsychologische Forschung beschäftigt sich seit mehreren Jahrzehnten mit den Begleiterscheinungen und Konsequenzen altersbedingt reduzierter Leistungsfähigkeit von Verkehrsteilnehmern. Der Schwerpunkt lag und liegt auf der Untersuchung älterer Fahrzeugführer.

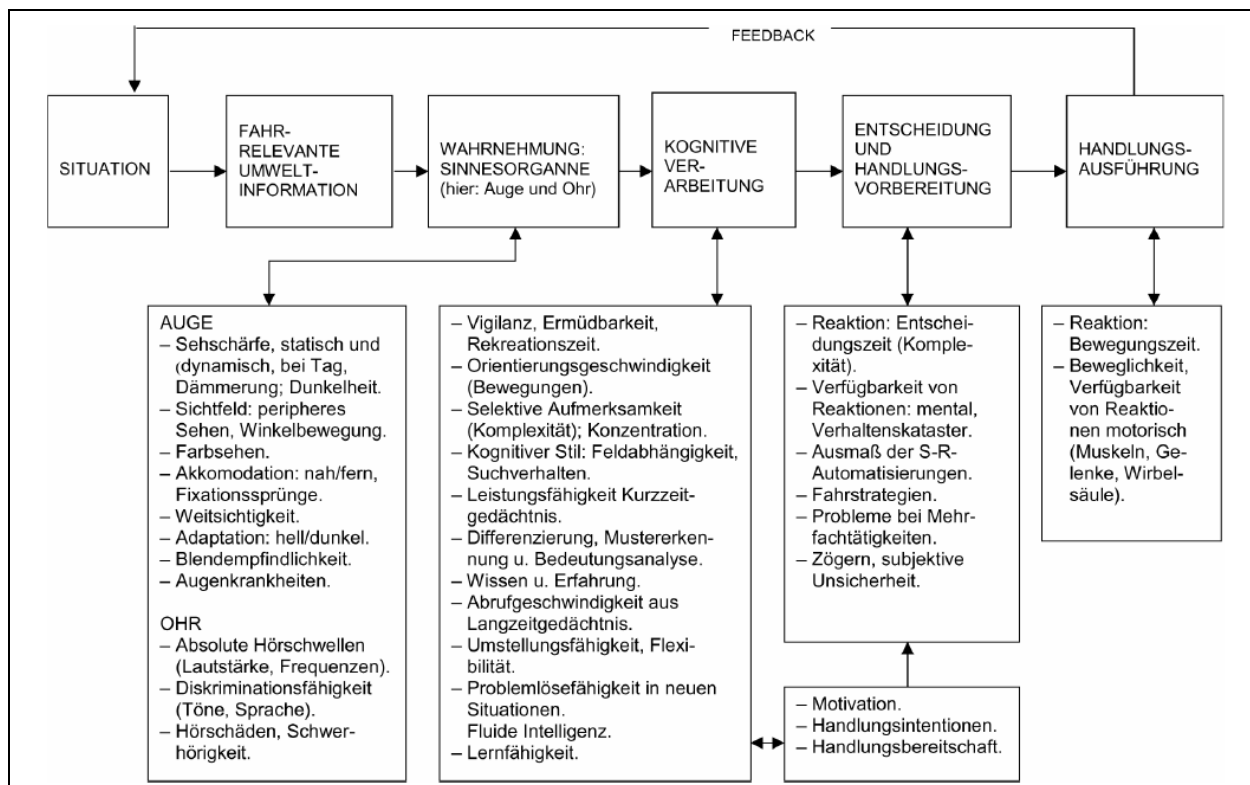


Abbildung 4-1: Problemfelder älterer Kraftfahrer in Wahrnehmung, Kognition und Handlung (Schlag (Hrsg.), 2008 S. 29)

Die zentralen Ergebnisse dieser Forschungsbemühungen sind jedoch direkt auf die Situation älterer Fußgänger übertragbar. Hinzu kommt eine ständig wachsende Anzahl Publikationen zur besonderen Situation älterer Fußgänger.

Die dokumentierten Einschränkungen können prinzipiell für alle im Kapitel 4.2.1 beschriebenen Verhaltensparameter von Fußgängern beobachtet werden. Veränderungen in der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit (vgl. Kapitel 4.2.2.2) führen dazu, dass große Komplexität nicht mehr verarbeitet werden kann, vor allem an Kreuzungssituationen, in denen Fahrzeugströme aus mehreren Richtungen beachtet werden müssen. Hier kann es mit steigendem Alter zunehmend zu Problemen kommen.

Ältere Fußgänger akzeptieren im Mittel erst um bis zu 50% größere Weg- und Zeitlücken als die jüngeren Vergleichspersonen (Lobjois, et al., 2009) (Lobjois, et al., 2007) (Oxley, et al., 2005). Hierbei spielt sicher die gegenüber diesen Personen reduzierte Gehgeschwindigkeit eine bedeutsame Rolle.

So finden etwa Gates, et al. (2006) den größten interpersonellen Einfluss auf die Querungsgeschwindigkeit aus dem Alter. Den Senioren vergleichbar langsam sind demnach behinderte Personen und Kinder an der Hand ihrer Eltern.

Ältere Personen haben eher Probleme, die Geschwindigkeit nahender Fahrzeuge in ihrer Querungssicherung zu berücksichtigen. Wie die Ergebnisse von Lobjois, et al. (2007) zeigen, berücksichtigten die jungen Probanden für die Entscheidung eindeutig die Fahrzeuggeschwindigkeit; während die älteren Probanden eine deutlicher abstandsdominierte Entscheidung trafen. Sie akzeptierten in stärkerem Maße mit steigender Geschwindigkeit sinkende Zeitlücken, woraus ein bedeutsames Unsicherheitspotential erwächst.

Dabei schätzen ältere Fußgänger die Querungslücken offensichtlich bewusster als jüngere Personen. Die Ergebnisse von Lobjois, et al. (2009) zeigen, dass sich junge und ältere Personen deutlich in der Güte ihres geschätzten Querungsbedarfes in Relation zum tatsächlich gezeigten Querungsverhalten unterscheiden.

Während die jüngeren Versuchspersonen in ihren verbalen Urteilen mit 5% recht häufig unsichere Entscheidungen trafen, gaben die älteren Teilnehmer nur zu 1,1% unsichere Entscheidungen an. Dieses Verhältnis kehrte sich jedoch beim tatsächlich gezeigten Querungsverhalten um. Während dabei der Anteil unsicherer Entscheidungen bei den älteren Personen praktisch konstant blieb, verbesserte sich die Performance der jüngeren Probanden bedeutsam und übertraf mit nur 0,7% unsicheren unter den tatsächlich gezeigten Querungen die Verhaltensgüte der Älteren.

Die Älteren sind demnach mit ihrem verbal geschätzten Urteil ihrem Verhalten wesentlich näher als die jungen Leute. Das legt die Interpretation nahe, dass ältere Fußgänger überwiegend bewusst abschätzen und daher geübter darin sind. Junge Erwachsene treffen offensichtlich eher implizite Entscheidungen und schneiden daher im bewussten Abschätzen schlechter ab. Im Vergleich der beiden Strategien zeigt sich, dass bewusstes Abschätzen recht sicher ist, aber implizites Abschätzen eine noch bessere Performance ermöglicht (Lobjois, et al., 2009).

Einen bedeutsamen Einfluss auf die Güte der Lückenschätzung haben zudem Fahrerfahrungen als Fahrzeugführer. So konnten Holland et al. (2010) einen bedeutsamen Anteil schlechterer Lückenschätzung mit fehlenden Fahrerfahrungen erklären. Zudem wirkt sich auch die Häufigkeit alltäglicher Erfahrungen mit Querungssituationen aus. Die Autoren fanden im Mittel unsicherere Querungsentscheidungen ebenfalls bei Personen, die eine reduzierte Alltagsmobilität aufwiesen (Holland, et al., 2010).

Der insgesamt größere Zeitbedarf einer Querung bei älteren Personen in der Komponente der Abschätzung beinhaltet jedoch nicht nur die Lückenschätzung, sondern mit steigendem Alter nimmt auch die Initialisierungszeit zu. Ältere Personen zeigen eine etwa 1/3 längere Phase zwischen erfolgter Sicherung und dem Betreten der Straße (Lobjois, et al., 2009).

4.3.4 Kinder

Für die Besonderheiten kindlicher Mobilität sind vor allem zwei Betrachtungsbereiche wesentlich. Dies

sind das Gefahren- bzw. Sicherheitsbewusstsein und das sensorisch basierte Wahrnehmungsvermögen.

Das Bewusstsein über typische Gefahren entwickelt sich altersabhängig in mehreren Stufen (Limbourg, et al., 2000). Auf der ersten Stufe können Kinder gefährliche Situationen erkennen, jedoch häufig erst direkt in der Entstehung. Sie erkennen das körperliche Schädigungspotential, aber der Aspekt der Antizipation vor dem Handlungsbeginn fehlt weitestgehend. Die zweite Stufe definiert sich durch die Entwicklung dieses antizipierenden Gefahrenbewusstseins, welche mehrheitlich um das Alter von 8 Jahren erreicht wird.

Etwa zwei Jahre älter treten auch bewusste, präventive Verhaltensweisen zur Gefahrenvermeidung auf. Beispielsweise ist die absichtliche Wahl eines Umweges zur sichereren Querung einer Straße eine solche Form des Präventionsbewusstseins. Wahrnehmungsseitige Einschränkungen betreffen insbesondere die jüngeren Kinder. Diese Verkehrsteilnehmergruppe weist deutliche Besonderheiten im Sicherheitsverhalten auf (Schlag, et al., 2006).

Während Farb- und visuelle Bewegungswahrnehmung im abstrakten Sinne bereits im Vorschulalter weitestgehend ausgeprägt sind, erlangt die periphere visuelle Wahrnehmung erst im Alter von etwa 8-9 Jahren eine ausreichende Funktion. Die Wahl einer sicheren Querungsstelle, insbesondere ohne vorherige Anleitung durch Erwachsene, gelingt mehrheitlich erst im Alter von 10 Jahren erfolgreich (Schlag, et al., 2005).

Besonderheiten finden sich somit vor allem im Bereich der Wahrnehmung und Entscheidung. Besonderes Augenmerk liegt hierbei exemplarisch auf den Schulwegen, da das häufig einige der ersten allein oder in der Gruppe Gleichaltriger zurückgelegten Wege sind. Dabei fehlen den Kindern noch einige wichtige Erfahrungen. Aufgrund einer einfacher möglichen momentanen Ablenkung werden häufiger unüberlegte, spontane Handlungen ausgeführt. Die oben beschriebenen gruppenspezifischen Effekte funktionieren in Kindergruppen meist ausgeprägter.

Die grundlegende Funktion selektiver Aufmerksamkeit (vgl. Kapitel 4.2.2.2) ist bei

Kindern noch unzureichend ausgeprägt und entwickelt sich erst mit steigendem Alter (Barton, 2006). Ein besonders sicherheitskritischer Aspekt ist die Lückenschätzung bei Straßenquerung. Untersuchungsergebnisse aus Feldversuchen belegen, dass Kinder Lücken als Relation zu einer als ausreichend gelernten Weglücke bewerten. Diese von den Kindern mehrheitlich als Querungslücke akzeptierte Distanz beträgt etwa 60-65m (Connelly, et al., 1998). Eine Berücksichtigung der Fahrzeuggeschwindigkeit wird erst für über 10Jährige berichtet.

Diesen Befund belegen auch entsprechende Befragungen von Kindern zu ihrem Verständnis von Abstand und Geschwindigkeit herannahender Fahrzeuge. Vorschüler können den Abstand als Einfluss beschreiben, sind mit dem Konzept Geschwindigkeit jedoch wenig vertraut. Grundschüler können Abstand und Geschwindigkeit verbal einzeln bewerten, aber noch nicht intuitiv richtig miteinander verrechnen. Erst zum Ende des Grundschulalters können Abstand und Geschwindigkeit unabhängig voneinander einkalkuliert werden (Rosenbloom, et al., 2008).

Kinder brauchen länger, um eigene Bewegungen mit der Fremdbewegung anderer Fahrzeuge zu koordinieren. Plumert und Kollegen (2004) untersuchten Lückenwahl und Querungsverhalten von Kindern (10/12 Jahre) und Erwachsenen in einem Fahrradsimulator. Sie fanden keine Altersunterschiede bei den gewählten Lückengrößen, jedoch brauchten die Kinder länger für den Entschluss und die Querung selbst.

Schließlich stellen Kinder mit körperlichen oder geistigen Einschränkungen eine besondere Personengruppe dar. In einer Befragung von 299 behinderten Kindern und 388 nicht behinderten Kindern im Altersbereich 5-17 Jahre zeigte sich, dass Kinder mit körperlichen und geistigen Einschränkungen häufiger von Unfällen mit Kraftfahrzeugen berichteten (Xiang, et al., 2006). Die bei den Befragungen von den betroffenen Kindern am häufigsten benannten Probleme im Straßenverkehr waren zu schmale oder fehlende Gehwege, Probleme bei der Abschätzung einer sicheren Querung sowie unaufmerksame Fahrzeugführer.

4.4 Akustische Interaktionssicherung

Die Wahrnehmung von Fahrzeugen wird bei gesunden Personen überwiegend durch zwei Sinneskanäle realisiert. Dies ist neben dem maßgeblichen visuellen auch der akustische Kanal. Dieser stellt ein bedeutsames Instrument für die Querungsentscheidung von Fußgängern dar und geht dabei im Prozess der Querungsvorbereitung der visuellen Sicherung voraus und mit dieser einher (Scherer, 1983).

Die von fahrenden Fahrzeugen erzeugte Geräuschkulisse dient zunächst einer allgemeinen Einschätzung der Verkehrsbelegung auf einer Straße. Hierbei kann von einer groben Situationsklassifikation ausgegangen werden. Ausgehend von der auch akustisch gespeisten Einschätzung, ob Fahrzeuge als Pulk oder seltenere Einzelfahrzeuge auftreten, kann eine Abschätzung zum notwendigen Aufwand der visuellen Querungssicherung vorgenommen werden.

Treten Fahrzeuge beispielsweise nur einzeln und mit großem Abstand auf, kann eine Querung auch aus der Gehbewegung heraus geschehen. Hierzu genügt eine akustische Detektion des sich rückwärtig annähernden Fahrzeuges und eine kurze visuelle Rückversicherung nach dieser Richtung. Die Fahrtrichtung entgegen der Gehrichtung befindet sich permanent unter visueller Kontrolle.

Aber auch bei pulkhaft auftretenden Fahrzeugen, beispielsweise nach Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage, kann die akustische Information verhaltenanpassend genutzt werden. Die akustische Detektion des Pulkendes während fortgesetztem Fußweg erspart ein zeitraubendes Warten und ist der Auftakt für eine zumeist kurze visuelle Rückversicherung in die rückwärtige Richtung.

In diesem Zusammenhang dient die akustische Wahrnehmung vor allem der Detektion von Fahrzeugen, triggert aber auch die Intensivität der visuellen Querungssicherung. Erfolgt auf Basis der sensorischen Beobachtung des Fahrzeugstromes eine Klassifikation als Situation mit Einzelfahrzeugen, genügt zumeist eine kurze visuelle Rückversicherung, die wiederum anfälliger für erwartungsbasierte Fehler (vgl. Kapitel 4.2.3.2) ist.

Weiterhin unterstützt die akustische Wahrnehmung bei der Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Entfernungsschätzung und verbessert damit die Güte der Lückenschätzung bedeutsam. Vor allem die Wahrnehmung stark beschleunigter Fahrzeugbewegung auf größere Entfernung, insbesondere in nahezu frontaler Annäherung wie für Querungssituationen typisch, kann visuell nicht geleistet werden. Damit ein Fußgänger vor einem besonders stark beschleunigenden Fahrzeug nicht die Straße betritt, braucht er zwingend eine Information darüber, dass sich ein Fahrzeug überdurchschnittlich schnell annähert.

Daraus ergibt sich üblicherweise die Schlussfolgerung, dass der Fahrer wahrscheinlich nicht geneigt sein wird, dem Fußgänger den Vortritt zu lassen. Abgesehen von der rein dynamisch deutlich gefährlicheren Interaktionskonstellation, nutzen Kraftfahrer die deutliche Beschleunigung auch als Kommunikationsinstrument gegenüber Fußgängern (Várhelyi, 1998). Wenn solche hoch sicherheitsrelevante Information berücksichtigt werden soll, dann ausschließlich aus akustischer Wahrnehmung.

Schiff et.al. (1990) führten ein Experiment mit visueller, akustischer und kombiniert visuell-akustischer Darbietung von Fahrzeugannäherungen durch, bei dem zu einem zufälligen Punkt die Darstellung unterbrochen wurde. Die Probanden mussten angeben, wann nach dem Ende der abrupt unterbrochenen Darbietung das Fahrzeug sie erreicht hätte.

Die Ergebnisse zeigen, dass Personen für Fahrzeuge im Abstand weniger Sekunden auch allein auf Basis des Annäherungsgeräusches eine gute Abschätzung des Zeitpunktes treffen können, zu dem sie das Fahrzeug erreicht hätte. Die beste Leistung zeigte sich erwartungsgemäß bei kombinierter sensorischer Information aus beiden Sinneskanälen.

Grosse (2009) führte Versuche in einer simulierten Fußgängerumgebung durch. Aufgabe der Probanden war es, eine in der Szenerie dargestellte Person über eine Straße zu steuern. Dabei musste der ständige Fahrzeugstrom mit wechselnder Lückengröße beachtet werden. Die Hauptvariation bestand in der akustischen Information. In je einer Bedingung hörten die Probanden entweder keine Fahrzeuggeräusche,

Fahrzeuggeräusche in Stereoqualität oder in dreidimensionaler Klangqualität.

Im Ergebnis zeigten sich bedeutsame Einflüsse der akustischen Wahrnehmung auf die Querungssicherheit. Bei der Präsentation von Fahrzeuggeräuschen als Zusatzinformation zur Lückenschätzung resultierten signifikant weniger unsichere Lückenschätzungen gegenüber der Bedingung mit fehlender Akustik.

Der Autor fand zudem einen bedeutsamen Einfluss der Akustik auf die Querung selbst. Unter der Bedingung des räumlichen Tons resultierten mehr erfolgreiche Querungen in dafür geeigneten Lücken. Die sicherheitskritische Aufgabe einer Querung ist nicht nur, eine Lücke zu erkennen, sondern auch im richtigen Moment des gerade vorbeifahrenden Fahrzeugs die Straße zu betreten. Diese Funktion der Abstandsdetektion des Fahrzeuges in kurzer Distanz wird offensichtlich bedeutsam vom akustischen Kanal gespeist. Bei fehlender akustischer Rückmeldung begann die eigentliche Querung später und es traten dadurch einige Querungen in dann nur noch unzureichend großen Lücken auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit akustischer Unterstützung eine adäquatere Lückenschätzung erfolgen kann. Die komplexe Lückenschätzung unter Berücksichtigung der Gesamtsituation wird erst durch die räumliche Akustik vollständig ermöglicht, indem die Abstandswahrnehmung im Bereich von 1-2s rund um die Fußgängerposition von diesem akustisch erfolgt. Dies führt zu einer Entlastung des visuellen Kanals.

Die Information, wann genau ein länger in der Annäherung beobachtetes Fahrzeug sich auf direkter Höhe des Fußgängers befindet, kann gut akustisch aufgelöst werden. Dies bringt den Vorteil, dass gleichzeitig die visuelle Exploration der weiter entfernten Fahrzeuge fortgesetzt werden kann. Nur so kann gleichzeitig die nächste Lücke in größerer Entfernung (visuell) mit der aktuellen Lücke (akustisch) direkt verglichen werden. Ist dies nicht möglich, muss die Fahrzeugvorbeifahrt ebenfalls visuell detektiert werden.

Dadurch kann kein direkter Vergleich zur nächsten Lücke erfolgen und entsprechende Vergleiche müssen unter Verwendung des im Vergleich fehleranfälligeren Kurzzeitgedächtnisses erfolgen.

Dies illustriert den akustisch bedingten Performancevorteil, geeignete Lücken eher zu finden und diese mit geringem kognitiven Aufwand in ihrer Relation zur beobachteten Annäherungszeit des gerade vorbeifahrenden Fahrzeugs abzugleichen. Offensichtlich ist die Kombination aus visueller Beobachtung der entfernteren Fahrzeugbewegung und akustischer Beachtung der nahen Fahrzeuge der allein visuellen Abschätzung sowohl von Nah- als auch Fernbereich überlegen (Grosse, 2009).

Unabhängig von der konkreten Verkehrssituation kommt dem akustischen Sinneskanal eine biologisch angestammte unspezifische Alarmfunktion zu (vgl. Kapitel 2.2.2.1). Die Wahrnehmung eines sich konflikthaft, beispielsweise aus der Peripherie oder gar von hinten annähernden Fahrzeuges kann visuell nicht geleistet werden. Typische Situationen sind etwa verkehrsberuhigte Bereiche oder auch Knotenpunktsituationen, in denen ein Fußgänger nicht beachtet wurde.

In leicht abgewandelter Form kommt der akustischen Wahrnehmung auch in Situationen mit geometrischer Sichtverdeckung, z.B. an Grundstücks- oder Hauszufahrten oder beleuchtungstechnischer Sichteinschränkung eine bedeutsame verkehrssicherheitsrelevante Funktion zu.

Schließlich ist auf die in Kapitel 2.2.1 sowie Kapitel 4.3.1 ausführlich dargestellte dominant akustische Interaktionssicherung seheingeschränkter Personen an dieser Stelle lediglich zu verweisen. Die international umfangreich untersuchten Aspekte umfassen die Wahrnehmung von Fahrzeuganwesenheit, Fahrzeugposition, Abstand und Geschwindigkeit, Beschleunigung und Fahrtrichtung sowie eine Vielzahl daraus indirekt abgeleiteter Orientierungsleistungen mit unmittelbarem Bezug zur Verkehrssicherheit (Garay-Vega, et al., 2010), (Wall Emerson, et al., 2008), (Manning, 2010), (Wiener, et al., 2006), (Wall Emerson, et al., 2011), (Goodes, et al., 2009).

Im Ergebnis zeigt sich ein umfangreicher Einfluss akustischer Wahrnehmung auf die Sicherung von Interaktionen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen. Obwohl abgesehen von blinden Personen die ausschließlich akustische Interaktionssicherung

eine deutliche Ausnahme im alltäglichen Straßenverkehr darstellen dürfte, zeigen die obigen Darstellungen bedeutsame akustisch basierte Orientierungsleistungen in praktisch allen Begegnungssituationen.

5 Unfallsituationen

In Deutschland wurden im Jahr 2009 insgesamt 2.313.453 Verkehrsunfälle polizeilich erfasst (Destatis[a], 2010). Dies stellt eine leichte Steigerung um 0,9% zum Vorjahr dar. Die Steigerung verursachten hauptsächlich Unfälle mit Sachschaden (2.002.647). Bei Unfällen mit Personenschaden konnte ein Rückgang um 3,1% auf 310.806 Unfälle verzeichnet werden.

Im Jahr 2009 verunglückten insgesamt 401.823 Menschen im Straßenverkehr. Die meisten Unfälle mit Personenschaden ereignen sich auf Innerortsstraßen (69%), dort verunglückten aber nur 30% der in 2009 insgesamt 4.152 im Straßenverkehr getöteten Personen. Deutlich höher fällt der Anteil für Außerortsstraßen aus. Für diese Straßenkategorie wurden 59% der Unfalltoten verzeichnet. Auf Autobahnen starben im Jahr 2009 insgesamt 475 Menschen. Dies entspricht einem Anteil von 11%.

Auch der Anteil an Leicht- und Schwerverletzten ist auf Autobahnen mit jeweils 7% relativ gering. Die Angaben des statischen Bundesamtes weisen einen hohen Anteil von leicht- und schwerverletzten Personen auf Innerorts-, gefolgt von Außerortsstraßen auf. So wurden im Jahr 2009 auf Innerortsstraßen 221.333 Personen leicht- und 36.361 Personen schwerverletzt. Auf Außerortsstraßen waren es insgesamt 111.579 verletzte Personen (Destatis[a], 2010).

Diese objektiven Daten zur Verkehrssicherheit widersprechen etwas der subjektiv wahrgenommenen Verkehrssicherheit. Eine Umfrage der Unfallforschung der Versicherer (UDV) zufolge fühlen sich Autofahrer ziemlich sicher in Innerortsgebieten, am sichersten in Wohngebieten, gefolgt von Landstraßen, innerstädtischen Straßen und Autobahnen (Gehlert, 2009 S. 4).

Unter den 310.806 Unfällen mit Personenschaden (2009) befanden sich 34.651 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung. Bei diesen wurden insgesamt 93% der beteiligten Fußgänger (32.238) verletzt. Der mit 98,2% größte Anteil verunglückter Fußgänger wurde leicht- oder schwerverletzt (31.647).

591 Fußgänger verloren im Jahr 2009 ihr Leben im Straßenverkehr. Darunter waren 23 Kinder im Alter

unter 15 Jahren. Mehr als jeder zweite im Straßenverkehr getötete Fußgänger war über 65 Jahre alt (335 Senioren ab 65 Jahren). Damit wird deutlich, dass ältere Personen einem hohen Risiko ausgesetzt sind, im Straßenverkehr tödlich zu verunglücken. Unter den in 2009 im Straßenverkehr nicht tödlich verletzten Fußgängern befanden sich zu 24,3% Kinder (N=7.706) und 21,9% ältere Personen (N=6.930).

Der Anteil verunglückter Radfahrer im Straßenverkehr ist deutlich höher als der von Fußgängern. Insgesamt verunglückten im Jahr 2009, verglichen mit Fußgängern, mit 75.797 mehr als doppelt so viele Radfahrer im Straßenverkehr. Der Anteil tödlich verunglückter Personen ist in dieser Verkehrsteilnehmergruppe jedoch deutlich geringer. 462 Menschen wurden 2009 als Radfahrer im Straßenverkehr getötet.

Der größte Anteil entfällt wiederum auf die Gruppe der älteren Radfahrer ab 65 Jahren. Insgesamt wurden 231 Senioren im Straßenverkehr als Radfahrer getötet. Somit war im Jahr 2009 jeder zweite getötete Radfahrer über 65 Jahre alt. 24 Kinder verloren ihr Leben als Radfahrer. Unter den nicht tödlich verletzten Radfahrern befanden sich im Jahr 2009 Kinder zu 14,6%. Der Anteil der Senioren in dieser beim Radfahren war mit 16,2% leicht höher. (Destatis[a], 2010) (Destatis[b], 2010) (Destatis[c], 2010) (Destatis[d], 2010)

Von besonderem Interesse ist die Ursache von Unfällen. Die in der bundesweiten Statistik abgebildeten Unfallursachen beruhen auf der Einschätzung der unfallaufnehmenden Polizeibeamten. Sie stellen weder das Ergebnis mechanischer Unfallrekonstruktion noch juristischer Betrachtungen dar. Zudem können mehrere Unfallursachen angegeben werden.

Die zu Unfällen mit Personenschaden am häufigsten angegebene Ursache ist mit 86% das „Fehlverhalten des Fahrzeugführers“. Lediglich bei 4% der Ereignisse handelte es sich den Angaben nach um ein Fehlverhalten des Fußgängers. In 10% der Fälle wurden andere Ursachen (Sichtverhältnisse, Witterungseinflüsse, Hindernisse und Sonstiges) angegeben.

Unter dem kleinen Anteil von Unfällen bedingt durch Fehlverhalten des Fußgängers waren mit 75% am häufigsten Fehler beim Überschreiten der

Fahrbahn für einen Unfall ursächlich. Geistige und körperliche Mängel sowie sonstige Beeinträchtigung (mangelnde Verkehrstüchtigkeit) umfassten nur 8% dieses Anteils (Tab. A 2-1). Herausragend sind die Fälle, in denen der Fußgänger beim Queren der Straße nicht auf das Fahrzeug geachtet hat oder er plötzlich hinter einem Sichthindernis hervortrat. Diese beiden Konstellationen umfassen nahezu zwei Drittel der fußgängerseitigen Fehlverhaltensweisen, die als Unfallursache dokumentiert wurden.

Die vor dem Hintergrund des vorliegenden Projektes interessierenden, da charakterisierenden Daten der Fußgänger oder Radfahrer über das Alter hinaus, wie bspw. Sehleistung oder Hörvermögen, werden in einer Verkehrsunfallanzeige (Destatis[a], 2010 S. 316) nicht kodiert. Diese Informationen werden wenn, dann in einem freien Textfeld erhoben und stehen deshalb in der bundesweiten Statistik nicht zur Verfügung. Auch detaillierte Informationen zum Fahrzeugantrieb werden nicht hinterlegt.

In diesen und vielen weiteren Aspekten sind die im Rahmen des GIDAS-Projektes⁴⁵ aufwändig erhobenen Daten zu ausgewählten Unfällen in ausgewählten Erhebungsgebieten sehr viel aussagekräftiger. Neben vielen weiteren Merkmalen werden dabei personenspezifische Daten zu den beteiligten äußeren Verkehrsteilnehmern und detaillierte Informationen zu den beteiligten Fahrzeugen erhoben.

Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf Unfälle aus der GIDAS-Datenbank zwischen Fußgängern und Personenkraftwagen, Radfahrern und Personenkraftwagen sowie Fußgängern und Radfahrern. Insgesamt wurden in die nachfolgend dargestellten Auswertungen die Daten von 7.205 aufgenommenen Unfällen mit den oben angegebenen Merkmalen verwendet. Dies umfasst alle in der Datenbank zum Abfragezeitpunkt November 2010 hinterlegten Fälle mit diesen Merkmalen.

5.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern

Insgesamt wurden im Zeitraum von 1991 bis 2009 durch die GIDAS 2.587 Unfälle zwischen Personenkraftwagen und Fußgängern erfasst. Nach einem Schwerpunkt der erhobenen Fälle um die Jahrtausendwende gab es seit dem recht gleichmäßig verteilte Fallzahlen (Abb. A 2-1). Die bei diesen Unfällen beteiligten Fußgänger waren im Mittel 35,5 Jahre alt. Es werden Fußgänger aller Altersbereiche abgebildet, entsprechend ist die Altersstreuung mit einer Standardabweichung von $SD=26,04$ Jahren hoch ausgeprägt. Unter den Fußgängern befanden sich etwa zur Hälfte Personen der weiblichen (48%) und männlichen 52% Geschlechts.

Bei der Betrachtung der GIDAS Fußgänger-Pkw-Unfälle hinsichtlich der Antriebsart zeigte sich die in Abbildung 5-1 dargestellte Verteilung. Bei neun von zehn Unfällen mit Fußgängerbeteiligung waren Fahrzeuge mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor beteiligt. Lediglich 0,5% der an Fußgängerunfällen beteiligten Fahrzeuge waren ganz oder zusätzlich mit Flüssiggas angetrieben. Bei 10,5% der Fahrzeuge lagen keine Angaben zur Antriebsart vor.

Bei genauerer Analyse der 10,5% von Fahrzeugen mit unbekannter Antriebsart zeigte sich, dass drei Viertel der Fälle vor dem Jahr 2004 aufgenommen wurden. Zumindest für diesen Anteil ist es unwahrscheinlich, dass es sich um Fahrzeuge mit alternativem Antrieb handelt. Zudem war bei keinem der Unfälle von Fahrzeugen mit unbekannter Antriebsart ein Fußgänger mit Seh- und/oder Hörleiden beteiligt.

⁴⁵ GIDAS = German In-Depth Accident Study, ist ein Kooperationsprojekt der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) welches das größte Unfalldaten – Erhebungsinstrument in Deutschland darstellt (www.gidas.org).

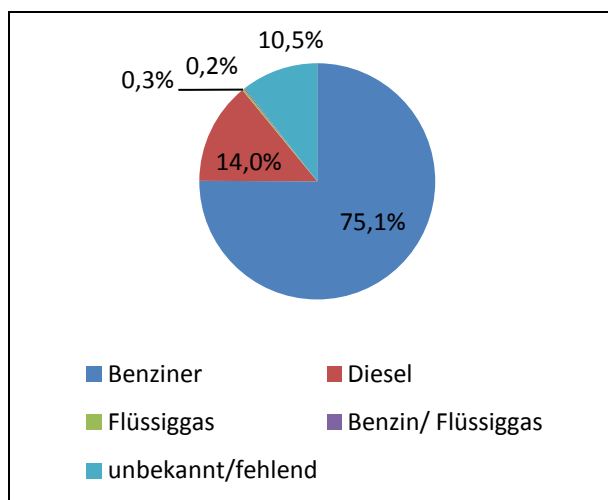


Abbildung 5-1: prozentuale Verteilung der Antriebsart bei Fußgänger-Pkw- Unfällen

In der GIDAS-Datenbank ist zum Abfragezeitpunkt kein Unfall zwischen einem Kraftfahrzeug mit alternativem Antriebskonzept und einem Fußgänger dokumentiert. Für die nachfolgenden Auswertungen wurde daher auf eine zusätzliche Unterteilung der Unfälle hinsichtlich der Antriebsart verzichtet.

Bei 133 der unfallbeteiligten Fußgänger waren Informationen über ein Seh- und Gehörleiden hinterlegt. Für Personen mit Sehleiden gibt es in den Daten eine Unterteilung nach hochgradig sehbehinderten Personen. In den meisten Fällen der hochgradigen Sehbehinderung lag Blindheit vor. Darüber hinaus konnten den Angaben in der Datenbank keine genaueren Kriterien für Seh- und Gehörleiden entnommen werden. Anhand dieser Ausprägung wurden die Fußgänger für die diesbezüglichen Auswertungen in zwei Gruppen eingeteilt: Fußgänger ohne Seh- oder Gehörleiden (siehe Kapitel 5.1.1) und Fußgänger mit Seh- und/oder Gehörleiden (sensorischen eingeschränkt), dargestellt in Kapitel 5.1.2.

5.1.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne sensorische Einschränkungen

Die nachfolgend dargestellten Auswertungen beinhalten 2.454 Fußgänger – Personenkraftwagen (Pkw) – Unfälle mit Fußgängern ohne Seh- oder Höreinschränkungen. Darunter ereigneten sich 110 Fälle Außerorts (4%). Nachfolgend werden die Unfallereignisse beider Ortslagen gemeinsam betrachtet. Bei den Fußgängern

handelte es sich zu 48% um Frauen und 52% um Männer. Es waren Personen im Alter zwischen 2 und 96 Jahren darunter, das mittlere Alter betrug 34,1 Jahre (SD=25,3 Jahren).

Unfälle mit Kindern im Alter unter 15 Jahren umfassten einen Anteil von 31,9%. Unter Ihnen waren etwas mehr Jungen als Mädchen (Tabelle 5-1). Noch größer war das Ungleichgewicht zwischen den Geschlechtern bei den Senioren. Unter den über 65jährigen, unfallbeteiligten Fußgängern befanden sich zu etwa 2/3 Männer. Der Anteil unfallbeteiligter Senioren ist in der zugrundeliegenden GIDAS-Stichprobe mit 16,8% insgesamt deutlich geringer als in der bundesweiten Statistik, in der diese Altersgruppe mehr als die Hälfte der Fälle umfasste. In 42 Fällen (1,7%) lagen keine Altersangaben des beteiligten Fußgängers vor.

Gruppe	Anzahl	Alter	Geschlecht
Kinder	783	MW=8,3J. (SD=3,2 J.)	59% männlich 41% weiblich
Erwachsene	1216	MW=36,5J. (SD=14,9J.)	53% männlich 47% weiblich
Senioren	413	MW=75,8J. (SD=7,3 J.)	64% männlich 36% weiblich

Tabelle 5-1: Charakterisierung der Fußgänger ohne Seh- oder Gehörleiden nach Altersgruppen

Die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung fanden zum überwiegenden Teil am Tag statt (Abb. A 2-2). Für die Gruppe der Senioren und am stärksten für die Unfälle mit Kindern nimmt der Anteil an Nachtunfällen ab. Personen mittleren Alters stellen entsprechend den Hauptteil nachts verunfallter Fußgänger. Im Anteil der Unfälle bei Dämmerung sind keine Unterschiede zwischen den Personengruppen zu verzeichnen.

Für die Unfälle am Tag wurde überwiegend kein Niederschlag verzeichnet (87%). Bei 12% der Unfälle am Tag lag regnerisches Wetter vor (Abb. A 2-3). Bei den nächtlichen Unfällen erhöht sich der Anteil von Regen und Schnee als Witterungsmerkmal deutlich.

Bei der Betrachtung des beteiligten PKW zeigt sich, dass vier von fünf der Fahrzeuge Klein- bis Mittelklassewagen waren. Dieser Anteil ist bei Unfallbeteiligung von Kindern oder Senioren tendenziell etwas größer, wobei die diesbezüglichen Unterschiede sehr gering ausfallen (Abb. A 2-4).

Unfalltyp

Unten stehende Tabelle 5-2 stellt die Grundgruppen der Unfalltypen (UTyp) kurz vor. Gegenstand des Unfalltyps ist allein die Konfliktsituation, die zu dem Unfall führte. Dies umfasst die den Unfall auslösende Situation bzw. den Konflikt, nicht jedoch die Art der Kollision (Unfallart) oder die Ursache.

Überschreiten – Unfälle stellen mit 77% den häufigsten Grundtyp der Unfälle zwischen Fußgänger und Pkw dar, danach reihen sich Abbiege – Unfälle und sonstigen Unfälle ein. Die anderen Grundtypen stellen eine Minderheit bei Fahrzeug – Fußgänger – Unfällen dar (Abb. A 2-5).

Die einzelnen Grundtypen werden zur genaueren Beschreibung der aufgetretenen Konfliktsituation in eine große Anzahl detaillierter Unfalltypen unterschieden. Um diesbezüglich zwischen Übersichtlichkeit und Aussagekraft eine angemessene Balance zu finden, werden nachfolgend die häufigsten Unfalltypen zur Analyse herangezogen. Die Betrachtungen schließen daher alle benannten Unfalltypen ein, bis eine kumulierte Häufigkeit von 75% aller Unfallereignisse erreicht wird. Bei Unfällen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne sensorische Einschränkungen umfasst die so definierte Gruppe sieben häufigste Unfalltypen (Abbildung 5-2). Dabei zeigt sich, dass der UTyp 42 mit 30% den häufigsten Fall darstellt. In diesem Fall querte der Fußgänger von rechts kommend auf freier Strecke. In der Häufigkeit folgen die Unfalltypen, bei denen der Fußgänger auf freier Strecke oder vor einem Knotenpunkt (Kreuzungsbereich) aus Fahrzeugsicht von links kommend quert und dabei frei sichtbar (UTyp 40 und UTyp 43) oder verdeckt ist (UTyp 41 und UTyp 44). Neben den Überschreiten-Unfällen ist der Abbiege-Unfall mit 6% unter den häufigsten Unfalltypen vertreten, in diesem Fall biegt das Fahrzeug links ab und es kommt zu einem Konflikt mit dem querenden Fußgänger.

Grundtyp des Unfalls	Definition
Fahrerunfall (F)	Fahrer verliert die Kontrolle über das Fahrzeug auf Grund von nicht angepasster Geschwindigkeit für den Verlauf, Querschnitt, Neigung, Zustand der Straße oder Änderung des Verlaufs bzw. Querschnittes der Straße.
Abbiege-Unfall (AB)	Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommender Verkehrsteilnehmer.
Einbiegen/ Kreuzen-Unfall (EK)	Unfall durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigten.
Überschreiten-Unfall (ÜS)	Unfall durch einen Konflikt zwischen einem die Fahrbahn überschreitenden Fußgänger und einem Fahrzeug (außer abbiegende Fahrzeuge).
Unfall durch ruhenden Verkehr (RV)	Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem auf der Fahrbahn haltenden oder parkenden Fahrzeuges.
Unfall im Längsverkehr (LV)	Unfall durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmer, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen.
Sonstiger Unfall (SO)	Alle Unfälle die keinem anderen Unfalltyp zuordenbar sind.

Tabelle 5-2: Definition der Unfalltypen (GDV, 1998)

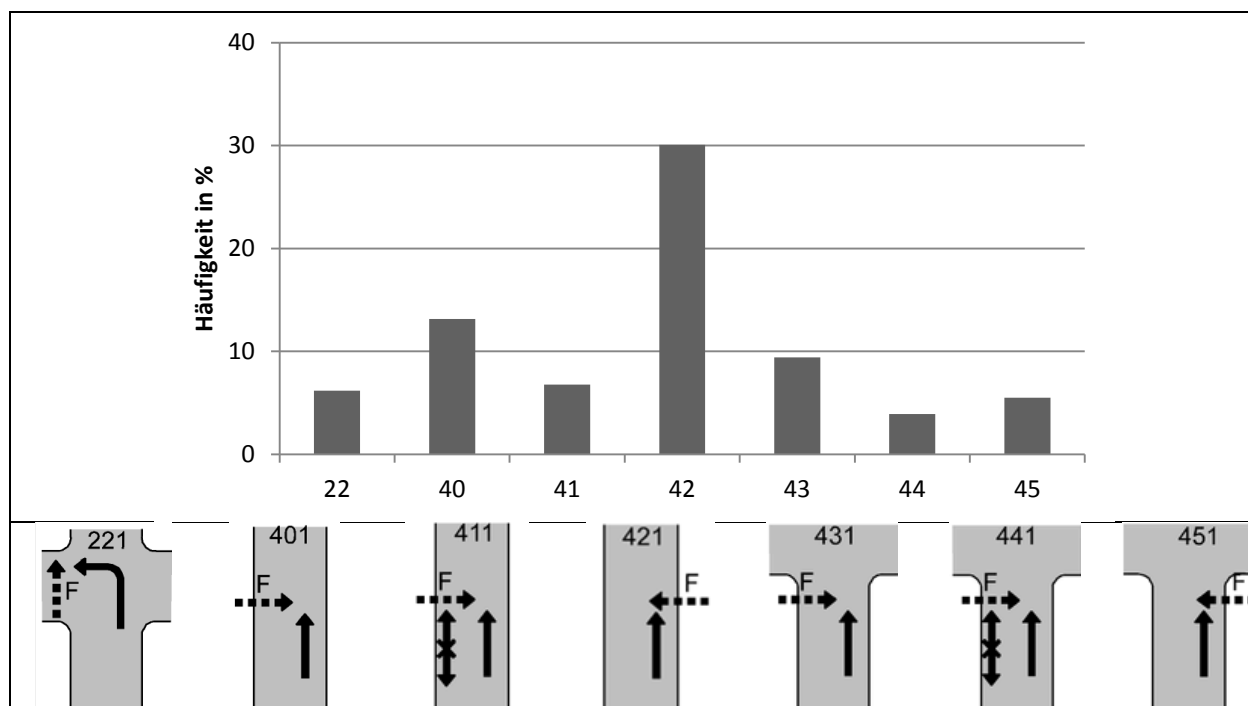


Abbildung 5-2: Anteile der Unfalltypen (bis 75% kumulierte Häufigkeit) bei Fußgänger – Pkw – Unfällen (N=2.454) mit beispielhafter graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

In Abhängigkeit der oben dargestellten Altersgruppen (Tabelle 5-1) finden sich Unterschiede in der Anzahl sowie in den häufigsten Unfalltypen. Bei der Gruppe der Kinder reichen 4 Unfalltypen aus, um eine kumulierte Häufigkeit von 75% zu erreichen. Der Unfall auf freier Strecke mit einem auf dem Fahrzeug auf dem ersten überquerten Fahrstreifen (UTyp 42) dominiert hier noch deutlicher. In der Unfallsituation mit einem Fahrzeug der anderen Fahrtrichtung zeigt sich bei den Kindern verglichen mit der Situation bei allen Fußgängern (Abbildung 5-2) eine anteilige Zunahme der Fälle von Sichtverdeckung (Abb. A 2-6).

In der Gruppe der Erwachsenen zeigt sich ein heterogeneres Bild. Hier kommt ein Unfalltyp hinzu, welcher nicht zu den häufigsten Unfalltypen bei allen Fußgängern gehört. Der Unfalltyp 47 entsteht als Konfliktsituation zwischen dem querenden Fußgänger und dem Fahrzeug hinter einem Knotenpunkt bzw. Kreuzungsbereich. Abgesehen davon zeigen sich keine bedeutsamen Unterschiede zur gemeinsamen Unfallsituation aller Altersgruppen (Abb. A 2-7).

In der Gruppe der Senioren nimmt neben dem in allen Gruppen bedeutsamsten UTyp 42 der UTyp

40 eine relative hohe Bedeutung ein. Hierbei handelt es sich um die Querung auf freier Strecke, bei der eine ausreichende Lücke zum entfernteren Fahrzeug (Konflikt auf dem zweiten zu überquerenden Fahrstreifen) abzuschätzen ist. Fälle von Sichtbehinderung (UTyp 41) fehlen hingegen. Weiterhin kommt auch in der Gruppe der Senioren ein Unfalltyp hinzu, der bisher noch in keiner anderen Gruppe aufgetreten ist. Dieser UTyp 71 umschreibt Unfälle mit rückwärtsfahrenden Fahrzeugen (Abb. A 2-8).

Unfallstelle

Die Unfallstelle beschreibt den Ort im Straßennetz, an dem sich der Unfall ereignet hat. Abbildung 5-3 zeigt, dass Kinder von allen Altersgruppen am häufigsten auf gerader Strecke in einen Unfall mit einem Fahrzeug verwickelt werden, seltener dagegen an Kreuzungen. Senioren verunfallen tendenziell häufiger bei Einmündungen (13%), Grundstücksauffahrten (4%) oder auf Parkplätzen (7%). Insgesamt stellen die Geraden, gefolgt von Kreuzungen für Fußgänger die häufigste Unfallstelle im Straßennetz dar.

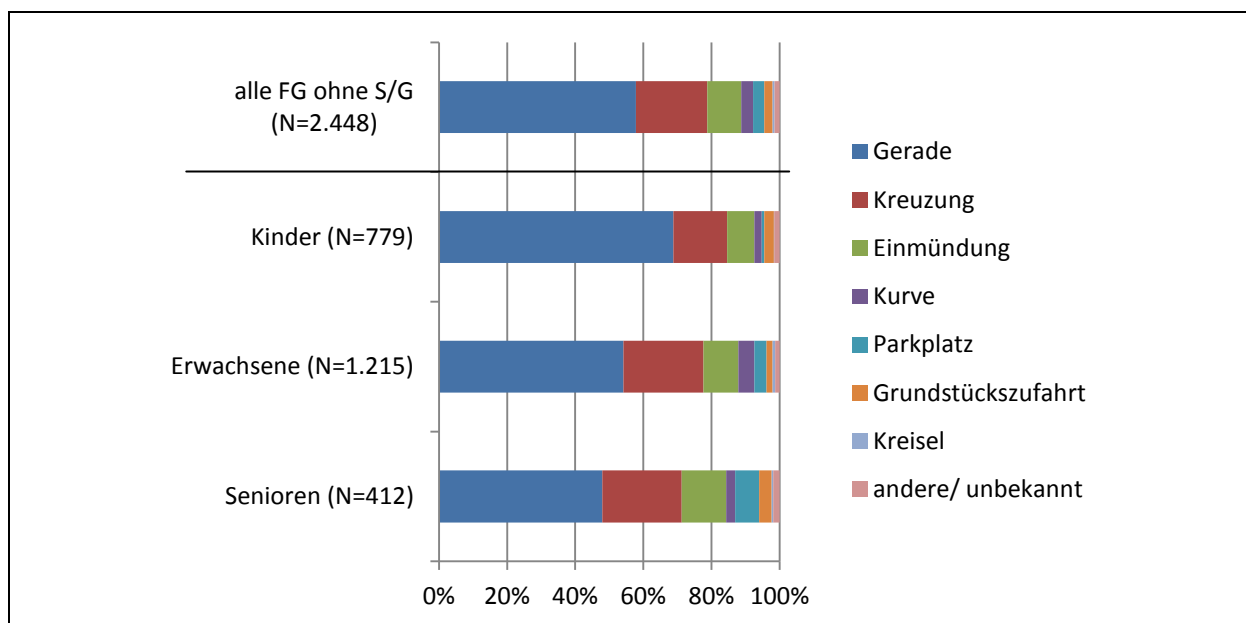


Abbildung 5-3: prozentuale Verteilung der Unfallstelle im Straßennetz

Die verunfallten Fußgänger waren sehr überwiegend mit der Örtlichkeit vertraut und nur zur Minderheit auf unbekanntem Wegen. In vier von fünf Fällen war die Unfallstelle sehr gut bekannt, denn sie wurde häufig auf alltäglichen Wegen begangen. Kinder und Senioren berichten sogar eine noch etwas häufigere Vertrautheit mit den örtlichen Verhältnissen. Folglich ist bei den Erwachsenen mittleren Alters der Anteil der Unfälle an unbekanntem Ort am höchsten (Abb. A 2-9).

Fahrstreifen

Wie bereits bei der Unfallstelle im Straßennetz beschrieben, ist deutlich zu erkennen dass sich die meisten Unfälle auf der Geraden und im Kreuzungsbereich ereignen. Absolut dominant sind Fußgängerunfälle auf einbahnig, zweistreifigen Straßen. Unfälle mit Kindern ereignen sich zu etwa 80% auf diesen Straßen, für die anderen Altersgruppen ist der Anteil mit rund 60% etwas geringer. Über alle Altersgruppen betrachtet, kommt es tendenziell häufiger auf einem später zu querenden Fahrstreifen zum Unfall, wenn mehrere Fahrstreifen vorhanden sind (Abb. A 2-10).

Unfallursache

„Die Ursache für Unfälle liegen im Zusammenwirken von Menschen, Fahrzeug und Straße, wobei eine oder mehrere dieser Komponenten fehlerbehaftet sein können.“ (Kühn, et al., 2003 S.

76). Die im Rahmen des GIDAS-Projektes angestellten vertieften Bemühungen zur Ursachenermittlung zeigen ein gegenüber der Bundesstatistik deutlich verschiedenes Bild der Verursachung von Unfällen mit Fußgängerbeteiligung. Hier zeigt sich eine etwa hälftige (Haupt-)Verursachung durch Fußgänger und Fahrzeugführer (Abb. A 2-11).

Die mit 48% häufigste Unfallursache bei Fußgänger-Fahrzeug-Unfällen ist ein falsches Verhalten der Fußgänger selbst. Dies stellt nach Untersuchungen von Fußgänger-Fahrzeug-Unfällen durch Kim et. al. (2008) das größte Risiko für einen tödlichen Ausgang des Unfalls dar. Falsches Verhalten des Fahrzeugführers gegenüber Fußgängern ist mit 25% die zweithäufigste Unfallursache, gefolgt von weiteren fahrerseitigen Ursachen, wie nichtangepasster Geschwindigkeit, Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren oder beim Einfahren in den fließenden Verkehr bzw. Anfahren, sowie durch eingeschränkte Verkehrstüchtigkeit.

Überhöhte Geschwindigkeit als Unfallursache gehört ebenfalls zu den drei größten Risiken für einen tödlichen Ausgang eines Unfalls (Kim, et al., 2008). Eine Studie von Ulfarsson et al. (2010) bestätigt mit ähnlichen Zahlen die Schuldfrage bei Fußgänger-Fahrzeug-Unfällen. Desweiteren weist diese Studie darauf hin, dass der Fahrer tendenziell bei geringeren Geschwindigkeiten Schuld am

Unfall trägt (0-10mph⁴⁶) und Fußgänger häufiger die Unfälle mit Fahrzeugen bei höheren Geschwindigkeiten verschulden (31-40mph⁴⁷).

Bei detaillierter Betrachtung der Unfallumstände bei Verursachung durch den Fußgänger kristallisieren sich wenige Situationen heraus, die häufig auftreten. Hier zeigen sich deutliche Parallelen zur oben berichteten Bundesstatistik. Wie bereits dort herausgestellt, sind falsche Verhaltensweisen der Fußgänger vor allem das Queren, ohne auf den Verkehr zu achten und das plötzliche Hervortreten aus dem Seitenraum unfallverursachend (Abb. A 2-12). Bei der Verursachung zeigen sich deutliche altersabhängige Gruppenunterschiede. Während Senioren die benannten Verhaltensweisen anteilig sehr viel seltener zeigen, fallen Kinder überdurchschnittlich häufig mit diesen Unfallursachen auf.

Ein anderes Bild zeigt sich bei den kraftfahrerseitig verursachten Unfällen. Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern tritt als Unfallursache außerhalb von Knotenpunkts- oder sonstigen markanten Bereichen („an anderer Stelle“), beim Abbiegen sowie an Fußgängerüberwegen auf. Außerhalb markanter Bereiche und insbesondere beim Abbiegen tritt diese Unfallverursachung dominant gegenüber älteren Fußgängern auf. Falsches Verhalten gegenüber Kindern ist dagegen in den betrachteten Kategorien am seltensten. Eine Ausnahme sind Haltestellenbereiche, hier stellen Kinder anteilig die größte Unfallbeteiligungsgruppe und Senioren sind selten beteiligt (Abb. A 2-13).

Geschwindigkeiten

Die am Unfallort zulässige Höchstgeschwindigkeit ist ein recht guter Indikator für die Verkehrssituation. In Anwohnerbereichen, aber auch an sicherheitskritischen Punkten, wie etwa vor Schulen sind in den Städten überwiegend zulässige Geschwindigkeiten von 30km/h ausgewiesen. Bereiche mit noch niedrigerer zulässiger Höchstgeschwindigkeit können näherungsweise als verkehrsberuhigte bzw. gemischte Verkehrsflächen, u.a. Parkplätze, interpretiert werden. Auf Verkehrsstraßen (Haupt-, Hauptverkehrsstraßen) mit

höherer Verkehrsbelastung sind überwiegend 50km/h erlaubt.

Die meisten der von GIDAS aufgenommenen Unfälle mit Beteiligung sensorisch nicht eingeschränkter Fußgänger ereignen sich in Bereichen mit einer zulässigen Geschwindigkeit bis 50km/h und damit auf Verkehrsstraßen. Dies gilt grundsätzlich über alle Altersgruppen hinweg. Zwischen den altersgetrennten Gruppen gibt es darüber hinaus zwei markante Unterschiede. Unfälle mit Kindern treten überdurchschnittlich häufig in Bereichen mit Geschwindigkeiten von 30km/h auf. Ältere Personen verunfallen überdurchschnittlich häufig in verkehrsberuhigten oder gemischten Bereichen mit erlaubten Geschwindigkeiten von 1-20km/h (Abb. A 2-14).

Dieses Bild zeigt sich ebenfalls in der mittleren Ausgangsgeschwindigkeit der Unfallfahrzeuge (Abb. A 2-15). Die mittlere Ausgangsgeschwindigkeit (V_0) beträgt demnach 36,36 km/h und zeigt eine breite Streuung ($SD=20,99$ km/h). Die gruppenbezogenen Unterschiede korrelieren deutlich mit den Gruppenunterschieden der erlaubten Geschwindigkeit.

Die mittlere Kollisionsgeschwindigkeit beträgt 28,32km/h bei einer ebenfalls großen Streuung ($SD=18,01$ km/h). Im Mittel der großen Fallzahlen zeigt sich somit für Unfälle mit Fußgängern eine recht geringe Geschwindigkeitsminderung zur Kollision hin. Dies kann vorsichtig als Ausdruck eines überwiegend eher kleinen Zeitraumes zwischen Auftreten der Situation bzw. dem Erkennen derselben und der nachfolgenden Kollision gedeutet werden. Im Gruppenvergleich bleibt das bereits bei zulässiger und Ausgangsgeschwindigkeit beschriebene Muster deutlich erhalten (Abb. A 2-15).

Eine differenziertere Auswertung der Ausgangsgeschwindigkeit anhand gruppierter Werte zeigt einen deutlichen Schwerpunkt der Ausgangsgeschwindigkeiten zwischen 30km/h und 50km/h. Bis 20km/h Ausgangsgeschwindigkeit ereigneten sich 21% der Fußgänger-Pkw-Unfälle, 41% sind es, wenn eine Ausgangsgeschwindigkeit bis 30km/h berücksichtigt wird (Abb. A 2-16).

Der Vergleich mit der gruppiert aufgetragenen Kollisionsgeschwindigkeit zeigt ein Maximum im Bereich 31-40km/h, aber auch eine deutliche

⁴⁶ 0 – 10mph = 0 – 16km/h

⁴⁷ 31 – 40mph = 50 – 64km/h

Verschiebung des Schwerpunktes der Verteilung hin zu geringeren Geschwindigkeiten (Abb. A 2-17). Droll et al. (2009) berichten in ihrer Studie, dass sich 46% der Unfälle mit bewegtem Fahrzeug bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit von 10mph⁴⁸ oder weniger ereignen. Die hier vorliegenden Daten weisen bis zur Geschwindigkeit von 15km/h eine deutlich geringe Häufigkeit von 27% auf.

Verletzungsschwere

Die subjektiv und objektiv bedeutsamste Folge von Unfällen zwischen Kraftfahrzeugen und Fußgängern ist in aller Regel die Verletzung des beteiligten Fußgängers. In der GIDAS-Datenbank wird die Verletzungsschwere in sieben Stufen hinterlegt (GIDAS, 2008). Die Verkehrsunfallstatistik des Statistischen Bundesamtes verwendet hinsichtlich der Verletzungsschwere lediglich die drei Kategorien leichtverletzt, schwerverletzt und getötet. Tabelle 5-3 zeigt die Beschreibung der einzelnen Verletzungsschwerewerte (maximalen AIS=MAIS) sowie den interpretativen Bezug zur Bundesstatistik.

Bezeichnung	Schweregrad	Statistisches Bundesamt
MAIS0	Unverletzt	
MAIS1	Gering	Leichtverletzt
MAIS2	Mäßig	
MAIS3	Schwer	Schwerverletzt
MAIS4	Bedeutend	
MAIS5	Kritisch	
MAIS6	Tödlich verletzt	Tödlich verletzt

Tabelle 5-3: Grade der Verletzungsschwere (in Anlehnung an (Kühn, et al., 2007 S. 35))

Erfreulicherweise wurde mit 84% die überwiegende Mehrzahl der Fußgänger maximal leichtverletzt. Weiterhin wurden 1,1% der an den untersuchten Unfällen beteiligten Fußgänger tödlich verletzt. Die Auswertung zeigt jedoch auch bedeutsame Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Senioren erleiden im Mittel schwerere Verletzungen. Der Anteil schwerverletzter und getöteter Senioren an allen Verunglückten über 65 Jahren beträgt 28%. Demgegenüber ist die mittlere Verletzungsschwere von Kindern deutlich geringer (Abb. A 2-18).

Den größten Einfluss auf das Ausmaß der Verletzungen stellt die Kollisionsgeschwindigkeit dar (Rosen, et al., 2009). Wird die mittlere Verletzungsschwere über der Kollisionsgeschwindigkeit aufgetragen, bestätigt sich dieser Zusammenhang (Abb. A 2-19).

Die ebenfalls eingezeichnete Regression für die Gruppe der älteren Fußgänger hebt deren im Mittel höhere Verletzungsschwere hervor. Anhand der Geschwindigkeitsbereiche zeigt sich zudem, dass Senioren im Vergleich mit jüngeren Fußgängern vor allem bei Kollisionen zwischen 20 und 50km/h deutlich schwerere Verletzungen erleiden (Abb. A 2-19).

Die mittleren Verletzungsschweren von Kindern und Erwachsenen unterscheiden sich hingegen nicht systematisch über die Kollisionsgeschwindigkeit. Einzig bei hohen Kollisionsgeschwindigkeiten um und über 50km/h tragen Kinder im Mittel nicht ganz so starke Verletzungen davon.

Fazit zur Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne sensorische Einschränkungen

Die GIDAS-Unfalldaten zeichnen ein facettenreiches Bild vom Unfallgeschehen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne explizit aufgezeichnete sensorische Einschränkungen und differenzieren damit die Bundesstatistik erheblich. In einigen Punkten bestätigen sie die dort erkennbaren Zusammenhänge. Als besonders bedeutsam zeigt sich die Unterscheidung der Fußgänger nach Altersgruppen.

Unfälle mit Fußgängerbeteiligung finden für Kinder und Senioren sehr überwiegend am Tag statt. Dabei herrschen zumeist keine beeinträchtigenden Witterungsverhältnisse. Die über alle Altersgruppen insgesamt bedeutsamste Unfallkonstellation ist das Überschreiten einer einbahnig-zweistreifigen Fahrbahn. Etwa die Hälfte aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung entfällt in diese Kategorie. Den verunfallten Fußgängern ist die Örtlichkeit zumeist sehr gut bekannt.

Dabei handelt es sich oft um Hauptverkehrsstraßen, die mit 50km/h befahren werden dürfen. Die unfallbeteiligten Fahrzeuge zeigen entsprechend Ausgangsgeschwindigkeiten im

⁴⁸ 10mph = 16km/h

Bereich 30-50km/h. Im Mittel recht geringe Unterschiede zur Kollisionsgeschwindigkeit legen ein gewisses Überraschungsmoment im Auftreten oder Erkennen der Situation nahe. Fußgänger und Kraftfahrzeugführer verursachen je die Hälfte der betrachteten Unfälle.

Während im Altersvergleich vor allem Kinder durch Unachtsamkeit und plötzliches Hervortreten auffallen, werden Senioren häufiger in Unfälle verwickelt, die durch Unachtsamkeit der Kraftfahrzeugfahrer verursacht werden. Schließlich ist es auch diese Fußgängergruppe der Älteren, die im Mittel die schwersten Verletzungen erleidet.

Auf verkehrsberuhigten oder gemischten Flächen mit typischen Geschwindigkeiten bis 20km/h treten sehr selten Unfälle mit Fußgängerbeteiligung auf. Die dabei resultierende Verletzungsschwere ist mit überwiegend „leichtverletzt“ gering. Im Vergleich der Altersgruppen sind Senioren am häufigsten als Fußgänger bei Unfällen in diesen Bereichen beteiligt.

Diese Ergebnisse müssen vor dem Hintergrund der Datenerhebung eingeordnet werden. Die GIDAS-Teams nehmen mehrheitlich Unfälle auf, bei denen mindestens eine Person verletzt wurde (Pfeiffer und Schmidt (2006) zitiert in Rosen und Sander (2009)). Andererseits treten erfahrungsgemäß Verletzungen bei nahezu allen Fußgängerunfällen auf, bei denen es zu einem bedeutsamen Zusammenprall von Fußgänger und fahrendem Fahrzeug kam. Dies relativiert die Einschränkung möglicher Schlussfolgerungen deutlich, lässt jedoch vor allem für den Bereich geringer Geschwindigkeiten um 10km/h eine gewisse Verzerrung vermuten.

5.1.2 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Personen

Im Zeitraum 1991 – 2009 wurden 133 Unfälle mit Fußgängern, für welche Seh- (Augen-) und/ oder Hörleiden angegeben wurden, erhoben. Die Unfälle mit diesen Personen werden nachfolgend als solche mit Fußgängern mit sensorischer Einschränkung genauer betrachtet.

Das Alter der betroffenen Fußgänger lag zwischen 8 und 92 Jahren. Im Mittel waren die Personen dieser Gruppe mit 60,6 Jahren deutlich älter als die Gruppe der Fußgänger ohne sensorische

Einschränkungen. Die recht große Streuung (SD=24,9 Jahren) zeigt jedoch, dass Personen eines breiten Altersspektrums beteiligt waren.

Sensorisch eingeschränkte Personen sind im Mittel jedoch nicht nur in den hier zu Grunde gelegten Daten älter. Beispielsweise betrachtet Hogan (2008) Unfälle von sehenden und blinden Fußgängern mit Fahrzeugen und stellt als einen wesentlichen Unterschied der beiden Gruppen das höhere Alter der blinden Fußgänger heraus.

Weiterhin befanden sich mehr Frauen als Männer unter den beteiligten Personen. Verglichen mit der Gruppe der älteren Fußgänger in Kapitel 5.1.1 zeigt sich ein ähnliches Geschlechterverhältnis, jedoch eine deutlich jüngere Altersverteilung.

Für die nachfolgenden Auswertungen erfolgt eine weitere Unterteilung der Gruppe in Fußgänger mit Sehleiden und Fußgänger mit einer hochgradigen Sehbehinderung, wobei in letzteren Fällen meist eine Blindheit vorlag. Weiterhin werden Fußgänger mit Hörleiden und Fußgänger mit Seh- und Hörleiden als extra Gruppe betrachtet. Wie in Tabelle 5-4 ersichtlich, stellt die Gruppe der Fußgänger mit Sehleiden den größten Anteil der verunfallten Fußgänger mit sensorischen Einschränkungen, gefolgt von den Personen mit Hörleiden.

Gruppe	N	Alter	Geschl.
Fußgänger mit Sehleiden	97	MW=59,4 J. (SD=25,1 J.) 8-89 Jahre	61% weiblich 39% männlich
Fußgänger mit einer hochgr. Sehbehinderung	10	MW=55,8 J. (SD=25,3 J.) 12-86 Jahre	50% weiblich 50% männlich
Fußgänger mit Hörleiden	18	MW= 66,1 J. (SD=24,8 J.) 16-90 Jahre	72% weiblich 28% männlich
Fußgänger mit Seh- und Hörleiden	8	MW= 68,5 J. (SD=24,8 J.) 17-92 Jahre	50% weiblich 50% männlich

Tabelle 5-4: Charakterisierung der Untergruppen Fußgänger mit Seh- und/ oder Hörleiden (N=Fallzahl)

Wie auch in Kapitel 5.1.1 sind Außerortsunfälle (N=4) bei den nachfolgenden Betrachtungen nicht ausgeschlossen. Hinsichtlich der tageszeitlichen Verteilung zeigen sich für die Unfälle mit sensorisch eingeschränkten Fußgängern keine Unterschiede im Vergleich zu denjenigen mit Personen ohne sensorische Einschränkung (Abb. A 2-20). Beim Vergleich der Gruppen untereinander ist jedoch zu erkennen, dass Unfälle mit hochgradig Sehbehinderten und solche mit gehörgeschädigten Personen einen höheren Nachtanteil aufweisen.

Hinsichtlich der Witterungsverhältnisse zum Unfallzeitpunkt finden sich weder in Abhängigkeit der Tageszeit noch in Abhängigkeit der Art der sensorischen Einschränkung auffällige oder von den in Kapitel 5.1.1 berichteten Verhältnissen abweichende Erkenntnisse (Abb. A 2-21).

Bei der Betrachtung der beteiligten Fahrzeuge zeigt sich, dass dies bei den Fußgängern mit sensorischer Einschränkung, ähnlich wie bei den Fußgängern ohne Einschränkungen, zu über 80% Klein- bis Mittelklassewagen sind. Für die Gruppe der hochgradig sehbehinderten Personen zeigt sich ein ausgeprägter Anteil höherwertiger und damit möglicherweise leiserer Fahrzeuge (vgl. Abb. A 2-22).

Unfalltyp

Die Überschreiten-Unfälle sind auch bei den Fußgängern mit Seh- und Gehörleiden zu 71% der häufigste Unfallgrundtyp, danach folgen Abbiege-Unfälle, sonstige Unfälle und zu jeweils 4% Fahr-unfall und Unfall im Längsverkehr (siehe Abb. A 2-23). Im Vergleich mit sensorisch nicht eingeschränkten Fußgängern fehlen hier Einbiegen/ Kreuzen – Unfälle sowie Unfälle durch ruhenden Verkehr völlig.

Für die detaillierte Betrachtung der Unfalltypen werden die häufigsten Unfalltypen herangezogen, bis eine kumulierte Häufigkeit von 75% der Fälle erreicht wird. Dabei zeigt sich, dass der UTyp 42 mit 23% wie auch schon bei den Fußgängern ohne Seh- oder Gehöreinschränkungen den häufigsten Unfalltyp darstellt, die Häufung auf diesen Unfalltyp jedoch deutlich geringer ausfällt (Abb. A 2-24).

In diesem Fall quert der Fußgänger von rechts kommend auf freier Strecke. Die Querungen auf

freier Strecke stellen auch bei den Fußgängern mit sensorischer Einschränkung den häufigsten Unfalltyp dar. Hierzu fällt allerdings auf, dass die beiden Unfalltypen (UTyp 41 und UTyp 44) bei denen Sichtbehinderung des Fahrers eine Rolle gespielt hat, bei Fußgängern mit sensorischer Einschränkung nicht vorkommen.

Für die Unfälle bei Querung im Knotenpunktbereich zeigen die Daten für sensorisch eingeschränkte Fußgänger einen bedeutsamen Anteil von Unfällen mit Fahrzeugen nach dem Knotenpunkt (UTyp 46 und UTyp 47). Diese Unfälle traten in den Betrachtungen des Kapitels 5.1.1 lediglich bei Senioren, nicht jedoch bei Erwachsenen oder Kindern in bedeutsame Erscheinung. Schließlich tritt auch der UTyp 71 als bedeutsam auf. Probleme mit rückwärtsfahrenden Fahrzeugen waren oben ebenfalls lediglich in der Untergruppe der Senioren ein häufiger Unfalltyp.

Die Gruppe der Fußgänger mit Sehleiden stellt die dominierende Gruppe dar. Darin finden sich im Vergleich zu allen Personen mit sensorischen Einschränkungen nur geringfügige Unterschiede. Deutlich treten jedoch die Besonderheiten der Gruppe hochgradig Sehbehinderter in den Unfallkonstellationen hervor.

In drei von zehn Fällen mit Unfällen unter Beteiligung hochgradig Sehbehinderter kam es zu Konstellationen des Unfalltyps 49. Hierunter fallen Unfälle mit diagonal querenden Fußgängern im inneren Konfliktbereich des Knotenpunktes und Unfälle mit aus der Straßenbahn oder in die Straßenbahn steigenden Fußgängern (Abbildung 5-4). Zu gleichen Anteilen bedeutsam waren zudem Unfälle beim Queren auf freier Strecke mit Fahrzeugen von rechts sowie Unfälle vor Knotenpunkten mit Fahrzeugen von links. Dieser Unfallbild unterscheidet sich deutlich von den typischen Unfallkonstellationen aller Altersgruppen nicht sensorisch eingeschränkter Personen.

In der Fußgängergruppe mit Gehörleiden zeigt sich ein deutlich verschiedenes Bild (Abb. A 2-25). Hier kommt es in fast der Hälfte aller Fälle zum Unfall beim Queren auf der freien Strecke, wobei keine Richtungsabhängigkeit des Unfallfahrzeuges erkennbar ist. Sehr bedeutsam sind zudem bei den Fußgängern mit Gehörleiden die Unfälle mit abbiegenden Fahrzeugen, mehr als jeder fünfte

Unfall mit dieser Personengruppe entspricht dieser Konstellation.

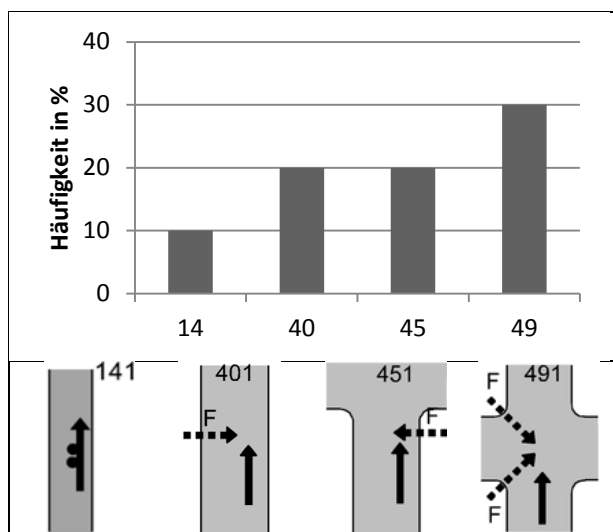


Abbildung 5-4: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Gruppe der hochgradig Sehbehinderten (N=10) mit beispielhafter graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

Zusammengefasst zeigt sich für gehöringeschränkte Fußgänger ein Unfallbild, das demjenigen der Senioren ohne sensorische Einschränkung deutlich ähnelt (vgl. Abb. A 2-8). Schließlich zeigen die Auswertungen der Unfälle mit Fußgängern, die sowohl Seh- als auch Gehörleiden aufwiesen im Wesentlichen eine Auswahl der bereits aufgezeigten typischen Unfallsituation von Personen mit sensorischer Einschränkung. Unfälle treten häufig beim Queren auf der freien Strecke sowie vor Knotenpunkten auf. Ebenfalls

bedeutsam sind die Unfälle mit abbiegenden Fahrzeugen (Abb. A 2-26).

Unfallstelle

Bei Betrachtung der Gesamtgruppe sensorisch eingeschränkter Fußgänger zeigt sich im Unfallgeschehen verglichen mit den sensorisch nicht eingeschränkten Personen ein etwas größerer Anteil von Unfällen im Knotenpunktbereich (Kreuzungen und Einmündungen, Abbildung 5-5). Entsprechend haben Unfälle auf gerader Strecke im Vergleich eine geringere Häufigkeit, sind aber mit 50% immer noch die häufigste Unfallstelle.

Für die Gruppe der hochgradig Sehbehinderten sowie der Fußgänger mit Seh- und Gehörleiden beschränken sich Unfallsituationen gänzlich auf Geraden und Knotenpunkte. Personen mit Seh- und Gehörleiden verunfallten im Vergleich am häufigsten an Einmündungen. Eine Besonderheit der Unfälle mit gehörgeschädigten Personen ist das Auftreten von Kurvenunfällen. Diese Personengruppe ist die einzige Untergruppe der sensorisch eingeschränkten Fußgänger mit nennenswerten Unfallanteilen in Kurvenbereichen.

Schließlich entfallen praktisch alle Unfälle sensorisch eingeschränkter Fußgänger an Grundstückszufahrten und auf Parkplätzen auf die Gruppe der Personen mit geringgradigerem Sehleiden. Beide Unfallorte nehmen an allen Unfällen mit dieser Personengruppe Anteile im Bereich um 5% ein, sind also insgesamt als seltenes Unfallereignis anzusehen.

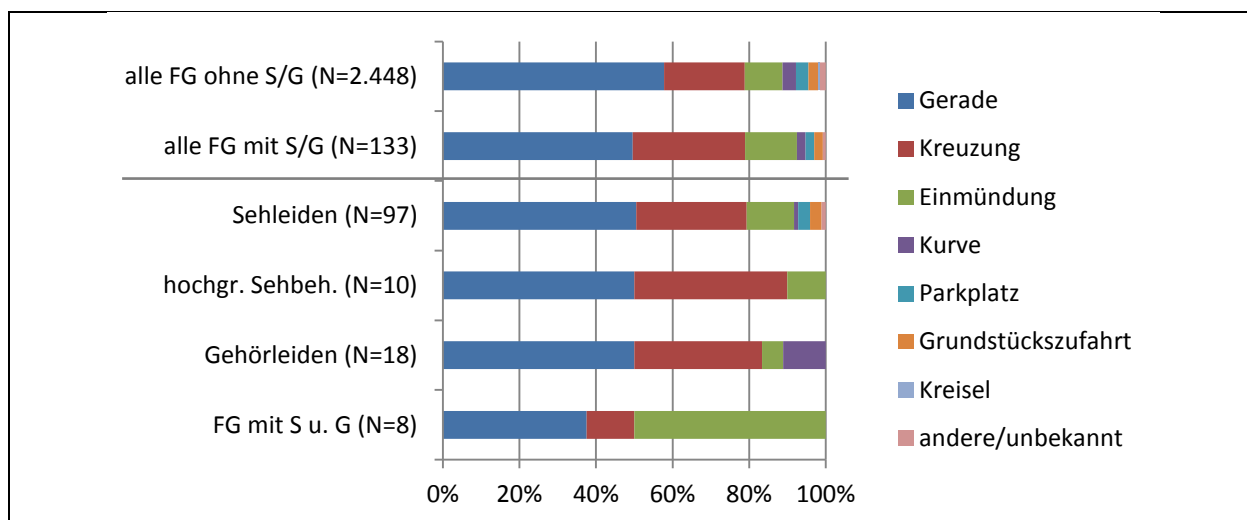


Abbildung 5-5: prozentuale Verteilung der Unfallstelle im Straßennetz für die Fußgängergruppe mit Seh- und/ oder Gehörleiden

Die Angaben zur Bekanntheit der Unfallstelle (Abb. A 2-27) spiegeln deutlich das typische Mobilitätsverhalten hochgradig sehbehinderter Personen wieder. Diese verunfallen ausschließlich an ihnen sehr gut bekannten Orten, denn sie absolvieren in aller Regel nur sehr gut bekannte Wege selbständig. Ein deutlich anderes Bild zeichnen die Angaben der Personen mit Höreinschränkungen. Diese Personen verunfallen sowohl im Vergleich mit allen anderen sensorisch beeinträchtigten Personen als auch im Vergleich mit den sensorisch nicht beeinträchtigten Personen überdurchschnittlich häufig an nicht gut bekannten Orten.

Dies eröffnet ein weites Feld möglicher Interpretationen. Naheliegender ist zunächst, dass sich Personen mit Höreinschränkung auch auf ihnen unbekanntem Wegen bewegen und sie daher wesentlich weniger in ihrer Mobilität eingeschränkt sind als sehbehinderte Personen. Insbesondere auf den unbekanntem Wegen scheint sich jedoch die sensorische Einschränkung des Hörens unfallbegünstigend und damit nachteilig auszuwirken.

Vor allem der Vergleich mit sensorisch nicht eingeschränkten Personen eröffnet weiteren Raum für Interpretation. Nimmt man an, dass diese mindestens ähnlich häufig auf unbekanntem Wegen gehen, ist die große Häufung von Unfällen mit höreingeschränkten Fußgängern in weniger gut bekanntem Terrain als direkte oder indirekte Folge der eingeschränkten akustischen Wahrnehmung in Form von tatsächlicher sensorischer Einschränkung oder zu wenig sorgfältigem Umgang mit der eigenen Eingeschränktheit zu interpretieren. Dies unterstreicht die in Kapitel 4.4 umrissene, bedeutsame Rolle akustischer Wahrnehmung bei der Orientierung im Straßenverkehr eindrucksvoll.

Fahrstreifen

Aus den oben beschriebenen Unfallstellen im Straßennetz ist deutlich zu erkennen, dass sich die meisten Unfälle auf der Geraden und im Kreuzungsbereich sowie in den meisten Fällen auf einbahnig-zweistreifigen Straßen ereignen. Diesbezüglich sind keine bedeutsamen Differenzen zur Unfallsituation nicht sensorisch eingeschränkter Fußgänger vorhanden (Abb. A 2-28).

Im Vergleich der Gruppen zeigt sich bei den Fußgängern mit Höreinschränkungen und kombinierter sensorischer Einschränkung bei mehreren vorhandenen Fahrstreifen eine Häufung von Unfällen auf dem linken. Hochgradig sehbehinderte Personen hingegen verunfallen etwas weniger häufig auf zweistreifigen Straßen als die anderen Gruppen, dafür zeigt sich eine leichte Häufung der Unfälle auf Straßen mit mehreren Fahrstreifen einer Richtung und dort überwiegend auf Geradeaus- und rechtem Fahrstreifen.

Somit treten die Unfälle von gehör- und sehingeschränkten Personen beim Queren mehrstreifiger Richtungsfahrbahnen tendenziell an unterschiedlichen typischen Stellen auf. Höreingeschränkte Personen verunfallen häufiger auf einem später gequerten Fahrstreifen. Die Unfälle mit hochgradig sehingeschränkten Personen hingegen treten im Vergleich eher nach dem Beginn der Querung auf. Dies lässt die vorsichtige Interpretation zu, dass die hochgradig sehbehinderten Personen ein schon recht nahes Fahrzeug eher gänzlich nicht bemerkt haben, wohingegen die hörbeeinträchtigten Fußgänger tendenziell die Lücke zu einem zu Querungsbeginn noch recht weit entfernten Fahrzeug falsch einschätzten.

Unfallursache

Für Unfälle mit sensorisch eingeschränkten Fußgängern ist gemäß den hier zugrunde liegenden GIDAS-Unfalldaten zu 61% der Kraftfahrzeugführer ursächlich verantwortlich. Falsches Verhalten des Fußgängers wurde in 38% der Fälle als Unfallursache ermittelt. Diese Aufteilung unterscheidet sich deutlich von der Unfallsituation mit nicht sensorisch eingeschränkten Fußgängern, die Unfälle etwa zur Hälfte selbst verschulden. Die Differenz wird praktisch vollständig durch eine Zunahme der Kategorie „falsches Verhalten gegenüber Fußgängern“ erklärt (Abbildung 5-6).

Bei detaillierter Betrachtung der Ursachen für Unfälle durch falsches Verhalten der Fußgänger mit sensorischer Einschränkung zeigt sich, dass vor allem Personen mit kombiniertem Seh- und Höreinschränkungen sowie hochgradig sehbehinderte Personen vor einen Unfall ohne für den Fahrzeugführer erkennbar auf den Verkehrs zu achten, die Straße betreten (Abb. A 2-29).

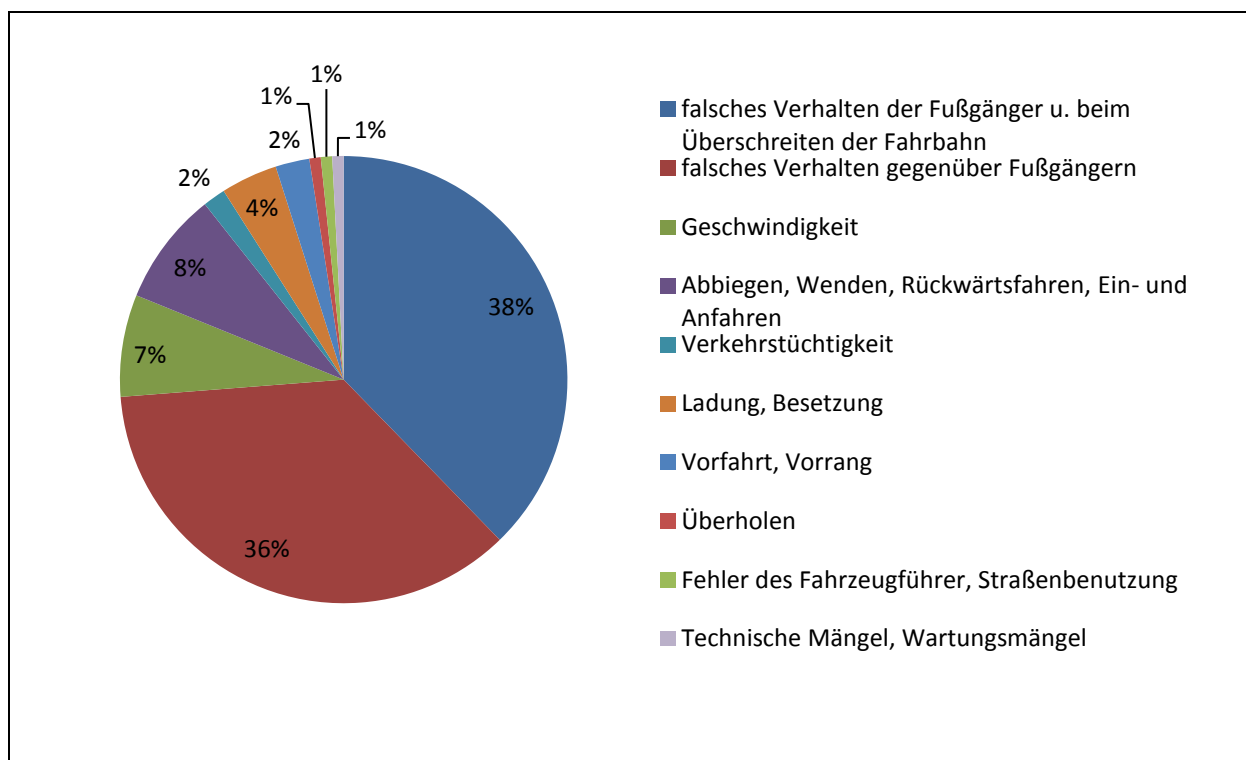


Abbildung 5-6: prozentuale Verteilung der Unfallursache bei Fußgängern mit Seh- und/oder Hörleiden (N=122)

Ein plötzliches Hervortreten kam jedoch nur in wenigen Fällen mit geringergradig Sehbehinderten vor. Von Personen mit Hörleiden verursachte Unfälle zeigen eine Häufung falschen Verhaltens im Bereich von Kreuzungen. Insgesamt ist eine offensichtliche Leichtsinnigkeit der Betroffenen jedoch recht unwahrscheinlich. Vielmehr kann vermutet werden, dass sie die Situation nicht besser einschätzen konnten und das Fahrzeug eventuell sogar gar nicht rechtzeitig bemerkten.

Ein insgesamt etwas differenzierteres Bild zeigt sich bei den fahrerseitig verursachten Unfällen mit sensorisch eingeschränkten Fußgängern (Ursache „Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern“). Besonders herausragend treten Unfälle mit hochgradig sehbehinderten Fußgängern in Verursachung durch Fahrzeugführer an Fußgängerfurten sowie an nicht markanten Stellen im Straßennetz, somit außerhalb von Knotenpunkten auf (Abb. A 2-30).

Zu falschen Verhalten von Fahrzeugführern und in folge dessen Unfällen an einer Haltestelle kam es ausschließlich gegenüber geringgradig sehbehinderten Personen. Bei Abbiegevorgängen herausragend häufig kam es zu falschem

Verhalten gegenüber Fußgängern mit Gehörleiden. Personen mit hochgradiger Seheinschränkung sind mit dieser Ursachenkostellation nicht in einen Unfall verwickelt worden.

Geschwindigkeiten

Wie bereits in Kapitel 5.1.1 dargestellt, kann die erlaubte Höchstgeschwindigkeit am Unfallort als recht gute Charakterisierung der Verkehrssituation angesehen werden. Sehr ähnlich zur Unfallsituation mit sensorisch nicht beeinträchtigten Fußgängern treten Unfälle mit den sensorisch beeinträchtigten Personen zum absolut überwiegenden Teil an Verkehrsstraßen mit erlaubter Geschwindigkeit von 50km/h auf (Abbildung 5-7).

Hochgradig Sehbehinderte sowie kombiniert seh- und gehöreingeschränkte Personen verunfallten gar nicht an Straßen, auf denen schneller als 50km/h gefahren werden durfte. Weiterhin treten ausschließlich in der Gruppe der sehbehinderten und hochgradig Sehbehinderten (dort zu 10%, entsprechend einem Unfall) Unfälle in beruhigten und gemischten Verkehrsbereichen mit erlaubter Geschwindigkeit bis 20km/h auf.

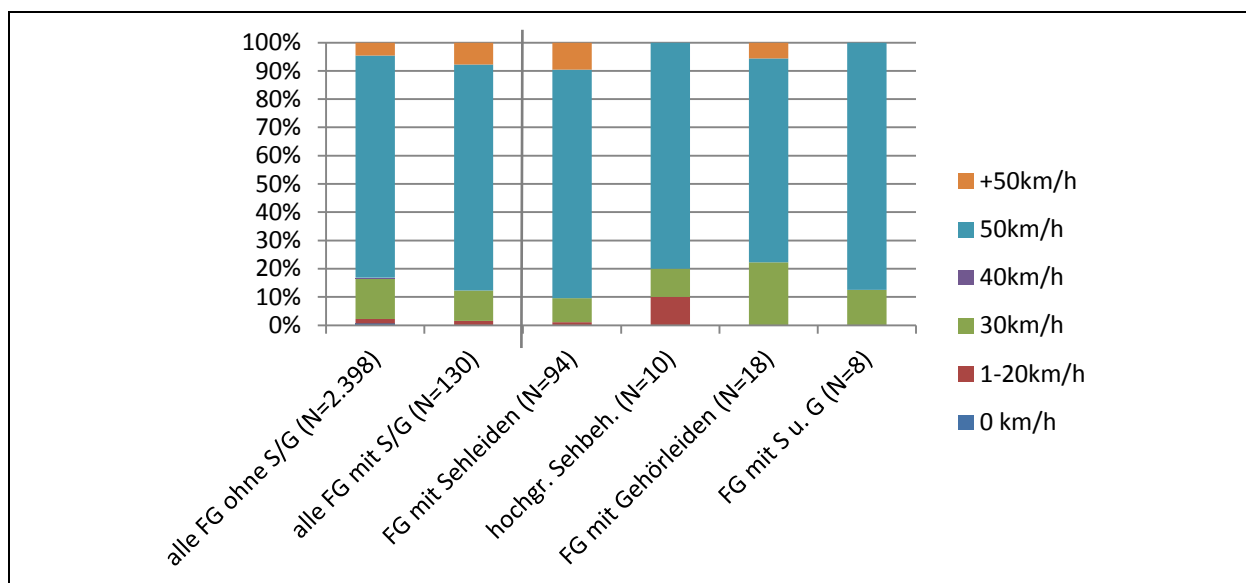


Abbildung 5-7: prozentuale Häufigkeit der Fußgänger-Unfälle aufgeteilt nach zulässiger Geschwindigkeit

Dies bedeutet, dass keine Unfälle von Personen mit Gehöreinschränkungen in den Interaktionsbereichen mit erlaubter Geschwindigkeit bis 20km/h dokumentiert wurden. Verglichen mit Fußgängern mit hochgradiger Seheinschränkung kam es jedoch zu einem Unfall auf einer Straße, auf der schneller als 50km/h gefahren werden durfte.

Sowohl mittlere Ausgangs- als auch Kollisionsgeschwindigkeit bei Unfällen von Fußgänger mit Seh- und/oder Gehörleiden liegen um 1km/h und damit nur sehr gering unter dem Mittelwert derjenigen von Unfällen mit Fußgängern ohne Seh- oder Gehörleiden (Abb. A 2-31).

Bei Unfällen von Fußgängern mit Gehörleiden treten im Mittel geringere Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeiten auf. Dies korrespondiert mit der oben angestellten Interpretation des tendenziell eher Verschätzens statt gänzlichen Übersehens von Fahrzeugen. Zusätzlich dürfte sich der bedeutsame Anteil an Abbiegeunfällen mindernd auf die Unfallgeschwindigkeit mit Personen dieser Gruppe auswirken. Charakteristisch für die Unfälle mit hochgradig Sehbehinderten sowie kombiniert seh- und gehörbeeinträchtigten Fußgängern ist die überwiegend sehr geringe Differenz zwischen Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit. Bei Unfällen mit diesen Personen kam es demnach überwiegend zu fast ungebremsten Kollisionen.

Auch dieser Befund unterstützt die oben aufgestellte Vermutung, dass es bei einer bedeutsamen Anzahl von Unfällen mit Personen dieser Gruppe zu einem gänzlichen Übersehen des Unfallfahrzeuges kam und die Querung sehr kurz vor diesem begonnen wurde. Die praktisch nicht bedeutsam verzögerten Zusammenpralle lassen ein Zeitfenster im Bereich von wenig mehr als zwei Sekunden vermuten, entsprechend Abstände zum Fahrzeug von 20-30m zwischen Betreten der Fahrbahn und Kollision.

Dass sehbeeinträchtigte Fußgänger in einem Anteil der Unfälle ein so nahes Fahrzeug nicht wahrnahmen, lässt massive visuelle und akustische Probleme in der jeweiligen Situation vermuten. Hinzu kommen möglicherweise Aufmerksamkeits- oder Vergessensfehler beim selektiven Abtasten des Straßenraumes.

Bei den Fußgängern mit sensorischer Einschränkung ereignen sich Unfälle mit Ausgangsgeschwindigkeiten bis 20km/h etwas häufiger (26% gegenüber 21%). Wie auch bei den Fußgängern ohne Einschränkungen ereignen sich die meisten Unfälle zwischen 30km/h und 50km/h, insgesamt zeigt sich qualitativ ein ähnlicher Verlauf (siehe Abb. A 2-32).

Wird die Verteilung der Ausgangsgeschwindigkeit nach der Art der sensorischen Einschränkung unterteilt, zeigt sich eine deutliche Dominanz von Unfallereignissen mit sehr langsamen Fahrzeugen und hochgradig seheingeschränkten und

insbesondere kombiniert seh- und höreingeschränkten Personen (Abb. A 2-33). Jedoch passierte auch etwa ein Drittel der Unfälle von Personen mit Gehörleiden bei Fahrzeugen, die sich mit höchstens 10km/h näherten.

Der Schwerpunkt der Kollisionsgeschwindigkeiten bei Unfällen mit sensorisch beeinträchtigten Fußgängern liegt verglichen mit der Situation sensorisch nicht beeinträchtigter Fußgänger deutlich niedriger. Wie auch dort zeigt sich eine annähernd zweipflige Verteilung mit lokalen Maxima um 20km/h und 40km/h (Abb. A 2-34). Die größte Häufigkeit liegt hier jedoch auf dem Maximum um 20km/h und nicht wie bei den unbeeinträchtigten Fußgängern um 40km/h. Insgesamt ereignet sich jeder zweite Unfall mit Seh- und/oder Gehörleidenden Fußgängern bei Kollisionsgeschwindigkeiten bis 20km/h.

Verletzungsschwere

Kein Unfall in der Gruppe der sensorisch beeinträchtigten Personen ging tödlich aus, der höchstens ausgewiesene MAIS betrug 4 und damit schwerverletzt. Der Anteil schwerverletzter Personen unter allen Verunfallten ist für diese Gruppe verglichen mit den sensorisch nicht beeinträchtigten Personen jedoch größer (Abbildung 5-8). Entsprechend fällt der Anteil höchstens leichtverletzter Personen mit

79%, im Vergleich zu 84% bei den sensorisch nicht beeinträchtigten Personen auf hohem Niveau etwas geringer aus.

Bedeutsame Gruppenunterschiede zeigen sich vor allem in Abhängigkeit der Sehbeeinträchtigung. Hochgradig Sehbehinderte weisen mit 50% den geringsten Anteil an Leichtverletzten und damit auch den höchsten Anteil schwerverletzter Personen auf. Dies korreliert mit dem oben gezeigten größeren Anteil ungebremster Kollisionen. Entsprechend zeigen auch die Unfälle von Fußgängern mit Seh- und Gehörleiden im Vergleich mit allen sensorisch Beeinträchtigten größere Unfallschweren. Zwischen gering Sehbeeinträchtigten und den höreingeschränkten Personen treten kaum bedeutsame Unterschiede in den Unfallfolgen auf.

Bei Unfällen mit sensorisch eingeschränkten Personen treten vor allem bei geringeren Kollisionsgeschwindigkeiten etwas schwerere Verletzungen auf (Abb. A 2-35). Wie die Trendlinie illustriert, liegt die mittlere Verletzungsschwere der Fußgänger mit Seh- und Höreinschränkung leicht über derjenigen der Personen ohne Seh- oder Gehörleiden, nähert sich jedoch zu den hohen Kollisionsgeschwindigkeiten deutlich an.

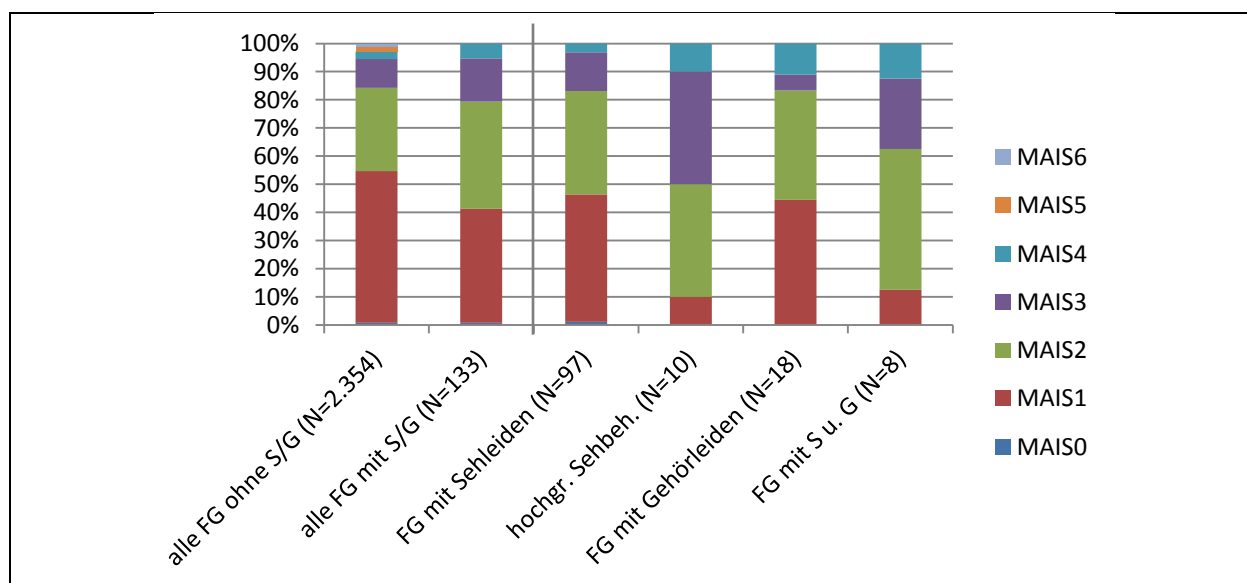


Abbildung 5-8: prozentuale Verteilung der Verletzungsschwere bei Fußgängern mit Seh- und/oder Gehörleiden

Bei detaillierter Betrachtung der mittleren Verletzungsschwere in den einzelnen Untergruppen der Fußgänger mit Seh- und/oder Gehörleiden zeigt der eingezeichnete Trend deutlich, dass hochgradig sehbehinderte Fußgänger über alle Geschwindigkeitsbereiche hinweg im Vergleich die schwersten Verletzungen erleiden (Abb. A 2-36). Da es sich bei diesen Personen um die im Mittel jüngste Gruppe sensorisch eingeschränkter Fußgänger handelt (vgl. Tabelle 5-4), sind Unterschiede der körperlichen Fitness als Grund wenig wahrscheinlich.

Ein bedeutsamer Anhaltspunkt könnte daher die unerwartete Plötzlichkeit des Unfalles sein. Ausgehend von der oben begründeten Überlegung, dass das schon sehr nahe Unfallfahrzeug nicht bemerkt wurde, traf der Unfall die hochgradig sehbehinderten Personen tendenziell häufiger ohne sensorische Vorwarnung. Diese stellt wiederum die Grundlage sämtlicher reflexartiger Schutzmechanismen des Körpers dar, welche dann entsprechend unterblieben und eine höhere Verletzungsschwere nach sich zogen.

Dieser Gedankengang stellt auch eine mögliche Erklärung für die im Vergleich ungewöhnlich hohe Verletzungsschwere gehöreingeschränkter Personen infolge Kollisionen mit 31-40km/h dar (Abb. A 2-36). Hier ist es denkbar, dass das in dieser Personengruppe bedeutsame Unfallgeschehen in Kurvenbereichen oder mit abbiegenden Fahrzeugen zu aus Fußgängersicht sensorisch völlig unerwarteten Unfallsituationen führte, da sich das Fahrzeug peripher oder rückwärtig und damit außerhalb des Sichtfeldes annäherte. Ohne genauere Analysen der Einzelfälle, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung leider nicht angestellt werden konnten, lässt sich diese Vermutung schwerlich erhärten.

Fazit zur Unfallsituation von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Personen

Mehr noch als bei den Unfällen sensorisch nicht eingeschränkter Fußgänger lohnt eine Unterscheidung nach Personenmerkmalen bei den sensorisch eingeschränkten Fußgängern. Die Art der sensorischen Einschränkung zieht im Unfallgeschehen deutlich dokumentiert unterschiedliche Konsequenzen nach sich.

Über alle sensorisch eingeschränkten Personen hinweg nehmen die Knotenpunktsituationen als Unfallstellen einen bedeutenderen Rang ein als bei den nicht eingeschränkten Fußgängern. Dies gilt vor allem für die Fußgänger mit visuellen Defiziten. Trotzdem bleibt die Querung auf der freien Strecke die häufigste Unfallkonstellation, vor allem für Personen mit Gehörproblemen.

Hochgradig sehbehinderte Fußgänger verunfallten zu etwa je der Hälfte auf Geraden und an Knotenpunkten. Sie waren mit der Unfallstelle als Bestandteil alltäglicher Wege ausnahmslos hervorragend vertraut. Personen mit Gehörleiden verunfallten zu einem bedeutsamen Anteil an ihnen weniger gut bekannten Orten. In einigen Fällen passierten die Unfälle mit Fußgängern dieses Personenkreises wahrscheinlich infolge einer falschen Lückenabschätzung, das vollständige Übersehen eines herannahenden Fahrzeuges stellte für sie bei Querungen außerhalb von Knotenpunkten eher die Ausnahme dar.

Über alle Unfälle mit sensorisch eingeschränkten Personen stellen zudem Unfälle in Anwohnerbereichen (erlaubte Geschwindigkeit bis 30km/h) mit einem Anteil von rund 10% eher eine Ausnahme dar. In gemischten und verkehrsberuhigten Bereichen (erlaubte Geschwindigkeit bis 20km/h) treten praktisch kaum von GIDAS dokumentierte Unfälle von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Fußgängern auf (Anteil etwa 1% der dokumentierten Fälle).

Unfälle mit sensorisch beeinträchtigten Personen werden weniger häufig von ihnen selbst verursacht als Fußgängerunfälle allgemein. Die Auswertungen mehrerer Teilaspekte des Unfallgeschehens legen plausibel nahe, dass vor allem für hochgradig sehbehinderte Personen und Personen mit kombinierter Seh- und Höreinschränkung der Unfall plötzlich und ohne sensorische Vorwarnung erfolgte. Wenn sie ihn durch ihr Verhalten maßgeblich bedingt haben, kann begründet von einem vollständigen Nichtwahrnehmen des sich annähernden Kraftfahrzeuges ausgegangen werden.

5.2 Unfallsituationen mit Radfahrern

Radfahrer sind aus Sicht des Kraftfahrzeugverkehrs zunächst wie Fußgänger äußere Verkehrsteilnehmer. Darüber hinaus stellen Radfahrer aus Sichtweise der Wahrnehmung in Interaktion mit Fußgängern bereits heute prototypische leise Fahrzeuge dar. Unfälle mit Radfahrerbeteiligung werden daher nachfolgend unter den beiden Aspekten Radfahrer – Personenkraftwagen – Unfälle und Fußgänger – Radfahrer – Unfälle betrachtet. Nachfolgend finden sich die zentralen Ergebnisse dieser Auswertungen in knapper Darstellung. Die ausführlichen Ergebnisdarstellungen sind im Anhang (12A 2.3) enthalten.

5.2.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Radfahrern

Die zugrundegelegten GIDAS-Daten umfassten insgesamt 4.374 Unfälle von Kraftfahrzeugen mit Radfahrern. Frauen waren mit 44% etwas seltener an Radfahrer-Kraftfahrzeug-Unfällen beteiligt als Männer (56%). Die verunfallten Radfahrer unterscheiden sich im Durchschnittsalter von 36,6 Jahren nicht bedeutsam von den Fußgängern (vgl. Kapitel 5.1). Die im Vergleich zu den Fußgängern um rund 5 Jahre geringere Streuung ($SD=20,7$ Jahre) zeigt einen stärkeren Anteil von Personen mittleren Alters unter den verunfallten Radfahrern.

Im hier zugrundeliegenden Erhebungszeitraum kam es zu deutlich mehr von den GIDAS-Teams aufgenommenen Verkehrsunfällen von Kraftfahrzeugen mit Radfahrern als mit Fußgängern. Die dabei herrschende Witterung und Tageszeit spiegeln das allgemeine Mobilitätsverhalten von Radfahrern wieder.

Die Unfallsituation von Kraftfahrzeugen mit Radfahrern unterscheidet sich in der Art der typischerweise auftretenden Konfliktsituationen deutlich von denjenigen mit Fußgängern. Unfälle mit Radfahrern sind absolut dominant Kreuzungsunfälle. Die insgesamt häufigste Unfallsituation entsteht zwischen einem wartepflichtigen, geradeaus fahrenden Fahrzeug und einem im Querverkehr, sich auf einem markierten Radweg befindenden Fahrrad.

Als Radfahrer verunfallte Kinder kommen zudem häufig als querende Person auf der freien Strecke in Konflikte mit dem Kraftfahrzeugverkehr. Für

Radfahrer mit sensorischen Einschränkungen kommen Konflikte mit dem ruhenden Verkehr als bedeutsame Unfallkonstellation hinzu.

Über alle verunfallten Radfahrer hinweg waren die Personen sehr gut mit der Örtlichkeit vertraut. Bei sechs von sieben Situationen gaben die Radfahrer an, mindestens mehrmals wöchentlich die Unfallstelle zu befahren. Dabei ereigneten sich Unfälle von Kraftfahrzeugen mit Radfahrern, wie auch schon diejenigen mit Fußgängern, zu zwei Dritteln auf einbahnig-zweistreifigen Straßen.

Drei von vier Unfällen mit Radfahrern ereigneten sich auf Verkehrsstraßen mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50km/h. Lediglich Kinder verunfallen als Radfahrer zu einem erhöhten Anteil in Bereichen mit erlaubter Höchstgeschwindigkeit von höchstens 30km/h.

Die Dominanz von Kreuzungssituationen wirkt sich in einer gegenüber den Unfällen mit Fußgängern geringeren Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit aus. Sie zeigt sich zudem in einer im Mittel bedeutsam geringeren Verletzungsschwere bei Unfällen mit Radfahrern. Die Betrachtungen legen jedoch nahe, dass sich nicht nur die geringeren Geschwindigkeiten, sondern auch die verschiedene unfallmechanische Relation des Radfahrers zum Kraftfahrzeug positiv auswirken.

Die insgesamt geringere Differenz zwischen Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit legt die Interpretation nahe, dass die höhere Komplexität und Dynamik der Konfliktsituation Kraftfahrzeug-Fahrrad häufiger zu aus Sicht des Kraftfahrzeugführers plötzlichen Konflikten führt, bei denen er nicht mehr angemessen reagieren kann. Welche Defizite und fehlerhaften Verhaltensweisen bei Fahrzeugführer und evtl. Radfahrer zur Entstehung dieser Konstellationen führte, konnte auf dem hier verwendeten Aggregationsniveau der Unfalldaten nicht ausgewertet werden.

In zwei dokumentierten Fällen kam es zu einem Unfall eines Radfahrers mit einem alternativ angetriebenen Fahrzeug. Bei trockenen Verkehrsverhältnissen und am Tag verunfallte je ein männlicher Radfahrer mit einem Hybrid- und einem Elektrofahrzeug auf einer mit 50km/h zu befahrenden Straße. Beiden Radfahrern war die Unfallstelle gut bekannt.

Im Fall des Elektrofahrzeuges ereignete sich der Unfall auf freier, mehrstreifiger Strecke mit dem aus Fahrzeugsicht von links querenden Radfahrer. Als Ursache wurde „nicht Beachten des vorfahrregelnden Verkehrszeichens“ dokumentiert. Für diesen Fall kann somit ein fahrradseitiger Wahrnehmungsfehler nicht völlig ausgeschlossen werden.

Im Falle des Hybridfahrzeuges ereignete sich ein Abbiege-Unfall zwischen dem nach links abbiegenden Kraftfahrzeug und dem im Mischverkehr geradeausfahrenden Radfahrer. Wenn hier Wahrnehmungs- oder Beachtensdefizite eine Rolle gespielt haben, dann könnte dies höchstens auf Seite des Kraftfahrzeugführers vermutet werden.

In beiden Fällen resultierten bei den Radfahrern leichte Verletzungen. Dies war jedoch vor allem den niedrigen Ausgangsgeschwindigkeiten von 17 bzw. 25km/h zuzuschreiben, denn beide Fahrzeugführer verringerten ihre Geschwindigkeit bis zu Kollision nicht.

5.2.2 Unfallsituationen von Radfahrern mit Fußgängern

In den hier ausgewerteten Daten wurden 244 Unfälle zwischen Fußgängern und Radfahrern dokumentiert. Im Gegensatz zu den mit Kraftfahrzeugen verunfallten Radfahrern handelte es sich bei der Mehrheit dabei um Rad fahrende Frauen (59%). Die Radfahrer hatten ein Durchschnittsalter von 43,9 Jahren (SD = 24,9 Jahren).

Verglichen mit Unfällen zwischen Radfahrern und Kraftfahrzeugen werden solche zwischen Radfahrern und Fußgängern sehr viel seltener in der GIDAS-Unfallforschung dokumentiert. Aufgrund der Auswahlkriterien für diese Unfallerhebungen kann aus den vorliegenden Daten schwerlich auf die generelle Häufigkeit der Konfliktfälle zwischen Radfahrern und Fußgängern in der Praxis geschlossen werden. Die oben angestellten Betrachtungen sind jedoch hervorragend geeignet ein Bild zu denjenigen Situationen zu zeichnen, in denen es zu ernsteren Folgen für die Beteiligten kam.

Zu besonders folgenreichen konflikthaften Interaktionen zwischen Fußgängern und Radfahrern kommt es demnach dominant am Tag. Unfälle

dieser Konstellation mit beteiligten Kindern finden ausschließlich am Tag statt. Es herrschten zudem absolut überwiegend günstige Wetterverhältnisse ohne Niederschlag. Die verunfallten Fußgänger berichten im Vergleich aller bislang betrachteten Unfallkonstellationen im Mittel die geringste, wenn auch trotzdem hohe Vertrautheit mit der Unfallstelle.

Die Unfallstelle befand sich überwiegend auf oder an einer Verkehrsstraße, auf der 50km/h gefahren werden durfte. Der Konflikt entstand entweder beim Überqueren des vom Fahrrad befahrenen Bereiches oder aber bei gemeinsamer Nutzung einer Verkehrsfläche und Bewegung in identischer oder entgegengesetzter Richtung. Vor allem Fußgänger mit sensorischen Einschränkungen kommen in diesen Konflikt mit Fahrrädern im Längsverkehr.

Knotenpunkte spielen für die Unfallsituation von Fußgängern und Radfahrern eine untergeordnete Rolle. Die Konflikte entstehen mehrheitlich auf geraden Streckenabschnitten und dort auf dem Radweg oder der Fahrbahn. Unfälle auf dem Gehweg sind nur als Einzelfälle und ausschließlich in Beteiligung von Kindern dokumentiert.

Die folgenreichen Unfälle zwischen Radfahrern und Fußgängern werden mehrheitlich von Radfahrern verursacht. Die Kollisionsgeschwindigkeit ist im Mittel relativ niedrig. Sie hat den geringsten Wert bei Unfällen mit Kindern und den höchsten Wert bei sensorisch beeinträchtigten Fußgängern. Hierzu lässt sich vorsichtig interpretieren, dass Radfahrer tendenziell eher mit einem unvorhersehbaren Verhalten von Kindern rechnen als mit dem von erwachsenen Personen, denen Probleme bei der Orientierung äußerlich nicht anzusehen sind.

Ganz im Einklang mit diesen Befunden zeigen sich die Verletzungsfolgen. Während Kinder im Mittel die am wenigsten schweren Verletzungen erleiden, werden Senioren und vor allem sensorisch eingeschränkte Fußgänger zu einem bedeutsamen Anteil bei Unfällen mit Radfahrern schwer verletzt.

Insgesamt eher unwahrscheinlich ist eine überwiegend bewusste Gefährdungsabsicht der Fußgänger und Radfahrer. Vielmehr ist eine für die Beteiligten unerwartete Situationsentwicklung naheliegend. Es sind zudem Anhaltspunkte in den

Unfalldaten vorhanden, dass zumindest ein Teil der Unfälle zwischen Radfahrern und Fußgängern durch unzureichende sensorische Exploration des Fußgängers verursacht oder begünstigt wurden. Ob und inwiefern dies aufgrund von Erwartungs- und Aufmerksamkeitsdefiziten, Problemen bei der Entfernungsschätzung (wie z.B. bei den Kindern) oder aber tatsächlichen sensorischen Defiziten passierte, lässt sich anhand der aggregierten Unfalldaten jedoch schwer nachvollziehen.

5.3 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit alternativem Antriebskonzept

Von insgesamt 6.981 vorliegenden Konflikten zwischen Personenkraftwagen und äußeren Verkehrsteilnehmern waren lediglich zwei Fälle mit einem alternativen Antrieb enthalten. Im Rahmen der GIDAS-Daten sind keine Unfälle von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb und einem Fußgänger dokumentiert. Die beiden Unfälle mit Radfahrerbeteiligung wurden oben im Rahmen des Kapitels 5.2.1 betrachtet. Die nachfolgenden Darstellungen umfassen daher international publizierte Erkenntnisse.

In den Niederlanden wurden im Jahr 2008 230 Unfälle mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen dokumentiert. Darunter befanden sich 17 Unfälle mit Fußgänger- oder Radfahrerbeteiligung. Von den Autoren können bei der genauen Betrachtung der Einzelfälle keine zwingenden Rückschlüsse auf den vermuteten Zusammenhang von geringem Geräuschniveau von alternativen Antrieben und den Unfallereignissen getroffen werden (Verheijen, et al., 2010). Sie führen jedoch aus, dass Unfälle in Bereichen geringer Geschwindigkeit, für die sie ein erhöhtes Unfallpotential vermuten, aufgrund geringer Folgeschwere oft nicht polizeilich dokumentiert werden.

In den USA, wo Elektro- und Hybridfahrzeuge bereits häufiger im Straßenverkehr anzutreffen sind als in Europa, stehen umfangreichere Unfallstatistiken im Zusammenhang mit alternativen Antrieben zur Verfügung. Die meist zitierte Studie zu Unfällen mit Hybridfahrzeugen, die sich gleichzeitig für ein erhöhtes Unfallrisiko von Fußgängern und Radfahrern mit einem alternativ angetriebenen Fahrzeug ausspricht, ist eine Studie der NHTSA (Hanna, 2009).

Hierbei wurden Unfälle aus den Jahren 2000 bis 2007 aus 12 Bundesstaaten hinsichtlich des Unfallrisikos für Fußgänger und Radfahrer durch ein alternativ angetriebenes Fahrzeug untersucht. Bei den Unfällen handelte es sich um Fußgänger- oder Radfahrerunfälle mit einem HEV oder einem bauähnlichen ICE ab dem Fahrzeugbaujahr 2000. Neben der Antriebsart wurden unter anderem die zulässige Geschwindigkeit, Wetter und Tageszeit in der Auswertung berücksichtigt.

Die Sehleistung, insbesondere die der Fußgänger war nicht bekannt und konnte deshalb keine Berücksichtigung in der Auswertung finden. Für die Studie wurden 8.387 Unfälle mit HEV's und 559.703 Unfälle mit ICE's herangezogen. Von diesen entsprachen 77 Fälle der Konstellation Fußgänger und HEV, verglichen zu 3.578 Fälle zwischen Fußgänger und ICE. Dazu kamen 48 Fälle zwischen Radfahrer und HEV gegenüber 1.862 Fällen zwischen Radfahrer und ICE.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich Fußgänger- und Radfahrerunfälle mit HEV verglichen zu ICE häufiger auf der Straße (roadways), in Zonen mit niedrigem Tempolimit ($\leq 35\text{mph}^{49}$), tagsüber und bei klarem Wetter ereignen. Ein weiteres zentrales Ergebnis dieser Studie ist, dass HEVs im Vergleich zu ICEs mit einer höheren Wahrscheinlichkeit einen Unfall in bestimmten kritischen Situationen haben. Diese waren, wenn das Fahrzeug verlangsamt, beschleunigt, rückwärtsfährt oder sich auf einem Parkplatz bewegt. Für diese weist die Studie ein zweifach höheres Risiko für einen Unfall zwischen Fußgänger und HEV als zwischen Fußgänger und ICE aus (Hanna, 2009).

Auch in Abbiegesituationen liegt ein höheres Unfallrisiko mit einem HEV für Fußgänger und Radfahrer verglichen zum ICE vor (Hanna, 2009). Die Ergebnisse der NHTSA-Studie (2009) werden von Freeland et al. (2010) gestützt. Hier wurden Unfalldaten der NHTSA-FARS⁵⁰-Datenbank aus dem Zeitraum 2004 bis 2008 vergleichend (X^2 -Test) für ICE und HEV betrachtet. Es wird auf eine zunehmende Fallzahl der Unfälle mit HEVs in den betrachteten Zeitraum von vier Jahren

⁴⁹ 35mph = 56,3km/h

⁵⁰ National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Fatality Analysis Reporting System (FARS)

hingewiesen und die Ergebnisse zeigen ebenfalls ein erhöhtes Unfallrisiko von Fußgängern und Radfahrern mit einem Hybridfahrzeug (Freeland, et al., 2010).

Eine weitere Studie aus den USA sieht kein erhöhtes Unfallrisiko für Fußgänger durch alternative Antriebe. In der Studie von Droll et al. (2009) wurden Fußgängerunfälle aus der Unfalldatendank von North Carolina (NCCRS⁵¹) für den Zeitraum 2000 bis 2005 und für die zwei Fahrzeugtypen ICE und HEV ausgewertet.

Zum einen wurde die Unfallrate von ICE und HEV verglichen und zum anderen wurde die Verteilung von ICE-Fahrzeugen hinsichtlich der Aufprallgeschwindigkeit betrachtet. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass ein erhöhtes Unfallrisiko durch leisere alternative Antriebe nicht mit vorliegenden Unfallzahlen bestätigt werden konnte. Als einzige Einschränkung blieb unklar, ob Fußgänger mit Seheinschränkungen häufiger Unfälle mit leiseren Fahrzeugen erleiden (Droll, et al., 2009).

Ob sehbehinderte und Blinde Fußgänger einem erhöhten Unfallrisiko unterliegen, hat Hogen (2008) untersucht. Hogen (2008) hat für seine Auswertung ebenfalls die FARS-Unfalldaten aus dem Zeitraum 2002 – 2006 sowie Daten aus einem Projekt für Gesundheitswesen – Kosten und deren Nutzung (HCUP) der Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) verwendet.

Die Unfalldaten zeigen, dass durchschnittlich fünf nach dem Gesetz blinde Fußgänger pro Jahr bei einem Unfall mit einem Fahrzeug in den USA sterben. Bei keinem Todesfall in diesem mehrjährigen Betrachtungszeitraum war ein Hybridfahrzeug beteiligt. Die Unfalldaten weisen aus, dass in dem Zeitraum 11 nicht sehingeschränkte Personen durch einen Unfall mit einem Toyota Prius getötet wurden. Die Auswertungen zeigen weiter, dass für den Toyota Prius keine höhere Wahrscheinlichkeit besteht, an einem tödlichen Fußgängerunfall beteiligt zu sein als für einen herkömmlichen Pkw. Die Ergebnisse dieser Studie finden keine Bestätigung der Hypothese, dass Hybridfahrzeuge gefährlicher sein sollen im Vergleich zu herkömmlichen Verbrennungs-

motoren, weder für Blinde noch allgemein für Fußgänger (Hogan, 2008).

Eine zweite Studie der NHTSA berücksichtigt Befragungsdaten hinsichtlich eines Konfliktes mit einem leisen Fahrzeug (Garay-Vega, et al., 2010). 28 Personen, von denen 25 blind oder sehbehindert waren, berichten darin von einem kritischen Ereignis mit einem leisen Fahrzeug. Marke und Modell waren den Fußgängern meist nicht bekannt, auf die Antriebsart kann also nicht geschlossen werden. Aus den Daten geht hervor, dass sich der Unfall mit jeweils 28,6% an einer Ein- bzw. Ausfahrt oder an einer viel befahrenen Kreuzung ereignet hat.

Hierdurch werden, ähnlich wie in den GIDAS-Daten, Kreuzungen als Konfliktstelle identifiziert. 21,4% der von Garay-Vega, et al. (2010) berichteten Unfälle ereigneten sich auf einem Parkplatz und 17,8% in einer Nebenstraße. In lediglich 3,6% der Fälle gab es keine genauen Angaben zur Unfallstelle. Diese Ergebnisse stehen nicht im Einklang mit den obigen Auswertungen der von GIDAS dokumentierten Unfälle sehingeschränkter Fußgänger mit Kraftfahrzeugen, nach denen sich kaum mehr als jeder zehnte Unfall in den genannten Bereichen ereignet. Sie gingen jedoch auch mit einer deutlich geringeren Unfallschwere einher.

Neben den USA besitzt auch Japan einen großen Absatzmarkt an Elektro- und Hybridfahrzeugen, jedoch sind im Gegensatz zu den USA aus Japan keine Unfalldaten mit alternativen Antrieben verfügbar (JASIC, 2009).

Insgesamt zeigt sich zur Unfallsituation von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb eine uneinheitliche Erkenntnislage. Je nach gewählter Operationalisierung und je nach Datengrundlage zeigen sich in einigen Studien Anhaltspunkte für eine erhöhte Gefährdung, andere Untersuchungen finden keine derartigen Hinweise.

Über alle international publizierten Auswertungen hinweg verbleiben Unsicherheiten in der Interpretation. Diese betreffen einerseits die fehlende akustische Charakterisierung der Unfallsituationen. Wie die Darstellungen in Kapitel 3.3 zeigen, sind deutliche situationale Unterschiede in der akustischen Wahrnehmbarkeit aller, nicht nur

⁵¹ NCCRS = North Carolina Crash Reporting System

alternativ angetriebener Fahrzeuge zu berücksichtigen.

Weiterhin fehlen in den international zu diesem Thema veröffentlichten Unfallauswertungen weitestgehend Betrachtungen zum sensorischen Wahrnehmungsvermögen der beteiligten Fußgänger und darüber hinaus auch zur Unfallursache. Nur unter Berücksichtigung dieser komplexen Informationen können uneingeschränkt belastbare Aussagen zur eventuell fahrzeuggeräuschbasiert veränderten Unfallsituation von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb getroffen werden.

6 Modell der Gefahrenkognition

Viele wissenschaftliche Ansätze beschäftigen sich mit der Beschreibung des Verkehrsverhaltens, zentral aus Sicht des Kraftfahrzeugführers (Klebensberg, 1982) (Weller, 2010). Eine geschlossene Theorie des Verkehrsverhaltens existiert bislang nicht und steht aufgrund der hohen Komplexität auch nicht zu erwarten.

Im Rahmen vorhandener modellhafter Ansätze wird oft die Beziehung zwischen einer subjektiv eingeschätzten zur objektiv vorhandenen Risikokonstellation thematisiert. Für den Kraftfahrzeuglenker, der durch die Wahl der Fahrgeschwindigkeit eine direkte Modifikation des eigenen Risikoerlebens vornehmen kann und dies in vielen Fällen sicher auch mehr oder weniger bewusst tut, ist dies ein relevanter Ansatz. Fußgängerverhalten als Risikoverhalten anzusehen, greift dagegen zu kurz. Vor allem die Querung kann schwerlich vollständig unter dem Gesichtspunkt einer Optimierung des individuellen Risiko- oder Beanspruchungserlebens beschrieben werden.

Daher wird im Rahmen der vorliegenden Forschungsfrage kein risikoorientierter, sondern ein gefahrvermeidender Modellierungsansatz gewählt. Die Vermeidung von Gefahr bedarf jedoch ihrer Kalkulation und damit einerseits einer Wahrnehmungsgrundlage und andererseits eines Bewertungshintergrundes. Der Bewertungshintergrund ist deutlich erfahrungsabhängig und damit eine direkte Folge eines lebenslangen Lernprozesses in den verschiedensten Situationen der Interaktion zwischen einem Individuum und dem Kraftfahrzeugverkehr.

Unter Gefahrenkognition wird das Wahrnehmen, Verstehen und Bewerten von Gefahrensignalen verstanden (Schlag, et al., 2009). Da die Bewertung und die auf diese Erfahrung aufbauende Einsicht anhand von Lernprozessen auch wieder Elemente des Gedächtnisses werden, wird dadurch für ähnlich wiederkehrende Situationen eine gedankliche Vorwegnahme gefahrverheißender Situationsentwicklungen möglich.

Dieser Aspekt der Gefahrenantizipation, d.h. das

gedankliche Vorwegnehmen der Entwicklung gefährlicher Situationen ist integraler Bestandteil sicheren Verhaltens im Straßenverkehr. Die Dynamik des Fahrzeugverkehrs ist so hoch, dass eine rein wahrnehmungsbasierte (bottom up) Gefahrenvermeidung keinesfalls ausreichend ist. Nur gemeinsam mit antizipierender, erfahrungsbasiert aus dem Gedächtnis ergänzter (top down) Steuerung wird sicheres Verhalten im Straßenverkehr möglich.

Sowohl angemessene Bewertung von Gefahr als auch adäquate Antizipation der Situationsentwicklung bedürfen einer sensorischen Grundlage in der aktuellen Wahrnehmung. Aufgrund fehlender, unvollständiger oder falscher Wahrnehmung von einigen Aspekten der aktuell bestehenden Verkehrskonstellation aktualisierte Erwartungen können zu unangemessenen Entscheidungen führen und damit eine Gefährdung der eigenen Person, aber auch weiterer Beteiligter nach sich ziehen.

Vor diesem zentralen Hintergrund des vorliegenden Forschungsprojektes fokussieren die nachfolgenden modellhaften Betrachtungen die Wahrnehmungsaspekte von Gefahrenkognition und darauf aufbauender Gefahrenantizipation.

6.1 Erweitertes Modell der Gefahrenkognition

Entsprechend des skizzierten Ansatzes umfasst das erweiterte Modell der Gefahrenkognition in einem fünfstufigen Aufbau die zentralen Aspekte der Gefahrenkognition und in einem sechsten Schritt die Gefahrenantizipation, auf deren Basis ein sicheres Verhalten im Straßenverkehr möglich wird (Abbildung 6-1).

Die ersten drei Stufen umschreiben das Gewährwerden als initialen Schritt der Gefahrenerkennung. Dazu ist die Entdeckung notwendig. Die möglicherweise sicherheitskritischen Konsequenzen einer unentdeckten potentiellen Gefahrenquelle können praktisch nicht verhindert werden. Ist eine Gefahrenquelle erst einmal entdeckt, ist sie als Gegenstand der räumlichen Wahrnehmung intern repräsentiert. Die räumliche Verortung und Identifikation sind zwei direkt darauf folgende, weitestgehend automatische Orientierungsleistungen (vgl. Darstellungen in Kapitel 4.2.2).

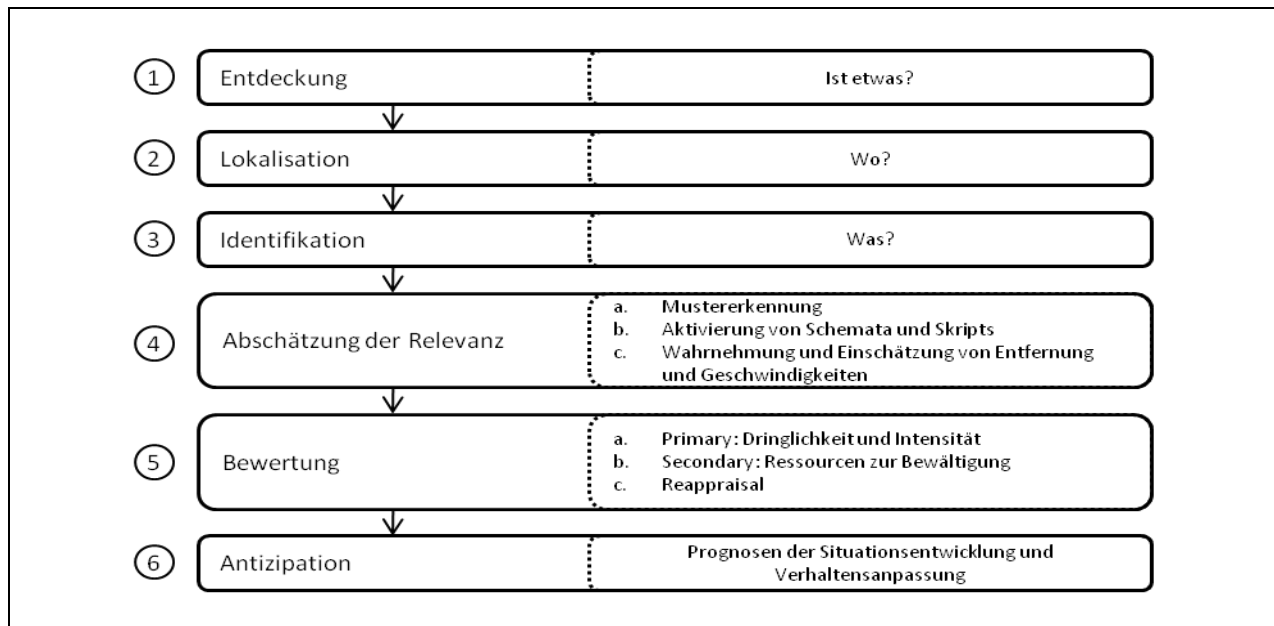


Abbildung 6-1: erweitertes Modell der Gefahrenkognition (in Anlehnung an (Schlag, et al., 2009))

Stufen 1-3

Für die Entdeckung ist entweder eine herausragende Sensation notwendig (bottom up) oder eine aktive, intern von der Informationsverarbeitung motivierte Suche (top down). Sensorisch getriggerte Entdeckung ist prinzipiell in allen Sinneskanälen möglich. Biologisch dafür prädestiniert, da allseitig, schnell und immer aufmerksam, ist das Gehör (vgl. Kapitel 2.2.2.1). Visuelle Gefahrenentdeckung ist, vor allem am Tag bei gleichmäßigeren Helligkeitsverhältnissen, zu einem wesentlichen Anteil durch aktive Suche motiviert.

Unabhängig von den äußeren Bedingungen ist visuelle Gefahrenerkennung an den begrenzten Ausschnitt des binokularen Gesichtsfeldes gebunden. Die Erweiterung des visuell wahrgenommenen Ausschnittes durch Kopf- und Körperbewegung setzt eine aktive, interne Suche voraus. Plötzlich auftretende Ereignisse außerhalb des aktuellen Gesichtsfeldes können praktisch nur akustisch eine spontane Wahrnehmung erwirken.

Hierfür liefern die typischen Unfallkonstellationen hörbeeinträchtigter Fußgänger eine eindrucksvolle Illustration (vgl. Kapitel 5.1.2). Nur im Unfallgeschehen mit dieser Personengruppe treten Unfälle mit sich rückwärtig annähernden Fahrzeugen als relevante Konstellation auf. Hinzu kommt, dass ein nennenswerter Anteil dieser

Unfälle an den Personen weniger gut bekannten Orten auftrat. Für hochgradig sehbehinderte Personen werden diese Konstellationen nicht gefunden.

Ganz im Einklang dazu sind sich die gehöringeschränkten Personen offensichtlich dieses sensorischen Nachteils bewusst und stellen ihr Verhalten durch vermehrte visuelle Exploration darauf ein (siehe Kapitel 4.3.2). Wie oben umrissen, kann dies jedoch nur die Detektion von Fahrzeugen aus erwarteten Richtungen sicherstellen, sehr plötzliche oder sich aus für die Situation ungewohnten Richtungen annähernde Fahrzeuge können so nicht entdeckt werden.

Einen inhaltlich-abstrakt ähnlichen, wenn auch sensorisch völlig anders gestalteten Nachteil bei der Gefahrenentdeckung haben sehbeeinträchtigte Personen. Sie haben starke Defizite bei der aktiven, intern motivierten visuellen Suche, wie sie etwa im Rahmen der bewussten Querungssicherung passiert. Die Auswertungen der Unfallereignisse mit diesem Personenkreis in Abschnitt 5.1.2 legen nahe, dass sie bei einigen Situationen sehr knapp vor dem heranfahrenden Fahrzeug die Straße betraten. Hierbei liegt eine nicht erfolgte Gefahrenentdeckung als Ursacheninterpretation sehr nahe.

Stufe 4

Auf die prinzipielle interne räumliche Repräsentation der Gefahr aufbauend erfolgt eine primär bewusste Abschätzung der Verhaltensrelevanz. Hier erfolgen Vergleiche mit typischen Bewegungsmustern. Ausgehend von allgemeinen Annahmen aus der prinzipiellen Verkehrssituation werden Abschätzungen von Entfernung, Geschwindigkeit und soweit möglich Beschleunigung vorgenommen. Eine aufgrund fehlerhafter Abschätzung als irrelevant eingeschätzte Gefahrenquelle ist zwar prinzipiell erkannt worden, auf sie wird jedoch nicht in angemessener Weise reagiert.

So muss etwa ein Fußgänger, der sich auf einer Furt im Bereich eines Knotenpunktes befindet und ein sich peripher annäherndes Fahrzeug entdeckt hat, abschätzen, ob sich die Bewegungslinien treffen werden, wie schnell das Fahrzeug in welchem Abstand fährt und ob es gegebenenfalls abbremst. Auf den dabei relevanten recht kurzen Distanzen weniger Meter sind solche Abschätzungen mit großer Sicherheit und Genauigkeit möglich (vgl. Kapitel 4.2.2.1), es sei denn, die Person hat bedeutsame sensorische Einschränkungen.

Handelt es sich jedoch um die bewusste Abschätzung im Rahmen der Querungsvorbereitung, beispielsweise auf freier Strecke, sind diese Orientierungsleistungen mit einem größeren Fehler behaftet. Wie die in Kapitel 4.2.2.1 dargestellten Ergebnisse zeigen, beruhen Lückenschätzungen dominant auf Abstandsschätzungen. Die Fahrzeuggeschwindigkeit kann nur ungenügend, bestenfalls in grober Klassifikation berücksichtigt werden.

Dies zeigt die große Bedeutung der wahrnehmungs- und handlungsseitigen Erwartungen (Schemata und Skripte, siehe Punkt 4 in Abbildung 6-1). Sie ergänzen fehlende sensorische Möglichkeiten durch Annahmen über typische Bewegungsmuster. Je eingeschränkter das sensorische Vermögen, umso bedeutsamer werden Erwartungen. Eine Verkennung der Relevanz einer Gefahr kann somit auch durch die falsche Aktualisierung von Erwartungen begründet sein. Wiederum je eingeschränkter das sensorische Vermögen, umso weniger adaptiv

kann eine Anpassung der allgemeinen Erwartungen an die konkrete Situation erfolgen.

Stufe 5

Der letzte Abschnitt der Gefahrenkognition im engeren Sinne umfasst die Bewertung der Gefahr in Relation zum eigenen Verhalten und der eigenen Verhaltensmöglichkeiten. Hier erfolgt die grundlegende Abschätzung beispielsweise zur Entscheidung, ob eine Querung möglich ist, ob eine Querung nur durch beschleunigtes Gehen möglich ist oder ob Warten angebracht ist. Fehlerhafte Abschätzungen können dann dazu führen, dass eine Situation als relevant erkannt, aber aufgrund fehlerhafter Bewertung nicht ausreichend verhindert wurde.

Auf Basis der Relevanzschätzung erfolgt zunächst eine primäre Gefahrenbewertung. Treffen sich etwa wie im obigen Beispiel die eigene Trajektorie und die wahrgenommenen Bewegungslinie eines sich annähernden Fahrzeuges, für das ein abbremsendes Bewegungsmuster detektiert wurde, erfolgt eine Bewertung als geringe Gefahr. Wurde jedoch kein Abbremsen detektiert, wird die Situation primär als sehr bedeutsame Gefahr eingestuft.

Im dann zweiten Bewertungsschritt wird der primären Gefahr die eigene Handlungsmöglichkeit gegenübergestellt. Kann eine Kollision durch angenommenes eigenes Handeln vermieden werden, wird die Situation als gefährlich, aber beherrschbar Neubewertet. In diesem Schritt kann es jedoch auch zur Bewertung der Situation als unvermeidliche Gefahr kommen.

Bedeutsame Einflüsse auf die Gefahrenbewertung erwachsen einerseits aus der Einschätzung der Dringlichkeit und andererseits aus der Einschätzung des eigenen Handlungsvermögens. Fehlerhafte Dringlichkeitschätzungen gehen regelmäßig mit unzureichender Erfahrungsbasis einher. Dies kann beispielsweise bei Kindern der Fall sein, kann aber auch in bislang völlig unbekanntem Situationen auftreten. Infolge dessen können möglicherweise vermeidbare Situationsentwicklungen nicht ausreichend verhindert werden.

Fehler bei der Einschätzung der eigenen Handlungsmöglichkeiten können aus

motivationalen Gründen, etwa durch bewusste Überschätzung resultieren. Hinzu kommen Gründe aus der tagesformabhängigen Schwankung des körperlichen Vermögens selbst. Beispielsweise ältere Personen, aber auch sensorisch eingeschränkte Personen, verfügen oft über tagesabhängig unterschiedliche Wahrnehmungs- und Verhaltensmöglichkeiten. Nicht nur das Wissen darum, sondern auch die situativ angemessene Berücksichtigung stellen bedeutsame Anpassungsleistungen dar, die im Falle unangemessener Bewertungen zu unsicheren Situationen führen können.

Stufe 6

Nach erfolgter Bewertung einer Situation als relevante Gefahr schließt sich die gedankliche Vorwegnahme der Entwicklung an. Die gedanklich vorweggenommene Erkenntnis eines drohenden Unfalls aufgrund der erkannten Gefahr motiviert eine Anpassung des eigenen Verhaltens. Probleme bei der angemessenen frühzeitigen Gefahrenantizipation werden beispielsweise für Kinder berichtet (vgl. Kapitel 4.3.4). Sie erkennen eine Gefahr unter Umständen zu spät als solche, um noch rechtzeitig vermeidende Verhaltensanpassungen vornehmen zu können.

Eine unangemessene Antizipation einer Situation als Gefahr kann möglicherweise auch durch die objektive, sensorisch nicht ausreichend fassbare Unklarheit bedingt sein. Im Rahmen der Unfallbetrachtungen von Radfahrern und Fußgängern (Kapitel 5.2.2) lieferten Interpretationen Hinweise auf derartige Konstellationen. Aber auch die Betrachtungen zur Antizipation des Fußgänger-Verhaltens aus Sicht eines Fahrzeugführers (Kapitel 4.2.1.4) zeigten, dass die Querungsabsicht eines Fußgängers nur auf Basis längerer Beobachtung der komplexen Körpersprache ausreichend sicher abgeschätzt werden kann. Fehlen diese Hinweise, wie etwa bei Personen mit sensorischer Einschränkung, aber auch Kindern, ist den weiteren Beteiligten eine grundsätzliche Wahrnehmung möglich, jedoch die rechtzeitige Antizipation als Gefahr praktisch unmöglich.

Eine angemessene Verhaltensanpassung erfordert schließlich ein ausgeprägtes Handlungswissen und damit einige Erfahrung. Für verschiedene Situationen können verschiedene Handlungs-

alternativen unterschiedlich angemessen sein. Nur eine angemessene sensorische Repräsentation und darauf aufbauende Einschätzung der Situationsentwicklung bei allen Beteiligten kann zu einem sicheren Ausgang des drohenden Konfliktes beitragen.

Während die Relation zu den eigenen Handlungsmöglichkeiten bereits auf der vorhergehenden Stufe Berücksichtigung fand, können Probleme bei der konkreten Umsetzung, beispielsweise aufgrund geringer Geübtheit auch auf dieser letzten Stufe der Gefahrenkognition auftreten. Das antizipierte und dann reflexartig ausgeführte Ausweichen zu einer bestimmten Richtung kann beispielsweise aufgrund geringer Geübtheit die Unfallfolgen verstärken oder sogar erst zum Auftreten ernster Folgen führen.

Schließlich gehen die Einschätzungen der aktuellen Situation als Erfahrungshintergrund in zukünftige Situationen ein. Wurde eine objektiv unsichere Situation aufgrund von Fehlern bei der sensorischen Wahrnehmung oder darauf aufbauenden kognitiven Einschätzungen subjektiv nicht als gefährlich erlebt, können entsprechende Erfahrungen nicht als solche gewonnen werden und ein möglicherweise sicherheitskritisches Verhalten wird verstärkt, damit dauerhaft gefestigt und in ähnlichen Situationen wiederholt (Schlag, 2008).

Fazit

Das vorgestellte erweiterte Modell der Gefahrenkognition systematisiert und illustriert die umfangreichen Abhängigkeiten adäquaten Verhaltens von der Wahrnehmungsgrundlage und darauf aufbauend Auswirkungen sensorischer Fehler in möglicherweise unsicherem Verhalten.

Die Betrachtungen zeigen, dass eine angemessene Bewertung und Verhaltensanpassung in Richtung sicheren Verhaltens auf allen Stufen direkt abhängig von Umfang und Angemessenheit der sensorischen Informationen über die Umgebung sind.

Zunächst setzt eine angemessene Situations-einschätzung das keineswegs triviale Entdecken relevanter Fahrzeuge und Personen voraus. Die direkte Abhängigkeit von der Wahrnehmung ist hier offensichtlich. Aber auch die Einschätzung

und Bewertung der Objekte in Relation zur eigenen Verhaltensintention bzw. Bewegungslinie bedarf einer sensorischen Grundlage.

Schließlich ist die Antizipation des Verhaltens aller relevanten Beteiligten oft nur möglich durch erfahrungsbasierte Annahmen, die wiederum ohne sensorische Rückkopplung zur aktuellen Situation nur unzureichend sein können. Die angesprochenen Erfahrungen entstehen als Ergebnis eines praktisch lebenslangen Lernprozesses im Straßenverkehr. Fehlen angemessene sensorische Rückmeldungen über die Entwicklung oder objektive Gefährlichkeit einer Situation, können keine angemessenen Erwartungen gebildet werden und unsicheres Verhalten wird verstärkt.

6.2 Besondere Anforderungen seitens sensorisch eingeschränkter Personen

Die im vorangegangenen Kapitel getroffenen Einschätzungen gelten prinzipiell unabhängig von personalen Besonderheiten für alle Fußgänger im Straßenverkehr, im abstrahierten Sinne für alle Verkehrsteilnehmer.

Vor allem für und von seheingeschränkten Personen wurden im Verlauf der Darstellungen in den Kapiteln 4 und 5 einige Forderungen eines besonderen Informationsbedarfes in speziellen Situationen expliziert. Diese Punkte umfassen letztlich Informationen, die alle Fußgänger zu einer eigenständigen Mobilität in Interaktion mit Kraftfahrzeugen benötigen.

Sie sollen nachfolgend vor allem aufgrund der speziellen Thematik der vorliegenden Untersuchung zusätzlich benannt werden. Darüber hinaus illustrieren sie den differenzierten Informationsbedarf von äußeren Verkehrsteilnehmern in Interaktion mit Kraftfahrzeugen.

Schließlich gilt für die Gruppe der seheingeschränkten Personen, dass ein Großteil der Kompensation fehlender visueller Wahrnehmung auf akustischer Basis realisiert wird und daher eine besondere Bedeutung im Rahmen einer veränderten Wahrnehmbarkeitssituation (siehe Kapitel 7) erlangt.

In Ergänzung des Informationsbedarfes zur angemessenen Gefahrenkognition und darauf aufbauender Antizipation bedürfen seheingeschränkte Personen akustische oder taktile Informationen zum Auffinden einer bestimmten Querungsstelle und allgemein zum Abgleich ihrer aktuellen Position mit dem im Gedächtnis gespeicherten Weg.

Im engeren Sinne brauchen sie sensorische Anhaltspunkte, wann sie einen Straßenrand erreicht haben. Weiter benötigen sie vor der Querung an lichtsignalgeregelten Übergängen und Knotenpunkten Informationen zur Phasenfolge und zum aktuellen Zustand. Der Beginn der Freigabe wird durch das Grünsignal angezeigt, wofür Personen dieser Betroffenenengruppe eine alternative Informationsquelle benötigen.

Aber auch das Ende der Grünphase sollte von den Fußgängern berücksichtigt und dafür bemerkt werden können, um sich beispielsweise durch eine Beschleunigung der Gehgeschwindigkeit rechtzeitig aus dem Gefahrenbereich zu bringen.

An nicht lichtsignalgeregelten Übergängen ist die Detektion eines anhaltenden Fahrzeuges eine essentielle Information. Aber auch in der Annäherung an eine Kreuzung verzögernde Fahrzeuge stellen eine wichtige indirekte Informationsquelle dar, da stark seheingeschränkte Personen keine Möglichkeit haben, sich über die Abbiegeabsicht eines sich nähernden Fahrzeuges anhand des blinkenden Fahrt-richtungsanzeigers zu informieren. Schließlich ist die Unterscheidung eines verkehrsbedingt wartenden Fahrzeuges, welches jeden Moment losfahren könnte, von einem parkenden Fahrzeug eine wesentliche Information.

Auf der Fahrbahn befindlich, bedarf es Informationen über den kürzesten Querungsweg und damit die Richtung. Taktile Rückmeldungen sind auf der Straße praktisch nicht verfügbar, so dass vor allem auf größeren Knotenpunkten eine Orientierung anhand des parallel fließenden Fahrzeugverkehrs erfolgt.

Schließlich entstehen besondere Anforderungen aus der Detektion sehr langsam fahrender, beispielsweise ausparkender Fahrzeuge. Hierbei besteht manchmal kein hörbarer Unterschied zum stehenden Fahrzeug, so dass unter Umständen

eine sehr langsame Fahrzeugbewegung nicht detektiert werden kann. Eine abstimrende Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern, vor allem aber Fahrzeugführern, wie sie für normal sehende Personen alltäglich ist und von den gehöreingeschränkten Personen besonders verwendet wird, ist für seheingeschränkte Fußgänger praktisch ausgeschlossen. Diesbezüglich wäre es zunächst wichtig eine Information dazu zu bekommen, ob eine Abstimmung erfolgen sollte.

Wie die in Kapitel 4.3.1 berichteten Ergebnisse zur Orientierung am Kreisverkehr zeigen, bemerken Blinde oft die Gelegenheit zur Abstimmung gar nicht. Selbst wenn eine solche Gelegenheit erkannt wäre, bestünde bislang praktisch keine Möglichkeit der Kommunikation mit dem Fahrer des Fahrzeuges. Fahrerseitige Versuche, wie etwa Hupen, führen dann eher zur Verunsicherung und stellen keine Hilfestellung dar. Hier liegt ein bislang praktisch nicht zu realisierender Informationsbedarf seitens seheingeschränkter Fußgänger, der jedoch zur Entstehung kritischer Situationen mindestens beitragen kann.

6.3 Das adaptierte Modell

Aufbauend auf den bislang explizierten Erkenntnissen wird das erweiterte Modell der Gefahrenkognition nach Kapitel 6.1 (siehe Abbildung 6-1, S.77) für den vorliegenden Anwendungsfall adaptiert und daraus die abstrakten Anforderungen an die fahrzeugseitige Wahrnehmungsgrundlage in Interaktion von Kraftfahrzeugen und äußeren Verkehrsteilnehmern abgeleitet.

Zur erfolgreichen Wahrnehmung gehört immer auch eine sensorisch entsprechend befähigte und aufmerksame, damit wahrnehmende Person. Dieser Aspekt wird nachfolgend zunächst vorausgesetzt und an geeigneter Stelle diskutiert.

Stufen 1-3

Der Informationsbedarf, um einer potentiellen Gefahr Gewähr werden zu können, umfasst im engeren Sinne zunächst das Vorhandensein einer sensorisch wahrnehmbaren Information in der physikalischen Umwelt. In abstrakter Betrachtung gibt es zunächst keinen physikalisch primären Informationskanal. Generell gilt jedoch, dass die identische Information in mehreren Sinneskanälen

als sicherer einzuschätzen ist als der Informationstransport in nur einem Sinneskanal.

Im visuellen Kanal bedeutet Wahrnehmbarkeit ein ausreichend großes und als ausreichend kontrastreich zu seiner direkten Umwelt wahrnehmbares Objekt. Geometrische Verdeckung kann hier genauso zu einem Ausbleiben adäquater Wahrnehmungsmöglichkeit führen wie das Fehlen von ausreichender Helligkeit (vgl. Kapitel 4.2.4.2). Für die Detektion von sich aus beliebigen Richtungen annähernden Fahrzeugen besteht die deutliche Einschränkung des Gesichtsfeldes.

Im akustischen Sinn gelten adäquate Voraussetzungen. Ein Fahrzeug muss, um akustisch als ein solches wahrnehmbar zu sein, ein ausreichend lautes, zum Hintergrundgeräusch genügend kontrastierendes und es als Kraftfahrzeug ausweisendes Geräusch verbreiten. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, bestehen vom Grundsatz her keine Richtungseinschränkungen, d.h. Fahrzeuge können aus allen Richtungen kommend akustisch detektiert werden.

Der abstrakte Informationsbedarf umfasst also die Anwesenheit (da ist etwas) und die ausreichende Grundlage um wahrzunehmen, dass es sich um ein Fahrzeug handelt (was ist es).

Stufe 4

Die bewusste Abschätzung der Verhaltensrelevanz erfolgt durch den Vergleich mit Erfahrungen. Der abstrakte Informationsbedarf umfasst die Wahrnehmung von Entfernung, Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit und je nach Situation auch der Beschleunigung. Hierbei sind bedeutsame Unterschiede in den Informationsmöglichkeiten der beiden relevanten Sinneskanäle Sehen und Hören zu konstatieren.

Um die Entfernung visuell abschätzen zu können, genügt eine einmalige Information zu einem Zeitpunkt. Die visuelle Bestimmung der Bewegungsrichtung erfordert bereits Kenntnis der Entfernung zu mehreren auf einander folgenden Zeitpunkten. Die Einschätzung der Geschwindigkeit und Beschleunigung schließlich bedürfen eines praktisch ununterbrochenen visuellen Informationsflusses. Visuelle Informationen zur Beschleunigung können jedoch nur auf sehr kurze Entfernungen von wenigen

Metern adäquat als solche verarbeitet werden. Auch mit der Geschwindigkeitswahrnehmung auf visueller Basis gehen deutliche Unsicherheiten einher.

Eine akustische Entfernungsschätzung ist wiederum vor allem auf kurze Entfernungen weniger Meter aufwandsarm und zutreffend möglich. Die Detektion der Bewegungsrichtung ist eine der grundlegenden Leistungen des Hörens und wird, insofern als sensorische Information vorhanden, anhand dieses Sinneskanals unterstützt. Einschätzungen von Geschwindigkeiten allein auf Basis des Hörens beinhalten eine größere Unsicherheit, denn sie bedürfen des gedanklichen Vergleiches zu Erfahrungswerten typischer Fahrzeuge in der jeweiligen Situation, z.B. bei dem jeweiligen Straßenbelag. Weiterhin wirkt sich die Entfernung und damit absolute Lautstärke beeinflussend aus.

Die akustische Beschleunigungsdetektion ist für besondere Fahrzustände recht gut möglich. Stark verzögernde Fahrzeuge erzeugen charakteristische Geräusche, ebenso stark beschleunigende Fahrzeuge aufgrund des dann bislang häufig dominanten Motorgeräusches.

Die Detektion von Beschleunigungen spielt bei den sensorisch eingeschränkten Fußgängern eine zusätzliche Rolle. So nutzen etwa blinde Personen das Beschleunigungsgeräusch an Kreuzungen, um die Phasenschaltung von Lichtsignalanlagen zu detektieren. Im abstrakten Sinne benötigen sie zur Orientierung jedoch nicht das Beschleunigungsgeräusch der Fahrzeuge, sondern eine Information zur Ampelschaltung.

Äquivalent stellt sich die Situation beim Fahrgeräusch der Fahrzeugströme auf ausgedehnten Knotenpunkten dar. Hier nutzen vor allem Blinde das Fahrgeräusch, um ihre eigene Bewegungsrichtung parallel dazu auszurichten oder das Erreichen des Straßenrandes zu detektieren. Abstrakt benötigen sie jedoch vor allem die Information der Nähe zur Fahrbahn und eine Richtungsinformation während der Querung, nicht die Fahrzeuggeräusche.

Ähnlich stellt sich die Situation mit anhaltenden Fahrzeugen dar. Sehingeschränkte Fußgänger nutzen die akustisch vermittelte Verzögerung an Ampeln und Fußgängerüberwegen, um festzu-

stellen, ob sie die Querung sicher beginnen können. Wiederum benötigen sie im abstrakten Sinne nicht primär die Beschleunigung, sondern vielmehr eine Rückversicherung, ob sie beachtet worden sind und die Straße betreten können.

Stufen 5 und 6

Um eine sensorische Wahrnehmung angemessen als Gefahr bewerten zu können, muss sie als ausreichend intensiv eingeschätzt werden. Hierfür bedarf es eines angemessenen Bewertungshintergrundes, der wiederum aus Informationen zu ähnlichen Situationen gespeist wird. Insofern erwachsen zunächst keine zusätzlichen abstrakten Informationsbedarfe über diejenigen der Stufen 1-4 hinaus. Auch aus der Einschätzung der eigenen Handlungsmöglichkeiten resultieren zunächst keine Informationsansprüche an Interaktionspartner.

Wesentlich ist vor allem das Gewinnen entsprechender Erfahrungen, um angemessene Erwartungen bilden zu können. Hierzu braucht es Informationen über das eigene Verhalten in Relation zur Verkehrsumwelt, beispielsweise an welcher Stelle tatsächlich gequert wurde. Es bedarf jedoch vor allem auch der angemessenen Rückmeldung der Reaktionen umgebender Verkehrsteilnehmer, vor allem der Kraftfahrzeuge.

Hierfür benötigen Fußgänger nicht nur vor Beginn der Querung, sondern auch während der Querung und vor allem nach erfolgter Querung sensorische Informationen darüber, wo sich die Fahrzeuge der näheren Umgebung befinden, ob sich gegebenenfalls bislang nicht wahrgenommene Fahrzeuge annähern, welche Reaktion die Fahrzeugführer gezeigt haben und ob es zu einer kritischen Situation kam, die eventuell bei der nächsten Interaktion in ähnlicher Konstellation vermieden werden kann und sollte. Beispielsweise bedarf die oben als erfahrungsbasiert charakterisierte Lückenschätzung entsprechender Rückmeldung, um auf Basis eines Lernprozesses angemessene Einschätzungen liefern zu können.

Der abstrakte Informationsbedarf dazu umfasst also die dauerhafte Repräsentation der oben zu den Stufen 1-4 explizierten Punkte. Im Einzelnen sind dies die Informationen über Anwesenheit und Erkennung als Fahrzeug, weiterhin Informationen

zu Abstand, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeitsentwicklung.

Über die benannten Punkte hinaus erfordert ein umsichtiges Verhalten mit rechtzeitiger Abstimmung des eigenen Verhaltens mit dem der relevanten anderen Verkehrsteilnehmer auch die Antizipation und Kommunikation. Gegenseitige Abstimmung, beispielsweise in verkehrsberuhigten oder Bereichen gleichberechtigter Interaktion nach §1 StVO, aber auch zwischen Radfahrern und Fußgängern bei gemeinsamer Nutzung eines Verkehrsfläche, erfordert Informationen zur Handlungsabsicht des Gegenüber in der unmittelbaren Zukunft.

7 Veränderung in der Wahrnehmbarkeitssituation und Problemstellung

Nachfolgend werden Abschätzungen zum Ausmaß möglicher Veränderungen in der Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb getroffen. Dabei geht es vor allem um die Abgrenzung, in welchen interaktionsrelevanten Wahrnehmungsbereichen Unterschiede zur Situation heute verbreiteter Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor auftreten können.

Da sich die visuelle Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb von derjenigen anderer Fahrzeuge nicht unterscheidet, erfolgen die Betrachtungen auf der Basis heute vorwiegend akustisch gestützter Orientierungsleistungen und für die in der Literatur überwiegend untersuchten Fahrzeuge ohne akustische Zusatzeinrichtungen.

7.1 Abgrenzung von Informationsdefiziten

Die Betrachtungen im Kapitel 3 haben gezeigt, dass für Konstantfahrten bei Geschwindigkeiten über etwa 20km/h keine signifikanten Unterschiede in der akustischen Wahrnehmbarkeit zwischen alternativ und konventionell angetriebenen Fahrzeugen bestehen. Die nachfolgenden Betrachtungen konzentrieren sich daher abgesehen von einer Ausnahme auf den Bereich von Fahrgeschwindigkeiten $v \leq 20$ km/h.

Dass es sich dabei um einen höchst relevanten Geschwindigkeitsbereich handelt, zeigen die Unfallauswertungen in Kapitel 5. Wie dort dargestellt, ereignet sich mehr als jeder fünfte Unfall von Fußgängern mit Fahrzeugen, deren Ausgangsgeschwindigkeit 20km/h oder weniger betrug. Bei Personen mit sensorischen Einschränkungen ist der Anteil mit mehr als jedem vierten Unfall sogar noch größer.

In Verwendung der in Kapitel 4.1.3, 4.3.1 und 6.2 herausgearbeiteten prototypischen Interaktionsszenarien sowie des im Kapitel 6.3 adaptierten Modells der Gefahrenkognition können für Fußgänger-Fahrzeug-Interaktionen im benannten Geschwindigkeitsbereich drei wesentliche Abstandsbereiche mit unterschiedlichen

Informationsansprüchen seitens der äußeren Verkehrsteilnehmer abgeleitet werden.

Es handelt sich hierbei zuerst um den unmittelbaren Bewegungsraum, der eine praktisch allseitige Ausdehnung mit Distanzen von $d \leq 5$ m einnimmt. Daran schließt sich ein nachfolgend als Nahbereich bezeichneter Abstandsbereich von $5 \leq d \leq 30$ m an. Abstände oberhalb 30m werden im Weiteren als Orientierungsbereich geführt.

Interaktionen im Bewegungsraum ($d \leq 5$ m)

Sichere Interaktionen von Fußgängern mit Fahrzeugen im Bewegungsraum erfordern im derzeitigen Verkehrsgeschehen Informationen der Stufen 1-6 gemäß adaptiertem Modell (Kapitel 6.3) in akustischer Form. Dies umfasst neben der Anwesenheit und Identifikation auch die Schätzung von Abstand, Geschwindigkeit und Beschleunigung bzw. Verzögerung des Fahrzeuges.

Diese Einschätzung gründet sich zunächst darauf, dass die Detektion von sich plötzlich oder unerwartet annähernden Fahrzeugen aus peripheren oder rückwärtigen Richtungen visuell nicht geleistet werden kann und alternative Informationsquellen über die Fahrzeuggeräusche hinaus nicht existieren. Dies gilt grundsätzlich für alle Fußgänger, unabhängig besonderer Merkmale oder Charakteristiken. Weiter haben alle Fußgänger einen bedeutsamen Bedarf an akustischer Rückmeldung bei geringer Entfernung zu vorbeifahrenden Fahrzeugen vor, während und nach erfolgter Querung (vgl. Kapitel 4.4 sowie 6.3).

Hinzu kommen die oben vielfältig beschriebenen akustischen Informationsansprüche der sensorisch eingeschränkten, insbesondere sehingeschränkten Personen in diesem Entfernungsbereich. Neben der unter heutigen Bedingungen möglichen akustischen Einschätzung von Abstand, Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsänderung fahrender Fahrzeuge bedürfen Fußgänger dieses Personenkreises noch der akustischen Information über die Anwesenheit stehender, jedoch akut abfahrbereiter Fahrzeuge im unmittelbaren Bewegungsraum.

Bei Konstantfahrt mit den wie benannt niedrigen Geschwindigkeiten zeigen die empirischen Ergebnisse eine akustische Wahrnehmbarkeit

alternativ angetriebener Fahrzeuge für optimal leise Umgebung. Für realistische Verkehrsumgebungen mit bereits moderatem Hintergrundgeräusch vermindert sich die Möglichkeit einer akustischen Detektion und damit auch der Geschwindigkeitsschätzung dieser Fahrzeuge signifikant. In jedem Fall ist sie gegenüber Vergleichsfahrzeugen mit Verbrennungsmotor deutlich vermindert (vgl. Kapitel 3.3).

Eine gute, im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen sogar teilweise bessere akustische Abschätzbarkeit zeigen die Studien für das Abbremsen bei niedrigen Geschwindigkeiten. Bei Beschleunigung zeigten sich im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor tendenziell niedrigere Geräuschemissionen. Stehende und abfahrbereite Fahrzeuge mit alternativem Antrieb können gemäß der Untersuchungen nicht akustisch detektiert werden.

Interaktionen im Nahbereich $5 \leq d \leq 30 \text{ m}$

Der für heute praktische Verkehrssituationen zu konstatierende Bedarf an akustischer Information für Interaktionen von Fußgängern mit Fahrzeugen im Nahbereich umfasst zunächst für alle Fußgänger unabhängig besonderer Merkmale die Informationen der Stufen 1-3 nach adaptiertem Modell und damit die Anwesenheit und Identifikation als Fahrzeug.

Der Hintergrund liegt in der akustischen Vororientierung zur Querungsvorbereitung, für den vor allem die aktuellen Folgeabstände von Fahrzeugen akustisch ohne größere visuelle Zuwendung detektiert werden. Für sehingeschränkte Personen kommen heute akustisch realisierte Informationen der Stufe 4 gemäß adaptiertem Modell hinzu. Sie nehmen über die Detektion der reinen Anwesenheit hinaus anhand der Fahrzeuggeräusche auch Informationen zu Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsänderung in diesem Abstandsbereich wahr. Dies betrifft beispielsweise die Querungsvorbereitung an Fußgängerüberwegen und Mittelinseln, aber auch wie beschrieben die Orientierung an ausgedehnten lichtsignalgeregelten Knotenpunkten.

Für die Einschätzung der Wahrnehmbarkeitssituation bei Fahrzeugen mit alternativem Antrieb gelten auch für den Nahbereich die oben zum

Bewegungsraum getroffenen Einschätzungen. Die Detektion der Anwesenheit bei Konstantfahrt mit niedriger Geschwindigkeit ist abhängig von der Umgebungslautstärke, aber auch der Fahrgeschwindigkeit. Die Untersuchungsergebnisse zeigen eine verminderte Wahrnehmbarkeit im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

Gleichwohl ist eine akustische Detektion möglich. Bei optimal leiser Umgebung können Fahrzeuge mit alternativem Antrieb im Abstand von 4-5s vor Annäherung detektiert werden. Dies entspricht Entfernungen im Bereich von etwa 10-15m bei 10km/h Fahrgeschwindigkeit und rund 25m bei 20km/h fahrenden Fahrzeugen. Wie die Ergebnisse jedoch auch zeigen, halbieren sich diese Entfernungen bereits bei moderatem Hintergrundgeräusch.

Die verbleibenden akustischen Wahrnehmbarkeitsentfernungen von wenig mehr als 12m für Fahrzeuge mit 20km/h Geschwindigkeit können als ausreichend für eine Notbremsung seitens des Fahrers angesehen werden. Aus Perspektive des Fußgängers bedeutet dies jedoch ein signifikantes Informationsdefizit, da ein vorausschauendes und konfliktvermeidendes Verhalten seinerseits kaum sensorisch rechtzeitig begründet werden kann. Entsprechende Defizite in der Verkehrssicherheit sind damit absehbar.

Ob bei vorhandener akustischer Detektionsmöglichkeit gleichzeitig eine Geschwindigkeitsschätzung anhand des Fahrzeuggeräusches möglich ist, kann aufgrund der Funktionsweise des Hörens begründet vermutet werden, empirische Ergebnisse zu Fahrzeugen mit alternativem Antrieb werden jedoch in der Literatur nicht berichtet. In jedem Fall gelten die getroffenen Einschränkungen der Detektion, ohne die weitere Wahrnehmungen nicht möglich sind.

Für Beschleunigungen und Verzögerungen gelten schließlich im Nahbereich die dazu oben zum Bewegungsraum getroffenen Einschätzungen.

Interaktionen im Orientierungsbereich ($d \geq 30 \text{ m}$)

Für Fahrzeuge im Orientierungsbereich werden aus heutiger Sicht akustische Informationen über die Anwesenheit von Fahrzeugen von sehingeschränkten Personen als Querungsvorbereitung vor allem in akustisch optimalen Verkehrs-

umgebungen verwendet. Weiter kann unter heutigen Verkehrsbedingungen die starke Beschleunigung eines Fahrzeuges im Orientierungsbereich sowohl von sehingeschränkten, als auch Fußgängern ohne sensorische Einschränkung nur anhand der dabei emittierten Geräusche detektiert werden.

Für diese besondere Wahrnehmungskonstellation muss der Geschwindigkeitsbereich auf 50km/h erweitert werden. Wie in den Kapiteln 4.2.1.4 sowie 4.4 dargelegt, verwenden Fahrzeugführer bei allen Geschwindigkeiten die deutliche Beschleunigung als Kommunikationsinstrument gegenüber Fußgängern. Gleichzeitig ergibt sich die besondere Bedeutung aus der deutlichen Zunahme des Unfallpotentials mit steigender Dynamik der Bewegung. Dieses kann fußgängerseitig unter heutigen Bedingungen nur akustisch detektiert werden.

Wie die empirischen Ergebnisse zeigen, ist eine Detektion langsam fahrender Fahrzeuge mit alternativem Antrieb im hier interessierenden Abstandsbereich unabhängig von der Umgebungslautstärke praktisch ausgeschlossen. Über die Geräuschentwicklung bei starker Beschleunigung liegen nur Einzelergebnisse im Bereich bis etwa 30km/h vor. Diese zeigen eine bedeutsam geringere Geräuschemission des Hybridfahrzeuges gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

7.2 Betrachtungen zu Kompensationsmöglichkeiten

Die oben herausgestellten Informationsdefizite gehen von der heute begründbar akustisch realisierten Wahrnehmung während der Interaktionen von Fußgängern und Kraftfahrzeugen aus. Sie betreffen neben den sehingeschränkten Personen in bedeutsamem Ausmaß auch Fußgänger ohne sensorische Einschränkungen.

Sehingeschränkte Personen können die aufgezeigten Defizite prinzipiell nicht anhand von visueller Wahrnehmung ausgleichen. Für die normal sehenden Fußgänger besteht jedoch zunächst grundsätzlich das Potential, Defizite der akustischen Wahrnehmbarkeit durch eine angepasste visuelle Wahrnehmung auszugleichen. Die nachfolgenden Betrachtungen beschäftigen

sich mit dieser Möglichkeit der Verhaltensanpassung. Eine ausschließlich visuelle Orientierung ist heute bereits bei den gehörlosen Personen zu beobachten. Sie erleben alltäglich den für die anderen Verkehrsteilnehmer hypothetischen Extremfall, in dem Fahrzeuge keine Geräusche emittieren.

Der erste im vorhergehenden Kapitel herausgestellte Bereich ist die Detektion von Fahrzeugen im Bewegungsraum. Hierbei können in bekannten oder antizipierbaren Situationen Fahrzeuge aus peripheren oder rückwärtigen Richtungen durch ein verändertes Blickverhalten detektiert werden. Das besondere Risiko bei unerwarteten Situationen oder unbekanntem Konstellationen kann jedoch keinesfalls durch angepasste visuelle Wahrnehmung ausgeglichen werden. Wie die Unfallauswertungen von Fahrzeugen mit gehöreingeschränkten Fußgängern zeigen (vgl. Kapitel 5.1.2) und die Betroffenen im Gespräch auch bestätigen (vgl. Kapitel 4.3.2), lässt sich dieses Wahrnehmungsdefizit rein visuell nicht ausgleichen.

Der zweite Bereich besteht in der Schätzung der Geschwindigkeit von Fahrzeugen im Bewegungsraum, die sich peripher annähern oder hinter dem Fußgänger die Straße entlangfahren. Oftmals müssen dafür mehrere Fahrzeuge berücksichtigt werden. In jedem Fall bewegt sich der Fußgänger selbst vorwärts, quert beispielsweise eine Straße und benötigt seine visuelle Aufmerksamkeit dafür. Eine Kompensation des aufgezeigten Informationsdefizites durch Sehen ist damit praktisch ausgeschlossen.

Die Detektion von Fahrzeugen im Nahbereich kann dagegen durch erhöhten visuellen Aufwand größtenteils kompensiert werden. Es folgt daraus jedoch eine deutliche Einschränkung des Komforts bei der Querungsvorbereitung. Eine Querungsvororientierung aus der Gehbewegung parallel zum Fahrzeugstrom wird praktisch unmöglich. Eine rein visuelle Einschätzung bedarf des Stehenbleibens und des wechselseitigen Schauens.

Der Aufwand an Sicherungsverhalten würde damit von der Erfahrung mit der Örtlichkeit und der Fahrzeugdichte entkoppelt. Es wäre für alle Querungssituationen der vollständige Aufwand einer ausschließlich visuellen Lückenschätzung

anzunehmen. Vor allem wäre die Abwesenheit von Fahrzeugen im Nahbereich ohne visuelle Rückversicherung nicht mehr zu detektieren.

In die vorangegangenen Überlegungen eingeschlossen ist die Geschwindigkeitsschätzung. Im Rahmen einer aufwändigeren, ausschließlich visuellen Interaktionssicherung können Abschätzungen zur Fahrgeschwindigkeit prinzipiell mit vollzogen werden, bedürfen jedoch eines erhöhten Aufwandes an Orientierung, Aufmerksamkeit und Konzentration.

Die Detektion stark beschleunigender Fahrzeuge im Orientierungsbereich ist die letzte oben herausgestellte Konstellation, die auch normal sehende Fußgänger betrifft. Eine Beschleunigungsdetektion auf rein visueller Basis ist außerhalb des Nahbereiches nur mit sehr großer Unsicherheit und dem enormen Aufwand permanenter Beobachtung möglich.

Diese wird praktisch dadurch verhindert, dass die Beobachtung eines Einzelfahrzeuges aufgrund der vermehrt visuellen Interaktionssicherung nach mehreren Richtungen gemäß der oben angestellten Überlegungen ausgeschlossen wäre. Eine visuelle Kompensation dieses Informationsdefizites ist also nicht realistisch.

Hinzu kommen Abschätzungen, die im Stadtverkehr aufgrund des bei Elektroantrieben bereits ab Start zur Verfügung stehenden hohen Drehmoments von einer Zunahme starker Beschleunigungsvorgänge bei Fahrzeugen mit dieser Antriebstechnologie im Vergleich zu heute verbreiteten Verbrennungsmotoren ausgehen und daher diesem Informationsdefizit eine noch größerer Bedeutung zukommen lassen (VCÖ-Forschungsinstitut, 2009).

Im Ergebnis zeigt sich auch für Fußgänger ohne sensorische Einschränkungen ein bedeutsames Informationsdefizit durch das geringere Geräuschniveau von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb. Eine Kompensation durch angepasste visuelle Wahrnehmung kann nur für eine Minderheit der aufgezeigten Konstellationen und dort auch nur durch deutlich erhöhten Aufwand angenommen werden.

7.3 Zusammenfassung der Problemstellung

Durch die veränderten Geräuschemissionen von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb entstehen Defizite in der Wahrnehmbarkeit im Geschwindigkeitsbereich bis etwa 20km/h (ausgenommen Pkt. 7, siehe unten). Diese Defizite betreffen alle Verkehrsteilnehmer, nicht nur diejenigen mit eingeschränktem visuellen Wahrnehmungsvermögen. Nicht betroffen sind lediglich diejenigen Fußgänger, die heute bereits einer akustischen Wahrnehmung nicht fähig sind. Der zur Diskussion stehende Bereich von Informationsdefiziten aufgrund des geringeren Geräuschniveaus von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb umfasst die folgenden Punkte:

1. Annäherung von Fahrzeugen (Anwesenheit bei Konstantfahrt) im Bewegungsraum ($d \leq 5m$) bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch
2. Verfolgung der Bewegung (Richtung und Geschwindigkeit bei Konstantfahrt) von Fahrzeugen im Bewegungsraum ($d \leq 5m$), mit denen eine Interaktion erfolgte oder erfolgt bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch
3. Detektion stehender, aber unmittelbar abfahrbereiter Fahrzeuge im Bewegungsraum ($d \leq 5m$), unabhängig vom Hintergrundgeräusch
4. Annäherung von Fahrzeugen (Anwesenheit bei Konstantfahrt) im Nahbereich ($5 \leq d \leq 30m$) bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch
5. Verfolgung der Bewegung (Richtung und Geschwindigkeit bei Konstantfahrt) von Fahrzeugen im Nahbereich ($5 \leq d \leq 30m$), mit denen eine Interaktion erfolgte oder erfolgt bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch
6. Annäherung von Fahrzeugen (Anwesenheit bei Konstantfahrt) im Orientierungsbereich ($d \geq 30m$) bei geringem Hintergrundgeräusch
7. Starke Beschleunigung von Fahrzeugen im Orientierungsbereich ($d \geq 30m$) bei moderatem Hintergrundgeräusch und bei Fahrgeschwindigkeiten bis etwa 50km/h

Diese Zusammenstellung beschreibt das Informationsdefizit von Fußgängern aufgrund des geringeren Geräuschniveaus von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb. Damit stellt sie Anlass und Zielkriterium für Maßnahmen zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit im

Zusammenhang mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen dar.

Dies schafft gleichzeitig den nutzenseitigen Bewertungsrahmen (vgl. Kapitel 8.5.1) für alle Maßnahmen, die nachfolgend betrachtet werden. Die obige Zusammenstellung beschreibt das Informationsdefizit auf abstraktem Niveau und gibt dabei keinesfalls bestimmte Lösungen zur Bedienung des Informationsbedarfes vor. Daher können die oben aufgeführten Punkte letztlich auch im Sinne eines Lastenheftes für technische Systeme im Rahmen der hier behandelten Problemstellung betrachtet werden.

8 Maßnahmen zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit

Die nachfolgend vorgestellten Maßnahmen sollen in erster Linie die veränderte Wahrnehmbarkeitssituation von alternativ angetriebenen Fahrzeugen ausgleichen und die Verkehrssicherheit der Interaktion zwischen Fußgänger und Fahrzeugen verbessern. Daher werden sie abschließend hinsichtlich ihres Potentials zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit bewertet.

Die aktuelle Veröffentlichung „Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit“ des wissenschaftlichen Beirates für Verkehr beim BMVBS (2010) legt allgemeine Empfehlungen basierend auf dem erreichten Wissenstand der Verkehrssicherheitsforschung vor. Daraus lassen sich wesentliche Maßnahmen zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit, insbesondere für die Interaktion zwischen Fußgängern und Fahrzeug ableiten.

Neben allgemeinen Empfehlungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit wurden auch Empfehlung zum Fußgängerschutz (bspw. (Kühn, et al., 2007) (IIHS, 2010) (Fischer, et al., 2010)) sowie Empfehlungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Zusammenhang mit der speziellen Problematik leiser Fahrzeuge (Elektro- und Hybridfahrzeuge), bspw. Garay-Vega, et al. (2010) und Sandberg, et al. (2010) herangezogen.

Weiterhin wurden uns Befragungsdaten, die bereits in Auszügen durch Garay-Vega et al. (2010 S. 11-12) publiziert wurden, von Deborah Kent Stein (NFB) und Sarah C. Hiple (SAE) auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Hierbei handelt es sich um Befragungsdaten von 36 Personen, die eher anekdotenhaften über ihr Erlebnis mit einem leisen Fahrzeug berichten, aber auch mögliche Maßnahmen vorschlagen. Diese Vorschläge sind unter Stein et al. (2010) angeführt.

Die in der Literatur identifizierten Maßnahmen sind nachfolgend untergliedert in informations- und wissensorientierte Maßnahmen, infrastrukturbasierte Maßnahmen, fahrzeugbasierte Maßnahmen und Maßnahmen der Fahrzeug – Fußgänger – Kommunikation.

8.1 Informations- und wissensorientierte Maßnahmen

Informations- und wissensorientierten Maßnahmen widmen sich der Aufklärung zu einer veränderten Wahrnehmbarkeitssituation von alternativen Antrieben. Diese medial sehr unterschiedlich zu gestaltenden Maßnahmen können einerseits Fahrzeugführer und andererseits weitere Verkehrsteilnehmergruppen wie Fußgänger und Radfahrer adressieren.

Informations- und Aufklärungsmaßnahmen sind eine anerkannte Präventionsmaßnahme. So könnten alle Fußgänger für leise Fahrzeuge sensibilisiert werden, sodass sie auf eine veränderte Wahrnehmbarkeit vorbereitet sind, angemessen reagieren und Unfälle verhindert werden können. Insbesondere können die am stärksten betroffenen Verkehrsteilnehmer (Sehbehinderte, Blinde, Kinder und ältere Menschen) informiert werden. Hierfür können massenmediale öffentliche Verkehrssicherheitskampagnen zum Einsatz kommen, die möglichst auch die internetbasierten sozialen Netzwerke einschließen (Wiss. Beirat, 2010).

Verkehrssicherheitskampagnen sind eine Möglichkeit, die Verkehrsteilnehmer zu informieren, allerdings sind sie als Einzelmaßnahme nicht sehr wirksam und werden deshalb meist in Kombination mit anderen Maßnahmen verwendet. Verkehrssicherheitskampagnen werden als informative Maßnahme eingesetzt, um auf eine bestimmte Thematik aufmerksam zu machen und verfolgen das Ziel eine Verhaltensänderung zu bewirken (Braun, et al., 2010).

Ein erfolgreiches nationales Beispiel für eine Verkehrssicherheitskampagne ist die vom DVR und vom BMVBS initialisierte „Runter vom Gas“ – Kampagne, welche die Fahrer auf die drastischen Folgen überhöhter Geschwindigkeit aufmerksam macht. Als erfolgreiche Kampagnen aus dem Ausland ist bspw. Großbritannien mit „THINK! Road safety“ zu nennen (Wiss. Beirat, 2010), die die Sensibilisierung aller Verkehrsteilnehmer für gegenseitige Rücksichtnahme thematisiert. Ebenfalls gibt Norwegen mit der Kampagne „Trau dich“, bei der Jugendliche ermutigt werden gegen riskante Fahrweisen von anderen anzusprechen (Braun, et al., 2010) ein positives Beispiel.

Spezielle Aufklärungsmaßnahmen für Mobilitätstrainer und für Blindenführhundausbilder könnten eingesetzt werden, um insbesondere die Betroffenengruppe der sehbeeinträchtigten Fußgänger auf die veränderte Wahrnehmung von Elektro- und Hybridfahrzeugen vorzubereiten (Garay-Vega, et al., 2010) und den Betroffenen angepasste Techniken nahezulegen.

Sandberg et al. (2010) schlägt öffentliche Kampagnen, Aufklärungsmaßnahmen in der Fahrschule und zusätzlich Informationen in jedem leisen Fahrzeug für Fahrer vor. Hierbei sollen die Fahrer darauf aufmerksam gemacht werden, dass Fußgänger die leisen Fahrzeuge nicht rechtzeitig wahrnehmen können und dass besonders sehbehinderte sowie blinde Menschen betroffen sind. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, dem Fahrer seine Verantwortung im Straßenverkehr aufzuzeigen und eine mögliche Verhaltensanpassung hervorzurufen. Empirische Untersuchungen mit Testfahrern weisen darauf hin, dass eine gewisse Verhaltensanpassung bei den Fahrern stattfinden könnte (Cocron, et al., 2011).

Um als Fahrer angemessen auf sehbehinderte und Blinde Menschen reagieren zu können, wäre es hilfreich wenn sich diese als sehingeschränkt zu erkennen geben. Dies sollte insbesondere von Personen mit Sehbehinderungen angedacht werden. Blinde sind zumeist mit Blindenführhund oder Langstock unterwegs und über die Hilfsmittel gut in ihrer Einschränkung zu erkennen. Bei Sehbehinderten ist dies seltener der Fall. Für Fahrzeugfahrer ist es daher meist unmöglich, sehbehinderte von normalsehenden Personen zu differenzieren. So kann beispielsweise ein sehbehinderter Mensch in Richtung des Fahrers schauen. Dies bedeutet jedoch keineswegs ein Erkennen des Fahrers oder dass eine tatsächliche Abstimmung stattgefunden hat.

„Sehen und gesehen werden“ ist ein wichtiges Konzept im Straßenverkehr. Die Mehrzahl der Fußgänger ist dunkel gekleidet (Eckert, 1993), leider wissen diese Verkehrsteilnehmer oft nicht, wie schlecht sie teilweise für den Kraftfahrer in alltäglichen Verkehrssituationen zu erkennen sind (Lachenmayer, 1995). Damit Fahrer Fußgänger wahrnehmen können, müssen diese zuvor seine Aufmerksamkeit erwecken.

Die Wahrnehmung der Fußgänger wird in Situationen erleichtert, in denen sie auffällig sind bzw. sich vom Hintergrund ihrer Umgebung abheben. So sind etwa dunkel gekleidete Personen nicht nur bei schlechten Sichtbedingungen schwerer erkennbar. Die Wahrnehmbarkeit lässt sich durch höhere Kontraste steigern, in dem Fußgänger gut kontrastreiche und damit sichtbare Kleidung besonders in der dunklen Jahreszeit tragen. Retroreflektierende Elemente können den Effekt bei Dunkelheit noch verstärken (bfu, 2007), sodass ein Fußgänger bereits in großer Entfernung wahrgenommen werden kann. Bei dieser Maßnahme obliegt es jedem Fußgänger selbst, inwieweit er einen eigenen Beitrag leisten möchte um das Unfallrisiko zu reduzieren.

8.2 Infrastrukturbezogene Maßnahmen

Die Auswahl der Maßnahmen im infra-strukturellen Bereich zielt zunächst auf die Allgemeinen Empfehlungen des Fußgängerschutzes ab. Unfälle mit Fußgängern ereignen sich überwiegend beim Queren der Fahrbahn, daher wird neben einer Reduzierung der Geschwindigkeiten (Kühn, et al., 2007)(Wiss. Beirat, 2010) die zeitliche oder räumliche Trennung von Fußgängern und Fahrzeugen anhand definierter Querungsstellen empfohlen (IIHS, 2010). Infrastrukturelle Maßnahmen sind im Allgemeinen mit einer langen Implementierungszeit verbunden (Garay-Vega, et al., 2010).

Fußgängerüberwege (FGÜ) bieten die Möglichkeit einer sicheren Querung weil dort den Fußgängern Vorrang gegenüber den Kraftfahrzeugen eingeräumt wird. Bei Fußgängerüberwegen kommt es darauf an, dass jeder auf den anderen Verkehrsteilnehmer achtet, ausschlaggebend ist hierfür der Blickkontakt.

Da dieser bei blinden Fußgängern fehlt, schlagen Garay-Vega et al. (2010) eine automatische Fußgängererkennung an Fußgängerüberwegen vor, die den Fahrer auf einen anwesenden Fußgänger aufmerksam macht, sodass der Sichtkontakt insbesondere des blinden und sehbehinderten Fußgängers ohne Folgen ausbleiben kann. Praktisch birgt ein solches System die Gefahr einer gewissen Unspezifität der Information durch eine relativ hohe Anzahl von falsch

ausgelösten Signalen (Boudet, et al., 2009) beispielsweise durch vorbeigehende Passanten.

Weiterhin sollten jegliche Sichtbehinderung in diesem Bereich vermieden werden, weshalb FGÜ auch in Kombination mit Mittelinseln oder Fahrbahnverengungen eingesetzt werden (Kühn, et al., 2007). Ein verbessertes Design von Fußgängerüberwegen wird als Verbesserungsmaßnahme im Zusammenhang mit alternativen Antrieben bei Verheijen et al. (2010) angeführt. Fußgängerüberwege ermöglichen eine Reduzierung der Gefahr, nicht wahrgenommen zu werden, da an diesen Stellen von Kraftfahrern erhöhte Aufmerksamkeit gefordert wird.

Mittelinseln stellen eine zusätzliche Querungshilfe dar, die mitunter mit einer Fahrbahnverengung kombiniert sein kann und somit in gewisser Weise auch geschwindigkeitsreduzierend wirken kann. Mittelinseln bieten Fußgängern den Vorteil, dass sie sich nur noch auf den Fahrverkehr einer Richtung konzentrieren müssen. Weiterhin verkürzen Mittelinseln die Querungswege und verbessern die Sichtverhältnisse sowohl für den Fußgänger als auch für den Fahrer (Schnabel, et al., 1997).

Fußgängerüberwege und Mittelinseln stellen definierte Querungsstellen auf freier Strecke dar, an denen eine gegenseitige Rücksichtnahme gefordert ist. Insbesondere an diesen Stellen sollte die Sichtbarkeit beispielsweise durch gute Beleuchtung erhöht werden (IIHS, 2010).

Ein zusätzliches Element, welches sowohl vor Fußgängerüberwegen, Kreisverkehren oder auch vor Kreuzungsbereichen (mit/ohne LSA) eingesetzt werden kann, sind Rüttelstreifen (Rumble stripes) oder Elemente auf der Fahrbahn (Garay-Vega, et al., 2010). Die Rüttelstreifen oder Elemente werden nicht wie üblicherweise bekannt zur Fahrbahnbegrenzung genutzt, sondern verlaufen quer über die Fahrbahn, so dass ein heranfahrendes Fahrzeug wahrnehmbar wird.

Gleichmäßige Abstände zwischen den Elementreihen geben zusätzliche Informationen zur Fahrzeugentfernung und über dessen Geschwindigkeit. Sowohl die Ausführung in Form von Rüttelstreifen als auch zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn lösen nicht nur für den Fußgänger ein wahrnehmbares Geräusch aus,

sondern verursacht gleichzeitig beim Fahrer ein Gefühl von Diskomfort (Unbehagen), insbesondere wenn dieser sich mit hoher Geschwindigkeit nähert (Wiss. Beirat, 2010). Die akustische und haptisch-vibratorische Rückmeldung beim Überfahren der Elemente werden beim Fahrer vor allem bei höheren Geschwindigkeiten als unangenehm empfunden, so dass zukünftig langsamer an die Kreuzungen herangefahren wird.



Abbildung 8-1: zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn

Kreuzungsbereiche sind definierte Querungsstellen, die ähnlich wie Fußgängerüberwege und Mittelinseln insbesondere für blinde Verkehrsteilnehmer akustisch oder taktil auffindbar gestaltet sein müssen. Realisiert wird dies derzeit im Allgemeinen über ein etabliertes infrastruktur-basiertes Warn- und Leitsystem für sehbehinderte und Blinde Menschen.

Kreuzungsbereiche stellen Bereiche dar, in denen das Fahrzeug entweder mit konstanter Geschwindigkeit durchfährt, seine Geschwindigkeit verringert um zu halten bzw. einen Abbiegevorgang einleitet oder beschleunigt um die Fahrt fortzusetzen. Das sind insbesondere die Situationen, in denen Geschwindigkeiten gefahren werden, bei denen alternativ angetriebene Fahrzeuge im Vergleich zu solchen mit Verbrennungsmotor leiser sind.

Zusätzlich stellen Kreuzungsbereiche einen ausgedehnten Interaktionsraum zwischen Fußgängern und Fahrzeugen dar. Daher gilt es, hier auch infrastrukturelle Lösungen zu benennen. Zusätzliche Lichtsignalanlagen bieten zum einen mehr definierte Querungsstellen und zum anderen, sofern sie behindertengerecht ausgestattet sind, eine vereinfachte Querung der Straße. Barlow et

al. (2003 S. 244) führt eine Liste von „best practice“ Beispielen für blinden- und sehbehindertengerechte Signalisierung an Lichtsignalanlagen an. Garay-Vega et al. (2010) empfiehlt, dies als eine weitere Maßnahme im Zusammenhang mit zunehmend leisen Fahrzeugen, da hierdurch eine akkuratere Abschätzung der Verkehrssituation erfolgen kann und dadurch die Anzahl riskanter Querungen reduziert wird.

Insgesamt werden durch Barlow et al. (2003) fünf Möglichkeiten für ein „Grünsignal“ (Gehsignal) angeführt. Sie reichen von einem einfachen Signalton, über eine Sprachansage, eine vibrierende Oberfläche am Lichtsignalsteuerelement (Taster) bis hin zu einer Nachricht auf einem speziellen Empfänger beim Fußgänger. Die letzte Möglichkeit des Grünsignals stellen Schallquellen dar, die eine Information zur Orientierung und Ausrichtung während der Querung liefern.

8.3 Fahrzeugbasierte Maßnahmen

Die meist diskutierte Maßnahme im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau alternativer Antriebe stellt das Wahrnehmbarkeitssignal dar. Diese Maßnahme wird weltweit insbesondere durch die Blinden- und Sehbehindertenvereine befürwortet (beispielhaft (NFB, 2011) (DBSV, 2011)). Das Wahrnehmbarkeitssignal soll ein Minimum an Geräusch herstellen, um dem Fußgänger die wichtigsten Informationen über das Fahrzeug (Fahrzustand, Abstand) zur Verfügung zu stellen, sodass ein Elektro- oder Hybridfahrzeug wahrnehmbar ist.

An das Wahrnehmbarkeitssignal, auch „Approaching Vehicle Audible System“ (AVAS) bei der informellen UNECE-Arbeitsgruppe QRTV (untergeordnet der working party on noise (GRB) und angenommen durch WP29) genannt, sind viele Bedingungen geknüpft, welche die QRTV versucht für den UNECE-Raum zu beschreiben. Japan war das erste Land, in welchem Richtlinien erarbeitet wurden. Diese wurden zur Harmonisierung den USA und der UNECE vorgelegt. Am 17.12.2010 verabschiedete der US-Kongress ein Gesetz, wonach auch geräuscharme Elektro- und Hybridfahrzeuge im Straßenverkehr deutlich hörbar sein müssen (o.V., 2010).

Am 04. 01. 2011 unterzeichnete Präsident Obama den „Pedestrian Safety Enhancement Act of 2010“

mit dem sich das US-Verkehrsministerium dazu verpflichtet, innerhalb von 18 Monaten Vorgaben für ein Mindestgeräusch zu erarbeiten (QRTV-05-02, 2011). Die QRTV hat sich im Februar 2011 darauf geeinigt, dass wenn ein AVAS bei Elektro- und Hybridfahrzeugen zum Einsatz kommt, diese bis 20km/h ein Geräusch von sich geben sollen, welches aber die Lautstärke eines vergleichbaren Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor nicht überschreitet (QRTV-05-05, 2011). Geräusche wie beispielsweise Sirenen, Alarmgeräusche oder Tiergeräusche sind nicht akzeptabel (QRTV-05-05, 2011). Somit ist eine Grundlage geschaffen, dass eine schnelle Umsetzung von Fahrzeuggeräuschen bei Elektro- und Hybridfahrzeugen erfolgen kann. In diesen Regelungsbereich fällt auch ein Rückwärtsfahrtsignal.

Es gilt zunächst ein optimales Geräusch zu finden, welches möglichst viele Informationen transportiert, die Aufmerksamkeit der relevanten Verkehrsteilnehmer fängt und den fahrzeugspezifischen Klang transportieren kann. Daran arbeiteten nicht nur Automobilhersteller sondern auch Zulieferer und Forschungsintuitionen.

Die Möglichkeiten, die ein solches Wahrnehmbarkeitssignal mit sich bringt sind vielfältig, da sie sowohl durch künstliche Geräusche als auch über die technischen Komponenten im Fahrzeug gewonnen werden können. Damit ergibt sich auch die Möglichkeit, das Signal in seiner Ausstrahlcharakteristik zu optimieren (Goodes, et al., 2009), umso beispielsweise die befürchtete erhöhte Lärmbelastigung (Garay-Vega, et al., 2010) weitestgehend zu vermeiden.

Denkbar wäre auch, eine Geräuschoptimierung gezielt für Blindenführhunde zu entwickeln (Stein, et al., 2010), diese würde ebenfalls eine Lärmbelastigung für den Menschen ausschließen. Um die Chancen einer geringeren Lärmemission durch den motorisierten Individualverkehr zu nutzen, stellt sich die Frage, ob ein Wahrnehmbarkeitssignal immer zur Verfügung gestellt werden muss. Denkbar ist auch die Kopplung an die Anwesenheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern (Gerhard, 2010). Hierfür wären Fahrerassistenzsysteme oder Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikationslösungen notwendig.

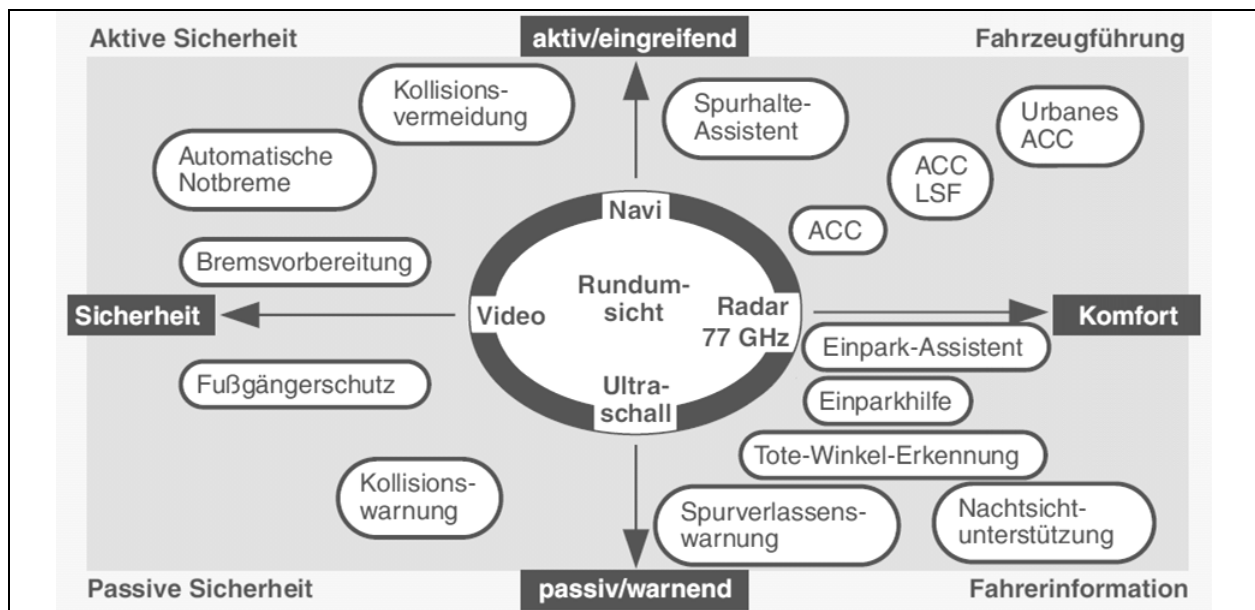


Abbildung 8-2: Einteilung Fahrerassistenzsysteme (Knoll, 2010 S. 110)

Fahrerassistenzsysteme dienen in erster Linie dazu, den Fahrer zu unterstützen und werden beispielsweise zur Unfallprävention eingesetzt. Diese Systeme lassen sich generell in aktive und passive Sicherheitssysteme einteilen. Wie in der Abbildung 8-2 dargestellt, dienen passive Systeme zur Warnung des Fahrers, wohingegen aktive Systeme in definierten Situationen eingreifen. Die Aufgabe, einen Fußgänger zu erkennen und den Fahrer auf dessen Anwesenheit aufmerksam zu machen, ist mit Hilfe eines passiven Systems umsetzbar. Diese Maßnahme wird alternativ zum Wahrnehmbarkeitssignal von Sandberg et al. (2010) vorgeschlagen.

Ebenfalls werden sinkende Kosten für ein solches System von ihm prognostiziert, was eine größere Verbreitung mit sich bringen kann. Viele der technischen Voraussetzungen existieren bereits und kommen in anderen Fahrerassistenzsystemen mit anderen Aufgaben zum Einsatz. Die Grundlagen können z. B. die Laser-, Lidar- oder die Radartechnik sein (Winner, et al., 2009). Die Aufgabe der Fußgängererkennung wird meist über ein kamerabasiertes System realisiert (Gerónimo, et al., 2010), allerdings ist trotz entwicklungs-technischer Fortschritte in den letzten Jahren die Leistungsfähigkeit eingeschränkt (Schiele, et al., 2009).

Nach der Erkennung der kritischen Gefahrensituation kann auch aktiv, in Form von einer Notbremsung, eingegriffen werden. Solch ein System

kann durch das frühestmögliche Eingreifen die Aufprallgeschwindigkeit, welcher ein entscheidender Faktor der Unfallschwere ist, reduzieren. Insbesondere bei Notbremsassistenten sind noch Widersprüche zum Wiener Übereinkommen auszuschließen.

Eine kamerabasierte Lösung könnte beispielsweise auch das Rückfahrtsignal ersetzen, auch handelsübliche Lösungen über Ultraschall wie von Sandberg et al. (2010) vorgeschlagen, würden den Fahrer über einen anwesenden Fußgänger hinter dem Fahrzeug aufmerksam machen. Dies würde gleichzeitig den Befürchtungen einer zunehmenden Lärmbelastigung durch Rückfahrtsignale entgegenwirken (Holzmann, 2011). Zudem hat eine Untersuchung von Sapien et al. (2003) gezeigt, dass Kinder keine Vermeidungsreaktion auf ein solches Signal zeigen und schlussfolgert daher, dass ein solches Signal keine adäquate Unfallpräventionsmaßnahme für diese Personengruppe darstellt.

Weitere Fahrerassistenzsysteme, wie beispielsweise Abbiegeassistent, Abstandsregler, Lichtsysteme oder Nachtsichtassistent (siehe Abbildung 8-2) könnten indirekt den Fußgängerschutz erhöhen, indem sie den Fahrer bei seiner Fahraufgabe unterstützen.

8.4 Maßnahmen der Fahrzeug/ Fußgänger – Kommunikation

Eine Fahrer – Fußgänger – Kommunikation ist mit Blinden und Sehbehinderten im Straßenverkehr aufgrund des eingeschränkten visuellen Wahrnehmungsvermögens nur schwer möglich. Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen betrachten daher eine technisch vermittelte Kommunikation zwischen schwächeren Verkehrsteilnehmern und Fahrer bzw. Fahrzeug.

Eine präzisere Detektion des Fußgängers ist etwa per Funk möglich, wenn der Fußgänger einen entsprechenden Sendeempfänger (z.B. RFID-Transponder) trägt, der kooperativ auf die Abfrage durch das Fahrzeug antwortet (Raßhofer, et al., 2009). Hierbei ist sogar eine Kommunikation ohne Sichtkontakt und gleichzeitig eine präzisere Ortung des Fußgängers im Vergleich zur digitalen Auflösung mit einem solchen System möglich (Morhart, et al., 2009).

Der Fahrer erhält eine Information über den anwesenden Fußgänger. Die Kopplung der Fußgängererkennung mit dem Auslösen einer Notbremsung, wenn Entfernung und Winkel vom Fußgänger zum Fahrer kritisch sind, ist naheliegend. Allerdings müssen sich für die Umsetzung einer solchen Maßnahme neben der Optimierung der Auslösealgorithmen für die Bremsung und Warnung (Raßhofer, et al., 2009) noch weitere Herausforderungen wie beispielsweise die Reduzierung des Stromverbrauches des Transponders, der Schutz der Privatsphäre und Kostenaspekte betrachtet werden (Sikora, 2009).

Garay-Vega et al. (2010) zeigen eine ähnliche Alternative auf. Dabei soll der Fußgänger einen Transmitter (Sender) besitzen und sowohl der Fußgänger als auch das Fahrzeug (der Fahrer) empfängt eine Warnung, sodass beide Parteien eine Information über ihre Gegenwart erhalten.

Sandberg et al. (2010) kann sich als alternative Lösung zum Wahrnehmbarkeitssignal ein Empfänger-Gerät insbesondere für den blinden und sehbehinderten Fußgänger vorstellen. Dieser soll über das Gerät ein Signal vom Fahrzeug, zum Beispiel per Funk über seine Anwesenheit empfangen. Hierbei könnte gleichzeitig eine Information der Geschwindigkeit übermittelt werden. Diese Maßnahme empfiehlt Sandberg

gleichermaßen für gehörschwache Fußgänger, sowie für Personen die mit Kopfhörern im Straßenverkehr unterwegs sind.

Die Hürde solcher Systeme besteht allerdings in der Akzeptanz, insbesondere bei der Betroffenen-Gruppe der Blinden und Sehbehinderten. Sie wollen von keinem elektronischen Gerät zur Warnung abhängig sein (Garay-Vega, et al., 2010), etwa weil sie es vergessen könnten oder weil es aus den unterschiedlichsten Gründen nicht funktionsbereit sein könnte (Claus, 2011). Owen (2008) versucht deshalb, vorhandene Ressourcen (Geräte) beim Fußgänger für eine solche Kommunikationslösung zu adressieren. Er schlägt eine Umsetzung über Bluetooth vor, die sowohl im Fahrzeug, als auch im Mobiltelefon oder auf einer Braillezeile einfach umsetzbar ist und geringe Kosten für den Fußgänger verursachen würde.

Nicht nur die Car-to-X-Kommunikation (C2X), sondern auch die Car-to-Car-Kommunikation (C2C) sowie die Car-to-Infrastructure-Kommunikation (C2I) stellen Maßnahmen mit Potential für die zukünftige aktive Sicherheit dar und sollten deshalb vorangetrieben werden (Wiss. Beirat, 2010). Weiterhin sollten auch allgemeine Maßnahmen zur stärkeren Durchsetzung der Verkehrsregeln und der Überwachung der Regelerhaltung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit umgesetzt werden. Sicherlich verspricht jede der hier vorgestellten, zumeist bekannten Einzelmaßnahmen eine Verbesserung der Verkehrssicherheit, allerdings entfalten sie ihre volle Wirksamkeit erst, wenn sie im Zusammenspiel mit anderen Maßnahmen eingesetzt werden (Wiss. Beirat, 2010).

8.5 Bewertung der Maßnahmen

8.5.1 Maßnahmen und Bewertungskriterien

Das erste Bewertungskriterium „Nutzen“ setzt sich aus den in Kapitel 7.3 identifizierten sieben Situationen zusammen. Hierbei soll eingeschätzt werden, inwieweit für jede einzelne prototypische Situation mit begründeter Problemstellung ein Ausgleich des Wahrnehmbarkeitsdefizites erfolgt. Es wurde ein Bewertungsmaßstab von drei Punkten gewählt. Demnach kann das Wahrnehmbarkeitsdefizit „vollständig“, „teilweise“ oder „gar nicht“ ausgeglichen werden.

In engem Zusammenhang dazu steht ein weiteres Kriterium. Einschätzungen zum Wirkungsbereich, mit den beiden Ausprägungen der flächen-deckenden Wirksamkeit versus punktuelle Wirkung, bildet ab, ob die Mehrzahl der Situation potentiell überhaupt von dieser Maßnahme erfasst werden könnte.

Für die Beschreibung der Aufwandsseite (Kosten-seite) werden sechs Kriterien verwendet. Hierzu gehören die Effektsicherheit und Akzeptanz, der Umsetzbarkeitszeitraum, weiter Einführungshemmnisse, Verantwortlichkeit und technisch/organisatorischer Aufwand.

Bei der Effektsicherheit wurden drei Bewertungspunkte gewählt, hoch, mittel und niedrig. Es wird bewertet wie hoch die Sicherheit des Effektes einer Maßnahme für den Fußgänger ist. Bei der Akzeptanz wurde eine zweifache Ausprägung vorgenommen. Die Akzeptanz gegenüber einer Maßnahme kann aus Fußgängersicht eher hoch oder eher niedrig sein.

Der Umsetzungszeitraum einer Maßnahme wird durch vier Ausprägungen beschrieben, kurz-, mittel-, langfristig und unbestimmt. Insbesondere bei technischen Lösungen können Vorschriften oder Regelungen vorliegen, die eine Einführung einer solchen Maßnahme erschweren. Daher gibt es mit den Einführungshemmnissen einen weiteren Bewertungspunkt. Das Kriterium der Einführungshemmnisse ist ebenfalls dreifach (niedrig, mittel oder hoch) gestuft.

Weiterhin wurden die Maßnahmen hinsichtlich ihres technischen bzw. organisatorischen Aufwandes bewertet. Dieser Punkt ist auch wie das Kriterium Einführungshemmnisse in Dreifach-

stufung zu bewerten (siehe Tabelle 8-1). Ein letzter, erläuternder Punkt ist das Benennen der Verantwortlichkeit für die Einführung einer Maßnahme.

Bewertungskriterium	Ausprägungen
Nutzen, nach Situationen	gar nicht, teilweise, vollständig
Wirkungsbereich	flächig, punktuell
Effektsicherheit	niedrig, mittel, hoch
Akzeptanz	niedrig, hoch
Umsetzbarkeitszeitraum	kurz-, mittel-, langfristig, unbestimmt
Einführungshemmnisse	niedrig, mittel, hoch
technisch/ organisatorischer Aufwand	niedrig, mittel, hoch

Tabelle 8-1: Kriterien zur Bewertung der Maßnahmen

Die oben vorgestellten Maßnahmen werden nachfolgenden mit den vorgestellten Kriterien bewertet. Dafür wurden exemplarisch die folgenden 12 prototypischen Maßnahmen ausgewählt, die zumeist stellvertretend für eine ganze Reihe möglicher Ausgestaltungsmöglichkeiten des jeweiligen grundsätzlichen Ansatzes betrachtet werden.

1. Informationsmaßnahmen (Aufklärung) für den Fahrzeugfahrer
2. Informationsmaßnahmen (Aufklärung) für Fußgänger
3. sichtbare Kleidung des Fußgängers
4. gesicherte Querungsstellen: Fußgängerüberwege
5. gesicherte Querungsstellen: behindertengerechte Lichtsignalanlage
6. zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn
7. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge
8. Rückwärtsfahrtsignal für leise Fahrzeuge
9. Automatische fahrzeugseitige Fußgängererkennung und den Fahrer warnen
10. Automatische fahrzeugseitige Fußgängererkennung, den Fahrer warnen und Notbremsung
11. Fahrzeug gibt Fußgänger ein technisches Signal über Anwesenheit
12. Fußgänger gibt Fahrzeug ein technisches Signal über Anwesenheit

Eine detaillierte tabellarische Aufschlüsselung zur Übersicht der Bewertung befindet sich am Ende der beiden nachfolgenden Kapitel (Tabelle 8-2 und Tabelle 8-3). Die Bewertungen jeder Maßnahme werden zunächst in ihrem Nutzen und anschließend bezüglich des Aufwandes erläutert.

8.5.2 Nutzenbewertung der Maßnahmen

Die erste Maßnahme, Informationen für den Fahrer, bietet ein flächendeckendes Wirkungspotential, allerdings kann durch sie lediglich ein teilweiser Nutzen für die Situation der Annäherung des Fahrzeuges im Bewegungs- und Nahbereich (Situation 1 + 4) realisiert werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass durch fahrerseitige Verhaltensanpassung einige möglicherweise konflikthafte Situationen vermieden werden könnten und dadurch fußgängerseitig kein Informationsbedarf besteht. Dieser Strategie sind jedoch enge Grenzen gesetzt, da Interaktionssituationen nur bedingt fahrerseitig kontrollierbar sind. In den restlichen Situationen kann mit Hilfe dieser Maßnahme das Wahrnehmbarkeitsdefizit beim Fußgänger nicht ausgeglichen werden.

Bei den beiden Maßnahmen 2 und 3, bei denen der Fußgänger Informationen erhält oder er selbst sichtbare Kleidung trägt, ist davon auszugehen, dass für die Informationsansprüche der Fußgänger kein nennenswerter Nutzen in den identifizierten Situationen zum Ausgleich des Wahrnehmbarkeitsdefizites entsteht. Wie insbesondere die Betrachtungen zu Kompensationsmöglichkeiten in Kapitel 7.2 zeigen, ist ein Ausgleich der Problemstellung durch fußgängerseitige Verhaltensanpassung praktisch ausgeschlossen. Völlig unberührt von dieser Einschätzung ist das generelle, flächendeckende Verkehrssicherheitspotential dieser Maßnahmen, das sich beispielsweise auf die frühzeitigere Erkennbarkeit gründet.

Alle Maßnahmen, die auf Veränderungen der Infrastruktur beruhen (4. – 6.), können lediglich punktuell umgesetzt werden und können deshalb nur bedingt einen Nutzen in allen sieben Situationen bewirken. Fußgängerüberwege bieten überwiegend einen teilweisen Nutzen. Sie strukturieren die Querungssituation, erfordern jedoch trotzdem die sensorisch basierte Interaktion von Fußgänger und Kraftfahrzeug. Lediglich in der Situation 3 (stehendes Fahrzeug) kann diese Maßnahme keinen Mehrwert zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeitssituation leisten. Im Vergleich dazu gleichen behindertengerechte Lichtsignalanlagen dem Fußgänger in allen Situationen ihrer Umsetzung sein Wahrnehmbarkeitsdefizit der leisen Fahrzeuge nahezu

vollständig aus, da eine Wahrnehmung abgesehen von der Rückversicherung, ob die Fahrzeuge anhalten, verzichtbar wird.

Die Maßnahme der zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn wirkt in einem punktuellen Anwendungsfeld im Nahbereich sehr effektiv. Hierfür wird davon ausgegangen, dass die zusätzlichen Elemente in festen Entfernungen des Bereiches 5-30m vor einem Knotenpunkt oder einer Querungsstelle angeordnet werden. Fahrzeuge können in ihrer Annäherung akustisch detektiert werden, auch die Einschätzung der Geschwindigkeit dürfte möglich sein. Hier kann das Wahrnehmbarkeitsdefizit vollkommen ausgeglichen werden. Für Orientierungs- und Bewegungsbereich zeigt sich entsprechend keine Wirkung. Der Fußgänger könnte lediglich auf das Fahrzeug im Bewegungsbereich schließen, eine sensorische Verfolgung der Bewegung ist dadurch jedoch nicht möglich.

Das Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge besitzt einen flächendeckenden Wirkungsbereich und ermöglicht in vier von sieben Situationen (Anwesenheit und Bewegungsverfolgung der Fahrzeuge im Bewegungs- und Nahbereich, Situationen 1, 2, 4 und 5) eine vollständige Kompensation des Wahrnehmungsdefizites. In der Problemstellung der Annäherung von Fahrzeugen im Orientierungsbereich und der starken Beschleunigung (Situationen 6 und 7) ist ein Ausgleich des Wahrnehmungsdefizites möglich. Auch die Problemstellung der Detektion abfahrbereiter, aber stehender Fahrzeuge (Situation 3) ist mit Hilfe dieser Maßnahme grundsätzlich vollständig lösbar. Die derzeit verfügbaren Gestaltungsempfehlungen lassen jedoch keine eindeutige Bewertung zu oder betrachten den jeweiligen Aspekt gar nicht.

Das Rückwärtsfahrtsignal kompensiert im Nahbereich (Situationen 1 und 2) das Wahrnehmungsdefizit bei Interaktion ausschließlich mit rückwärts fahrenden Fahrzeugen. In den restlichen Situationen bietet diese Maßnahme keine Unterstützung.

Beide Maßnahmen der fahrerseitigen automatischen Fußgängererkennung bewirken keinerlei Ausgleich des Wahrnehmbarkeitsdefizites beim Fußgänger. Ähnlich wie bei den zuerst diskutierten Maßnahmen der Fahrerschulung

könnte sich ein teilweiser Effekt aus der darauf basierenden Vermeidung von Interaktionen begründen. Dies setzt eine frühzeitige Erkennung und Warnung durch das System voraus. Die Maßnahme „Fußgänger gibt dem Fahrzeug ein Signal“ erhält zwangsläufig die gleiche Bewertung, da hierdurch die Orientierung des Fußgängers praktisch nicht verbessert wird. Diese drei Maßnahmen verbessern damit lediglich teilweise in zwei von sieben Situationen das Informationsdefizit der Anwesenheit eines Fahrzeuges im Bewegungs- und Nahbereich durch Interaktionsvermeidung, soweit die Verkehrskonstellation dies zulässt und der Fahrer sich entsprechend verhält.

Die letzte zu bewertende Maßnahme, Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit, kann in der Mehrzahl der herausgestellten Situationen das Wahrnehmbarkeitsdefizit beim Fußgänger vollständig ausgleichen (Situation der Detektion des Fahrzeuges im Bewegungs-, Nah-, und Orientierungsbereiches sowie stehendes Fahrzeug in Bewegungsbereich; Situationen 1,3,4 und 6). Dies setzt die sicher technisch herausfordernde Möglichkeit der räumlich aufgelösten Informationsabfrage voraus. Die restlichen Situationen können mit Hilfe dieser Maßnahme nicht abgedeckt werden. Hierzu müssten auch Informationen zur Geschwindigkeit sowie permanenten Bewegungsverfolgung codiert, transportiert und von einem fußgängerseitigen System interpretierbar dargestellt werden. Die technisch vermittelte Präsentation dieser Informationsfülle ist unter das Maßgabe möglichst nichtvisueller Darbietung praktisch ausgeschlossen.

8.5.3 Aufwandsbewertung der Maßnahmen

Die wissensorientierten Informationsmaßnahmen sowohl für Fahrer als auch für Fußgänger sind auf der Aufwandsseite im Gegensatz zur Nutzenseite gleichermaßen zu bewerten. Die Effektsicherheit dieser Maßnahmen ist gering, denn sie ist von vielen situationellen und personellen Faktoren der Beteiligten abhängig. Der Umsetzungszeitraum, die Einführungshemmnisse sowie der technisch/organisatorische Aufwand sind im Kontext der anderen Maßnahmen ebenfalls gering. Wie oben unter 8.1 ausgeführt, werden diese Maßnahmen häufig verwendet. Die Akzeptanz solcher

Informationsmaßnahmen im vorliegenden Anwendungsfeld ist nicht bekannt. Für die Umsetzung von Informations- und Schulungsmaßnahmen sind die unterschiedlichsten Institutionen der Verkehrssicherheitsarbeit denkbar.

Sichtbare Kleidung bei Fußgängern besitzt eine geringe Effektsicherheit sowie eine niedrige Akzeptanz, denn die Mehrheit der Fußgänger trägt dunkle Kleidung insbesondere in der dunklen Jahreszeit (Eckert, 1993). Daher wurde diese Maßnahme auch bei den Einführungshemmnissen mit „mittel“ bewertet. Ausschließlich verantwortlich für die Umsetzung einer solchen Maßnahme ist der Fußgänger selbst, weshalb der Umsetzungszeitraum unbestimmt ist. Der technisch/organisatorische Aufwand ist als vergleichsweise niedrig zu bewerten.

Die infrastrukturellen Maßnahmen sind in ihrer Effektsicherheit als hoch zu bewerten. Die Akzeptanz von gesicherten Querungsstellen ist ebenfalls mit hoch zu bewerten, wohingegen die Akzeptanz für die zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn derzeit unbekannt ist. Diese Maßnahme würde sich im Gegensatz zu den anderen infrastrukturellen Maßnahmen allerdings kurzfristig umsetzen lassen.

Der Umsetzungszeitraum für die gesicherten Querungsstellen ist von längerer Dauer und somit mit mittelfristig zu bewerten. Bei allen drei infrastrukturellen Maßnahmen liegen Einführungshemmnisse vor, insbesondere begründet durch technische und verwaltungsjuristische Vorschriften (Schnabel, et al., 1997), denen die Kommunen als der primäre Baulastträger solcher Maßnahmen unterliegen. So wurden die Einführungshemmnisse mit „mittel“ bewertet.

Der technisch/organisatorische Aufwand ist für die zusätzlichen Elemente und die Fußgängerüberwege ebenfalls mit „mittel“ zu bewerten. Der technisch/organisatorische Aufwand bei der gesicherten Querungsstelle mit behindertengerechter Lichtsignalanlage ist als vergleichsweise hoch zu bewerten.

Wahrnehmbarkeitssignal und Rückwärtsfahrtsignal bieten eine hohe Effektsicherheit. Das Wahrnehmbarkeitssignal besitzt mindestens bei den Blinden und Sehbehinderten eine hohe Akzeptanz

(NFB, 2011)(DBSV, 2011), allerdings ist die Akzeptanz in der Bevölkerung nicht bekannt. Da auch keine Aussagen über die Ausprägung eines Problembewusstseins verfügbar sind, bietet dieser Punkt einen bedeutsamen Anlass für empirische Bemühungen.

Das Rückwärtsfahrtsignal ist aufgrund der erhöhten Lärmbelästigung insbesondere im unmittelbaren Anwohnerbereich in seiner Akzeptanz eher als gering zu bewerten (Holzmann, 2011). Da bereits Regelungen und Empfehlungen zum Wahrnehmbarkeitssignal erarbeitet werden, kann der Umsetzungszeitraum als kurzfristig und die Einführungshemmnisse als gering bewertet werden, allerdings besteht ein mittlerer technisch/organisatorischer Aufwand, vornehmlich bei den OEM's.

Die beiden Maßnahmen der fahrzeubasierenden automatischen Fußgängererkennung sind auch in der Bewertung der Aufwandsseite ähnlich. Die Effektsicherheit ist etwas besser als bei den wissensorientierten Maßnahmen, Anhaltspunkte zur Akzeptanz dieser Systeme bei betroffenen Fußgängern sind nicht verfügbar. Unterschiede in der Bewertung sind lediglich im Umsetzungszeitraum und bei den Einführungshemmnissen zu finden. Bei der Maßnahme mit zusätzlicher Notbremsung sind die Einführungshemmnisse hauptsächlich auf Grund von gesetzlichen Regelungen (Gelau, et al., 2009) als hoch zu bewerten. Zusätzlich ist im Vergleich zur Fahrerwarnung für die Fußgängererkennung mit Notbremsung eine präzisere Erkennung des Fußgängers notwendig. Daher wird der Umsetzungszeitraum als mittel- bis langfristig bewertet.

Die Fußgängererkennung mit Fahrerwarnung ist in Nachtsituation bereits kurzfristig umsetzbar, wohingegen die Erkennung am Tag einen eher langfristigen Umsetzungshorizont hat. Somit wurde die Maßnahme der Fußgängererkennung mit Fahrerwarnung mit kurz- bis langfristig bewertet. In der Verantwortlichkeit für ein solches System stehen vornehmlich die OEM's sowie deren Zulieferer.

Die Maßnahme, dass der Fußgänger ein Signal vom Fahrzeug erhält, wird in ihrer Effektsicherheit als hoch bewertet. Die Akzeptanz ist besonders bei den Sehbehinderten als niedrig zu bewerten (Garay-Vega, et al., 2010) (Claus, 2011). Sie möchten oft keine zusätzlichen technischen Geräte zur Mobilität verwenden. Entsprechend wurden die Einführungshemmnisse bei dieser Maßnahme als hoch bewertet. Die mittelfristige Umsetzung eines solchen Systems scheint gegeben, jedoch stellt diese Maßnahme noch einen hohen technischen/organisatorischen Aufwand dar. Bei der Umsetzung dieser Maßnahme sind unterschiedlichste Institutionen zu beteiligen.

Die Effektsicherheit eines technischen Signals vom Fußgänger an das Fahrzeug im Sinne der vorliegenden Problemstellung ist ähnlich wie die wissensorientierten oder den Fahrer hinweisenden Lösungen mit gering zu bewerten. Die Umsetzbarkeit erscheint mittelfristig gegeben, mittlere Einführungshemmnisse erwachsen vor allem aus dem technisch und organisatorisch nicht unerheblichen Aufwand diese Maßnahme.

Maßnahme	Nutzen								Allg. Nutzen
	Situation 1	Situation 2	Situation 3	Situation 4	Situation 5	Situation 6	Situation 7	Wirkungsbereich	
Informationsmaßnahmen für den Fahrer	teilweise	gar nicht	gar nicht	teilweise	gar nicht	gar nicht	gar nicht	flächig	gering
Informationsmaßnahmen für den Fußgänger	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	flächig	gering
sichtbare Kleidung des Fußgängers	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	gar nicht	flächig	gering
gesicherte Querungsstellen (FGÜ)	teilweise	teilweise	(gar nicht)	teilweise	teilweise	teilweise	teilweise	Punktuell	mittel
gesicherte Querungsstellen (behindertengerechte LSA)	vollständig	vollständig	teilweise	vollständig	vollständig	vollständig	vollständig	punktuell	hoch
zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn	(gar nicht)	(gar nicht)	(gar nicht)	vollständig	vollständig	(gar nicht)	(gar nicht)	punktuell	hoch
Wahrnehmbarkeitssignal	vollständig	vollständig	möglich	vollständig	vollständig	möglich	möglich	flächig	hoch
Rückwärtsfahrtsignal	teilweise	teilweise	gar nicht	(gar nicht)	(gar nicht)	(gar nicht)	(gar nicht)	punktuell	mittel
Fußgängererkennung und Fahrerwarnung	teilweise	gar nicht	gar nicht	teilweise	gar nicht	gar nicht	gar nicht	flächig	gering
Fußgängererkennung, Fahrerwarnung und Notbremsung	teilweise	gar nicht	gar nicht	teilweise	gar nicht	gar nicht	gar nicht	flächig	gering
Fahrzeug gibt Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit	vollständig	gar nicht	vollständig	vollständig	gar nicht	vollständig	gar nicht	flächig	mittel
Fußgänger gibt Fahrzeug ein Signal über seine Anwesenheit	teilweise	gar nicht	gar nicht	teilweise	gar nicht	gar nicht	gar nicht	flächig	gering

Tabelle 8-2: detaillierte Nutzenbewertung von Maßnahmen aus den Bereichen Informations-, Infrastruktur und Technik

Maßnahme	Kosten						Allg. Kosten
	Effekt-sicherheit	Akzeptanz	Umsetz-barkeits-zeitraum	Ein-führungs-hemmnisse	Ver-antwort-lichkeit	techn./organis. Aufwand	
Informations-maßnahmen für den Fahrer	niedrig	nicht bekannt	kurzfristig	niedrig	unter-schiedlich	niedrig	gering
Informations-maßnahmen für den Fußgänger	niedrig	nicht bekannt	kurzfristig	niedrig	unter-schiedlich	niedrig	gering
sichtbare Kleidung des Fußgängers	niedrig	niedrig	un-bestimmt	mittel	Fußgänger	niedrig	mittel
gesicherte Querungsstelle n (FGÜ)	hoch	hoch	mittelfristig	mittel	öffentl. Hand	mittel	mittel
gesicherte Querungsstelle n (behinderten-gerechte LSA)	hoch	hoch	mittelfristig	mittel	öffentl. Hand	hoch	mittel
zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn	hoch	nicht bekannt	kurzfristig	mittel	öffentl. Hand	mittel	gering
Wahrnehmbar-keitssignal	hoch	hoch (Seh-behinderte)	kurzfristig	niedrig	OEM	mittel	gering
		nicht unter-sucht (Bevölk-erung)					
Rückwärtsfahr-signal	hoch	niedrig	kurzfristig	niedrig	OEM	mittel	mittel
Fußgängererke- nnung und Fahrer warnen	mittel	nicht bekannt	kurz- /langfristig (mittel)	mittel	OEM	mittel	mittel
Fußgänger-erkennung, Fahrerwarnung und Notbremsung	mittel	nicht bekannt	mittel- /langfristig (mittel)	hoch	OEM	mittel	hoch
Fahrzeug gibt Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit	hoch	niedrig (Sehbe- hinderte)	mittelfristig	hoch	unter- schiedlich	hoch	mittel
Fußgänger gibt Fahrzeug ein Signal über seine Anwesenheit	niedrig	niedrig (Sehbe- hinderte)	mittelfristig	mittel	unter- schiedlich	mittel	mittel

Tabelle 8-3: detailliert Aufwandsbewertung von Maßnahmen aus den Bereichen Informations, Infrastruktur und Technik

8.5.4 Bewertung der Maßnahmen im Vergleich

Um den allgemeinen Nutzen und Aufwand für jede Maßnahme abzuleiten, wurden die situationsfeinen Nutzenbewertungen sowie die einzelnen Aufwandsbewertungen mit Punkten versehen, wobei „vollständig“ drei Punkte, „teilweise“ zwei Punkte und „gar nicht“ einen Punkt erhielt. Mit den anderen Bewertungen wurde sinngemäß verfahren. Weiterhin wurde die Bewertungsgrundlage der Maßnahmen mit punktuelltem Wirkungsbereich auf die von der jeweiligen Maßnahme erreichbaren Situationen reduziert. Anschließend wurden die jeweiligen relevanten Bewertungen gemittelt. Dieser Wert wird nachfolgend als allgemeiner Nutzen- bzw. Aufwandswert betrachtet. Als Maßstab werden die Ausprägungen wie in Tabelle 8-4 dargestellt hinterlegt.

Mittlerer Wert	Bewertung: Nutzen	Bewertung: Aufwand
≤1,5 Punkte	gering	hoch
1,5-2,5 Punkte	mittel	mittel
≥2,5 Punkte	hoch	gering

Tabelle 8-4: Bewertung des mittleren Nutzen- bzw. Aufwandswertes

Durch die Gegenüberstellung von mittlerem Nutzen und Aufwand ergibt sich eine deutliche Rangreihung der Maßnahmen (Tabelle 8-5). Sowohl das Wahrnehmbarkeitssignal als auch zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn sind bei hohem Nutzen vor dem Hintergrund der hier betrachteten Problemstellung mit verhältnismäßig geringen Aufwänden verbunden und sollten daher zunächst präferiert werden.

Durch beide Maßnahmen wird zweifelsfrei ein hohes Potential zur Verbesserung der Verkehrssicherheit eröffnet. Unabhängig davon werden jedoch auf dem derzeit verfügbaren Stand der Überlegungen von beiden Maßnahmen auch bei gemeinsamer Umsetzung drei der insgesamt sieben Situationen mit sensorischem Informationsdefizit (vgl. Kapitel 7.3) nicht berührt, obwohl eine vollständige Behandlung der Problemstellung durch das Wahrnehmbarkeitssignal im Sinne eines intelligenten Fahrzeuggeräusches durchaus möglich wäre.

Möglicherweise ergänzend oder alternativ einzusetzende infrastrukturelle Maßnahmen oder Maßnahmen der technischen Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikation, die alle eine hohe oder mittlere Nutzenbewertung erfahren, weisen umfangreiche Vorzüge im Sinne der allgemeinen Verkehrssicherheit auf. Sie bedienen zusätzlich auch die besonderen Orientierungsansprüche sensorisch eingeschränkter Fußgänger und sollten daher unbedingt vermehrt umgesetzt werden.

Maßnahme	Nutzen	Aufwand
Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge	Hoch	Gering
zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn	Hoch	Gering
gesicherte Querungsstellen (behindertengerechte Lichtsignalanlage)	Hoch	Mittel
gesicherte Querungsstellen (Fußgängerüberwege)	Mittel	Mittel
Rückwärtsfahrtsignal für leise Fahrzeuge	Mittel	Mittel
Fahrzeug gibt Fußgänger ein Signal über Anwesenheit	Mittel	Mittel
Informationsmaßnahmen für den Fahrzeugfahrer	Gering	Gering
Informationsmaßnahmen für Fußgänger	Gering	Gering
sichtbare Kleidung des Fußgängers	Gering	Mittel
Fußgängererkennung und den Fahrer warnen	Gering	Mittel
Fußgänger gibt Fahrzeug ein Signal über Anwesenheit	Gering	Mittel
Fußgängererkennung, den Fahrer warnen und Notbremsung	Gering	Hoch

Tabelle 8-5: Vergleichende Bewertung der exemplarischen Maßnahmen

Vor dem Hintergrund der hier betrachteten Fragestellung sind sie jedoch einerseits mit mindestens mittlerem Aufwand verbunden und andererseits auch bei gemeinsamer Umsetzung nicht in der Lage, alle aufgezeigten Problembereiche mit Informationsdefiziten aufgrund des geringen Geräuschniveaus von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb flächendeckend vollständig auszugleichen.

8.5.5 Fazit der literaturbasierten Bewertung

Auf Basis der literatur- und modellgestützten Ausarbeitungen stellt das Wahrnehmbarkeitssignal derzeit insgesamt die aufwandsärmste und aussichtsreichste Maßnahme dar, um das Wahrnehmbarkeitsdefizit von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb auszugleichen. Es ist somit die bestmögliche Strategie zur Wahrung der Verkehrssicherheit, insbesondere auch, da es mit dem Hören den am besten auf die hier behandelte Funktionalität abgestimmten Sinneskanal des Menschen nutzt. Der große Vorteil liegt in der hohen Nutzensaussicht bei gleichzeitig potentiell flächendeckender Wirksamkeit. Dabei muss diese Maßnahme keineswegs im Widerspruch zur allgemeinen Senkung der fahrzeugverursachten Geräuschemissionen stehen.

Im Sinne der Verkehrssicherheit sind die unter Kapitel 7.3 benannten Situationen zu betrachten. Dies betrifft zunächst bei Konstantfahrt primär Geschwindigkeiten bis 20km/h. Der Beitrag von Fahrzeugen mit dieser Geschwindigkeit an der gesamten verkehrsbezogenen Geräuschemission kann als relativ gering angesehen werden, ein Ausgleich anhand des Wahrnehmbarkeitssignals wäre daher wenig beeinträchtigend.

In den bisherigen Überlegungen wenig betrachtet, vor dem Hintergrund der Verkehrssicherheit jedoch bedeutsam ist zudem die Situation stehender, aber unmittelbar abfahrereiter Fahrzeuge. Hier erscheint eine Erweiterung des Wahrnehmbarkeitssignals für Fahrzeuge mit alternativem Antrieb auf diesen Betriebszustand der Minderung der Gesamtgeräuschemissionen ebenfalls wenig abträglich. Für diese Situation wäre ein an das Umgebungsgeräuschniveau angepasstes Wahrnehmbarkeitssignal auch technisch mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Zudem muss die Wahrnehmbarkeit lediglich im Umkreis von wenigen Metern (Bewegungsraum, $d \leq 5\text{m}$) realisiert werden. Demgegenüber ist der zu erwartende Nutzen für die Verkehrssicherheit vor allem von seheingeschränkten Personen bedeutsam.

Schließlich verbleibt als weitere Situation die auf mittlere Entfernungen praktisch nur akustisch detektierbare starke Beschleunigung von Kraftfahrzeugen in Annäherung an einen Fußgänger, aus der ein bedeutsames Konfliktpotential für alle

Personen, unabhängig vom Vorhandensein einer Seheinschränkung begründet wurde. Dieses Wahrnehmbarkeitsdefizit von alternativ angetriebenen Fahrzeugen mit Geschwindigkeiten bis mindestens 50km/h könnte durch ein intelligentes Wahrnehmbarkeitssignal ebenfalls technisch vergleichsweise wenig aufwändig ausgeglichen werden.

Für diese Situation kann zudem davon ausgegangen werden, dass das akute Gefährdungspotential gegenüber Fußgängern den allgemeinen Anspruch nach Minderung der Geräuschemissionen überwiegt und es sich zudem um vergleichsweise seltene, möglicherweise jedoch in der Häufigkeit zunehmende Situationen handeln dürfte (vgl. Betrachtungen am Ende von Kapitel 7.2).

Sowohl infrastrukturelle Maßnahmen als auch Maßnahmen der technischen Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikation, aber auch unterschiedlichste Maßnahmen zur Konfliktvermeidung haben ein bedeutsames Potential, die Verkehrssicherheit und gleichzeitig die Orientierungsmöglichkeiten sensorisch eingeschränkter Fußgänger bedeutsam zu verbessern. Sie sollten daher insgesamt nicht unberücksichtigt bleiben.

9 Wissenschaftlicher Hintergrund der Datenerhebung

Die bislang getroffenen Einschätzungen beruhen auf literaturgestützten und modellgeleiteten Schlussfolgerungen zur Orientierung von Fußgängern in Interaktion mit Kraftfahrzeugen. Unter dem speziellen Fokus der geringeren Geräuschemissionen von alternativ angetriebenen Fahrzeugen haben dabei die besonderen Belange sensorisch eingeschränkter Personen Beachtung gefunden. Dafür gilt es nachfolgend eine Validierung anhand empirischer Erhebungen zum Mobilitätsverhalten und zur Orientierung dieser Personen vorzunehmen.

Hinzu kommt die Aufgabe, die getroffenen Bewertungen sowohl im Detail als auch auf breiter Basis empirisch zu überprüfen. Weiter weist die Bewertungsgrundlage, beispielsweise bei der Akzeptanz Lücken auf. Bei fünf Maßnahmen konnte die Literatur keinen Aufschluss bieten, bei drei weiteren Maßnahmen konnte lediglich für die Betroffenengruppe der Sehbehinderten eine Aussage getroffen werden.

Im Rahmen der empirischen Erhebungen wurden daher Interviews mit Fokusgruppen durchgeführt. Hinzu kam eine standardisierte Befragung einer großen Stichprobe mit dem Schwerpunkt der Maßnahmenbewertung vor allem durch sensorisch eingeschränkte Personen.

Die Thematik der Verkehrssicherheit für sensorisch beeinträchtigte Fußgänger gehört zu den in der Wissenschaft vergleichsweise wenig bearbeiteten Bereichen der Elektromobilität. Hier bieten Interviews mit Fokusgruppen als diskussionsorientierte und partiell offene Erhebungstechnik Möglichkeiten, die Thematik in der Breite zu betrachten und gleichzeitig besonders interessierende Aspekte angemessen abbilden zu können. Interviews mit Fokusgruppen gehen oft von einer bestimmten, jedoch recht allgemein gehaltenen Problemstellung aus und ermöglichen neue Einblicke oder Ideen sowie Ansätze zur Strukturierung (Mayerhofer, 2009). Sie erfolgen dabei keineswegs spontan oder ausschließlich gesprächsgetrieben, sondern orientieren sich an einem eigens für jede Fragestellung entwickelten Leitfadens.

Die Ergebnisse aus Fokusgruppen erheben daher keinen Anspruch auf die repräsentative Abbildung des Meinungsbildes. Vielmehr liegt der Vorteil dieser Methode darin, auf einem ökonomischen Weg Anhaltspunkte über die gesamte Breite möglicher Sichtweisen zu einer Problemstellung aus dem speziellen Blickwinkel der Beteiligten zu gewinnen. In diesem Sinne kam für die im Rahmen des vorliegenden Projektes durchgeführten Interviews mit verschiedenen Betroffenenengruppen der Anspruch hinzu, abzuschätzen, ob alle in den literatur- und modellbasierten Überlegungen getroffenen Annahmen und Schlussfolgerungen einerseits für bestimmte Situationen zutreffen und andererseits keine aus Perspektive der Betroffenen zentralen Aspekte unberücksichtigt geblieben sind.

Für die Untersetzung der getroffenen Bewertung möglicher Maßnahmen durch das Bewertungsbild einer großen Stichprobe erfolgte eine Befragung anhand eines im Internet präsentierten Fragebogens. Diese Methode ist vor allem dazu geeignet, die Meinung vieler Personen zu standardisiert dargebotenen Inhalten mit vertretbarem Aufwand abzubilden. Individuell besondere Ansichten können, wie im vorliegenden Fall auch realisiert, bedingt durch die Möglichkeit von Kommentaren in Freitextform abgebildet werden.

9.1 Fragestellungen der Interviews

In den Interviews wurden drei Themenkomplexe diskutiert. Es waren dies die Wahrnehmung und Orientierung im Straßenverkehr, dann Erlebnisse zu kritischen Situationen und Unfallsituationen im Straßenverkehr sowie schließlich die Bewertung möglicher Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Zusammenhang mit alternativen Antrieben.

Der Komplex der Wahrnehmung und Orientierung bei Interaktionen im Straßenverkehr thematisierte zunächst die Frage nach den unterschiedlichen Querungsstellen und der Auswahl dieser. Es wurden Beweggründe angesprochen, die vorliegen könnten, um nur bestimmte Stellen zum Queren zu nutzen und welche Informationen von den Teilnehmern für eine Querung herangezogen werden.

Weiterhin wurde die Frage des Verhaltens zur Querungsabschätzung und Rückversicherung thematisiert und dabei vor allem die Interaktionsstrategien zur Querung der Straße in den unterschiedlichen Fokusgruppen betrachtet. Eine besondere Beachtung fand der akustische Beitrag in den jeweiligen Entscheidungsstufen und Fokusgruppen.

Im zweiten Themenkomplex rund um kritische Situationen und Unfallsituationen mit Fahrzeugen im Straßenverkehr wurden persönliche Erlebnisse identifiziert, aber auch vermittelte Erfahrungen diskutiert. Soweit möglich, wurden Entstehungsursachen und Strategien zur Vermeidung besprochen. Weiterhin wurde hinterfragt, welche Verhaltenskonsequenzen sich eventuell aus den erlebten kritischen Situationen ergeben haben.

Der dritte Themenkomplex behandelt die Bewertung möglicher Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von alternativen Antrieben. Hierbei wurden die im Kapitel 8.5 aufgeführten Maßnahmen mit den Fokusgruppen diskutiert. Thematisiert wurden neben der Präferenz vor allem die jeweiligen Beweggründe hinsichtlich der Maßnahmenbewertung. Im Anhang sind die diskutierten Maßnahmen in Maßnahmenblöcken dargestellt (Tab. A 3-1).

9.2 Methodik der Interviews

Für die vorliegende Fragestellung wurden Interviews mit Teilnehmern fünf unterschiedlicher Personengruppen durchgeführt. Dies waren eine blinde Fokusgruppe, zwei sehbehinderte Gruppen, eine taube Gruppe, zwei ältere (+65 Jahre) Gruppen und eine Vergleichsgruppe erwachsener Personen ohne sensorische Einschränkungen. Mit den Fokusgruppen wurde jeweils ein leitfadensbasiertes Gruppeninterview durchgeführt, der vollständige Leitfaden befindet sich im Anhang (A 3.1, Seite A 3-43).

Die Teilnehmer wurden auf unterschiedlichen Wegen angesprochen. Die blinden und sehbehinderten Teilnehmer wurden über den Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. (DBSV) in Berlin akquiriert. Die Interviews fanden in den Räumlichkeiten des Allgemeinen Blinden- und Sehbehindertenverein Berlin gegr. 1874 e.V.

(ABSV) statt. Die Fokusgruppe der tauben Personen wurde unter Mithilfe des Stadtverband der Gehörlosen Dresden e.V. organisiert und ebenfalls in deren Räumlichkeiten durchgeführt.

Die Fokusgruppe der Älteren setzte sich zusammen aus zwei Interviews. Ein Interview wurde im Rahmen eines Seniorennachmittages der Volkssolidarität Dresden e.V. in deren Räumlichkeiten durchgeführt und ein weiteres am Lehrstuhl für Verkehrspsychologie an der Technischen Universität Dresden. Diese Teilnehmer wurden anhand einer Zeitungsanzeige angesprochen. Ein zweites Interview mit Sehbehinderten wurde ebenfalls am Lehrstuhl für Verkehrspsychologie der Technischen Universität Dresden durchgeführt. Auch diese Teilnehmer wurden durch die Zeitungsanzeige für die Interviews gewonnen.

Alle Teilnehmer erhielten nach dem Interview eine symbolische Aufwandsentschädigung. Die Interviewdauer variierte zwischen 2h:24min und 3h:28min. Die Gespräche wurden per Tonband mitgezeichnet. Alle Teilnehmer haben dazu ihr Einverständnis gegeben. Neben dem Interviewleiter war immer eine weitere Person zum Protokollieren der Interviews anwesend. Für das Interview mit der tauben Fokusgruppe war zusätzlich eine Gebärdendolmetscherin anwesend, da alle Teilnehmer kein Hörvermögen besaßen.

Im Themenkomplex der Maßnahmenbewertung wurde zum besseren Verständnis bei einigen Maßnahmen neben der verbalen Beschreibung zusätzliches Bild- und Videomaterial verwendet. Diese Inhalte wurden in den sehbeeinträchtigten Fokusgruppen durch den Interviewleiter beschrieben.

9.3 Onlinebefragung

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde zusätzlichen zu den Interviews eine Erhebung zur Maßnahmenbewertung mit Hilfe einer Online-Befragung durchgeführt. Zielstellung war es, eine größere Anzahl an betroffenen Personen hinsichtlich ihrer Bewertung für die Maßnahmen zu befragen. Der Fragebogen umfasste die beiden inhaltlichen Bereiche Angaben zur Personen und die Bewertung möglicher Maßnahmen in Hinblick auf die Fußgängersicherheit.

Nach einer kurzen Einleitung zum Fragebogens (siehe Abb. A 4-1) schloss sich direkt der Befragungsteil an. Im ersten Bereich wurden allgemeine Personendaten wie Alter, Geschlecht und Wohnort erhoben. Weiterhin wurden die Teilnehmer nach Seh- und Gehörschwächen sowie weiteren Beeinträchtigungen befragt.

Die Bewertung der Maßnahmen stellt den zweiten Befragungsbereich dar. Die bereits in Kapitel 8 vorgestellten Maßnahmen wurden für die Befragung im Fragebogen leicht angepasst. Entsprechend ergeben sich für die fünf Maßnahmenblöcke insgesamt 15 zu bewertende Maßnahmen (Tab. A 4-1). Im Onlinefragebogen wurden die Maßnahmen anhand einer kurzen Beschreibung charakterisiert, es wurde nicht wie bei den Interviews zusätzliches Bild- oder Tonmaterial verwendet.

Die Maßnahmenbewertung erfolgte mit Hilfe einer 5-stufigen Skala (1=gar nicht hilfreich bis 5=sehr hilfreich). Nach einer kurzen Einleitung in den Maßnahmenbereich (siehe Abb. A 4-4) wurden die Maßnahmen in randomisierter Reihenfolge dargeboten. Hierdurch wurden Reihenfolgeeffekte der Darbietung vermieden. Ein Beispiel der Darstellung einer Maßnahme ist den Anhang Abb. A 4-5, S. A 4-71 zu entnehmen.

Die Teilnehmer mussten jede Maßnahme bewerten, um das Ende des Fragebogens zu erreichen. Nach der Bewertung der 15 Maßnahmen wurden den Teilnehmern noch zwei offene Fragen gestellt. Diese thematisierten weitere sinnvolle Lösungen/Maßnahmen, die noch nicht erwähnt wurden, sowie welche der genannten Lösungen als am Geeignetsten eingeschätzt wurde.

Zur Erhebung der Daten wurde der Online-Fragebogen „oFb-Server SoSciSurvey.de“ verwendet. Der Fragebogenlink wurde deutschlandweit an Vereine der Blinden und Sehbehinderten sowie Ausbildungsstätten verteilt. Diese haben neben dem deutschen Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. (DBSV), dem Allgemeinen Blinden- und Sehbehindertenverein Berlin gegr. 1874 e. V. (ABSV) sowie dem Deutschen Schwerhörigenbund e.V. (DSB) geholfen, die Information der Befragung an Betroffene weiterzuleiten. In mehreren Institutionen wurde die Aufforderung zur Teilnahme auch als Aushang zur Verfügung gestellt.

Auf Grund technischer Eigenschaften des Online-Fragebogens war dieser nicht vollständig barrierefrei für einige der sehingeschränkten Teilnehmer. Daher wurde eine zusätzliche barrierefreie Version des Fragebogens als MS-word-Datei erstellt und an entsprechend Betroffene verschickt. Der Fragebogen wurde weiterhin auf Anfrage auch per Post als Papierversion verschickt. Somit konnten auch Personen teilnehmen, die über keinen Internetzugang verfügen und über die Befragung auf mündlichem Weg oder per Aushang erfahren haben. Der Befragungszeitraum erstreckte sich über 6 Monate. Die Befragung begann am 23.11.2010 und wurde am 15.05.2011 beendet.

10 Ergebnisse der Datenerhebungen

10.1 Charakterisierung der Interviewprobanden

10.1.1 Allgemeine Charakterisierung

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden 7 Interviews mit Fokusgruppen (FG) durchgeführt, an denen insgesamt 37 Personen teilnahmen. Darunter befanden sich 22 weibliche und 15 männliche Teilnehmer. Das durchschnittliche Alter betrug 58,5 Jahre (SD = 16,2 Jahren), der jüngste Teilnehmer war 20 Jahre und der älteste Teilnehmer 82 Jahre alt.

Die Interviews umfassten je eine Fokusgruppe mit blinden Teilnehmern, sehbehinderten Teilnehmern, älteren Teilnehmern (Senioren), Tauben Teilnehmern sowie eine Gruppe erwachsener Personen ohne sensorische Einschränkung. Die Gruppe der Sehbehinderten umfasste sowohl selbständig mobile Sehbehinderte als auch 2 Sehbehinderte, die sich zumeist mit sehender Begleitperson im Straßenraum bewegen. Das Interview mit dieser Gruppe berücksichtigt daher auch die Beiträge der zwei sehenden Begleitpersonen. Die Teilnehmer der jeweiligen Gespräche sind in Tabelle 10-1 näher charakterisiert.

In den Gruppen seheingeschränkter Personen überwiegen die Männer, in allen anderen Gruppen nahmen mehr Frauen als Männer teil. Der Altersdurchschnitt in den Gruppen mit sensorischen Einschränkung gleicht mit etwa 60 Jahren demjenigen der an Unfällen mit Fahrzeugen beteiligten Fußgänger mit sensorischen

Einschränkungen (vgl. Kapitel 5.1.2). Das jeweilige mittlere Alter der Erwachsenen und älteren Teilnehmer bewegt sich im Vergleich der entsprechenden Interviewteilnehmer mit den an Unfällen mit Kraftfahrzeugen Beteiligten ebenfalls auf sehr vergleichbarem Niveau (vgl. Kapitel 5.1.1).

10.1.2 Charakterisierung der seheingeschränkten Personen

In der blinden Fokusgruppe haben vier vollständig erblindete Personen teilgenommen und ein Teilnehmer ist nach dem Gesetz blind, besitzt aber noch Lichtwahrnehmung, d.h. er kann nach eigenen Angaben zur Orientierung den Himmel und Häuser nutzen.

Drei der fünf Teilnehmer der blinden Fokusgruppen haben ein Mobilitätstraining absolviert, bei einem Teilnehmer stand dies in naher Zukunft an. Alle fünf Teilnehmer geben an, sich überwiegend selbstständig mit dem Langstock im Straßenverkehr zu bewegen. Ein Teilnehmer gab an, zusätzlich ein GPS-Gerät zur Richtungsangabe zu verwenden.

Zwei blinde Teilnehmer haben sich die Technik mit dem Langstock selbst erarbeitet und sich damit auch ihnen teilweise unbekanntes Gebiet erschlossen. Überwiegend greifen die blinden Teilnehmer aber für die Bewegung in unbekanntem Gebiet auf die Hilfe einer sehenden Begleitperson zurück. Keiner der blinden Teilnehmer besitzt momentan einen Blindenführhund. Mehrere Teilnehmer berichten jedoch aus eigener Erfahrung, dass das Gehen mit Hund entspannter sei. Alle Teilnehmer geben an, sich hauptsächlich akustisch und taktil zu orientieren.

Fokusgruppe	Anzahl Teilnehmer	Alter (MW) in Jahren	Anteil Frauen/Männer
Vergleichsgruppe (V)	6	32,2 Jahre (SD = 12,1 Jahre)	67% weiblich 33% männlich
Blinde (B)	5	63,2 Jahre (SD = 7,2 Jahre)	20% weiblich 80% männlich
Sehbehinderte (S)	8 Sehbehinderte 2 sehende Begleitperson	59,3 Jahre (SD = 14,6 Jahre)	40% weiblich 60% männlich
Ältere (Ä)	9	72 Jahre (SD = 6,7 Jahre)	78% weiblich 22% männlich
Taube (T)	7	60,1 Jahre (SD = 6,3 Jahre)	86% weiblich 14% männlich

Tabelle 10-1: Charakterisierung Teilnehmer in den Fokusgruppen

Die Fokusgruppe der Sehbehinderten enthielt zwei sehende Begleitpersonen, mit denen zwei der Sehbehinderten häufig, aber nicht immer ihre Wege im Straßenverkehr zurücklegen. Die anderen sechs der interviewten Sehbehinderten absolvieren ihre Wege zumeist selbstständig.

In zwei Fällen war die Ursache der Sehbehinderung eine hochgradige Myopie, von denen ein Teilnehmer zusätzlich eine funktionelle Einäugigkeit besaß. Ein Teilnehmer hatte eine altersbedingte Makuladegeneration und ein schlechtes Gehör. Dieser Teilnehmer bewegte sich überwiegend mit sehender Begleitperson im Straßenverkehr. Der zweite Teilnehmer, der sich zumeist mit sehender Begleitperson im Straßenverkehr bewegt, besitzt starke Gesichtsfeld-einschränkungen mit zentralen Sehausfällen und Doppelbildern nach einer Tumor-OP.

Ein weiterer Teilnehmer der sehbehinderten Gruppe besitzt einen angeborenen grauen Star sowie ein Sekundärglaukom. Ein weiterer Teilnehmer weist Seheinschränkungen aufgrund von Multipler Sklerose auf. Seine Sehleistung schwankte seinen Aussagen zu folge stark zwischen aufeinanderfolgenden Tagen.

In der sehbehinderten Fokusgruppe haben zwei Teilnehmer ein Mobilitätstraining absolviert und ein Teilnehmer hat es beantragt. Die große Mehrzahl der Teilnehmer an der sehbehinderten Fokusgruppe gab an, sich sehr vorsichtig im Straßenverkehr zu bewegen (5 Personen). Sie bewegen sich überwiegend selbstständig zu Fuß im Straßenverkehr, benutzen dabei aber von ihnen als besonders sicher eingeschätzte Wege.

Keiner der sehbehinderten Teilnehmer besitzt einen Hund zur Mobilitätsunterstützung. Gemäß der Aussage eines Teilnehmers sei es nicht gut, wenn Blindenführhunde durch trainingsabweichende Manöver aufgrund des vorhandenen Restsehvermögens zu häufig korrigiert werden. Auch die Unterstützung durch einen Langstock wird aus unterschiedlichen Gründen abgelehnt. Hierbei spielt die Abgrenzung zu blinden Personen sowohl in der Selbst- als auch der Fremdwahrnehmung eine bedeutsame Rolle.

Die Teilnehmer lehnen eine Signalisierung als Sehbehinderter zur Hälfte ab (4 Personen). Ein

Teilnehmer gab an, er nutze auf ihm unbekanntem Wegen oder in kritischen Situationen ein Schild mit Blindensymbol, um den anderen Verkehrsteilnehmer seine Sehbeeinträchtigung mitzuteilen.

Alle blinden Teilnehmer bezeichneten sich im Vergleich mit ihnen bekannten anderen Blinden als mobiler und selbständiger. In der Gruppe mit sehbehinderten Personen wurde diese Meinung von drei der acht Teilnehmer vertreten.

10.1.3 Höreingeschränkte Personen

Alle Teilnehmer in der Fokusgruppe mit tauben Fußgängern gaben an, seit Geburt taub zu sein. Vier der Teilnehmer waren zusätzlich stumm. Vier Personen der tauben Fokusgruppe haben angegeben, auch aktive Autofahrer zu sein. Ein Teilnehmer gab an, sich nicht als Taub im Straßenverkehr zu erkennen zu geben.

10.2 Interviewergebnisse nach Fragestellungsbereichen

10.2.1 Wahrnehmung und Orientierung bei Interaktionen

Die Orientierung bei Interaktionen mit Kraftfahrzeugen wurde anhand der prototypischen Situation der Querung untersucht. Hierzu gehört zunächst die Auswahl einer Querungsstelle, weiter die Vorbereitung der Querung sowie das Verhalten während der Querung. Ergänzend wurden weitere Situationen mit Interaktion mit Fahrzeugen thematisiert. Nachfolgend werden die zentralen Erkenntnisse dargestellt. Die Darstellung der Äußerungen in detaillierterer Form sowie die Untersetzung der einzelnen Ansichten mit der Anzahl von Einzelnennungen sind im Anhang A 3.2, S.A 3-52ff ersichtlich.

10.2.1.1 Auswahl der Querungsstelle

Querungen an der Ampel werden von den Teilnehmern in allen Gruppeninterviews präferiert. Besondere Dominanz hat diese Querungsstelle in den Gruppen der seheingeschränkten Personen. Diese Personen nehmen auch bedeutsame Umwege in Kauf, um an einer Ampel queren zu können. Sie erleben andere Querungssituationen wie Fußgängerüberweg oder Mittelinseln als deutlich weniger sicher. So vorhanden, werden von seheingeschränkten Fußgängern lediglich

niveaufreie Querungen (Unter- und Überführungen) der Querung an der Ampel vorgezogen.

Die blinden Personen gaben übereinstimmend an, für sie akustisch nicht erschließbare Kreuzungen zu vermeiden und dann auf benachbarte Kreuzungen, die Hilfe von Passanten oder Querungen außerhalb von Knotenpunkten auszuweichen. Als Beispiele wurden sehr große und komplexe Kreuzungen, aber auch viel befahrene Kreuzungen mit Straßenbahnen benannt, die mehrheitlich vermieden werden.

Sind mehrere Alternativen erreichbar, nutzen die sehingeschränkten Teilnehmer die schmalere Querungsstelle, um so wenig wie möglich Zeit auf der Straße verbringen zu müssen. Diese Präferenz berichten ebenfalls die älteren Personen, wobei diese jedoch keine bedeutsamen Umwege gehen, sondern zwischen den auf dem kürzesten Weg vorhandenen Alternativen wählen. Insgesamt planen die älteren Personen ihre Querungsstelle nach Einschätzbarkeit und vermeiden, wo irgend möglich Querungen an Stellen, die für sie nicht umfassend einzusehen sind.

Im Vergleich zu den älteren und sehingeschränkten Fußgängern nutzen sowohl die normalsichtigen als auch die gehöreingeschränkten Fußgänger in ihren geplanten Wegen Querungen an nicht besonders baulich gestalteten Stellen auf der freien Strecke. Von den gehöreingeschränkten Teilnehmern wurde hervorgehoben, dass sie sich vor und während der Querung explizit am Verhalten anderer Fußgänger orientieren, um beispielsweise die Annäherung eines Einsatzfahrzeuges mit Sirene indirekt detektieren zu können.

Die nicht sensorisch eingeschränkten Fußgänger berichteten die akustische Vororientierung am Fahrzeugstrom, um beispielsweise das Vorhandensein größerer Lücken im Fahrzeugstrom ohne aufwändige Blickzuwendung zu detektieren. Wenn aus der Gehbewegung entlang eines Straßenabschnittes keine Lücken detektiert werden, gehen die Personen weiter bis zur nächsten Kreuzung und queren dort. Besondere Merkmale von bevorzugten Querungsstellen außerhalb der Knotenpunkte konnten nicht benannt werden.

10.2.1.2 Vorbereitung der Querung

Die visuelle Sicherung als bewusst ausgeführtes Sicherungsverhalten wird mit Ausnahme der blinden Personen über alle Gruppen am häufigsten benannt. Während die Personen der nicht eingeschränkten Vergleichsgruppe berichten, dies auch aus der Bewegung heraus auszuführen, bleiben die Personen der anderen Gruppen zur visuellen Sicherung überwiegend stehen. Alle Gruppen benennen jedoch auch akustische Anteile an der Quervorbereitung, dies mit Ausnahme der gehöreingeschränkten Fußgänger.

Blinde Fußgänger nutzen ausschließlich die akustische Orientierung zur Quervorbereitung und Absicherung. Einzelfahrzeuge können von ihnen sehr gut akustisch geortet werden. Befinden sich mehrere Fahrzeuge im näheren Umkreis, erschwert dies die akustische Ortung einzelner Fahrzeuge deutlich. Über das Gehör werden nach eigenen Angaben Entfernungen, Geschwindigkeiten und besondere Fahrzustände detektiert. Das berichten nicht nur die Blinden, sondern ebenso die sehbehinderten und älteren Personen.

Vor allem die blinden Fußgänger berichten, sich auch an Ampeln mit akustischer Zusatzsignalisierung explizit akustisch rückzuversichern, ob das ihnen am nächsten befindliche Fahrzeug tatsächlich angehalten habe. Wiederum dieser Personengruppe bereiten veränderte Fahrzeug- und Umgebungsgeräusche, etwa bei Regen größere Orientierungsschwierigkeiten.

Die sehingeschränkten Personen sind sich ihrer eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeit mit Fahrzeugführern bewusst. Daher nutzen sie beispielsweise den vorgestreckten Langstock als Zeichen ihrer Querungsabsicht an Fußgängerüberwegen und sonstigen Querungsstellen. Die Reaktion der Fahrzeuge kann vor allem von den Blinden wiederum nur akustisch wahrgenommen werden. Die sehenden Fußgänger nutzen vor allem die visuelle Kommunikation (Blickkontakt) mit dem Fahrer als Rückversicherung. Einige Personen ohne sensorische Einschränkungen berichteten jedoch auch, sich oft nicht explizit visuell rückzuversichern, um die Situation einzuschätzen.

Dies betrifft nach Aussagen der nicht sensorisch eingeschränkten Personen der Vergleichsgruppe viele Interaktionen mit Fahrzeugen. Sie sind sich der akustischen Anteile ihrer Interaktionssicherung recht bewusst. So nutzen sie etwa das Gehör zur Orientierung der Blickrichtung, in die eine visuelle Rückversicherung vorgenommen wird. Im Gespräch wurden auch Erfahrungen mit akustischer Einschränkung durch Kopfhörer berichtet. Hier benennen die Personen, bei eingeschränktem Gehör mehr Zeit für die Entscheidung zu benötigen und das vermehrte Schauen als anspruchsvoller zu erleben.

Über alle Gruppen mit sensorischen Einschränkungen hinweg zeigte sich in der Querungsvorbereitung eine übereinstimmende Strategie zum Umgang mit Unsicherheiten bei der Einschätzung der Situation. In allen Gruppen wurde berichtet, bei Unsicherheit so lange zu warten, bis die Personen kein Fahrzeug in direkter Annäherung mehr wahrnehmen könnten und erst daraufhin den Weg fortzusetzen.

10.2.1.3 Verhalten während der Querung

Die blinden FG-Teilnehmer berichten, sich während der Querung akustisch am Längsverkehr der Fahrzeuge zu orientieren. Über alle Gruppen hinweg wird eine sensorische Beachtung der umgebenden Fahrzeugströme während der Querung berichtet. Sehr unterschiedlich sind jedoch die Strategien, mit entsprechenden Informationen umzugehen.

So berichteten Personen in den Interviews, konsequent weiter die Straße zu überqueren, wenn sich Unsicherheiten über die Situation ergeben. Es wurden jedoch auch andere Strategien berichtet. Einige führten aus, bei Unklarheiten die Querung abubrechen und zurückzugehen. Einzelne Personen berichteten auch davon, bei sensorischer Unklarheit auf der Straße befindlich stehen zu bleiben, um sich besser Orientieren zu können. Die benannten Strategien wurden von Personen unterschiedlichster Interviewgruppen beschrieben und können je nach objektiver Konstellation Konflikte vermindern oder verschärfen.

An Ampelkreuzungen versichern sich die Personen oft, ob das heranfahrende Fahrzeug hält und es wird versucht, sofern möglich Sichtkontakt zum

Fahrer aufzunehmen. Einige der sehbehinderten Teilnehmer berichten, dass dies leider nicht möglich sei, da sie nur das Fahrzeug als solches erkennen könnten. Sehbehinderte berichten auch, dass einige Fahrer Lichthupe geben oder hupen, allerdings wissen sie dann trotzdem nicht, ob sie stehen bleiben sollen oder weiter gehen könnten. Diese Einschätzung stellte ein sehbehinderter Teilnehmer mit eigenen Worten so dar: „Wir können uns nur auf Regeln verlassen und wir halten uns auch an Regeln, wir brauchen Regeln!“

In den weiteren Interviewgruppen kristallisierte sich für die Orientierung während der Querung vor allem die Beachtung der als nächstes zu überquerenden Fahrspur und die Konzentration auf Fahrzeuge aus dieser jeweiligen Richtung heraus. Insgesamt sind die nicht sensorisch eingeschränkten Personen der Vergleichsgruppe am wenigsten bewusst auf eine Rückversicherung während der Querung bedacht.

10.2.1.4 weitere Situationen der Interaktion

Neben Querungssituationen wurden auch Situation auf Parkplätzen und bei Ein- und Ausfahrten mit den Fokusgruppen diskutiert. Zur Situation auf Parkplätzen führten die blinden Personen aus, dass sie große Parkplätze aufgrund fehlender Strukturen zur Orientierung gänzlich meiden. Interaktionen mit ein- und ausparkenden Fahrzeugen sind vor allem auf ihren alltäglichen Strecken im Bereich von Gehwegen relevant.

Dies traf auch auf einige sehbehinderte Personen zu. Diejenigen Sehbehinderten, die allein auf größeren Parkplätzen unterwegs sind, vertrauen darauf, dass Fahrzeuge im Ernstfall bremsen können. Diese Betroffenen berichten von Erlebnissen, in denen ihnen langsam fahrende Fahrzeuge begegneten, die sie akustisch nicht wahrnehmen konnten. Die sensorisch nicht beeinträchtigten Fußgänger erleben Parkplätze als Bereiche erhöhter Interaktionsanforderung mit Fahrzeugen aus unterschiedlichen Richtungen. Vor allem den älteren und nicht sensorisch beeinträchtigten Personen ist zur Situation auf Parkplätzen bewusst, dass diese Situation auch für die Autofahrer eher anstrengend und komplex ist. Einige der älteren Fußgänger berichten daher, zu versuchen, ein- und ausparkende Fahrzeuge möglichst frühzeitig zu erkennen und sich je nach

Situation mit Abstand zu parkenden und fahrenden Fahrzeugen zu bewegen.

Ein- und Ausfahrten wurden vor allem von den sehingeschränkten Personen als subjektiv gefährliche Situation beschrieben. In der Gruppe der blinden Fußgänger wurde angesprochen, dass dort die Gefahr vor allem von Fahrzeugen mit Anhänger ausgehe, denn der Anhänger sei für sie praktisch nicht zu hören. Die sehbehinderten Fußgänger berichten von Problemen, die sehr langsamen Fahrzeuge schlecht oder gar nicht hören zu können. Hinzu kommen oft Sichtverdeckungen. In der Gruppe der älteren Fußgänger wurde die Meinung vertreten, dass sie an Ein- und Ausfahrten wenig aufpassen müssten, weil sie auf dem Gehweg seien und die Fahrzeuge auf sie zu achten hätten.

10.2.1.5 Fazit

Die Ergebnisse der Interviews mit den verschiedenen Personengruppen bestätigen die zum adaptierten Modell (Kapitel 6.3) und daraus abgeleiteter Problemstellung (Kapitel 7.3) zusammengetragenen Wahrnehmungsaspekte und untersetzen vor allem die Rolle der akustischen Wahrnehmung in Interaktion von Fußgängern und Kraftfahrzeugen.

Nicht nur blinde Fußgänger, sondern auch sehbehinderte, ältere und nicht sensorisch eingeschränkte Personen vertrauen je nach Situation auch auf die akustisch vermittelte Information von Kraftfahrzeugen. Vor allem sehingeschränkte Personen nutzen bevorzugt ihnen bekannte Querungsstellen und meiden mehrheitlich nicht klar geregelte Bereiche mit erhöhten Anforderungen an Wahrnehmung und Abstimmung.

Sie bevorzugen strukturierte und anhand klarer Regeln antizipierbare Situationen. Die betroffenen Personen müssen trotzdem auf ihren alltäglich Wegen mit einer Vielzahl an für sie nicht oder nur unzureichend vorhersehbaren Interaktionssituationen mit Kraftfahrzeugen umgehen, für die sie auf eine ausreichende Wahrnehmbarkeit der Fahrzeuge angewiesen sind.

Die Auswahl einer bestimmten Stelle zur Querung spiegelt das Informationsverhalten der verschiedenen Personengruppen genauso wieder

wie das Verhalten und die Probleme in der Querungsvorbereitung und während der Querung. Personen ohne sensorische Einschränkung verlassen sich umfassend auf ihr Wahrnehmungsvermögen und berichten situativ adaptives Verhalten. Mit steigendem Grad der visuellen Beeinträchtigung wächst der Bedarf an Antizipierbarkeit und nimmt die Flexibilität der Interaktionsmöglichkeiten, aber auch situativ angepasster Verhaltensweisen ab.

10.2.2 Unfälle und kritische Situationen

Vier Teilnehmer aus den Fokusgruppen haben eigenen Angaben gemäß bislang einen Unfall mit einem Fahrzeug erlebt, eine Person berichtete zwei Unfälle. In den Gruppen der Älteren und der Vergleichsgruppe wurden keine Unfälle berichtet.

Ein blinder Teilnehmer berichtete, durch einen Verkehrsunfall erblindet zu sein. Einer anderen blinden Person fuhr ein Fahrzeug über den Fuß, als sie aus der Straßenbahn ausstieg. Ein sehbehinderter Teilnehmer berichtete von zwei Unfällen. Er wurde von einem Radfahrer und einem rückwärts ausparkenden Fahrzeug angefahren, wobei der Fahrer durch Telefonieren abgelenkt gewesen sei. Zwei taube Personen berichteten je einen Unfall aus der Zeit als Kind. In einem Fall konnte sich die Person an den genauen Hergang nicht mehr erinnern. Im anderen Fall wurde die Person beim Aussteigen aus der Bahn angefahren.

In allen Situationen wurden die Unfälle von den Personen nicht verursacht. Es handelt sich in allen Fällen, bis auf den ersten Unfall, um sensorisch beeinträchtigte Personen. In diesen Fällen kam es immer zu einer aus Sicht der Betroffenen nicht vorhersehbaren Situationsentwicklung. Inwiefern bei besserem Wahrnehmungsvermögen der Personen durch eine schnelle Ausweich- oder Abwehrreaktion der Unfall oder die Unfallfolgen hätten vermieden bzw. vermindert werden können, konnte von den Personen nicht eingeschätzt werden.

Nachfolgend sind die erlebten kritischen Situationen für die jeweiligen Fokusgruppen dargestellt. In den Interviews wurden von den Teilnehmern insgesamt 23 kritische Situationen mit Kraftfahrzeugen beschrieben. Jeweils sieben Situationen wurden von den sehingeschränkten

(Blinde und Sehbehinderte) beschrieben. Jeweils drei kritische Situationen wurden in den anderen Gruppen benannt (Ältere, Taube, Vergleichsgruppe).

Desweiteren wurde versucht, die kritischen Situationen den jeweiligen Unfalltypen (siehe Kapitel 5.1.1) zuzuordnen. Dabei zeigte sich, dass der überwiegende Anteil von kritischen Situationen mit Kraftfahrzeugen Situationen sind, die in einen Überschreiten-Unfall münden würden. Lediglich zwei Situationen wurden einer anderen Konfliktkonstellation zugeordnet, die beiden Fälle sind als erstes in der unten stehenden Auflistung genannt. Es handelt sich potentiell um einem Fahrnfall und einen Unfall im Längsverkehr.

- a. Fahrzeug kam von der Spur ab und fuhr über den Fußweg ins Gebüsch (potentieller Fahrnfall; eine ältere Person)
- b. Tauber Fußgänger hat einen Rollstuhlfahrer geschoben, heranfahrendes Fahrzeug von hinten hat wohl gehupt, Fahrer war sehr verärgert dass er nicht vorbeigelassen wurde (potentiell Unfall im Längsverkehr; eine taube Person)
- c. Beim Überqueren anderen Fußgängern hinterher gelaufen (bei roter Ampel), Fahrzeug konnte noch rechtzeitig bremsen (eine sehbehinderte Person)
- d. Bei Linksverkehr in die falsche Richtung beim Queren der Fahrbahn geschaut (eine sehbehinderte Person)
- e. Nicht rechtzeitig geschafft die Fahrbahn bei Grün zu queren, Fahrzeuge fahren bereits wieder an, obwohl Fußgänger noch auf der Straße (zwei blinde Personen)
- f. Entfernung der Fahrzeuge falsch eingeschätzt (eine blinde Person) oder Situation falsch bewertet, gedacht Fußgänger hätten „Grün“ (eine blinde Person; eine ältere Person), Fahrzeuge musste stark bremsen
- g. Fußgänger quert an einer Kreuzung (mit/ohne Ampel), Fahrzeug biegt ein und übersieht den Fußgänger oder fährt kurz vor bzw. hinter ihm vorbei (drei blinde Personen; drei sehbehinderte Personen; eine taube Person)
- h. Fahrzeug hält am Fußgängerüberweg und als der sehbehinderte Fußgänger los geht, fährt Fahrzeug wieder an (eine sehbehinderte Person)

- i. Tauber Fußgänger hat sich beim Queren unterhalten (Gebärden), das Fahrzeug konnte noch rechtzeitig bremsen (eine taube Person)
- j. Querender Fußgängers mit Sichtbehinderung (Bus) für den Fahrer (eine Person der Vergleichsgruppe)
- k. Vorbeifahrendes Fahrzeug beim Aussteigen aus der Straßenbahn und queren der Straße (eine sehbehinderte Person; eine ältere Person; zwei Personen der Vergleichsgruppe)

Ohne im Nachhinein und mit den gegebenen Erläuterungen im Detail die Verursachungshintergründe der Situationen nachvollziehen zu können, zeigen sich doch einige naheliegende interpretative Bezüge. Zunächst sind einige Fälle mit eher fahrzeugseitiger Verursachung abzugrenzen (a, g, j, k). Dann zeigen sich jedoch auch viele Situationen, die einen Bezug zur sensorischen Einschränkung der jeweiligen Personen aufweisen (b, c, f, i) und die potentiell von sensorisch nicht beeinträchtigten Fußgängern frühzeitig antizipiert und dadurch vermieden werden könnten.

Die oben unter c aufgeführte Situation weist einen engen Bezug zu Erwartungsfehlern auf (vgl. Kapitel 4.2.3.2), während die Situation h möglicherweise mit der den Sehbehinderten nicht möglichen Kommunikation mit dem Fahrzeugführer assoziiert werden kann.

Bei den sehbeeinträchtigten Fußgängern gibt es zwei Situationen mit erhöhter Häufigkeit. Das ist zum einen die Situation, das Fahrzeug fährt gerade aus und der sehbeeinträchtigte Fußgänger hat die Situation falsch bewertet (angenommen, es wäre Grün, das Fahrzeug wäre weiter entfernt oder das Fahrzeug hält), so dass die Querung nicht sicher durchgeführt werden konnte. Die zweite Situation ist, der Fußgänger quert und das Fahrzeug biegt in die querende Strecke ein.

Zwei der blinden Teilnehmer haben angegeben, an kritischen Situationen auch häufig selbst schuld zu sein und alle fünf Teilnehmer aus der blinden FG befürchten, dass die kritischen Situationen mit Elektrofahrzeugen zunehmen werden.

Nachfolgend sind die Aussagen zu Konflikten mit Fahrrädern dargestellt. Der größte Unterschied bei diesen Konflikten im Vergleich zu Kraftfahrzeugen besteht nach übereinstimmender Einschätzung in

allen Interviewgruppen darin, dass sich Fahrräder mit Fußgängern oft eine Verkehrsfläche teilen und dadurch nicht antizipierbare Interaktionen auftreten können. Die blinden Teilnehmer geben an, ein großes Problem mit kombinierten Rad- und Fußwege zu haben, da diese meist nur farblich getrennt und nicht haptisch erfassbar sind.

Für alle sensorisch eingeschränkte Personen erscheinen Fahrräder immer wieder plötzlich und führen zu Erschrecken, dies trifft insbesondere auf die sehbehinderten und tauben Fußgänger zu. Aus Sicht der Fußgänger besteht ein Hauptproblem im inkorrekten Verhalten der Radfahrer. Radfahrer fahren „wo Platz ist“ und „wo sie wollen“, nehmen dabei „keine Rücksicht“, fahren „auf der falschen Seite“ oder „zu schnell“ und sind für sie insgesamt „unberechenbar“.

10.2.3 Bewertung möglicher Maßnahmen

Die ausführlichen und detaillierten Diskussionsergebnisse aller insgesamt neun in den jeweiligen Fokusgruppen diskutierten Maßnahmen sind im Anhang (A 3.3, S. A 3-58ff) dargestellt. Tab. A 3-3, S. A 3-69 stellt die dargestellten Meinungen innerhalb der Fokusgruppen anhand einer einheitlichen Bewertung innerhalb der Gruppe gegenüber. Nachfolgend beschränkt sich die Darstellung zunächst auf die in den jeweiligen Gruppen präferierten Maßnahmen sowie die Darstellung der Diskussionsinhalte im Überblick.

10.2.3.1 Präferierte Lösung

Die Teilnehmer wurden nach der Diskussion zu den Maßnahmen gefragt, welche ihre präferierte Lösung (Maßnahme) sei. Die Teilnehmer der Fokusgruppen sagen mehrheitlich, dass eine einzige Lösung alleine nicht ausreichend ist, um die Verkehrssicherheit zu verbessern (siehe Abb. A 3-1). Deshalb erscheint unter den vier am stärksten präferierten Lösungen in drei der fünf Fokusgruppen (Blinde, Sehbehinderte und Vergleichsgruppe), dass mehrere Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit umgesetzt werden sollten, wobei keine Übereinstimmung herrscht, welche es sein sollten (vgl. Tab. A 3-2).

Im Vergleich zeigt sich, dass die blinden Fußgänger eine eindeutige Präferenz für das Wahrnehmbarkeitssignal bei leisen Fahrzeugen haben. Ebenfalls präferiert diese Gruppe die

Maßnahme der automatischen Fußgängererkennung mit Notbremsung, sowie eine infrastrukturelle Maßnahme, die der zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn.

In der Gruppe der sehbehinderten Fußgänger werden mehr Lichtsignalanlagen, insbesondere mehr Lichtsignalanlagen mit akustischem Signal und taktile auffindbar gestaltete Anlagen präferiert. Diese Maßnahme ist direkt gefolgt vom Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge und den zusätzlichen Elementen auf der Fahrbahn.

Die Fokusgruppe der tauben Personen präferiert die Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation, allerdings mehr in Bezug auf Radfahrer. Sie erhoffen sich eine Information vom Fahrzeug über dessen Anwesenheit zu bekommen, sodass sie zusätzliche Informationen über die Verkehrssituation erhalten und ihr Hördefizit besser ausgleichen können. Auch präferiert werden die Maßnahmen der automatischen Fußgängererkennung und der optimaleren Lichtsignalanlagenschaltung für Fußgänger.

Die Fokusgruppe der Älteren präferiert ebenfalls die optimalere Lichtsignalanlagenschaltung für Fußgänger, sowie die automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung. Gleichwertig zur automatischen Fußgängererkennung wird die Maßnahme der Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation bewertet.

Die Vergleichsgruppe sensorisch nicht eingeschränkter Personen präferiert an erster Stelle die Maßnahme der zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn. Weiter werden die Maßnahmen Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation in Richtung des Fußgängers und die Maßnahme des Wahrnehmbarkeitssignales für leise Fahrzeuge präferiert. Letztere wird allerdings eher als Übergangslösung angesehen, denn diese Teilnehmer gehen davon aus, dass eine Verhaltensanpassung an leise Fahrzeuge möglich sei.

Sehbeeinträchtigte Personen	<ol style="list-style-type: none"> 0. (mehrere Lösungen notwendig) 1. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge 2. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung 3. Mehr Lichtsignalanlagen (akustisch signalisieren und taktil auffindbar) 4. zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn
Gehöreingeschränkte Personen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein technisches Signal über seine Anwesenheit 2. Fußgänger gibt dem Fahrzeug ein technisches Signal über seine Anwesenheit 3. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung 4. Optimale Lichtsignalschaltung für Fußgänger
Personen ohne Seheinschränkungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn 2. Fußgänger gibt dem Fahrzeug ein technisches Signal über seine Anwesenheit 3. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung 4. Optimale Lichtsignalschaltung für Fußgänger

Tabelle 10-2: Präferierte Maßnahmen in den zusammengefassten Personengr. (Rangplatz 1 bis 4)

Es zeigt sich, dass das Wahrnehmbarkeitssignal die präferierte Lösung für die Gruppe der sehingeschränkten Personen darstellt (siehe Tabelle 10-2), gefolgt von der Maßnahme der automatischen Fußgängererkennung mit Notbremsung. Den dritten und vierten Platz in der Rangreihe der Maßnahmen für die sehbeeinträchtigte Personengruppe stellen infrastrukturelle Lösungen dar. Konkret sind dies mehr akustische signalisierende und taktil auffindbare Lichtsignalanlagen und zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn.

In den anderen Personengruppen zeigen sich verglichen mit den sehbeeinträchtigten Personen deutliche Unterschiede in der Maßnahmenpräferenz. Die tauben und die sehenden Teilnehmer begrüßen eher die Maßnahme der Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation. Allerdings sind hier Unterschiede in der präferierten Kommunikationsrichtung zu finden. Während die tauben Personen zusätzliche Informationen über die Verkehrssituation bekommen möchten, reicht es den Sehenden eher aus, dem Fahrzeug ihre Anwesenheit zu signalisieren.

Insgesamt wird aus jedem Maßnahmenblock mindestens eine Maßnahme präferiert. Lediglich die Informations- und wissensorientierte Maßnahmen finden sich nicht in den präferierten

Lösungen wieder, sie werden eher als begleitende Lösungen gesehen. Über alle Personengruppen hinweg zählen die automatische Fußgängererkennung mit Notbremssystem, sowie die infrastrukturellen Lösungen zu den präferierten Lösungen.

10.2.3.2 Diskussion der Maßnahmen im Überblick

Nachfolgend werden einige besonders herausragende Aspekte aus der detaillierten Diskussion der einzelnen Maßnahmen vorgestellt. Dadurch zeigt sich einerseits die Breite der individuellen Ansichten, andererseits finden sich weiterführende Ansätze zur abschließenden Bewertung der Maßnahmen in Kapitel 10.3.2.

Der Maßnahmenblock der informations- und wissensorientierten Maßnahmen findet keine Berücksichtigung unter den präferierten Maßnahmen. Diese Maßnahmen werden von den Teilnehmern der meisten Gruppen lediglich als Begleitmaßnahme begrüßt, die beispielsweise in Kombination mit baulichen, technischen oder gesetzlichen Maßnahmen unterstützend wirken kann. Sie werden zudem vor allem von den sensorisch beeinträchtigten Personen als Chance gesehen, existierende Regeln bei den anderen Verkehrsteilnehmern stärker ins Gedächtnis zu

rufen um insgesamt zu einem besser antizipierbaren Verkehrsgeschehen zu kommen.

Informationen an die Betroffenen werden lediglich von den nicht betroffenen Personen als hilfreich angesehen. Die Betroffenen selbst haben die Problematik bereits erkannt und äußern daher eher ein Interesse an konkreten Lösungen. Der Einsatz von gut sichtbarer Kleidung wurde innerhalb der Gruppen stark diskutiert, diese Maßnahme brachte die extremsten Meinungen zwischen individueller Befürwortung und absoluter Ablehnung hervor.

Die infrastrukturellen Lösungen werden in unterschiedlichen Ausführungen in allen Fokusgruppen begrüßt. Zum einem bietet dies nach Meinung der Teilnehmer die Möglichkeit, die Anzahl der definierten Querungsstellen zu erweitern und zum anderen die Querung selbst zu strukturieren und damit antizipierbarer zu gestalten. Die sehbeeinträchtigten Teilnehmer wünschen sich zudem mehr akustisch signalisierende und taktil auffindbare Lichtsignalanlagen, wohingegen sich die älteren Teilnehmer eher eine optimalere Lichtsignalschaltung für Fußgänger wünschen.

Die zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn werden außer in der tauben Fokusgruppe zumeist als sehr hilfreich bewertet. Die Elemente erfüllen nach Ansicht der Teilnehmer gleichzeitig mehrere Funktionen. Sie lassen Entfernungen von Fahrzeugen erkennen, weisen den Weg zu einer nahen Kreuzung und geben dem Fahrer auch eine Rückmeldung.

Die fahrzeugseitigen (akustischen) Lösungen werden von der Vergleichsgruppe eher als Lösung in der Einführungsphase leiser Fahrzeuge gesehen. Sie gehen dabei davon aus, dass sich die Fußgänger an die veränderte Wahrnehmbarkeitssituation der Fahrzeuge gewöhnen werden. Es werden in dieser Gruppe Befürchtungen geäußert, dass mit einer solchen Maßnahme die Chancen leisen Straßenverkehrs nicht genutzt werden.

Das Rückwärtsfahrtsignal wird sowohl von den meisten Sehbeeinträchtigten als auch von mehreren älteren Teilnehmern begrüßt. Die fahrzeugseitige Maßnahme des Tagfahrlichtes wird von den Teilnehmern in den Gruppen der Sehbehinderten, Tauben und älteren Fußgänger selbst

vorgeschlagen. Sie sind übereinstimmend der Meinung, dass damit Fahrzeuge in ihrer Entfernung und Geschwindigkeit besser einschätzbar sind. Hier zeigt sich ein bei der Einführung dieser Maßnahme für alle Neufahrzeuge wenig beachtetes Argument (Europäische Kommission, 2011).

Die fahrzeugseitige Maßnahme der automatischen Fußgängererkennung wird mehrheitlich in allen Fokusgruppen als sinnvolle Lösung diskutiert. Einer der blinden Teilnehmer sagte dazu, es sei die „einzige wirkliche Lösung“ abgesehen zum Wahrnehmbarkeitssignal. Die Mehrzahl der Teilnehmer vertraut bei dieser Einschätzung auf die uneingeschränkte Funktionalität eines solches Systems.

Weiter wird auch die Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation auf Basis beispielsweise einer RFID-Technologie als Unfallvermeidungsmaßnahme anerkannt. Im Vergleich besteht die Präferenz jedoch eher für die automatische Fußgängererkennung.

10.2.3.3 Fazit der Fokusgruppeninterviewteilnehmer

Im Fazit der Teilnahme an den Fokusgruppenveranstaltungen sind insbesondere die blinden und sehbehinderten Personen beruhigt, dass es eine wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Thema ausgehend von der Fahrzeugindustrie gibt. Sie wünschen sich jedoch, dass sich insgesamt nicht nur auf eine Lösung konzentriert wird, sondern vielmehr mehrere Lösungsmöglichkeiten betrachtet und umgesetzt werden. Weiterhin fanden die Teilnehmer es spannend, in welche Richtung die Gedanken und Entwicklungen für die Zukunft gehen und dass sie sich mit anderen Teilnehmern austauschen konnten, um auch mehr darüber zu erfahren, wie diese mit bestimmten Situationen im Straßenverkehr umgehen.

10.3 Ergebnisse der Onlinebefragung von Fußgängern

10.3.1 Charakterisierung der Teilnehmer

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden 603 Personen anhand eines Onlinefragebogens zu Ihrer Einschätzung über Maßnahmen zur Verbesserung von Wahrnehmbarkeit und

Verkehrssicherheit im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau alternativ angetriebener Fahrzeuge befragt. Sie stammen aus Wohnorten in allen Gegenden Deutschlands (siehe Abbildung 10-1).



Abbildung 10-1: geographische Verteilung der Teilnehmer (Darstellung unter Verwendung der Funktion Google-Maps, www.google.de; blau=1-5 Teilnehmer je Ort, gelb=6-10, rot=11-20, pink>30)

Von den befragten Personen sind 47,5% weiblich und 52,5% männlich, im Mittel sind die Personen 46,6 Jahre alt ($SD=15,1$ Jahre), wobei der jüngste Teilnehmer 10 Jahre und der älteste Teilnehmer 86 Jahre alt war. 461 Personen gaben an, eine Sehschwäche zu besitzen. Die Personen mit Seheinschränkung sind im Mittel 5 Jahre älter als die

Personen ohne Seheinschränkungen (siehe Tab. A 4-2). Unter den Personen mit Seheinschränkung finden sich recht ausgeglichene Teilnehmer mit den verschiedenen Ausprägungsgrade der Sehleistungsbeschränkung (Abbildung 10-2).

Unter den Personen ohne Seheinschränkungen befanden sich 64 Personen mit einer Gehörschwäche. Die Vergleichsgruppe nicht sensorisch beeinträchtigter Personen in der Onlinebefragung umfasst damit 78 Personen. In der Gruppe mit Seheinschränkungen gab jeder vierte Teilnehmer an, auch ein zusätzliches Gehörleiden zu besitzen (Abb. A 4-6 und Tab. A 4-4).

Im Vergleich des mittleren Alters der verschiedenen Gruppen zeigte sich ein stärkerer Bezug zur Gehörbeeinträchtigung als zur Seheinschränkung. Während Personen mit Gehörbeeinträchtigung im Mittel um 7 bis 9 Jahre älter sind als vergleichbar Sehbeeinträchtigte ohne Gehörprobleme, unterschieden sich die Altersmittelwerte der Personen ohne Gehörbeeinträchtigung zwischen den verschiedenen Graden der Sehbeeinträchtigung nur um 1 bis 3 Jahre (Tab. A 4-3).

Ergänzend wurden die Personen hinsichtlich weiterer Beeinträchtigungen neben der Seh- und/oder Gehörschwäche gefragt. 85 der 603 befragten Personen (14,1%) gaben weitere Beeinträchtigungen an. In den meisten Fällen handelte es sich um Bewegungseinschränkungen. Eine detaillierte Beschreibung ist der Tab. A 4-4 im Anhang zu entnehmen.

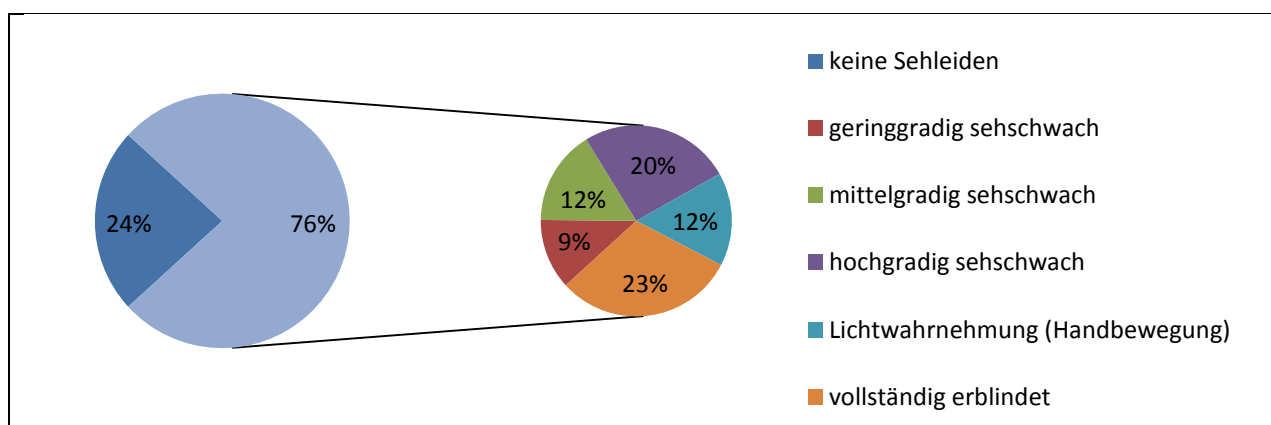


Abbildung 10-2: Verteilung der Sehleistung in der Onlinebefragung (N=603)

10.3.2 Ergebnisse der Maßnahmenbewertung

10.3.2.1 Mittlere Maßnahmenbewertungen

Die oben charakterisierten Befragungsteilnehmer haben alle 15 im Onlinefragebogen vorgestellten Maßnahmen (siehe Tabelle 10-3) anhand einer 5-stufigen Skala von 1=„gar nicht hilfreich“ bis 5=„sehr hilfreich“ bewertet. Nachfolgend werden diese Bewertungen als gruppenbezogene Mittelwerte gegenübergestellt.

Zunächst werden die Bewertungen der Personen ohne Seheinschränkung mit denjenigen mit Seheinschränkung verglichen. Anschließend erfolgt eine detaillierte Gegenüberstellung der Bewertungen in Abhängigkeit des Ausprägungsgrades der Seheinschränkung. Abschließend wird der Einfluss der Gehörbeeinträchtigung auf die Bewertung betrachtet.

Ergebnisse nach Sehbeeinträchtigung

Die in der Onlinebefragung von Personen ohne Seheinschränkungen am höchsten bewerteten Maßnahmen sind die verschiedenen Informations- und wissensorientierten Maßnahmen. Ihnen folgen

in der Rangreihe die beiden Versionen fahrzeugbasierter, automatischer Fußgängererkennung.

Die fahrzeugbasierte, automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung wird von der Personengruppe mit Seheinschränkungen am höchsten bewertet. Nahezu gleich auf folgt das Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge. Infrastrukturelle Maßnahmen schließen die Liste der fünf am höchsten bewerteten Maßnahmen in diesem Personenkreis ab (Tab. A 4-6).

Die mittleren gruppenbezogenen Bewertungen wurden anhand einer Varianzanalyse auf statistisch bedeutsame Unterschiede untersucht ($p \leq 0,05$). Es zeigte sich bei der Maßnahmenbewertung im Onlinefragebogen ein insgesamt den Ergebnissen der Fokusgruppen sehr vergleichbares Bewertungsbild.

MA	Maßnahmen (Kurzdarstellung)
MA01	Autofahrer häufiger für schwächeren Verkehrsteilnehmer sensibilisieren.
MA02	Alle Fußgänger für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren.
MA03	Besonders Betroffene für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren.
MA04	Fußgänger sollten immer gut sichtbare Kleidung tragen.
MA05	Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln einrichten.
MA06	Mehr Kreuzungen mit Ampeln ausstatten.
MA07	Zusätzlich Elemente auf die Fahrbahn.
MA08	Fußgänger sollte der Infrastruktur ein Signal über seine Anwesenheit geben.
MA09	Besonders leise Fahrzeuge sollten gut hörbares Wahrnehmbarkeitssignal von sich geben.
MA10	Besonders leise Fahrzeuge sollten nur ein Rückwärtsfahrtsignal von sich geben.
MA11	Besonders leise Fahrzeuge sollten ein Geräusch nur für (Blindenführ)hunde von sich geben.
MA12	Besonders leise Fahrzeuge sollten dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben.
MA13	Fußgänger sollten besonders leisen Fahrzeugen ein Signal über ihre Anwesenheit geben.
MA14	Automatische Fußgängererkennung und Fahrerwarnung.
MA15	Automatische Fußgängererkennung, Fahrerwarnung und Notbremsung.

Tabelle 10-3: Kurzdarstellung der im Fragebogen präsentierten Maßnahmen

Wie auch bereits in den Fokusgruppen zeigt sich in der Onlinebefragung auf breiter empirischer Basis eine signifikant höhere Bewertung von Informations- und Aufklärungsmaßnahmen für die Betroffenen durch sensorisch nicht eingeschränkte Personen. Entsprechend bewerten sehingeschränkte Personen selbst diese Maßnahmen als signifikant geringer hilfreich.

Die sehingeschränkten Personen bewerten auch in der Onlinebefragung das Wahrnehmbarkeitssignal, die infrastrukturbezogenen Maßnahmen (Kreuzungen mit Ampel und Elemente auf der Fahrbahn) sowie die fahrzeugseitige, automatische Fußgängererkennung als signifikant hilfreicher, verglichen zu den Teilnehmern ohne Sehprobleme.

In beiden Gruppen gleichermaßen und damit unabhängig von der Sehbeeinträchtigung werden Informationsmaßnahmen für Fahrzeugführer sowie

die Einrichtung von mehr definierten Querungsstellen (Fußgängerüberwege, Mittelinseln) als hilfreiche Maßnahmen bewertet (Abbildung 10-3).

Ebenfalls unabhängig von der Seheinschränkung wurden bei der Onlinebefragung die Maßnahmen MA10 sowie MA13 als sehr wenig hilfreich bewertet. Es handelt sich um die fahrzeugakustische Maßnahme Wahrnehmbarkeitssignal beim Rückwärtsfahren und das technische Signal, das Fußgänger besonders leisen Fahrzeugen über ihre Anwesenheit geben (MA13). Diese Maßnahme wurde in der Onlinebefragung insgesamt von allen Maßnahmen am niedrigsten bewertet. Eine ebenfalls sehr niedrige Bewertung, dabei von den sehingeschränkten Personen signifikant niedriger, erhielt das Wahrnehmbarkeitssignal nur für Blindehunde (MA11, Abbildung 10-3).

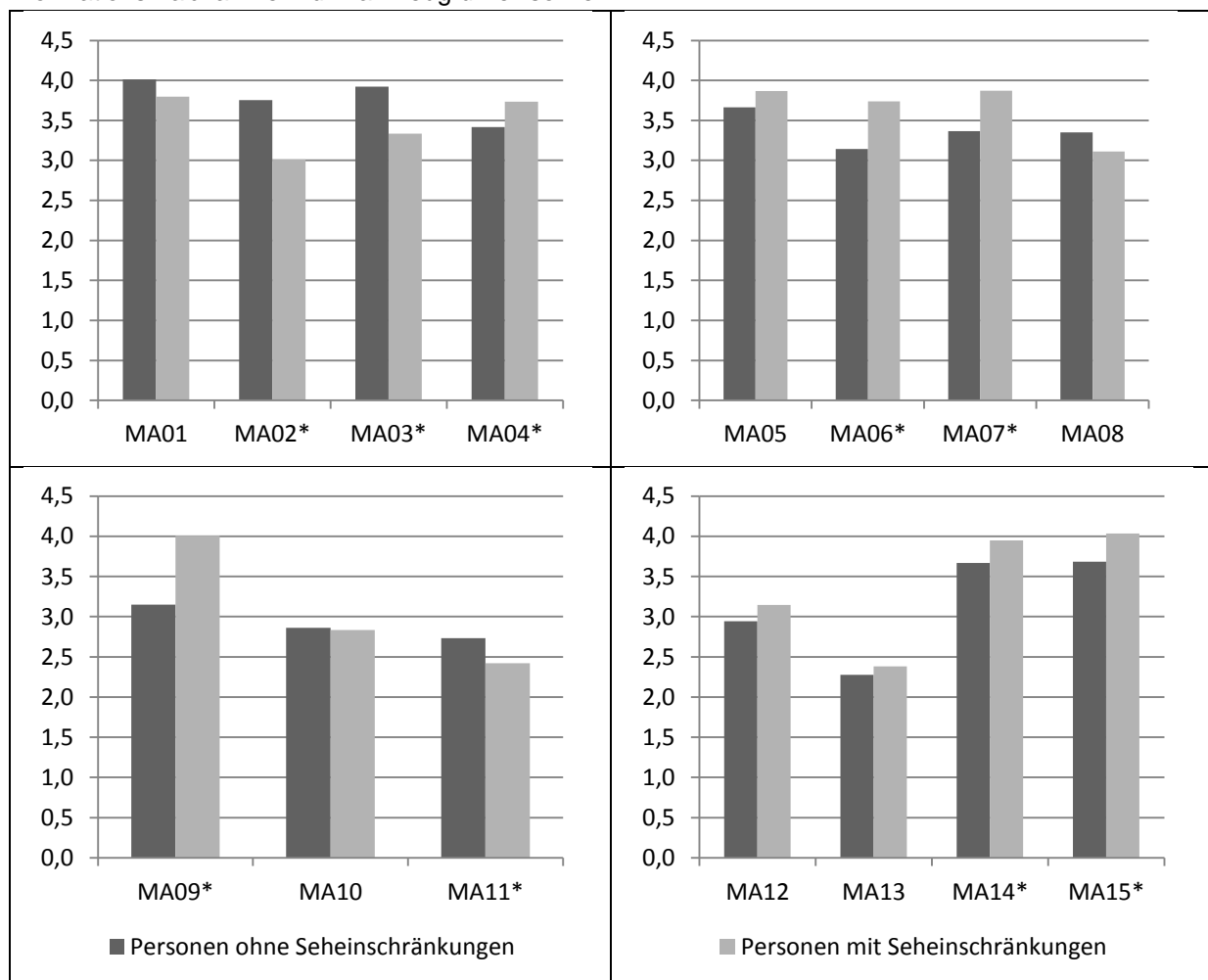


Abbildung 10-3: Mittlere Maßnahmenbewertung für die Personengruppen mit und ohne Seheinschränkungen (N=603); 5-stufige Skala von 1 = „gar nicht hilfreich“ bis 5 = „sehr hilfreich“; signifikante Unterschiede zwischen den Personengruppen gekennzeichnet mit (*)

Ergebnisse der Personen mit verschiedenen Graden der Sehbeeinträchtigung im Vergleich

Alle mittleren Bewertungen der 15 Maßnahmen durch die drei Personengruppen mit unterschiedlicher Sehbeeinträchtigung sowie die Ergebnisse der statistischen Prüfung sind in Tab. A 4-5 ersichtlich.

Insgesamt zeigte sich ein bedeutsamer Einfluss des Grades der Sehbeeinträchtigung auf die Bewertung bei der Mehrzahl der Maßnahmen. Bei sechs Maßnahmen gibt es keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Die Maßnahmen MA01 (Information für Autofahrer) sowie MA14 und MA15 (fahrzeugseitige automatische Fußgängererkennung) wurden von den Personen aller Seheinschränkungsgrade gleichermaßen als überdurchschnittlich hilfreich eingeschätzt.

Die Maßnahme MA04 (sichtbare Kleidung für Fußgänger) schnitt mit einer über alle Gruppen gleichermaßen mittleren Bewertung ab. Die beiden Maßnahmen MA12 und MA13 (technische Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikation) schließlich wurden unabhängig vom Grad der Seheinschränkung im Vergleich aller Maßnahmen als unterdurchschnittlich hilfreich eingeschätzt.

Neun der 15 Maßnahmen weisen einen signifikanten Unterschied zwischen den Personengruppen verschiedener Seheinschränkung auf. Die größte Anzahl an Unterschieden zeigte sich zwischen den Bewertungen der Personen mit gering- und mittelgradiger Sehschwäche gegenüber denjenigen der Blinden (vgl. Tab. A 4-9). Die Gegenüberstellung der signifikant unterschiedlichen Maßnahmenbewertung sind in Abb. A 4-7 dargestellt.

Der allgemeine Trend innerhalb der Bewertungen zeigt, dass die Personengruppen mit schwächerer Sehbeeinträchtigung die vorgestellten Maßnahmen verglichen mit den Blinden tendenziell als hilfreicher bewerten. Dies zeigt sich beispielsweise bei den fahrzeugseitigen akustischen Maßnahmen (Rückwärtsfahrgeräusch und Signal nur für Blindenführhunde). Diese beiden Maßnahmen werden von den Personen mit geringerer Seheinschränkung hilfreicher eingeschätzt als von den potentiell eher betroffenen Blinden selbst, die diese Maßnahmen als deutlich unterdurchschnittlich hilfreich bewerten.

Etwas geringer sind die Unterschiede in der Bewertung bei den informationsbezogenen Maßnahmen. Die Sensibilisierung aller Fußgänger (MA02) sowie der besonders Betroffenen (MA03) wird von den geringer sehbeeinträchtigten Personen etwas hilfreicher eingeschätzt. Vergleichbar zeigen sich die Bewertungsergebnisse zur infrastrukturbezogenen Maßnahme MA08 (Fußgänger sendet Signal an Ampel). Hiervon erwarten sich die Personen mit geringer Seheinschränkung offensichtlich eine größere Unterstützung, wohingegen die Blinden Fußgänger diese Maßnahme als im Vergleich weniger hilfreich einschätzen.

Ein Unterschied in anderer Reihenfolge ergab sich in der Bewertung des Wahrnehmbarkeitssignals für besonders leise Fahrzeuge (MA09). Diese Maßnahme wurde von den hochgradig sehbehinderten und blinden Personen signifikant hilfreicher bewertet als von den Personen mit geringerer Seheinschränkung.

Zwei der infrastrukturbezogenen Maßnahmen (MA06: mehr Kreuzungen mit Ampeln sowie MA07: zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn an Kreuzungen ohne Ampel) wurden schließlich von den Personen mit hochgradiger Sehbeeinträchtigung besser bewertet als von den geringgradig Sehbeeinträchtigten. Von diesen Maßnahmen erhoffen sich die Personen mit einem geringen Sehvermögen offensichtlich zusätzliche Strukturierung, die sowohl die Personen mit etwas besserem Sehvermögen als auch tendenziell die Blinden nicht ganz so hilfreich einschätzen. Dieses Ergebnis ist konform mit den entsprechenden Aussagen der sehbehinderten und blinden Teilnehmer in den Fokusgruppen.

Eine weitere Untermauerung der Interviewergebnisse findet sich in der unterschiedlichen Bewertung der Maßnahme MA05 (mehr Fußgängerüberwege/Mittelinseln). Diese Maßnahme wird auch im Onlinefragebogen von den Sehbehinderten Personen gleichermaßen als hilfreicher eingeschätzt, wohingegen die Blinden diese Maßnahme als signifikant weniger hilfreich bewerten.

Personengruppe	Maßnahmen (Rangplatz 1-5)
Personen mit gering- und mittelgradiger Sehschwäche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 2. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 3. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 4. Autofahrer für schwächere Verkehrsteilnehmer sensibilisieren (MA01) 5. Fußgänger sollten gut sichtbare Kleidung tragen (MA04)
Personen mit hochgradiger Sehschwäche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mehr Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen (LSA) (MA06) 2. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge (MA09) 3. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 4. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 5. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15)
Personen mit Lichtwahrnehmung/ Blindheit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge (MA09) 2. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 3. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 4. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 5. Mehr Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen (LSA) (MA06)

Tabelle 10-4: Als am hilfreichsten bewertete Maßnahmen innerhalb der Onlinebefragung für die drei sehbeeinträchtigten Personengruppen

Personen mit gering- und mittelgradiger Sehbeeinträchtigung präferieren Maßnahmen, die auch eine visuelle Wahrnehmung erfordern und teilweise die Kommunikation von Fußgängern und Fahrzeugführern erfordern, wie etwa an Fußgängerüberwegen. Mit steigender Sehbeeinträchtigung rücken immer deutlicher Maßnahmen der akustischen Orientierung (Wahrnehmbarkeitssignal, geräuschverursachende Elemente auf der Fahrbahn) in der Präferenz nach vorn. Entsprechend erfährt die automatische, fahrzeugseitige Fußgängererkennung und Notbremsung mit steigendem Grad der Sehbehinderung eine deutliche Abstufung in der relativen Präferenz.

Dies stützt die aus den theoretischen Überlegungen in adaptierten Modell und Herleitung der Problemstellung dargelegten Schlussfolgerungen. Hochgradig sehbehinderte und vor allem blinde Fußgänger sind deutlich an einer Verbesserung ihrer Informationslage interessiert, sei es durch akustische Unterstützung oder bessere Antizipierbarkeit.

Demgegenüber präferieren die Personen mit geringerer Seheinschränkung eher Maßnahmen im Sinne einer Rückfallebene für den Fall einer unvorhergesehenen oder von ihnen möglicherweise falsch eingeschätzten Situation.

Einfluss der Gehörbeeinträchtigung

Um abschließend den Einfluss einer Gehörbeeinträchtigung auf die Maßnahmenbewertung zu untersuchen, wurden die am Anfang des vorliegenden Kapitel bereits betrachteten Personengruppen ohne bzw. mit Sehbeeinträchtigung nach dem Vorliegen einer Gehörbeeinträchtigung weiter unterteilt.

Insgesamt zeigten die Ergebnisse einen etwas geringeren Einfluss der Gehörbeeinträchtigung auf die Maßnahmenbewertung als die verschiedenen Ausprägungsgrade der Sehschwäche. Es wurden signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Hörbeeinträchtigung bei etwa der Hälfte der vorgeschlagenen Maßnahmen gefunden (Tab. A 4-10 und Tab. A 4-11). Nachfolgend werden die bedeutsamsten Unterschiede dargestellt, die

vollständige grafische Gegenüberstellung ist in Abb. A 4-8 ersichtlich.

Abgesehen von einer Ausnahme bewerteten die Personen mit zusätzlicher Höreinschränkung die Maßnahmen als hilfreicher. Die einzige Ausnahme betrifft das permanente Wahrnehmbarkeitssignal. Diese Maßnahme wurde von seh- und zusätzlich gehörbeeinträchtigten Personen als signifikant weniger hilfreich eingeschätzt, verglichen zu Personen mit Seh- aber ohne Höreinschränkung. Diese Bewertung ist mit Hinblick auf die kombinierte sensorische Einschränkung dieser Personen sehr plausibel.

Unabhängig vom Vorliegen einer Seheinschränkung wurden von den höreingeschränkten Personen die Maßnahmen der technischen Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikation als hilfreicher bewertet. Die Maßnahme MA13 (Fußgänger gibt leisen Fahrzeugen ein Signal) erfuhr darüber hinaus eine deutlich positivere Bewertung von den höreingeschränkten Personen ohne Seheinschränkung, verglichen mit denjenigen mit kombinierter Seh- und Hörbeeinträchtigung. Diese Personen erhoffen sich davon möglicherweise eine zusätzliche Unterstützung bei der visuellen Orientierung.

Diese Möglichkeit schätzen die Personen mit kombinierter Seh- und Höreinschränkung für sich möglicherweise bedeutsam geringer ein. Sie bewerten zumindest die fahrzeugseitige automatische Fußgängererkennung signifikant als hilfreicher, verglichen mit Seheingeschränkten ohne Hörprobleme.

Als Folge der unterschiedlichen Maßnahmenbewertung resultieren in Abhängigkeit der Höreinschränkung unterschiedliche Rangreihen der als am hilfreichsten eingeschätzten Maßnahmen (Tabelle 10-5).

Die Einschätzungen der Personen ohne Seheinschränkung aber mit Hörleiden unterscheiden sich nur geringfügig von denjenigen ohne sensorische Einschränkung. Die informations- und wissensorientierten Maßnahmen werden als hilfreichste Maßnahmen eingeschätzt. Dies illustriert wiederum die in den Fokusgruppen sowie im Vorgespräch mit höreingeschränkten Personen (siehe Kapitel 4.3.2) gefundenen

Aussagen, dass sich diese Personen als wenig beeinträchtigt erleben und für daher für sich kaum Anlass für zusätzliche Unterstützung bei der sensorischen Orientierung sehen.

Sehr deutliche Unterschiede finden sich jedoch bei den Personen mit Seheinschränkung in Abhängigkeit einer zusätzlichen Höreinschränkung. Die Sehbeeinträchtigten ohne Hörprobleme bewerten auch Maßnahmen als hilfreich, die eine deutlich akustische Komponente aufweisen, wie das Wahrnehmbarkeitssignal und die geräuschverursachenden Elemente auf der Fahrbahn.

Diese Maßnahmen finden sich in den als am hilfreichsten bewerteten Maßnahmen bei den Personen mit kombinierter Seh- und Hörbeeinträchtigung nicht mehr. Diese Personen bewerten ausschließlich Maßnahmen als relativ hilfreich, die als fahrzeugseitige Rückfallebene, wie die automatische Fußgängererkennung oder als Reaktionsunterstützung des Fahrzeugführers angesehen werden können. Zu letzteren zählen die Sensibilisierung von Autofahrern und gut sichtbare Kleidung für Fußgänger.

Die doppelt sensorisch betroffenen Personen bewerten daher praktisch keine Maßnahme als besonders hilfreich, die einen engen Bezug zum eigenen sensorischen Wahrnehmungsvermögen aufweist. Sie sind sich bei der Bewertung der Maßnahmen ihrer eigenen sensorischen Defizite offensichtlich deutlich bewusst. Dieses Ergebnis unterstützt nicht nur die Plausibilität und damit Gültigkeit der herausgearbeiteten theoretischen Betrachtungen über die sensorische Orientierung und den Informationsbedarf von Fußgängern, sondern spricht auch deutlich für die Belastbarkeit der anhand der Onlinebefragung erhobenen Bewertungen.

Personengruppe		Maßnahmen (Rangplatz 1-5)
Personen ohne Seh-schwäche und...	ohne Gehör-schwäche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Betroffene für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren (MA03) 2. Alle Fußgänger für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren (MA02) 3. Autofahrer für schwächere Verkehrsteilnehmer sensibilisieren (MA01) 4. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 5. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15)
	mit Gehör-schwäche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autofahrer für schwächere Verkehrsteilnehmer sensibilisieren (MA01) 2. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 3. Betroffene für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren (MA03) 4. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 5. Alle Fußgänger für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren (MA02)
Personen mit Seh-schwäche und...	ohne Gehör-schwäche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge (MA09) 2. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 3. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 4. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 5. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05)
	mit Gehör-schwäche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 2. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 3. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 4. Autofahrer für schwächere Verkehrsteilnehmer sensibilisieren (MA01) 5. Fußgänger sollten gut sichtbare Kleidung tragen (MA04)

Tabelle 10-5: am höchsten bewertete Maßnahmen innerhalb der Onlinebefragung für die vier Personengruppen mit bzw. ohne Seheinschränkung und mit bzw. ohne Gehörschwäche

10.3.2.2 Präferierte und weitere vorgeschlagene Lösungen

Von den Teilnehmern der Onlinebefragung konnten nach der standardisierten Bewertung der 15 vorgestellten Maßnahmen in einem Freitextfeld weitere Maßnahmen oder Lösungen selbst genannt werden (siehe Anhang). Insgesamt 397 Personen gaben hierzu etwas an. Werden diese Angaben nach den Maßnahmenbereichen geordnet zeigt sich, dass Anregungen zu allen vier Maßnahmenbereichen gegeben wurden.

Die Angaben reichten von allgemeinen Anregungen (z.B. „Aufmerksamkeit und gegenseitige Rücksichtnahme fördern“), über technisch-organisatorische Anregungen (z.B. „Geschwindigkeit reduzieren“), bis hin zu ganz konkreten Maßnahmen wie „Nummernschild für Radfahrer“ oder dem „Tagfahrlicht für Fahrzeuge“.

Eine detaillierte Auflistung der benannten Maßnahmen befindet sich im Anhang.

Die Teilnehmer des Fragebogens hatten neben der Nennung weiterer Lösungen auch die Möglichkeit, diejenigen Maßnahmen zu Nennen, die sie für am geeignetsten halten. Dabei war Mehrfachnennung möglich (freies Textfeld) und eine Nennung wurde auch nicht erzwungen. Hierzu erfolgten 306 Nennungen, bei denen sich eine deutliche Präferenz der Befragungsteilnehmer zeigte (Abb. A 4-9).

In etwas mehr als der Hälfte der Nennungen wurde das Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) als präferierte Maßnahme angegeben. Mit deutlichem Abstand, dabei mit je 15% der Nennungen etwa gleich auf, folgen die automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) sowie das technische Signal,

dass das Fahrzeug dem Fußgänger über seine Anwesenheit gibt (MA12).

10.4 Fazit der Erhebungsdaten

Die Untersuchung beinhaltet zwei empirische Herangehensweisen mit ganz unterschiedlichem methodischem und inhaltlichem Anspruch. Interviews mit Fokusgruppen verschieden betroffener Personen umfassten wenige Teilnehmer und ermöglichten eine intensive Diskussion der Sachverhalte und Ansichten. Der Online-Fragebogen ermöglichte dagegen mit seiner großen Teilnehmerzahl standardisierte Erkenntnisse auf breiter empirischer Basis. Gemeinsam und in weiten Bereichen übereinstimmend haben die beiden Erhebungen eine umfangreiche Bestätigung der literaturbasiert hergeleiteten sensorischen Informationsansprüche von Fußgängern geliefert.

Sie bestätigen damit nicht nur das adaptierte Modell und die daraus abgeleitete Problemstellung (Kapitel 6 und 7), sondern liefern auch einen bedeutsamen Beitrag zum Verständnis der Orientierung sensorisch eingeschränkter Fußgänger im Straßenverkehr und damit eine fundierte Basis zur Bewertung einer Vielzahl unterschiedlichster Bemühungen zur Unterstützung dieser Personen in ihrer alltäglichen Mobilität.

Schließlich bestätigen die empirischen Ergebnisse sowohl im Detail als auch in der Breite der Einschätzungen die zuvor in Kapitel 8 theoretisch modellgeleitet begründeten Bewertungen des Nutzens möglicher Maßnahmen zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau alternativ angetriebener Fahrzeuge.

Die Bewertung der Maßnahmen, insbesondere in Abhängigkeit von Art und Umfang der sensorischen Beeinträchtigung der Personen, hat jedoch nicht nur einen deutlichen Aufschluss über die Unterstützungsansprüche der befragten Fußgänger geliefert, sondern gleichzeitig die Gültigkeit der im Rahmen der literaturbasierten theoretischen Überlegungen herausgearbeiteten Orientierungsansprüche und typischen Kompensationsmechanismen der jeweiligen Personengruppen zusätzlich untermauert.

Für Gesamtdeutschland sind weder über die absolute Anzahl Betroffener noch über die Verteilung von Merkmalen der Beeinträchtigung innerhalb dieser Personengruppe verlässliche statistische Daten verfügbar. Die abschließend zwingende Frage der Repräsentativität der Ergebnisse kann aufgrund des Fehlens dieser Daten nicht empirisch beantwortet werden.

Es können jedoch sehr ermutigende inhaltliche Abschätzungen zur Gültigkeit und Verallgemeinerbarkeit vorgenommen werden. Die Ergebnisse und Einschätzungen gleichen sich zwischen Interview und Befragung auffällig. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass es sich vor allem bei den Angaben der sensorisch eingeschränkten Personen weniger um Bewertungen im Sinne persönlicher Präferenzen bei breiter Entscheidungsfreiheit handelt, sondern vielmehr konkrete Orientierungsprobleme in der alltäglichen Mobilität thematisiert wurden. Mit diesen Problemen wiederum sind alle betroffenen Personen mit sensorischen Einschränkungen praktisch alltäglich konfrontiert.

Daher kann davon ausgegangen werden, dass diese übereinstimmend in Fokusgruppen und Onlinebefragung und zusätzlich konsistent zum theoretisch erarbeiteten Hintergrund gefundenen Ergebnisse ohne Einschränkung auf die Situation dieser großen und im Bevölkerungsanteil absehbar wachsenden Gruppe sensorisch eingeschränkter Personen verallgemeinert werden können.

11 Zusammenfassung

Ausgangspunkt des vorliegenden Forschungsprojektes ist das bei Kraftfahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten verglichen zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor veränderte Außengeräusch. Neben der visuellen Information stellen die Geräusche von Fahrzeugen eine bedeutsame sensorische Wahrnehmungsgrundlage zur fußgängerseitigen Abstimmung des Verhaltens dar. Die Anzahl von Fahrzeugen mit alternativer Antriebstechnologie wird absehbar deutlich zunehmen. Hieraus folgt die Anforderung abzuschätzen, ob und in welchem Umfang es möglicherweise zu Veränderungen der Interaktionssicherheit infolge der veränderten Geräuschemissionen kommen könnte. Das vorliegende Forschungsprojekt trägt dazu Beschreibungen der fußgängerseitigen Informationssituation bei. Darüber hinaus werden aus fußgängerseitiger Sicht exemplarische Maßnahmen zur Verkehrssicherheit im Kontext veränderter Fahrzeuggeräusche betrachtet.

Die Sicherheit von Fußgängern im Straßenverkehr entsteht maßgeblich durch sichere Interaktionen mit Fahrzeugen. Sichere Interaktionen zwischen Fahrzeugen und Fußgängern resultieren aus auf einander abgestimmtem Verhalten aller Beteiligten. Eine zentrale Voraussetzung für eine angemessene Ausrichtung des Verhaltens ist eine erfolgreiche gegenseitige Wahrnehmung. Die adäquate Wahrnehmung bedarf einer interpretierbaren sensorischen Grundlage. Die Rezeption von physikalischen Zuständen und ihrer Veränderung stellt die Basis hierfür dar. Sie kann daher als Informationsanspruch für eine sichere Interaktion angesehen werden. Fußgänger orientieren sich auch akustisch über herannahende Fahrzeuge. Für Fußgänger mit Einschränkungen des visuellen Wahrnehmungsvermögens haben akustische Informationen zudem einen besonders großen Stellenwert.

11.1 Vorgehen

Zur Beschreibung der fußgängerseitigen Informationssituation wird die Wahrnehmung in Interaktion mit Kraftfahrzeugen beschrieben (Kapitel 2 und 4). Weiter werden Art und Inhalt der Informationsbasis zur sicheren Interaktionsgestaltung beschrieben (Kapitel 6). Diese Betrachtungen können als Informationsanspruch

von Fußgängern an Kraftfahrzeuge zur sicheren Interaktionsgestaltung angesehen werden.

Weiter erfolgt die Differenzierung des aufgezeigten Informationsbedarfes anhand der Geräuschemission von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb (Kapitel 3.3). Es werden prototypische Interaktionskonstellationen mit entsprechenden Fahrzuständen der beteiligten Kraftfahrzeuge herausgestellt. In diesen könnte es zu einer Veränderung des fußgängerseitigen akustischen Informationsangebotes und infolgedessen zu Veränderungen der Verkehrssicherheit kommen (Kapitel 7).

Dieser Pool an prototypischen Konstellationen beschreibt die fußgängerseitige Informationssituation. Er bildet zudem das nutzenseitige Bewertungskriterium zur fußgängerorientierten Einschätzung exemplarischer Maßnahmen der Verkehrssicherheit (Kapitel 8). Dabei werden „informations- und wissensorientierte Maßnahmen“, „infrastrukturbezogene Maßnahmen“, „fahrzeugbasierte Maßnahmen“ sowie „Maßnahmen der Fahrzeug-/Fußgänger-Kommunikation“ berücksichtigt. Der auf ein verändertes Fahrzeuggeräusch fokussierten nutzenseitigen Einschätzung wird eine Charakterisierung des absehbaren gesellschaftlichen und technischen Umsetzungsaufwandes gegenübergestellt. Im Ergebnis dieser Betrachtungen resultiert eine überblickshafte Bewertung der Maßnahmen.

Abschätzungen sowohl zum fußgängerseitigen Informationsbedarf als auch zum fußgängerseitigen Informationsangebot erfolgen auf Basis der international publizierten wissenschaftlichen Literatur. Ergänzend werden umfangreiche Auswertungen von Unfalldaten vorgenommen (Kapitel 5). Es werden Unfälle mit Fußgänger- und Radfahrer-beteiligung sowohl bezüglich typischer Konstellationen als auch auf Hinweise auf die Wahrnehmungssituation analysiert. Besondere Beachtung erfährt die Unfallsituation sensorisch eingeschränkter Fußgänger (Kapitel 5.1.2).

Weiter werden die Ergebnisse aus empirischen Erhebungen anhand von Interviews mit Fokusgruppen verwendet (Kapitel 9.2 und 10.1/10.2). Hierfür wurden Interviews mit sieben Fokusgruppen (insgesamt N=37 Personen) durchgeführt. Im Rahmen der jeweils

mehrständigen Interviews wurden Fragen der Wahrnehmung bei der Interaktion mit Fahrzeugen besprochen. Zudem wurden Unfälle und erlebte kritische Situationen thematisiert. Abschließend erfolgte die ausführliche Diskussion exemplarischer Maßnahmen. Unter den Teilnehmern befanden sich mehrere Gruppen sehingeschränkter Personen, darüber hinaus höreingeschränkte und ältere Fußgänger sowie Personen ohne sensorische Einschränkung. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse dienen einerseits der Validierung und Differenzierung der literaturbasiert getroffenen Einschätzungen und andererseits der Bewertung von Maßnahmen der Verkehrssicherheit durch Fußgänger mit und ohne sensorische Einschränkungen.

Schließlich wird die Bewertung exemplarischer Maßnahmen der Verkehrssicherheit um Ergebnisse auf breiter empirischer Basis erweitert. Hierfür wurde eine standardisierte Befragung einer großen Stichprobe durchgeführt (Kapitel 9.3 und 10.3). Diese Befragung wurde primär als Onlinefragebogen realisiert, die Beantwortung war jedoch auch als ausgedruckte Version sowie in elektronischer Form als gesonderte Datei auf dem eigenen Computer möglich. An dieser Erhebung nahmen 603 Personen teil. Darunter befanden sich 461 Befragte mit verschiedensten Graden einer Seheinschränkung.

11.2 Informationsbedarf

Sehen und Hören sind die beiden Fernsinne des Menschen. Ihnen kommt eine zentrale Bedeutung bei der Orientierung in der Umwelt und damit auch in Interaktion mit Fahrzeugen zu (Kapitel 2.2). Das Hören erlaubt im Vergleich zum Sehen eine orientierungsunabhängige Beobachtung der Umgebung, die Beschränkung einer Blickrichtung besteht hierbei nicht. Das Auflösungsvermögen des Hörens ist jedoch demjenigen des Sehens unterlegen.

Auf Basis verkehrstechnischer Betrachtungen können drei wesentliche Grundtypen von Interaktionssituationen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen unterschieden werden. Es handelt sich um Situationen mit a) primär fahrzeugseitiger und b) primär fußgängerseitiger Reaktionsaufforderung sowie c) Situationen mit gegenseitiger Beachtung nach §1 StVO (Kapitel 4.1.3).

In Situationen mit fußgängerseitiger Reaktionsaufforderung bestehen, gemessen an den Unfallauswertungen, im Vergleich die bedeutsamsten Probleme bei der Verkehrssicherheit. Der mit Abstand häufigste Unfalltyp ist der Überschreitenunfall außerhalb von Knotenpunkten (Kapitel 5.1). Hierbei zeigte jedoch die Art der sensorischen Einschränkung des beteiligten Fußgängers im Unfallgeschehen deutlich dokumentierte Auswirkungen. Mit steigendem Grad der Beeinträchtigung gewinnen Knotenpunktsituationen im Unfallgeschehen an Bedeutung.

Die Aussagen der Teilnehmer in den Gruppeninterviews differenzieren diesen Befund. Je bedeutender die sensorische Einschränkung, umso stärker die Präferenz für strukturierte und anhand klarer Regeln antizipierbare Situationen (Kapitel 10.2.1). Besonders stark sensorisch beeinträchtigte Personen (hochgradig sehbehindert oder blind) nehmen auch bedeutsame Umwege in Kauf, um für sie nicht gut erfassbare Situationen zu vermeiden.

Die in den Interviews von den Personen mit sensorischer Einschränkung berichteten kritischen Situationen umfassen alle drei oben unterschiedenen Konstellationen der Reaktionsaufforderung (Kapitel 10.2.2). Fußgängerseitige Fehleinschätzungen betrafen beispielsweise die angezeigte Ampelphase oder den Abstand zu einem herannahenden Fahrzeug. Auch wurden einige Fälle berichtet, in denen eine mangelnde gegenseitige Abstimmung aufgrund fehlenden Wahrnehmungsvermögens den Konflikt verursachte. Beispiele hierfür sind sich von hinten an gehöreingeschränkte Personen annähernde Fahrzeuge oder Probleme von sehingeschränkten Personen bei der Kommunikation mit Fahrzeugführern am Fußgängerüberweg.

Liegt eine primär fußgängerseitige Reaktionsaufforderung oder eine Situation mit gegenseitiger Beachtung vor, rücken Wahrnehmungsaspekte des Fußgängerverhaltens und vor allem das Sicherungsverhalten in den Fokus der Betrachtungen. Das Sicherungsverhalten umfasst primär die Abschätzung von Entfernung, Geschwindigkeit und gegebenenfalls Beschleunigung herannahender Fahrzeuge (Kapitel 4.2.1). Ergebnisse experimenteller

Untersuchungen zeigen, dass Fußgänger bei der Querung eines Fahrzeugstromes primär Abstandslücken schätzen und dabei in heuristischem Maße die Geschwindigkeit herannahender Fahrzeuge berücksichtigen (Kapitel 4.2.2.1). Die rein visuelle Abschätzung von Geschwindigkeiten und Entfernungen von Kraftfahrzeugen erfordert eine nahezu permanente Aufmerksamkeitsfokussierung (Kapitel 4.2.2.2).

Akustische Informationen stellen zur Interaktionssicherung für Fußgänger einen bedeutsamen und sicherheitsrelevanten Beitrag dar. Für visuell eingeschränkte Fußgänger, vor allem für Blinde, ist die akustische Orientierung neben der taktilen Information die zentrale sensorische Verhaltensgrundlage (Kapitel 4.3.1). Dem Hören kommt jedoch auch an der Interaktionssicherung nicht eingeschränkter Personen ein bedeutsamer Anteil zu (Kapitel 4.4). Das Hören unterstützt bei der Situationseinschätzung und Lückenschätzung. Die Detektion von starken Beschleunigungsvorgängen stützt sich zu großen Teilen auf die akustische Wahrnehmung. Zudem legen Untersuchungsergebnisse nahe, dass Fahrzeugführer Geschwindigkeit und Beschleunigung als Kommunikationsmittel gegenüber Fußgängern einsetzen. Ein dokumentiertes Beispiel stellen Fußgängerüberwege dar. Hier zeigen entsprechende Beobachtungen, dass einige Fahrzeugführer ihre Absicht des Nicht-Anhaltens anhand einer Beschleunigung vor dem Überweg kommunizieren.

Die sicherheitsrelevante Rolle des Hörens zeigt sich auch in den Auswertungen der Unfalldaten. Unfälle mit gehöreingeschränkten Fußgängern weisen eine Häufung der Konstellation mit abbiegenden Fahrzeugen an Kreuzungen auf. Zudem verunfallen gehöreingeschränkte Fußgänger verglichen mit anderen Personengruppen häufiger in Kurvenbereichen (Kapitel 5.1.2). Auch die Gesprächsergebnisse unterstützen die sicherheitsrelevante Bedeutung des Hörens zur Interaktionssicherung im Straßenverkehr (Kapitel 10.2.1).

Der für die Verkehrssicherheit zentrale Aspekt der Gefahrenkognition ist abgesehen von dem Erkennen unmittelbar bedrohlicher Konstellationen das gedankliche Vorwegnehmen der Entwicklung potentiell gefährlicher Situationen und die

Ausrichtung des eigenen Verhaltens an dem vorausgedachten Verlauf (Kapitel 6.1). Unter der primären Zielstellung einer Gefahrvermeidung resultiert bei der hohen Dynamik des Straßenverkehrs die Anforderung einer vorausschauenden Verhaltensausrichtung. Dabei bedürfen sowohl die angemessene Bewertung einer Verkehrskonstellation als auch die adäquate Antizipation der Situationsentwicklung einer sensorischen Grundlage in der aktuellen Wahrnehmung. Das im Rahmen des Projektes an die vorliegende Fragestellung adaptierte Modell der Gefahrenkognition reflektiert diesen Umstand (Kapitel 6.3). Es systematisiert die Wahrnehmungsansprüche von Fußgängern in Interaktion mit Kraftfahrzeugen und stellt den Informationsbedarf in auf einander aufbauenden Stufen dar.

Die sichere Interaktion von Fußgängern mit Kraftfahrzeugen bedarf einer sensorischen Information über die Bewegung der Fahrzeuge. Viele Informationen dazu werden in der Regel primär visuell realisiert. Wie oben dargestellt, gibt es jedoch bedeutsame sicherheitsrelevante Beiträge der Akustik an der Interaktionssicherung. Hinzu kommen die besonderen Informationsansprüche seheingeschränkter Fußgänger. Ausschließlich dieser zum heutigen Stand akustisch getragene Informationsumfang stellt den zu diskutierenden Rahmen dar. Hierbei hat sich aus Sicht des Fußgängers die Einteilung in grobe Abstandsbereiche als sinnvoll erwiesen. Für die sichere Interaktionsgestaltung mit Fahrzeugen unterteilbare Abstandsbereiche umfassen den unmittelbaren Bewegungsraum ($d \leq 5\text{m}$ um den Fußgänger), den Nah- ($5\text{m} < d \leq 30\text{m}$) sowie den Orientierungsbereich ($d > 30\text{m}$).

Sichere Interaktionen (Kapitel 7.1) mit fahrenden Kraftfahrzeugen im Bewegungsraum ($d \leq 5\text{m}$) erfordern Informationen über Anwesenheit, Abstand, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit sowie so vorhanden Beschleunigung bzw. Verzögerung dieser Fahrzeuge auch außerhalb des aktuellen Blickbereiches. Aus dem besonderen Informationsbedarf blinder Fußgänger resultiert zudem die Anforderung unmittelbar anfahrbereite Fahrzeuge in ihrem Bewegungsraum als solche erkennen zu können. Zu betrachtende Informationen über fahrende Fahrzeuge im Nahbereich ($5\text{m} < d \leq 30\text{m}$) umfassen die Detektion

der Anwesenheit von Fahrzeugen zum Zwecke der Vororientierung, weiterhin sind akustische Komponenten bei der Detektion starker Beschleunigung zu berücksichtigen. Für sehingeschränkte Personen kommt in diesem Abstandsbereich die Anforderung der akustischen Querungssicherung hinzu. Für den Orientierungsbereich ($d > 30\text{m}$) beschränken sich die zu berücksichtigenden typischen fahrzeuggeräuschbasierten Abschätzungen auf die Anwesenheit von Fahrzeugen unter optimalen akustischen Bedingungen. Hiervon kann ausgegangen werden, wenn im Wahrnehmungsbereich ausschließlich Einzelfahrzeuge mit deutlichem Abstand zu einander unterwegs sind. Hinzu kommt wiederum die heute praktisch nur akustisch detektierbare starke Beschleunigung von sich annähernden Fahrzeugen. Diese Information kann als sicherheitsrelevant angesehen werden und auch bei moderatem Hintergrundgeräusch zur Verfügung stehen. Als moderates Hintergrundgeräusch kann die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer fahrender Fahrzeuge im Wahrnehmungsbereich angesehen werden.

11.3 Informationssituation

In der internationalen Literatur verfügbare Untersuchungen zu Außengeräuschen alternativ angetriebener Fahrzeuge vergleichen in aller Regel zu bauähnlichen Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor. Dazu verwenden sie entweder akustische Messungen oder die Wahrnehmungsurteile von Probanden, die in den meisten Fällen herannahende Fahrzeuge möglichst frühzeitig akustisch detektieren sollen.

Im Fazit der Untersuchungen kann zusammengefasst werden, dass Fahrzeuge mit alternativem Antrieb, untersucht wurden primär solche mit Elektro-Hybrid- bzw. reinem Elektroantrieb, bei konstanter Geschwindigkeit im Bereich bis etwa $v = 20\text{km/h}$ deutlich weniger Geräusche als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor emittieren (Kapitel 3.3) Abbildung 3-2. Sie werden in diesen Fahrzuständen von Probanden nicht oder nur in sehr geringem Abstand gehört. Oberhalb dieser Geschwindigkeit gleichen sich die dann dominanten Abroll- und Windgeräusche denjenigen von Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb an und es kann von einer vergleichbaren Wahrnehmbarkeit ausgegangen werden. Die

Untersuchungen zeigten auch, dass bei alternativ angetriebenen Fahrzeugen von fahrzeugspezifischen akustischen Eigenschaften auszugehen ist und pauschale Aussagen auf Basis der Antriebstechnologie nicht jeden Einzelfall umfassend beschreiben können.

Im Stand verursachen Fahrzeuge mit alternativem Antrieb praktisch keine wahrnehmbaren Geräusche. Über geschwindigkeitsverändernde Fahrzustände gibt es lediglich wenige und insgesamt unzureichende Befunde. Einzelergebnisse weisen für moderat beschleunigende Fahrzeuge mit alternativem Antrieb im Geschwindigkeitsbereich bis etwa $v = 30\text{km/h}$ verglichen zu Verbrennungsmotoren signifikant geringere Geräuschemissionen aus. Untersuchungen zu Bremsvorgängen im Geschwindigkeitsbereich $v \leq 20\text{km/h}$ zeigen keine Wahrnehmbarkeitsunterschiede zu herkömmlich angetriebenen Fahrzeugen. Untersuchungsergebnisse über starke Beschleunigung und Beschleunigungen bei typischen städtischen Fahrgeschwindigkeiten bis $v = 50\text{km/h}$ fehlen bislang. Ebenso sind in der Literatur keine Befunde über unmittelbar abfahrtsbereite Fahrzeuge verfügbar.

In Relation zum herausgestellten Pool an zur Diskussion stehendem Informationsbedarf kann somit die fußgängerseitige Informationssituation konkretisiert werden. Die nachfolgend aufgeführten sieben Punkte sind als Sammlung von Situationen anzusehen, in denen Wahrnehmbarkeitsunterschiede auftreten können:

1. Annäherung von Fahrzeugen ($v \leq 20\text{km/h}$) im Bewegungsraum ($d \leq 5\text{m}$) bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch (mehrere fahrende Fahrzeuge im Wahrnehmungsbereich).
2. Verfolgung der Bewegung (Richtung und Geschwindigkeit) von Fahrzeugen ($v \leq 20\text{km/h}$) im Bewegungsraum ($d \leq 5\text{m}$), mit denen eine Interaktion erfolgte oder erfolgt bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch.
3. Detektion unmittelbar abfahrtsbereiter Fahrzeuge im Bewegungsraum ($d \leq 5\text{m}$), unabhängig vom Hintergrundgeräusch.
4. Annäherung von Fahrzeugen ($v \leq 20\text{km/h}$) im Nahbereich ($5 \leq d \leq 30\text{m}$) bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch.

5. Verfolgung der Bewegung von Fahrzeugen ($v \leq 20 \text{ km/h}$) im Nahbereich ($5 \leq d \leq 30 \text{ m}$), mit denen eine Interaktion erfolgte oder erfolgt bei mindestens moderatem Hintergrundgeräusch.
6. Annäherung von Fahrzeugen ($v \leq 20 \text{ km/h}$) im Orientierungsbereich ($d \geq 30 \text{ m}$) bei geringem Hintergrundgeräusch (Einzelfahrzeug im Wahrnehmungsbereich).
7. Starke Beschleunigung von Fahrzeugen ($v \leq 50 \text{ km/h}$) im Orientierungsbereich ($d \geq 30 \text{ m}$) bei moderatem Hintergrundgeräusch.

Diese können jedoch nur eine Wirkung auf die Verkehrssicherheit entfalten, wenn Fußgänger die zur Interaktionssicherung benötigte Information nicht auf alternativen Wegen erreicht. Als primärer alternativer Sinneskanal ist hierbei das Sehen zu berücksichtigen. Prinzipiell denkbar ist zudem die Ertüchtigung technischer Hilfsmittel durch eine Kommunikation mit herannahenden Fahrzeugen. Inwiefern damit eine angemessene Kompensation für die fußgängerseitige Informationssituation, auch unter dem Gesichtspunkt der ergonomischen Gestaltung und Praktikabilität solcher Systeme möglich ist, kann an dieser Stelle nicht abschließend entschieden werden und bedarf in jedem Fall eigens darauf ausgerichteter empirischer Untersuchungen.

Für Fußgänger ohne bedeutsame Einschränkung des Sehvermögens besteht prinzipiell die sensorische Grundlage für eine visuelle Kompensation. Für sehingeschränkte Personen besteht die Möglichkeit der visuellen Kompensation weitestgehend nicht. Sehbehinderte und Blinde nutzen zur teilweisen Kompensation die Informationsquellen Gedächtnis, taktile Wahrnehmungen sowie technische Hilfsmittel zur Navigation. Aussicht auf angemessene Kompensation haben lediglich angepasste technische Hilfsmittel, für die die im vorhergehenden Absatz ausgeführten Einschränkungen gelten.

Die Detektion und Verfolgung der Bewegung von Fahrzeugen auf kurze Entfernungen (Bewegungsraum, $d \leq 5 \text{ m}$) schließt explizit Konstellationen mit aus Sicht des Fußgängers seitlicher oder rückwärtiger Bewegung von Fahrzeugen ein. Ein verändertes Blickverhalten kann hier eine gewisse Anpassung bedeuten, das Auftreten unerwarteter Fahrzeuge ist damit jedoch nicht detektierbar. Eine

visuelle Suche nach mehreren Richtungen bedarf im Allgemeinen zudem eines festen Standpunktes. Somit können visuell keine Beachtungen von peripheren Fahrzeugbewegungen unter gleichzeitigem Fortsetzen des Fußweges bzw. der Querung erfolgen.

Eine angemessene Unterscheidung zwischen noch weiterhin stehenden von unmittelbar abfahrbereiten Fahrzeugen anhand von visueller Wahrnehmung ist nur durch Blickkontakt mit dem Fahrer möglich. Dies kann für einige, jedoch nicht alle Situationen angenommen werden. Für sehingeschränkte Fußgänger besteht diese Möglichkeit zudem praktisch gar nicht.

Die angemessene Erkennung stark beschleunigender Fahrzeuge könnte aufgrund des bereits ab Start zur Verfügung stehenden hohen Drehmoments von Fahrzeugen mit elektrischen Antriebskomponenten an Bedeutung gewinnen. Fahrzeuge können als in starker Beschleunigung befindlich rein visuell nur anhand permanenter Blickzuwendung erkannt werden. Da für viele Interaktionskonstellationen von Fußgängern mit Fahrzeugen jedoch die Anforderung der Beobachtung nach mehreren Richtungen besteht, können Fahrzeuge rein visuell praktisch nicht als stark beschleunigend wahrgenommen werden.

Die Diskussion von Kompensationsmöglichkeiten zeigt, dass allein durch ein angepasstes Blickverhalten eine fußgängerseitige Informationslage äquivalent zu derjenigen auf Basis des Sehens und des Hörens von heute üblichen Fahrzeugen nicht vollständig erreichbar ist. Für diese Situation bleiben somit Defizite zu erwarten, die sich auf die Verkehrssicherheit auswirken können.

11.4 Bewertung von Maßnahmen

Bewertungen von exemplarischen Maßnahmentypen erfolgen hinsichtlich ihres Potentials zum Ausgleich einer möglicherweise auftretenden Wahrnehmbarkeitsveränderung. Es handelt sich um Maßnahmen aus den vier Bereichen „informations- und wissensorientierte Maßnahmen“, „infrastrukturbezogene Maßnahmen“, „fahrzeugbasierte Maßnahmen“ sowie „Maßnahmen der Fahrzeug-/Fußgänger-Kommunikation“ (Kapitel 8.1-8.4).

Die vorgenommene Bewertung (Kapitel 8.5) orientiert sich auf der Nutzenseite an der abschätzbaren Wirksamkeit in den oben aufgeführten sieben Situationen. Die ergänzend vorgenommene Bewertung des Aufwandes orientiert sich vor allem an den absehbaren Umsetzungshemmnissen. Im Ergebnis der Bewertungen zeigte sich, dass sowohl infrastruktur- und fahrzeuggestützte Maßnahmen sowie Maßnahmen der Kommunikation von Fahrzeug und Fußgänger wirksam für die Verkehrssicherheit in den Situationen sein können.

Für einige Situationen kann von einer guten Wirksamkeit infrastruktureitiger Maßnahmen sowie der Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikation (Fahrzeug sendet Signal an Fußgänger) ausgegangen werden. Als wirksame infrastruktureitige Maßnahmen sind behindertengerecht ausgestattete gesicherte Querungsstellen zu benennen. Als Maßnahme mit dem Sicherheitspotential über die größte Anzahl von Situationen kann das fahrzeuggestützte Wahrnehmbarkeitssignal herausgestellt werden.

Die Bewertung der Maßnahmen sowohl in den Fokusgruppen als auch besonders im Fragebogen reflektierte die Informationsansprüche der verschiedenen Betroffenengruppen (Kapitel 10.2.3 und 10.3.2). Sehingeschränkte Personen bevorzugen deutlich das Wahrnehmbarkeitssignal sowie fahrzeuggestützte automatische Maßnahmen der Fußgängererkennung. Zudem werden je nach Grad der Seheinschränkung verschiedene infrastrukturelle Maßnahmen präferiert. Die gehöreingeschränkten Personen hingegen präferieren Maßnahmen zum Ausgleich ihres von der vorliegenden Fragestellung unabhängigen Wahrnehmungsdefizites anhand technischer Kommunikation zwischen Fahrzeug und Fußgänger.

Über alle untersuchten Personengruppen hinweg gibt es zudem eine bedeutsam positive Bewertung der automatischen Fußgängererkennung und Warnung bzw. Notbremsung. Obwohl diese die fußgängerseitige Informationssituation nicht beeinflusst, erwarten sich offensichtlich alle Fußgänger die Etablierung einer technischen Rückfallebene, die es bei heutigen Interaktionen mit Kraftfahrzeugen nicht gibt.

11.5 Ausblick

Anregungen für die Verkehrssicherheitsforschung bestehen allgemein in einer stärkeren Berücksichtigung der fußgängerseitigen Informationsansprüche bei generellen Fragen der Verkehrssicherheit. Weiterhin können Untersuchungen zur Quantifizierung der Rolle des Hörens bei der Interaktionssicherung unter systematischer Kontrolle und Beschreibung akustischer Eigenschaften von Situation und Fahrzeug angeregt werden.

Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels kann von einer zunehmenden Bedeutung fußgängerseitiger sensorischer Einschränkungen für die Verkehrssicherheit ausgegangen werden. Der Umfang des Einflusses sensorischer Einschränkungen von Fußgängern auf das Verkehrsunfallgeschehen kann anhand der heute verfügbaren Unfalldokumentationen jedoch nur unzureichend beschrieben werden. Werden Daten durch entsprechende Erhebungen verfügbar, ermöglicht dies zudem begründete Einschätzungen zur Auswirkung veränderter Fahrzeuggeräusche auf die Verkehrssicherheit. Entsprechende Erweiterungen könnten beispielsweise im Rahmen der GIDAS – Erhebungen, aber auch für die bundesweite Statistik der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung vorgesehen werden. Zusätzlich zu dokumentieren wären sensorische Einschränkungen mindestens in drei Ausprägungen (ohne Einschränkungen – schwerhörig/sehbehindert – taub/blind).

Für die vorausschauende Rücksichtnahme von Fahrzeugführern gegenüber sensorisch eingeschränkten Personen sollten diese als solche erkennbar sein. Blinde Fußgänger sind in der Regel für andere Verkehrsteilnehmer als sehingeschränkte Person erkennbar. Sehbehinderte und gehöreingeschränkte Fußgänger sind jedoch zumeist nicht als Betroffene erkennbar, wodurch möglicherweise sicherheitsrelevante Missverständnisse entstehen. Zudem haben die empirischen Erhebungen eine deutliche Unterstützung für die Verkehrssicherheitsmaßnahme der zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn vor Kreuzungs- oder definierten Interaktionsbereichen ergeben. Diese Maßnahme wird bislang in der deutschen Diskussion über infrastruktureitige Verbesserungen der Verkehrssicherheit wenig beachtet.

12 Literaturverzeichnis

- Ashmead, D.H., et al. 2005.** Street crossing by sighted and blind pedestrian at modern roundabout. *Journal of Transportation Engineering*. 2005, Vol. 131, No. 11, S. 812-821.
- Bady, R. und Biermann, J.-W. 2000.** Hybrid-Elektrofahrzeuge - Strukturen und zukünftige Entwicklungen. 6. Symposium elektrische Straßenfahrzeuge. Esslingen, 11.-12.05.2000.
- Barlow, J.M., Bentzen, B.L. und Bond, T. 2005.** Blind pedestrian and the changing technology and geometry of signalized intersections: Safety, Orientation, and Independence. 2005, Vol. 99, No.10.
- Barlow, J.M., Bentzen, B.L. und Tabor, L.S. 2003.** Accessible pedestrian signals: synthesis and guide to best practice. 2003.
- Barton, B.K. 2006.** Integrating Selective Attention into Developmental Pedestrian Safety Research. *Canadian Psychology*. 2006, Vol. 47, No. 3, S. 203-210.
- Baumüller, J., Hoffmann, U. und Reuter, U.** Städtebauliche Lärmfibel. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg [Hrsg.]. Stuttgart
- Bavelier, D., et al. 2000.** Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. *The journal of neuroscience*. 2000, Vol. 20.
- Beckmann, K. J. 2010.** Elektromobilität. *Difu Berichte* 2/2010.
- Belojevic, G. und Jakovljevic, B. 1997.** Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. 1997, Vol. 23, No. 2, S. 221-226.
- Bentzen, B.L. und Tabor, L.S. 1998.** Accessible Pedestrian Signals. Washington, DC: U.S. Access Board, 1998.
- Beyer, L. und Weiss, T. 2001.** Elementareinheiten des somatosensorischen Systems als physiologische Basis der taktil-haptischen Wahrnehmung. M. Grunwald und L. Beyer. [Hrsg.]. *Der bewegte Sinn*. Basel: Birkhäuser Verlag, 2001.
- bfu. 2007.** Sichtbarkeit bei Nacht. Bern: Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2007. www.bfu.ch.
- Bietenbeck, H.-P. 2009.** Zukunft und Potentiale der PKW-Geräuschgesetzgebung aus Sicht eines OEMs. Essen : Tagung Fahrzeug-akustik - Haus der Technik 10.-11.11. 2009.
- Bíl, M., Bílová, M. und Müller, I. 2010.** Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles. *Accident Analysis & Prevention*. 2010, Vol. 42, No. 6, S.1632-1636 .
- Birbaumer, N. und Schmidt, R.F. 1999.** *Biologische Psychologie*. 4. Auflage. Heidelberg: Springer-Verlag, 1999.
- Blauert, J. und Xiang, N. 2009.** *Acoustics for Engineers : Troy Lectures*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.
- BMVBS. 2011.** Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. [Online abgerufen am: 06. 05. 2011] http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/Z/abt_eilung-strassenbau.html.
- Boenke, D., et al. 2010.** Empfehlungen zur Mobilitätssicherung älterer Menschen im Straßenverkehr (Band 1). Köln: TÜV-Media GmbH, 2010.
- Boudet, L. und Midenet, S. 2009.** Pedestrian crossing detection based on evidential fusion of video-sensors. *Transportation Research Part C*. 2009, Vol.17, No. 5, S. 484-497.
- Braun, E., et al. 2010.** Bewährte Praktiken im Bereich der Straßenverkehrssicherheit. Luxemburg : Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2010.
- Camenzind, J., Hürlimann, F.W. und Kägi, B. 1978.** Konfliktstelle Fußgängerstreifen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 1978, Vol. 24, No.1, S.14-20.
- Chu, X., Guttenplan, M. und Baltes, M.R. 2002.** Why people cross where they do: The role of street environment. Tampa: Florida Department of Transportation, 2002. Report No. NCTR-473-06.
- Claus, B. 2011.** BKB-Projekt: Sicherheit für nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmer bei

geräuscharmen Fahrzeugen. Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. (DBSV) (www.dbsv.org). [Online abgerufen am: 21.02.2011] <http://www.dbsv.org/dbsv/unsere-struktur/uebergreifende-fachausschuesse/gfuv/e-fahrzeuge/>.

Cocron, P., et al. 2011. The silence of electric vehicle - blessing or curse? TRB 90th Annual Meeting 23.-27.01. 2011. NR: 11-0741.

Connelly, M.M., et al. 1998. Child Pedestrians' crossing gap thresholds. *Accident Analysis & Prevention*. 1998, Vol. 30, No. 4, S. 443-453.

Das, S., Manski, C.F. und Manuszak, M.D. 2003. Walk or Wait? An Empirical Analysis of street Crossing Decisions. Delhi: Indian Statistical Institute, 2003.

Daum, S.O. und Hecht, H. 2009. Distance estimation in vista space. *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2009, Vol. 71, No. 5, S. 1127-1137.

DBSV. 2011. [Online abgerufen am 21.02. 2011] <http://www.dbsv.org/dbsv/unsere-struktur/uebergreifende-fachausschuesse/gfuv/e-fahrzeuge/>.

de Lavalette, B.C., et al. 2009. Pedestrian crossing decision-making: A situational and behavioral approach. *Safety Science*. 2009, Vol. 47, S. 1248–1253.

Destatis [a]. 2009. Bevölkerungspyramide. [Online abgerufen am 06.03.2009] <http://www.destatis.de/bevoelkerungspyramide/>.

Destatis [b]. 2009. Statistik der schwerbehinderten Menschen, 2007. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, 2009.

Destatis [a]. 2010. Verkehr - Verkehrsunfälle (2009). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, 15. Juli 2010.

Destatis[b]. 2010. Verkehrsunfälle - Unfälle von Senioren im Straßenverkehr (2009). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2010.

Destatis[c]. 2010. Verkehrsunfälle - Kinderunfälle im Straßenverkehr (2009). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2010.

Destatis[d]. 2010. Verkehrsunfälle - Zweiradunfälle im Straßenverkehr (2009). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2010.

Diepes, H. 2004. Refraktionbestimmung. 3. komplett überarbeitete Aufl. Heidelberg: DOZ-Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH, 2004.

DIN 32975. Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung.

DIN 32981. Zusatzeinrichtungen für Blinde und Sehbehinderte an Straßenverkehrs-Signalanlagen (SVA).

DIN 32984. Bodenindikatoren im öffentlichen Verkehrsraum.

DIN 5340. Begriffe der physiologischen Optik (Stand: 04/1998).

Droll, J.A., et al. 2009. An Analysis of Low-Speed Pedestrian Crashes Involving Electric-Powered and Combustion-Powered Vehicle. Proceedings of the human factors and ergonomics society 53rd annual meeting - 2009. Los Angeles, CA. 2009. S. 2029-2033.

Echterhoff, W., et al. 1994. Orientierungshilfen für Sehbehinderte im öffentlichen Bereich durch Verbesserung der visuellen Kontraste. Bundesministerium für Familie und Senioren. 1994, Abschlußbericht. Gz.: 413-3355/45.

Eckert, M. 1993. Lichttechnik und optische Wahrnehmungssicherheit im Straßenverkehr. Berlin: Verlag Technik GmbH, 1993.

Enerdata. 2009. The impact of lower oil consumption in Europe on world oil prices. Brüssel: 2009.

Europäische Kommission. 2011. Vertretung der Europäischen Kommission in Deutschland . Europäische Kommission - Presseportal Europa vor Ort. [Online abgerufen am: 07. 02. 2011] [http://presseportal.eu-kommission.de/index.php?id=62&tx_ttnews\[tt_news\]=780&tx_ttnews\[backPid\]=60&cHash=5f8ae7e39a6bac4cd9abef741d4c7975](http://presseportal.eu-kommission.de/index.php?id=62&tx_ttnews[tt_news]=780&tx_ttnews[backPid]=60&cHash=5f8ae7e39a6bac4cd9abef741d4c7975).

Feng, S. und Pei, Y. 2007. Analysis of Vehicle Delay on Road Sections on the Condition of

Pedestrian Crossing. *J Transpn Sys Eng & IT*. 2007. Vol. 7, No. 3, S. 73-77.

FGSV. 2002. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). EFA - Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2002.

Finney, E.M., Fine, I. und Dobkins, K.R. 2001. Visual stimuli activate auditory cortex in deaf. *nature neuroscience*. 2001, Vol. 4, No. 12.

Fischer, E.L., et al. 2010. Pedestrian and bicyclist safety and Mobility in Europe. Report No. FHWA-PL-10-010 2010.

Freeland, A.L., Wendel, A. und Dannenberg, A. 2010. Can quiet kill? pedestrian and bicyclist fatalities caused by hybrid motor vehicle - United States 2004-2008. 59th annual EIS conference. 19.04.2010. S. 35.

Garay-Vega, L., et al. 2011. Auditory detectability of hybrid electric vehicle by pedestrian who are blind. TRB 2011 Annual Meeting.

Garay-Vega, L., et al. 2010. Quieter Cars and the safty of the Blind pedestrian: Phase I. DOT HS 811 304 Cambridge, MA: NHTSA, 2010.

Gates, T.J., et al. 2006. Recommended Walking Speeds for Pedestrian Clearance Timing Based on Pedestrian Characteristics. TRB 2006 Annual Meeting: 2006. Paper No. 06-1826.

GDV. Interaktiver Unfalltypenkatalog „UNKA“ für Windows PC. Software DB-Version 1.0.3. Berlin: [Online abgerufen am: 03.06.2011] <http://www.udv.de/verkehrsverhalten-und-paedagogik/unfallkommission/arbeitshilfen/interaktiver-unfalltypenkatalog/>.

GDV. 1998. Unfalltypen-Katalog - Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltypes. Köln: Druck: MVR-Druck GmbH, Brühl, 1998.

Gehlert, T. 2009. 10 Fragen zur Verkehrssicherheit. Berlin : Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2009.

Gelau, C., Gasser, T.M. und Seeck, A. 2009. Fahrerassistenz und Verkehrssicherheit. in: H. Winner, S. Hakuli und G. Wolf (Hrsg.). Handbuch

Fahrerassistenzsysteme. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag. 2009.

Gerhard, H.-M. 2010. Activities in Germany (VDA) Report to IG QRTV. WP29 - informal group QRTV (04.05.2010) Washington, DC.

Gerónimo, D., Sappa, A. D. und López, A.M. 2010. 2D-3D-based on-board pedestrian detection system. *Computer Vision and Image Understanding*. 2010, Vol. 114, S. 583–595.

Gerrig, R.J. und Zimbardo, P.G. 2008. *Psychologie*. 18. aktualisierte Auflage. München: Pearson Studium, 2008.

GIDAS. 2008. Codebook GIDAS 2008.

Goldstein, E.B. 2001. Wahrnehmungspsychologie. Spektrum Akademischer Verlag, 2001.

Goodes, P., Bai, Y.B. und Meyer, E. 2009. Investigation into the detection of quiet vehicle by the blind community and the application of an external noise emitting system. SAE Technical Paper, 2009-01-2189.

Goodes, P., et al. 2008. Investigation into the detection of quiet vehicle by th blind community. Noise-Con 2008 and the Sound Quality Symposium 2008, Dearborn, MI. 31. 07.2008.

Graw, M. und König, H.G. 2002. Fatal pedestrian-bicycle collisions. *Forensic Sciences International*. 2002, Vol. 126, S. 241-247.

Grehl, S. 2004. Deutscher Schwerhörigen-bund e.V. (DSB). Schwerhörigen-Netz.de. [Online] 06/2004. [Online abgerufen am: 15.02. 2011] <http://www.schwerhoerigen-netz.de/MAIN/schwerb.asp?inhalt=200>.

Grehn, F. 2003. *Augenheilkunde*. 28. Aufl. Berlin: Springer Verlag, 2003.

Grein, H.-J. 2007. Script zur Vorlesung: Pathologie (SS 2007). Fachhochschule Jena. 2007.

Griswold, J., et al. 2011. Visual assessment of pedestrian crashes. *Accident Analysis & Prevention*. 2011, Vol. 43, No. 1, S. 301-306.

Grosse, K. 2009. Audio-Visual Perception in Interactive Virtual Environments. Wien: TU Wien,

Institut für Computergraphik und Algorithmen, 2009.

Guth, D., et al. 2005. Blind and Sighted pedestrians' judgements of gaps in traffic at roundabouts. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2005, Vol. 47, No. 2, S. 314-331.

Hacker, W. 2005. Allgemeine Arbeitspsychologie. Bern: Hans Huber, 2005.

Haken, K.-L. 2008. Grundlagen der Kraftfahrzeugtechnik. München: Carl Hanser Verlag, 2008.

Hanna, R. 2009. Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles. DOT HS 811 204 Washington, DC : NHTSA, 2009.

Hastings, A., et al. 2011. Acoustic Characteristics of Hybrid Electric Vehicle and the Safety of Pedestrians who are blind. TRB 2011 Annual Meeting. 01/ 2011.

Hatfield, J. und Murphy, S. 2007. The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 2007, Vol. 39, S. 197-205.

Herzberg, P.Y. und Schlag, B. 2003. Sensation Seeking und Verhalten im Straßenverkehr. in: M. Roth und P. Hammelstein [Hrsg.]. *Sensation Seeking-Konzeption, Diagnostik und Anwendung*. Göttingen : Hogrefe, 2003.

Hogan, Ch. 2008. Analysis of blind Pedestrian Deaths and Injuries from Motor Vehicle Crashes, 2002-2006 (US). Direct reearch, LLC, 21. 04.2008.

Holland, C. und Hill, R. 2010. Gender differences in factors predicting unsafe crossing decisions in adult pedestrians across the lifespan: A simulation study. *Accident Analysis and Prevention*. 2010, Vol. 42, S. 1097–1106.

Holzmann, D.C. 2011. Vehicle motion alarms: necessity, noise pollution, or both? *Environmental health Perspectives*. 2011, Vol.119, No. 1.

Hurtig, O., et al. 2010. Die Automobilindustrie auf neuen Wegen? Eine vergleichende Einordnung

innovativer Kraftstoff- und Antriebskonzepten der deutschen Automobilindustrie seit der ersten Ölkrise 1973. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) [Hrsg.]. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*. 2010, Vol. 19, No. 3, S. 84-90. <http://www.itas.fzk.de/tatup/103/huua10a.htm>.

IIHS. 2010. Q&As: Pedestrian. [Online] 05/2010. [Online abgerufen am: 14.07.2010] <http://www.iihs.org/research/qanda/pedestrians.html>.

JASIC. 2009. A Study on Approach Warning System for hybrid vehicle in motor mode. Informal document No. GRB-49-10; 16.-18.02.2009. <http://www.unece.org/trans/doc/2009/wp29grb/EC-E-TRANS-WP29-GRB-49-inf10e.pdf>

Johnston, L. und Peace, V. 2007. Where did that car come from?: Crossing the road when the traffic comes from an unfamiliar direction. *Accident Analysis and Prevention*. 2007, Vol. 39, S. 886–893.

KBA. 2011. Kraftfahrt-Bundesamt: Emissionen, Kraftstoffe - Zeitreihe 2006-2011. [Online] 2011. [Online abgerufen am: 14.02.2011] www.kba.de.

Keegan, O. und O'Mahony, M. 2003. Modifying pedestrian behaviour. *Transportation Research Part A*. 2003, Vol. 37, S. 889-901.

Kerber, S. 2006. Das Fahrzeugaußen-geräusch im urbanen Verkehr und seine Bedeutung für die Interaktion Fußgänger - Fahrzeug. *ATZ*. 2006, Vol. 108, No. 8, S. 603-608.

Kerber, S. und Fastl, H. 2009. Wahrnehmung von Fahrzeuggeräuschen bei Hintergrundlärm. Essen: Tagung Fahrzeugakustik - Haus der Technik 10.-11.11. 2009.

Kerber, S. 2008. Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugaußengeräuschen in Hintergrundgeräuschen: Psychoakustische Beurteilung und modellbasierte Prognosen. München : Dr. Hut Verlag, 2008.

Kim, J.-K., et al. 2008. Age and pedestrian injury severity in motor-vehicle crashes: A heteroskedastic logit analysis. *Accident Analysis & Prevention*. 2008, Vol. 40, No. 5, S. 1695-1702 .

- Klebensberg, D. 1982.** Verkehrspsychologie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1982.
- Knauer, C. und Pfeiffer, N. 2006.** Erblindung in Deutschland - heute und 2030. Der Ophthalmologe. 2006, Vol. 103, S. 735-741.
- Knoll, P. 2010.** Fahrerassistenzsysteme. [Buchverf.] Konrad Reif. Fahrstabilisierungssysteme und Fahrerassistenzsysteme. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2010.
- Kühn, M., Fröming, R. und Schindler, V. 2007.** Fußgängerschutz - Unfallgeschehen, Fahrzeuggestaltung, Testverfahren. Berlin : Springer Verlag, 2007.
- Kühn, M., Rose, A. und Seifert, K. 2003.** Untersuchung des Fußgänger-Fahrzeug-Unfalls hinsichtlich des Fahrer-verhaltens. MMI-Interaktive. 03/2003, Nr. 6.
- Lachenmayer, B.J. 1995.** Sehen und gesehen werden: Sicher unterwegs im Straßenverkehr. Aachen: Shaker Verlag, 1995.
- Lang, G.K. 2004.** Augenheilkunde. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2004.
- Li, Y. und Fernie, G. 2010.** Pedestrian behavior and safety on a two-stage crossing with a center refuge island and the effect of winter weather on pedestrian compliance rate. Accident Analysis and Prevention. 2010, Vol. 42, S.1156–1163.
- Limbourg, M., Flade, A. und Schönharting, J. 2000.** Mobilität im Kindes- und Jugendalter. Opladen: Leske + Budrich, 2000.
- Lindner, H. und Behrens-Baumann, W. 1995.** Untersuchung zur Kontrastempfindlichkeit von Sehbehinderten. Der Ophthalmologe. 1995, Vol. 92, S.137-141.
- Lindner, H., Röhl, F.-W. und Behrens-Baumann, W. 1999.** Kontrastoptimierung im öffentlichen Bereich - Verbesserung der Orientierungsmöglichkeiten für Sehbehinderte. Klinisches Monatsblatt Augenheilkunde. 1999, Vol. 214, S. 231-245.
- Lobjois, R. und Cavallo, V. 2007.** Age-related differences in street-crossing decisions: The effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. Accident Analysis and Prevention. 2007, Vol. 39, S. 934–943.
- Lobjois, R. und Cavallo, V. 2009.** The effects of aging on street-crossing behavior: From estimation to actual crossing. Accident Analysis and Prevention. 2009, Vol. 41, S. 259–267.
- Lötzsch, J. 2001.** Sehschädigung, haptische Wahrnehmung und Sprache.in: M. Grunwald und L. Beyer [Hrsg]. Der bewegte Sinn. Basel: Birkhäuser Verlag, 2001.
- Maidowsky, W. 1997.** Anatomie des Auges. 5. Aufl. Pforzheim: Verlag Neues Optikerjournal Bode GmbH & Co. KG, 1997.
- Malorny, Ch. 2009.** Einstromland. Automotive Agenda. 2009, Vol. 04, S.18-21
- Manning, R. 2010.** Audible detection of approaching hybrid and petrol powered vehicle in urban environment. [RACQ-Report Version: 1-040810]. Technical Researcher RACQ Vehicle Technologies, 04/2010.
- Mather, G. 2006.** Foundations of Perception. Hove, New York: Taylor & Francis, 2006.
- Mauer, M. 2008.** The danger posed by silent vehicles. 19.-20.02.2008. Informal Dokument No. GRB-47-10
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2008/wp29grb/ECE-TRANS-WP29-GRB-47-inf10e.pdf>
- Mayerhofer, W. 2009.** Das Fokusgruppen-interview. in: R. Buder, H.H. Holzmüller [Hrsg.]. Qualitative Marktforschung: Konzepte - Methoden - Analysen. 2. Aufl. Gabler Verlag, 2009, S. 477-506.
- Methling, D. 1996.** Bestimmen von Sehhilfen. 2., neu bearbeitete Aufl. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1996.
- Morhart, C. und Biebl, E. 2009.** Code-basierte Abstandsbestimmung im Rahmen des Projektes AMULETT. Abschlusspräsentation Projekt AMULETT. 05.05.2009.
- Mrowinski, D. und Scholz, G. 2006 .** Audiometrie: Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. Thieme, 2006 .

- Mutabazi, M. 2010.** Sight obstruction at at-grade pedestrian crossings: A review of the understanding of the meaning of zigzag lines. *Safety Science*. 2010, Vol. 48, S. 283–287.
- NFB. 2008.** National Federation of the Blind. [Online] 05/2008. [Online abgerufen am: 17.02.2011.] <http://nfbmd.org/about/resolution05.html>.
- NFB. 2011.** National Federation of the Blind - Committee on Automobile and Pedestrian Safety - Quiet Cars. [Online] 05.01.2011. [Online abgerufen am: 12.05.2011.] <http://quietcars.nfb.org/>.
- NFB. 2003.** RESOLUTION 2003-05 - Regarding: Quiet Cars. *Braille Monitor*. [Online] 08/09-2003. [Online abgerufen am: 13.11.2010.] <http://www.nfb.org/Images/nfb/Publications/bm/bm03/bm0309/bm030910.htm>.
- NFB. 2006.** RESOLUTION 2006-05 - Regarding Quiet Cars. *Braille Monitor*. [Online] 08/09-2006. [Online abgerufen am: 13.11.2011.] <http://www.nfb.org/Images/nfb/Publications/bm/bm06/bm0608/bm060813.htm>.
- Nuckols, B. 2007.** Blind people: Hybrid cars pose hazard. [Online] 10.03.2007. [Online abgerufen am: 12.07.2010.] www.usatoday.com.
- o.V. 2010.** Geräuscharme Autos in den USA bald tabu. *Washington*. 2010. Spiegel online - Pressemitteilung. <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/0,1518,735315,00.html>.
- Owen, J.M. 2008.** Quiet vehicle avoidance systems for blind and deaf-blind pedestrian. Richmond, Virginia, 2008.
- Oxley, J.A., et al. 2005.** Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*. 2005, Vol. 37, S. 962–971.
- Oxley, J.A., Lenné, M. und Corben, B. 2006.** The effect of alcohol impairment on road-crossing behaviour. *Transportation Research Part F*. 2006, Vol. 9, S. 258–268.
- Papadimitriou, E., Yannis, G. und Golias, J. 2009.** A critical assessment of pedestrian behaviour models. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2009, Bd. Vol. 12, No. 3, S. 242-255.
- Pester, W. und Trechow, P. 2009.** Wer Elektroautos marktreif erklärt, "handelt verantwortungslos". *VDI nachrichten*, 2009.
- Pfeiffer, M. und Schmidt, J. 2006.** Statistical and methodological foundations of the GIDAS accident survey system. *Proceedings of the 2nd International Conference on ESAR*. Hannover, 2006. S. 81-87.
- Plumert, J.M., Kearney, J.K. und Cremer, J.F. 2004.** Children's perception of gap affordances: Bicycling across traffic-filled intersections in an immersive virtual environment. *Child Development*. 2004, Vol. 75, S. 1243-1253.
- QRTV-02-08. 2010.** MLIT: Japanese Activities on Approaching Vehicle Audible System for HEVs and EVs. 04.05.2010 - WP29 - informal group QRTV Washington, DC. 2010. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2010/wp29grb/QRTV-02-08e.pdf>.
- QRTV-03-01. 2010.** MLIT, JASIC: Guideline for measures against quietness problem of hybrid vehicles, 13.07.2010. <http://live.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2010/wp29grb/QRTV-03-01e.pdf>.
- QRTV-05-02. 2011.** Pedetrian Safety Enhancement Act of 2010. Workgroup on quiet road transport vehicle 17-19.01.2011. München. 2011. <http://live.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp29grb/QRTV-05-02e.pdf>.
- QRTV-05-05. 2011.** Proposal for guidelines on measures ensuring the audibility of hybrid and electric vehicle. GBR - 53 Session: 15.-17.02.2011. Genf. 2011. <http://live.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp29grb/QRTV-05-05e.pdf>.
- Raßhofer, R.H. und Schwarz, D. 2009.** Zukunftspotentiale aktiver Sicherheit: Fußgängerschutz durch kooperative Sensorik. Abschlusspräsentation: Projekt AMULETT. 06. Mai 2009.

- Robart, R.L. und Rosenblum, L. 2009.** Are hybrid cars too quiet? *J. Acoust. Soc. Am.* 2009, Vol. 125, No. 4, S. 2744-2744.
- Röder, B. 2003.** Ist bei Blinden alles anders? *Gehirn und Geist.* 2003, Vol. 5, S. 70-74. [Online abgerufen am: 12.05.2011]. <http://www.dvbs-online.de/horus/2004-1-3.htm>
- Röder, B. und Rösler, F. 2004.** Kompensatorische Plastizität bei blinden Menschen - Was Blinde über die Adaptivität des Gehirns verraten. *Zeitschrift für Neuropsychologie.* 2004, Vol. 15, No. 4, S. 243-264.
- Röder, B. und Rösler, F. 2001.** Vergleich haptischer Wahrnehmungsleistung zwischen blinden und sehenden Personen. in: M. Grunwald und L. Beyer [Hrsg.]. *Der bewegte Sinn.* Basel: Birkhäuser Verlag, 2001.
- Rosburg, T. 2001.** Blindenleitstreifen im bereich des öffentlichen Personenverkehrs. in: M. Grunwald und L. Beyer [Hrsg.]. *Der bewegte Sinn.* Basel: Birkhäuser Verlag, 2001.
- Rosen, E. und Sander, U. 2009.** Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Accident Analysis and Prevention.* 2009, Vol. 41, S. 536-542.
- Rosenbloom, T. 2009.** Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. *Transportation Research Part F.* 2009, Vol. 12, S. 389-394.
- Rosenbloom, T., et al. 2008.** Fear and danger appraisals of a road-crossing scenario: A developmental perspective. *Accident Analysis and Prevention.* 2008, Vol. 40, S. 1619–1626.
- Rosenblum, L. 2008.** Transcript of the Quiet Cars Public Meeting on 23.06.2008. S. 53-65. [online abgerufen am: 17.01.2011] <http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=NHTSA-2008-0108-0023>.
- Sandberg, U., Goubert, L. und Mioduszewski, P. 2010.** Are vehicle driven in electric mode so quiet that they need acoustic warning signals? *Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010.* Sydney, Australia, 23-27.08.2010.
- Sapien, R.E., Widman Roux, J. und Fullerton-Gleason, L. 2003.** Children's response to a commercial back-up warning device. *Injury Prevention.* 2003, Vol. 9, S. 87-88.
- Sauerburger, D. 2005.** Street crossing, analyzing risk, developing strategies, and making decisions. *Jornal of visual impairment and blindness.* 2005, Vol. 4, S. 659-663.
- Saum-Aldehoff, T. 2005.** Worin sind Blinde Sehende überlegen? Interview mit Prof. Brigitte Röder. *Psychologie heute.* [Online abgerufen am: 12.05.2011] <http://www.dvbs-online.de/horus/2009-4-4576.htm>
- Scherer, C. 1983.** Konflikte zwischen Fußgängern und Fahrzeuglenkern. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit.* 1983, Vol. 29, No. 2, S. 86-88.
- Schiele, B. und Wojek, Chr. 2009.** Kamerabasierte Fußgängerdetektion. in: H. Winner, S. Hakuli, G. Wolf [Hrsg.] *Handbuch Fahrerassistenzsysteme.* Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2009.
- Schierz, Ch. 2008.** Licht für die ältere Bevölkerung - Physiologische Grundlagen und ihre Konsequenzen. [Hrsg.] *LiTG Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.* 2008. Tagungsband: *Licht 2008 Ilmenau.*
- Schiff, W. und Oldak, R. 1990.** Accuracy of judging time to arrival: Effects of modality, trajectory and gender. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* 1990, Vol. 16, S. 303-316.
- Schlag, B. [Hrsg.] 2008.** Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Köln: Eugen-Otto-Butz-Stiftung, 2008.
- Schlag, B. 2008.** Lern- und Leistungsmotivation. 3. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag, 2008.
- Schlag, B. und Richter, S. 2005.** Internationale Ansätze zur Prävention von Kinderverkehrsunfällen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit.* 2005, Vol. 4, S. 182-188.
- Schlag, B., et al. 2006.** *Kinderunfälle.* Wiesbaden: VS Verlag, 2006.

- Schlag, B., et al. 2009.** Mehr Licht - mehr Sicht - mehr Sicherheit? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2009.
- Schmidt, S. und Färber, B. 2009.** Pedestrians at the kerb – Recognising the action intentions of humans. *Transportation Research Part F*. 2009, Vol. 12, S. 300–310.
- Schnabel, W. und Lohse, D. 1997.** Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung (Band1). Berlin: Verlag für Bauwesen, 1997.
- Schoon, J.G. 2006.** Pedestrian behaviour at uncontrolled crossings. *Traffic Engineering and Control*. 2006, Vol. 47, No. 6, S. 229-235.
- Schroeder, B.J., et al. 2008.** Pedestrian Safety Enhancements on Hillsborough Street Roundabout Corridor. Raleigh, NC: Institute for Transportation Research and Education, 2008.
- Schroeder, B.J., Roupail, N.M. und Wall, R.S. 2005.** Exploratory analysis of crossing difficulties for blind and sighted pedestrian at channelized turn lanes. 2005.
- Schulze, Ch. 2005.** Sicherheitsförderung am Fußgängerüberweg. Diplomarbeit an der Professur für Verkehrspsychologie: Technische Universität Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften, 2005.
- Seeck, A. 2010.** BASt: Fahrzeugsicherheit und Elektromobilität. Ludwigsburg: Tagungs-beitrag: 12. Technischer Kongress 2010.
- SGB IX.** Sozialgesetzbuch - Neuntes Buch - Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen. [Online]19.06.2001. [Online abgerufen am: 16.01.2011] http://www.gesetze-im-internet.de/sgb_9/BJNR104700001.html#BJNR104700001BJNG000200000
- Sikora, A. 2009.** Kooperative Sensorik für Fußgängerschutz: Projekte, Stand der Technik, internationaler Wettbewerb. Abschlusspräsentation: Projekt AMULETT. Aschaffenburg, 06.05.2009.
- Simpson, S. 2008.** Didn't hear it coming. *Scientific American*. 2008, Vol. 299, No. 2.
- SMMT. 2010.** The Society of Motor Manufacturers and Traders (SMMT). Electric car guide for motorists. 27.10.2010. Press release number 4846 2010.
- Stein, D. und Hiple, S. 2010.** Debbie Stein (National Federation of the Blind) and Sarah Hiple (SAE).
- StVO. 2010.** Straßenverkehrs-Ordnung. 2010. [Online] 01.12.2010. [Online abgerufen am: 05.06.2011] <http://www.gesetze-im-internet.de/stvo/BJNR015650970.html>
- Sullman, M.-J.M., et al. 2011.** The pedestrian behaviour of Spanish adolescents. *Journal of Adolescence*. 2011, Vol. 34, S. 531–539.
- Tate, E.D., Harpster, M.O. und Savagian, P.J. 2008.** The Electrification of the Automobile: From Conventional Hybrid, to Plug-in Hybrids, to Extended-Range Electric Vehicle. Detroit : SAE International, 2008.
- Trotter, J. 1995.** Das Auge. Trimbach (CH): Optik-Verlag, 1995.
- Tyrrell, R.A., Wood, J.M. und Carberry, T.P. 2004.** On-road measures of pedestrians' estimates of their own nighttime conspicuity. *Journal of Safety Research*. 2004, Vol. 35, S. 483-490.
- Ulfarsson, G.F., Kim, S. und Booth, K.M. 2010.** Analysis fault in pedestrian-motor vehicle crashes in North Carolina. *Accident Analysis and Prevention*. 2010, Vol. 42, S. 1805 - 1813.
- Umweltbundesamt. 2010.** Umweltbundesamt. [Online] 10.08.2010. [Online abgerufen am: 02.05.2011.] <http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/index-alternativ.htm>.
- UNECE. 2011.** Regulation No. 83; Revision 4. [Online] 26.04.2011. [Online abgerufen am: 06.05.2011.] <http://live.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r083r4e.pdf>.
- Várhelyi, A. 1998.** Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: a case study. *Accident Analysis & Prevention*. 1998, Vol. 30, No. 6, S. 731-743.

- VCÖ-Forschungsinstitut. 2009.** Potentiale von Elektro-Mobilität. [Hrsg.] VCÖ. Wien. 2009.
- VDA. 2001.** Unsere Autos. Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA). [Online] 2001. [Online abgerufen am: 02.05.2011] <http://www.unsere-autos.de/service/glossar/extended-range-electric-vehicle/>.
- VDI/VDE-IT. 2009.** Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. [Online] 08/2009. [Online abgerufen am: 15.04.2010] <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>.
- Verheijen, E. und Jabben, J. 2010.** Effect of electric cars on traffic noise and safety. RIVM, Report M680300. Bilthoven, Netherlands, 2010.
- Wall Emerson, R. und Sauerburger, D. 2008.** Detection approaching vehicle at street with no traffic control. Journal of visual impairment and blindness. 2008, Vol. 102, No. 12.
- Wall Emerson, R., et al. 2011.** A pilot study of pedestrian with visual impairment detecting traffic gaps and surges containing hybrid vehicles. Transportation Research Part F. 2011, S. 117-127.
- Weller, G. 2010.** The Psychology of Driving on Rural Roads. Wiesbaden: VS Research, 2010.
- WHO. 2011.** Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011. [Online abgerufen am:16.05.2011] http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf.
- WHO. 2008.** World Health Organization. [Online] 2008. Change the Definition of Blindness. [Online abgerufen am:12.12.2008] <http://www.who.int/blindness/Change%20the%20Definition%20of%20Blindness.pdf>
- Whoriskey, P. 2009.** The Deadly Silence of the Electric Car. The Washington Post. 23.09.2009.
- Wiener, W.R. und Lawson, G. 1997.** The use of traffic sounds to make street crossings by persons who are visually impaired. Journal of visual impairment and blindness. 09/10-1997.
- Wiener, W.R., et al. 2006.** The impact of hybrid vehicle on street crossing. RE:view: Rehabilitation Education for Blindness and visual Impairment. 2006, Vol. 38, No. 2, 2006, S. 65-78.
- Winner, H., Hakuli, S, und Wolf, G. [Hrsg.]. 2009.** Handbuch Fahrer-assistenzsysteme. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2009.
- Wiss. Beirat. 2010.** Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland. Zeitschrift für Verkehrssicherheit. 2010, Vol. 4, S.171-194.
- Xiang, H., et al. 2006.** Risk of vehicle–pedestrian and vehicle–bicyclist collisions among children with disabilities. Accident Analysis and Prevention. 2006, Vol. 38, S.1064–1070.
- Zeller, P. 2009.** Handbuch Fahrzeugakustik. Wiesbaden: Vieweg & Teubner, 2009.
- Zhou, R. und Horrey, W.J. 2010.** Predicting adolescent pedestrians' behavioral intentions to follow the masses in risky crossing situations. Transportation Research Part F. 2010, Vol. 13, S. 153–163.
- Zhou, R., Horrey, W.J. und Yu, R. 2009.** The effect of conformity tendency on pedestrians' road-crossing intentions in China: An application of the theory of planned behavior. Accident Analysis and Prevention. 2009, Vol. 41, S. 491–497.

Anhang

A 1	Fahrzeuge	A 1-1
A 2	Unfalldaten.....	A 2-5
A 2.1.	Unfallauswertungen zu Kapitel 5.1.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne sensorische Einschränkungen	A 2-6
A 2.2.	Unfallauswertungen zu Kapitel 5.1.2 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Personen	A 2-15
A 2.3.	Unfallauswertungen zu Kapitel 5.2.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Radfahrern	A 2-23
A 2.4.	Unfallauswertungen zu Kapitel 5.2.2 Unfallsituationen von Radfahrern mit Fußgängern.....	A 2-35
A 3	Interviews mit Fokusgruppen	A 3-43
A 3.1.	Interviewleitfaden	A 3-43
A 3.2.	Wahrnehmung und Orientierung bei Interaktionen	A 3-52
A 3.3.	Detaillierte Beschreibung der Maßnahmenbewertung	A 3-58
A 4	Onlinebefragung	A 4-70
A 4.1.	Abbildungen zum Onlinefragebogen	A 4-70
A 4.2.	Präsentierte Maßnahmen im Onlinefragebogen.....	A 4-72
A 4.3.	Ergebnisse der Online-Befragung.	A 4-73

A 1 Fahrzeuge

Tab. A 1-1: Darstellung der vorgestellten Studien zu Fahrzeugaußengeräuschen

Fahrzeugzustand / Studie	Technische Messung (Fahrzeugzustand)				Probandenbewertung			Aussagen
	Beschleunigung aus dem Stillstand od. abbremsen	Annäherung od. Vorbeifahrt (mit Konstantfahrt)	Stationär	Rückwärtsfahrt	Präsenz eines FZ	Wahrnehmbarkeitszeit	Wahrnehmbarkeitsentfernung	
(Wiener, et al., 2006)	X	X						<ul style="list-style-type: none"> kein Wahrnehmbarkeitsproblem zw. ICE – HEV (ICE-Mode) evtl. Wahrnehmbarkeitsproblem zw. ICE – HEV (EV-Mode) Hybrid sollte für Blinde und Sehbehinderte noch kein Problem darstellen, evtl. für Gehörschwache Sehbehinderte sollten in der Lage sein, wenn sie an einer Kreuzung ohne LSA warten ein HEV genauso gut wie einen ICE mit genügender Entfernung erkennen
(Rosenblum, 2008)		X				X	X	<ul style="list-style-type: none"> signifikanter Unterschied im Fahrzeugtyp (ICE – HEV/EV) bei der Wahrnehmbarkeitsentfernung der eine potentielle Gefahr darstellt ab 24km/h ist das FZ über Reifen- und Windgeräusche wahrnehmbar
(JASIC, 2009)		X	X		X	(X)		<ul style="list-style-type: none"> größter Wahrnehmbarkeitsunterschied (20dB) von EV/HEV und ICE bei 0km/h ab Geschwindigkeiten über 20km/h kein Wahrnehmbarkeitsunterschied zw. EV/HEV und ICE
NHTSA-Studie (Garay-Vega, et al., 2010)	X	X	X	X	(X)	X	X	<ul style="list-style-type: none"> das Geräuschniveau von HEVs ist geringer als das eines vergleichbaren ICEs bei geringen Geschwindigkeit (bis 32km/h), darüber nähern sich die Fahrzeuge im Geräuschniveau an HEVs wurden bei geringen Geschwindigkeiten häufiger nicht wahrgenommen als ein vgl. ICE HEVs wurden bei geringen Geschwindigkeiten später wahrgenommen als ein vgl. ICE

								<ul style="list-style-type: none"> Die Entdeckungszeit eines FZs dauerte bei lautem Umfeld länger als bei leisem
(Goodes, et al., 2009)		X			X	(X)	X	<ul style="list-style-type: none"> FZ mit 2dB(A) über Hintergrundgeräusch scheinbar wahrnehmbar max. Schallpegel gibt keine Aussage über Wahrnehmbarkeitsentfernung
(Kerber, 2008)		X					X	<ul style="list-style-type: none"> Modell zur Vorhersage der Wahrnehmbarkeit von sich annähernden Fahrzeugen bei unterschiedlichen Hintergrundgeräuschen
(Manning, 2010)							X	<ul style="list-style-type: none"> Keine sig. Unterschied in der (geringen) Wahrnehmbarkeitsentfernung zwischen ICE und HEV Es ist nicht gesagt, dass HEV keine Gefahr sind, sie stellen nur keine größere Gefahr dar als ICE bei gleichen Bedingungen
(Goodes, et al., 2008)					(X)		X	<ul style="list-style-type: none"> EV-Mode später erkannt in Gegensatz zu künstlichen Diesel-Leerlaufgeräuschen Klingeltonzusatz in künstlichen Geräusch bietet keinen Mehrwert FZ ohne Antriebsgeräusche haben einen signifikanten Einfluss auf die Wahrnehmung für Blinde Ein Ersatzgeräusch könnte eine Gefahr verhindern
MLIT-Studie (QRTV-02-08, 2010)					X		(X)	<ul style="list-style-type: none"> ICE und HEV (ohne EV-Mode) werden wahrgenommen (stationärer Fahrzustand, 10 und 20km/h Annäherungsgeschwindigkeit) HEV (mit EV-Mode) und EV werden ohne zusätzliche akustische Unterstützung nicht wahrgenommen (stationärer Zustand und 10km/h Annäherungsfahrt)
(Wall Emerson, et al., 2011)					(X)	(X)	(X)	<ul style="list-style-type: none"> HEV werden später wahrgenommen (bis 32km/h), aber hier gibt es typabhängige Unterschiede

X=direkt erfasst; (X) indirekt erfasst

Tab. A 1-2: Zusammenfassung aller Schalldruckwerte über die verschiedenen Studien hinweg

Fahrzeugzustand	Quelle	Fahrzeug	Geschwindigkeit	Entfernung	dB(A) (HEV)	dB(A) (ICE)	Verhältnis EV-ICE
Stationär	(JASIC, 2009)	HEV (EV-Mode)	0km/h		28***		
	(JASIC, 2009)	ICE1	0km/h			46***	
	(JASIC, 2009)	ICE2	0km/h			47***	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE)	0km/h (Leerlauf)			47,8	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE)	0km/h (Leerlauf)			48,1	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	0km/h (Leerlauf)		44,8	46	
Annäherungsfahrt	(Wiener, et al., 2006)	Toyota Prius (HEV), Toyota Corolla (ICE)	48,3kmh (30mph)	von 330 auf 110ft (Messpt.)	72,4*	70,1*	
	(Wiener, et al., 2006)	Toyota Prius (HEV), Toyota Corolla (ICE)	48,3kmh (30mph)	von 330 auf 110ft (Messpt.)	72**	69,7**	
	(JASIC, 2009)	HEV (EV-Mode)	6,5km/h		43***		
	(JASIC, 2009)	ICE1	6,5km/h			51***	
	(JASIC, 2009)	ICE2	6,5km/h			50***	
	(JASIC, 2009)	HEV (EV-Mode)	10km/h		50***		
	(JASIC, 2009)	ICE1	10km/h			56***	
	(JASIC, 2009)	ICE2	10km/h			56***	
	(JASIC, 2009)	HEV (EV-Mode)	15km/h		55***		
	(JASIC, 2009)	ICE2	15km/h			58***	
	(JASIC, 2009)	ICE1	15km/h			59***	
	(JASIC, 2009)	HEV (EV-Mode)	20km/h		60***		
	(JASIC, 2009)	ICE2	20km/h			61***	
	(JASIC, 2009)	ICE1	20km/h			62***	
	(JASIC, 2009)	HEV (EV-Mode)	30km/h		68***		
	(JASIC, 2009)	ICE1	30km/h			69***	
	(JASIC, 2009)	ICE2	30km/h			70***	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE)	9,7km/h (6mph)		44,7	53,5	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE)	9,7km/h (6mph)		53,2	55,5	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	9,7km/h (6mph)		49,3	52	
(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE)	16,1km/h (10mph)		53	55,4		

	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE)	16,1km/h (10mph)		54,6	56	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	16,1km/h (10mph)		55	55,6	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE)	32,2km/h (20mph)		63	63,8	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE)	32,2km/h (20mph)		64,6	64,1	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	32,2km/h (20mph)		63,6	63,5	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE)	48,3kmh (30mph)		69,9	69,3	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE)	48,3kmh (30mph)		70,4	69,1	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	48,3kmh (30mph)		67,8	69,8	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE)	64,4km/h (40mph)		74,4	73,9	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE)	64,4km/h (40mph)		73,9	74,4	
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	64,4km/h (40mph)				
Vorbeifahrt	(Rosenblum, 2008)	Toyota Prius (2004, HEV), Ford Mustang (ICE)	8,1km/h (5mph)				HEV 15dB leiser als ICE
	(Rosenblum, 2008)	Toyota Prius (2006, HEV), Honda Accord (ICE)	8,1km/h (5mph)				HEV 13dB leiser als ICE
	(Goodes, et al., 2009)	ICE-A	16,1km/h (10mph)	0 ft**** (max sound level)		58	
	(Goodes, et al., 2009)	ICE-B	16,1km/h (10mph)	0 ft**** (max sound level)		58,4	
	(Goodes, et al., 2009)	ICE-C	16,1km/h (10mph)	0 ft**** (max sound level)		59,8	
	(Goodes, et al., 2009)	ICE-D	16,1km/h (10mph)	0 ft**** (max sound level)		58,2	
Rückwärtsfahren	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE); Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE); Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	8,1km/h (5mph)				HEVs 7-10dB(A) leiser als ICEs
Beschleunigung	(Wiener, et al., 2006)	Toyota Prius (HEV), Toyota Corolla (ICE)	von 0 auf 29km/h (von 0 auf 18mph)				HEV 8dB(A) leiser als ICE
	(Wiener, et al., 2006)	Toyota Prius (HEV), Toyota Corolla (ICE)	von 0 auf 9,7km/h (von 0 auf 6mph)		(53)	(70)	HEV 17dB(A) leiser als ICE
	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE); Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE); Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	von 0 auf 32,3km/h (von 0 auf 20mph)				kein bedeutsamer Unterschied zw. HEV und ICE
Abbremsen	(Garay-Vega, et al., 2010)	Toyota Prius (HEV), Toyota Matrix (ICE); Toyota Highlander (HEV), Toyota Highlander (ICE); Honda Civic (HEV), Honda Civic (ICE)	von 32,2 auf 16,1km/h (von 20 auf 10mph)				kein bedeutsamer Unterschied zw. HEV und ICE

*angetriebener Zustand, **rollender Zustand, ***aus Diagramm abgelesene Werte, ****max. Soundlevel lag in der Nähe der 0 feet Messposition

A 2 Unfalldaten

Tab. A 2-1: Ursache von Unfällen mit Personenschaden mit detaillierter Darstellung der Fußgängerverhaltensfehler (Destatis[a], 2010)

sonstige körperliche oder geistige Mängel	1%		
mangelnde Verkehrstüchtigkeit	7%		
Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn	75%	an Fußgängerüberwegen mit Regeln	10%
		auf Fußgängerüberwegen ohne Verkehrsregeln	1%
		in der Nähe von Kreuzungen oder Einmündungen, LSA oder Fußgängerüberwegen mit dichtem Verkehr	9%
		an anderen Stellen: durch plötzliches Hervortreten hinter Sichthindernissen	20%
		an anderen Stellen: ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten	62%
		an sonstigen Stellen: durch sonstiges falsches Verhalten	8%
nicht benutzen des Gehweges	2%		
nicht benutzen der vorgeschriebenen Straßenseite	1%		
Spielen auf oder neben der Fahrbahn	1%		
andere Fehler des Fußgängers	13%		

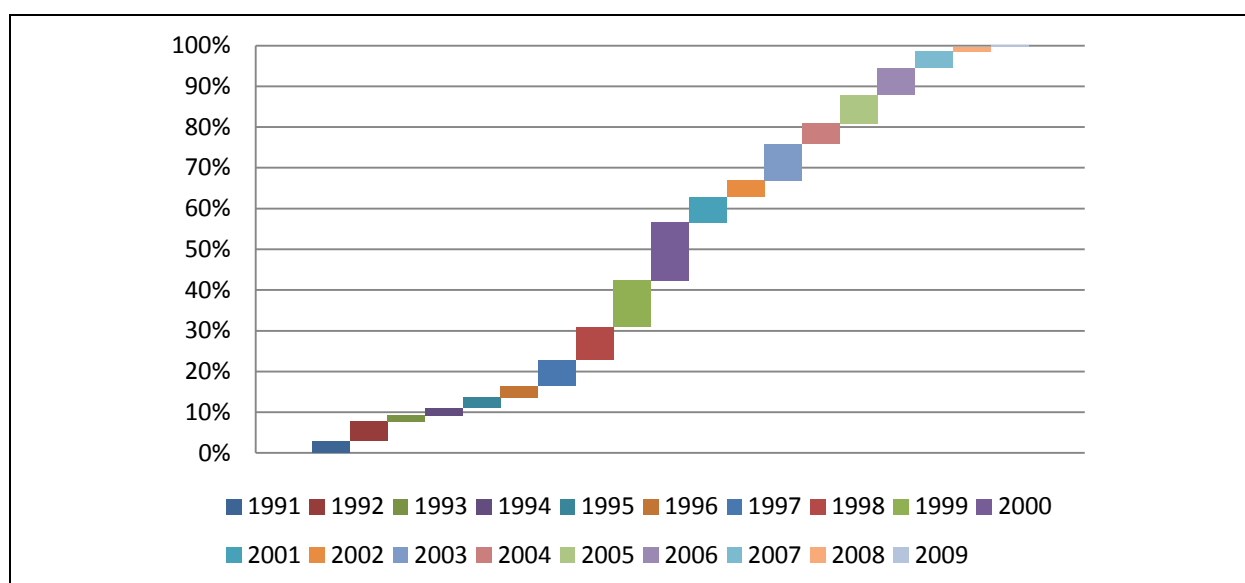


Abb. A 2-1: prozentuale Verteilung der Fußgänger-Pkw-Unfälle im Erhebungszeitraum 1991-2009

A 2.1. Unfallauswertungen zu Kapitel 5.1.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Fußgängern ohne sensorische Einschränkungen

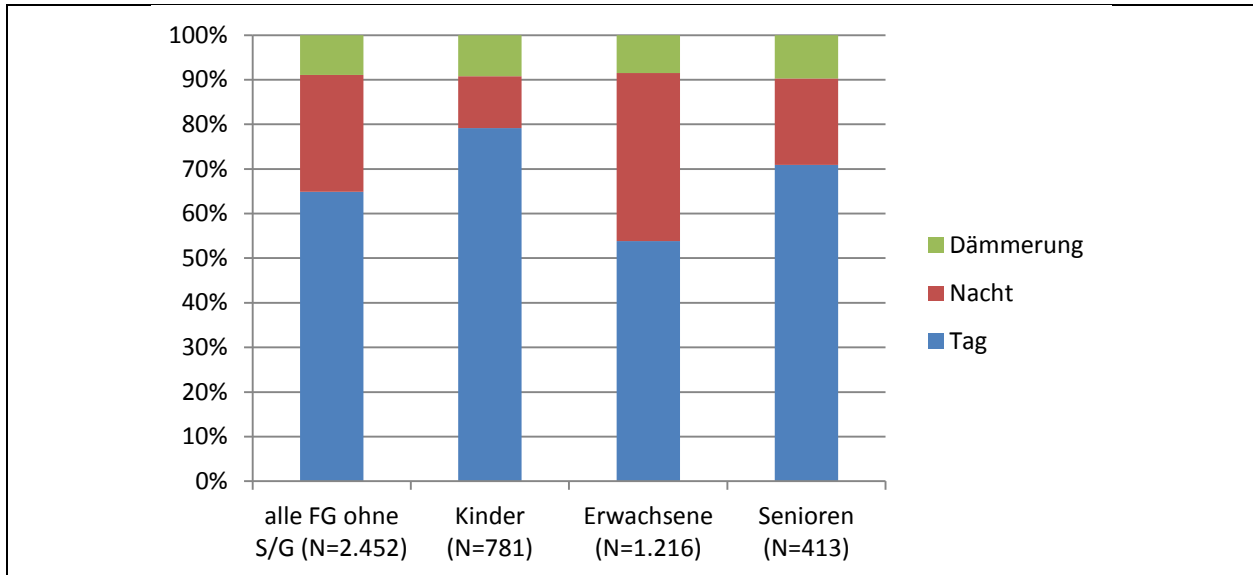


Abb. A 2-2: prozentuale tageszeitliche Verteilung der Fußgänger-PKW-Unfälle

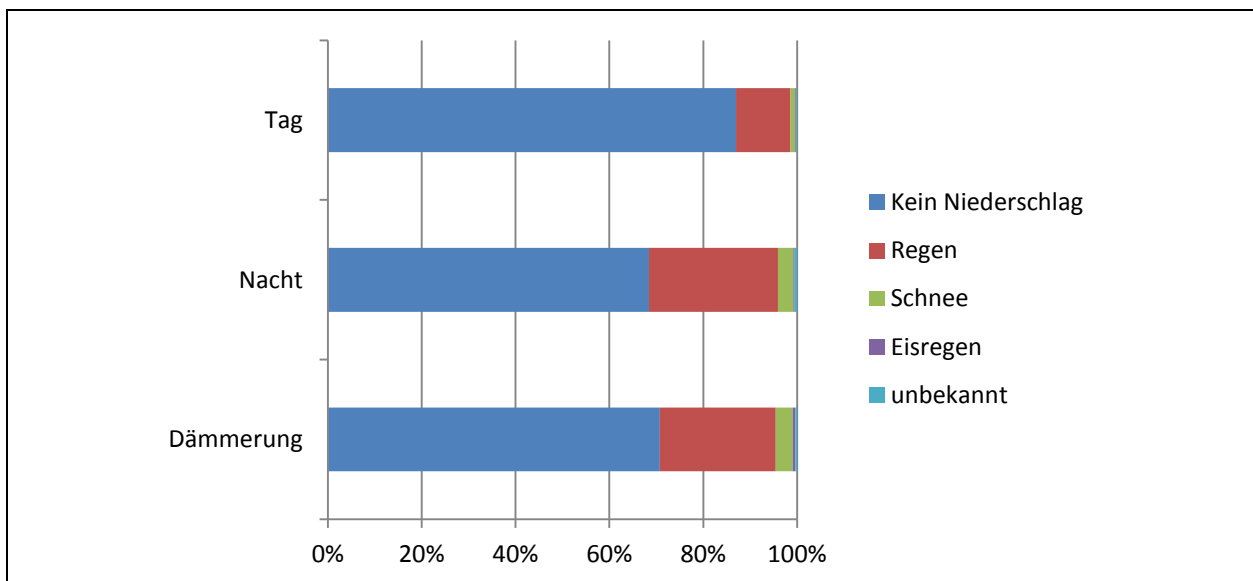


Abb. A 2-3: Beschreibung der Wetterverhältnisse in Abhängigkeit von der Tageszeit (N=2.452)

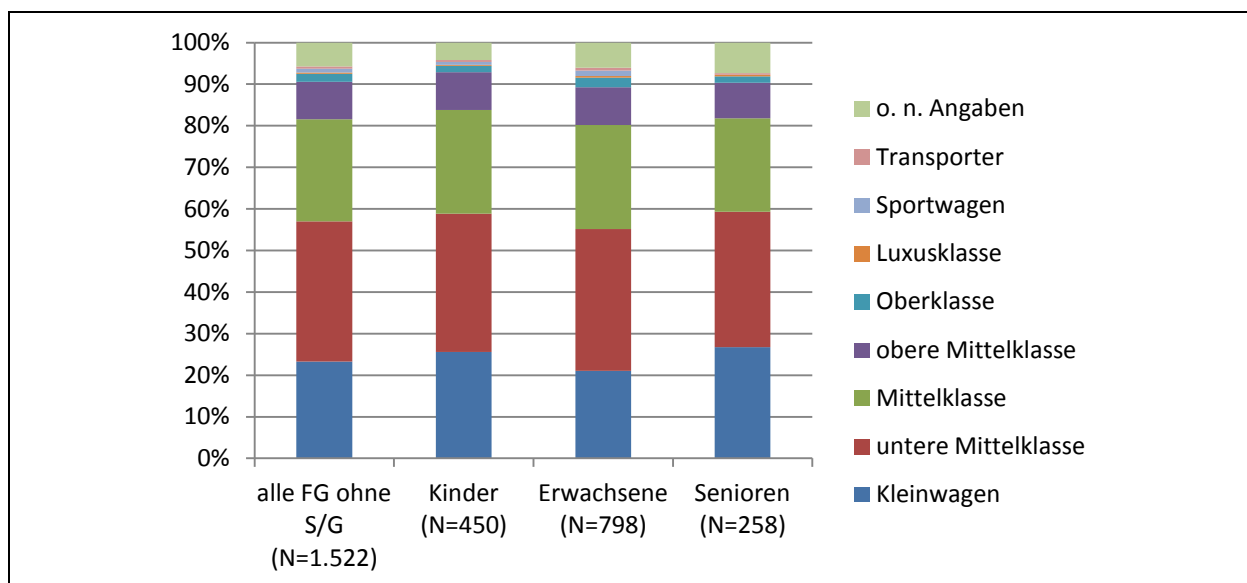


Abb. A 2-4: Verteilung des beteiligten Fahrzeugtyps

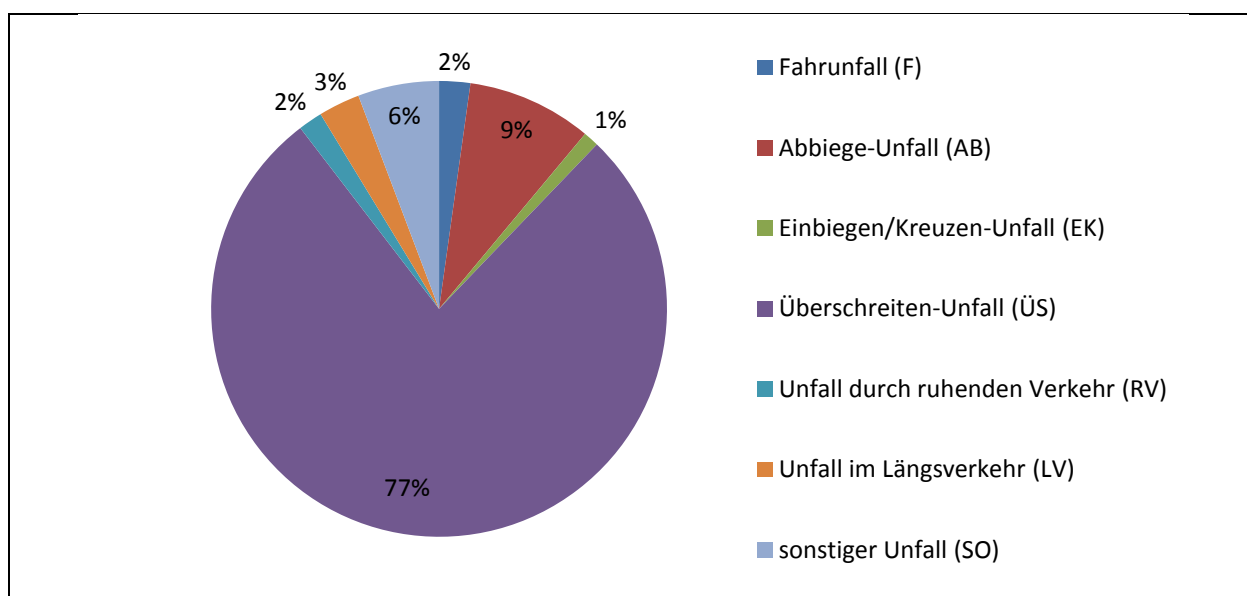


Abb. A 2-5: Prozentuale Verteilung der Unfalltypen bei Fußgänger-Pkw-Unfällen (N=2.448)

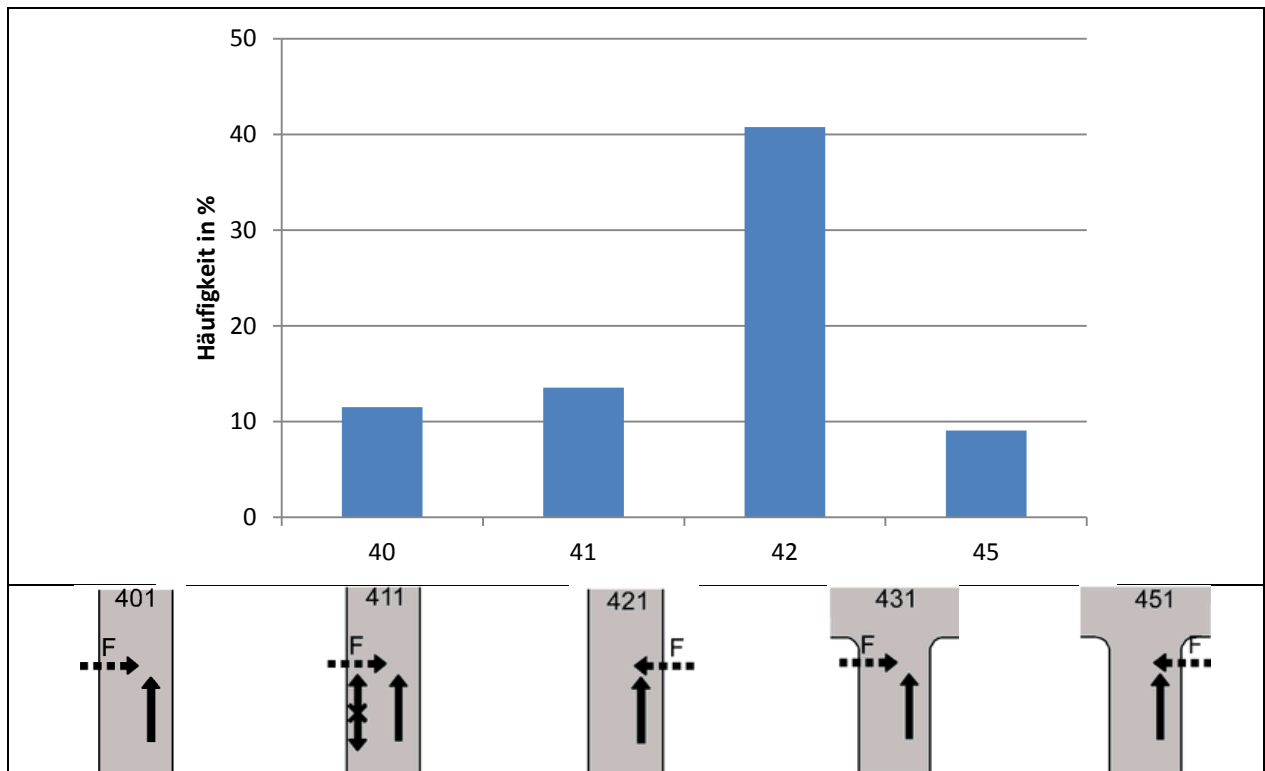


Abb. A 2-6: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Gruppe der Kinder (N=783) mit graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

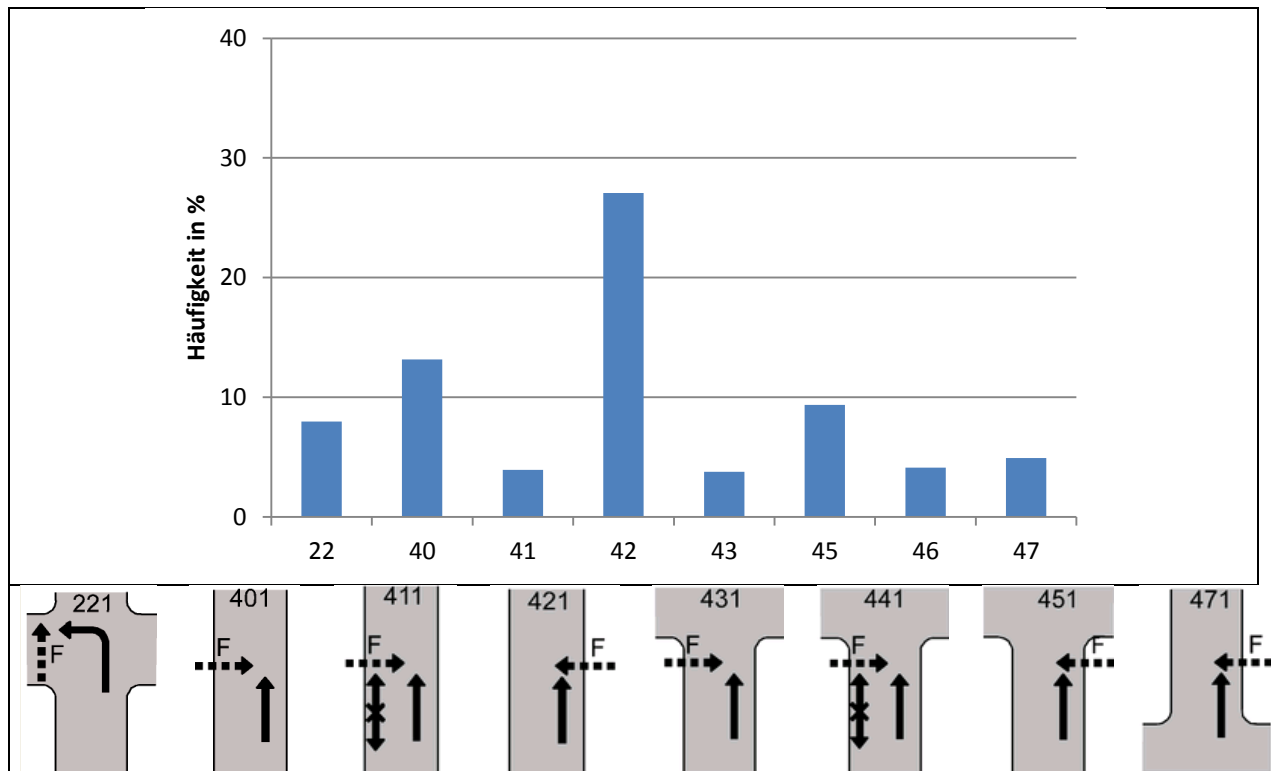


Abb. A 2-7: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Gruppe der Erwachsenen (N=1.216) mit graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

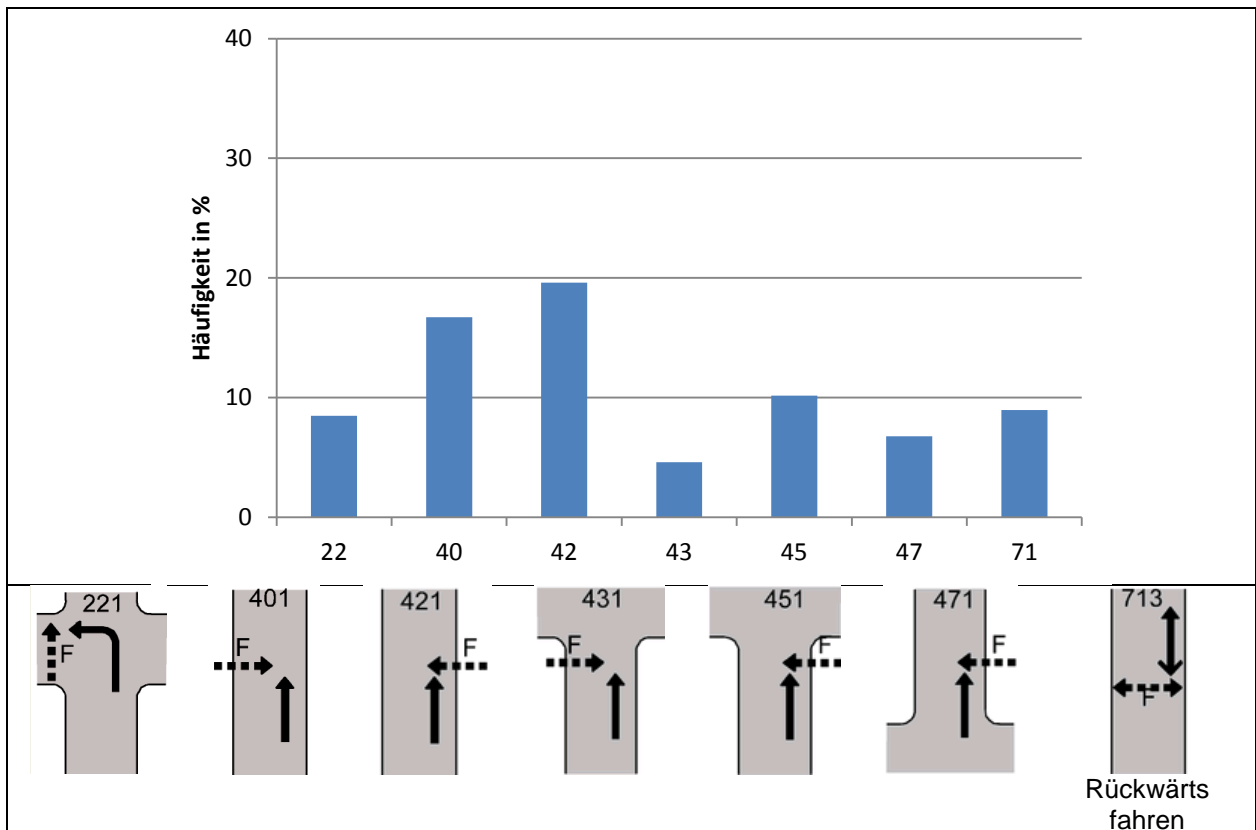


Abb. A 2-8: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kumulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Gruppe der Senioren (N=413) mit graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

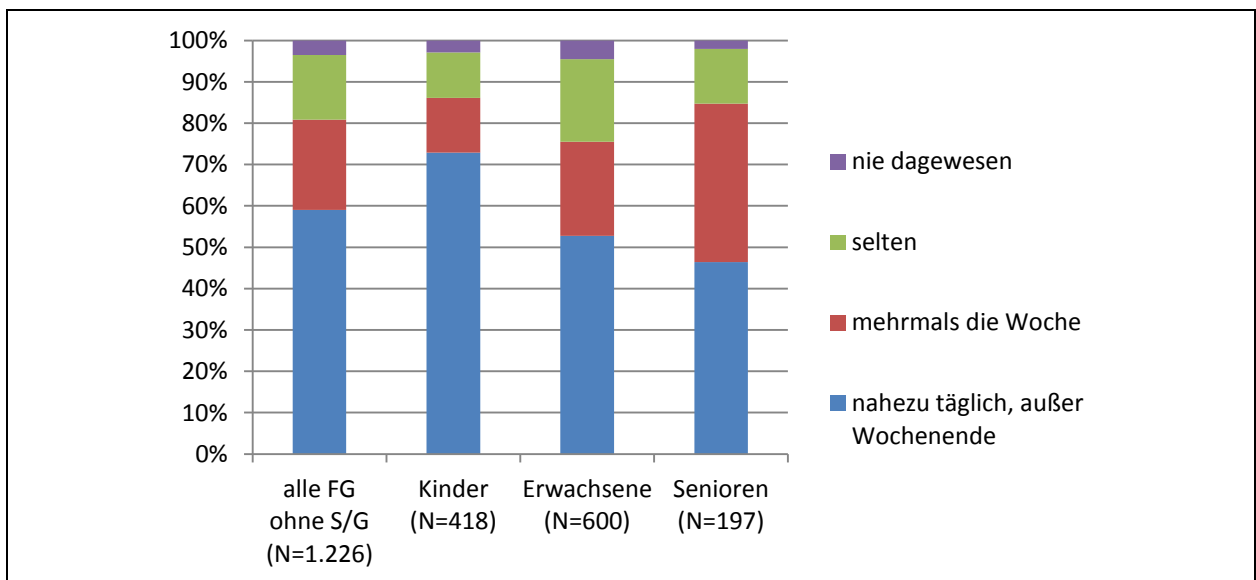


Abb. A 2-9: Bekanntheit der Unfallstelle (Fußgänger ohne Seh- oder Gehörleiden)

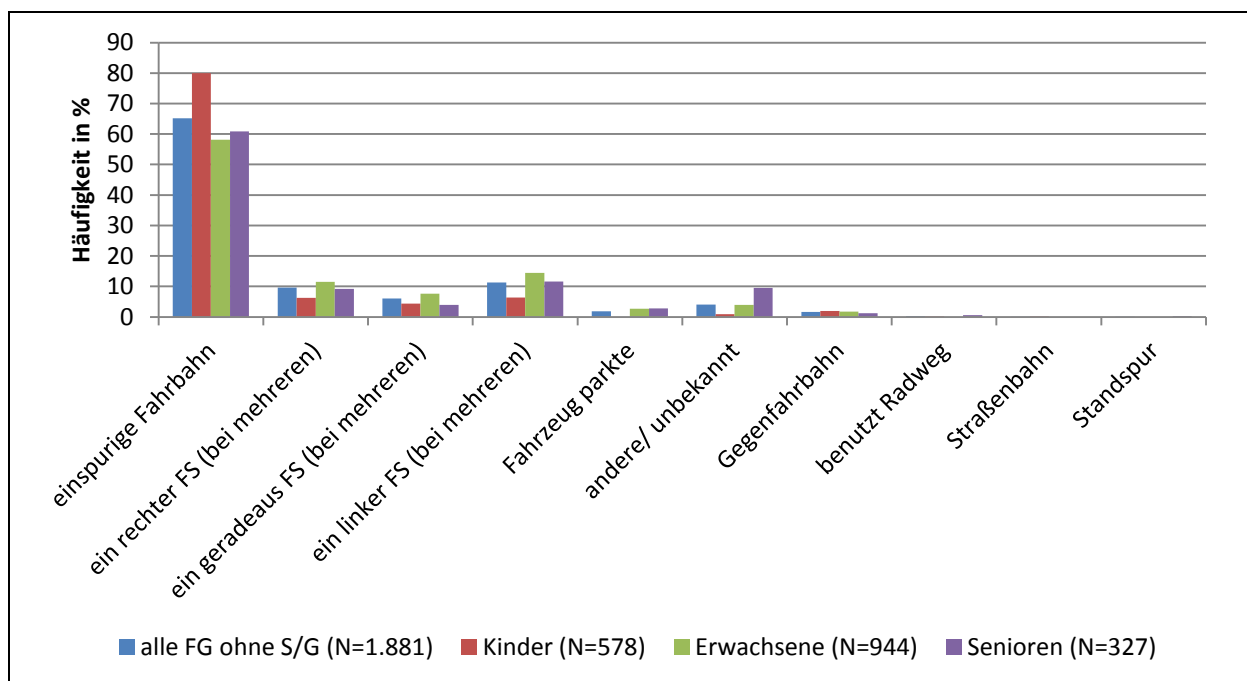


Abb. A 2-10: befahrene Fahrstreifen (FS) zum Zeitpunkt des Unfalls (N=1.881)

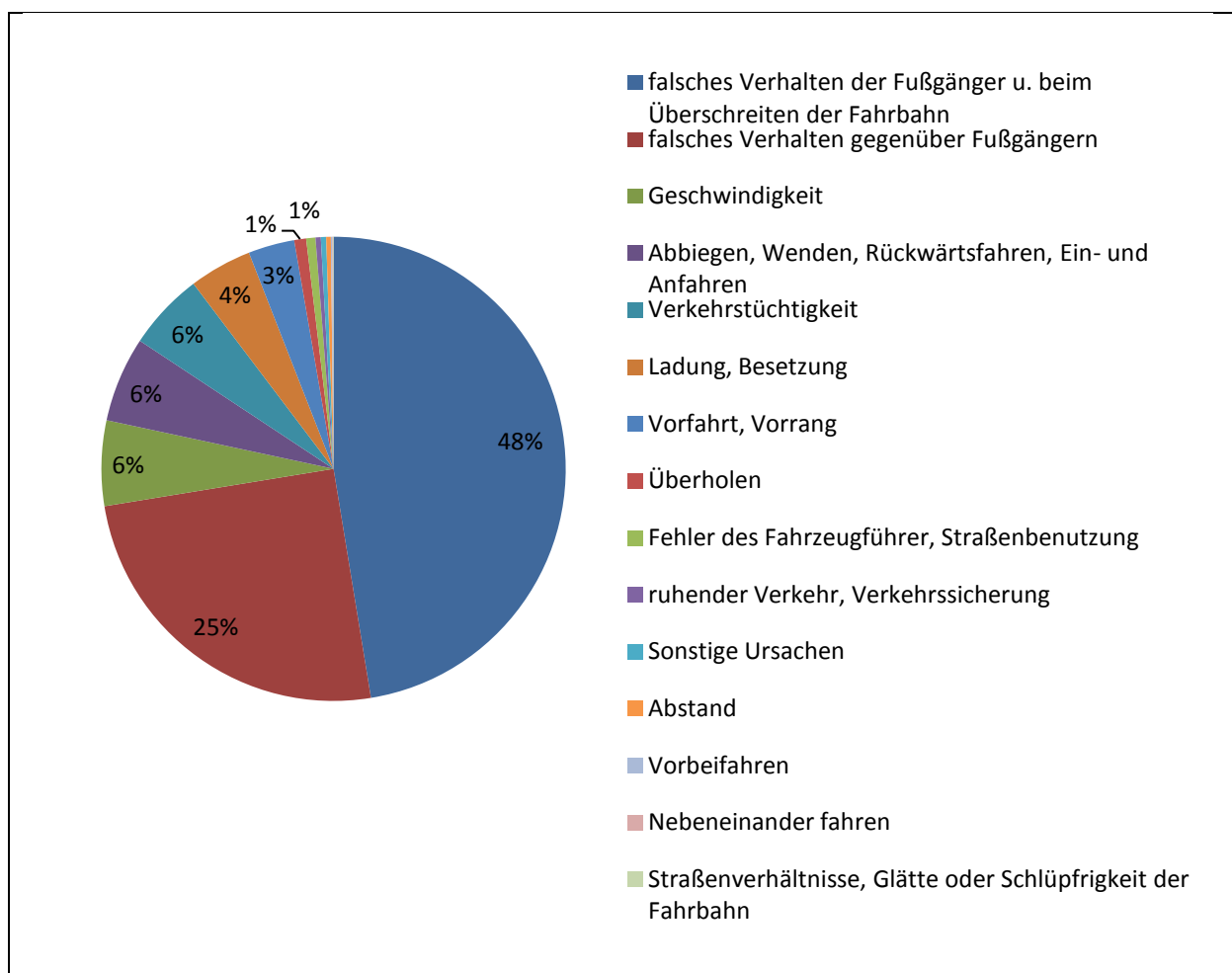


Abb. A 2-11: prozentuale Verteilung der Unfallursache (Fußgänger ohne Seh- oder Höreinschränkungen, N=2.172)

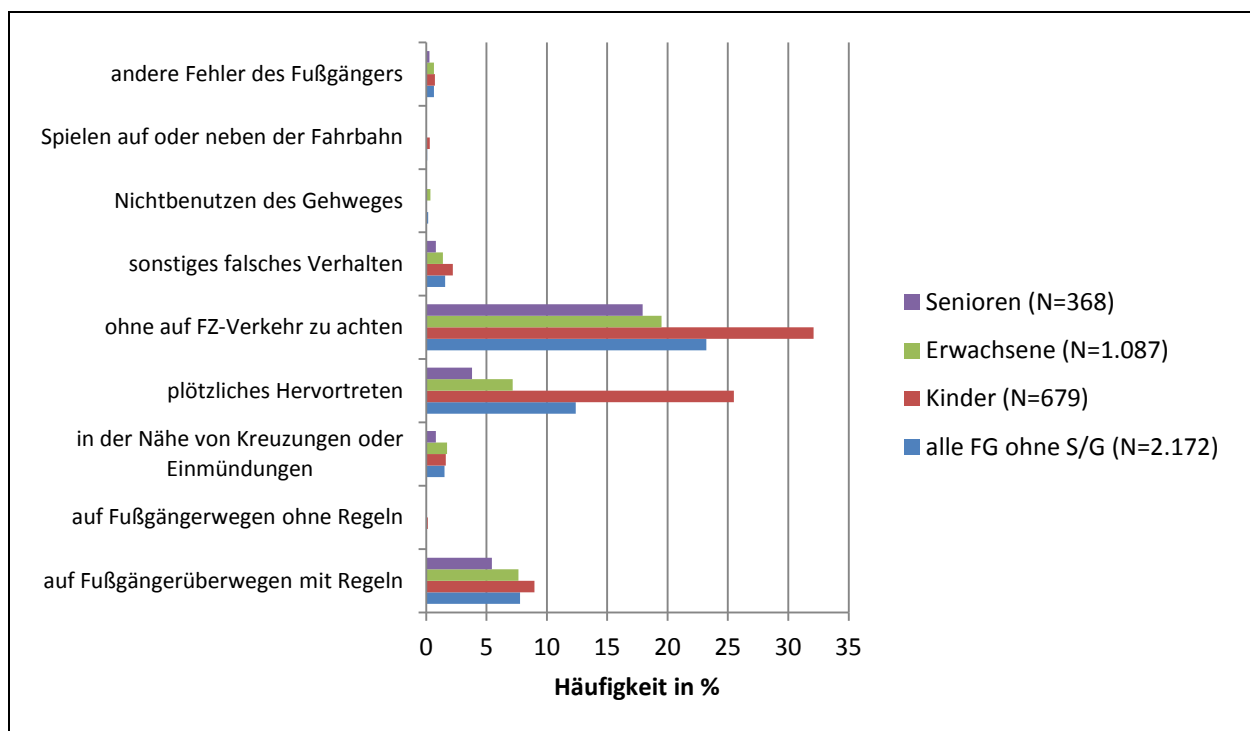


Abb. A 2-12: detaillierte Betrachtung der Unfallursache: Falsches Verhalten der Fußgänger und Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn

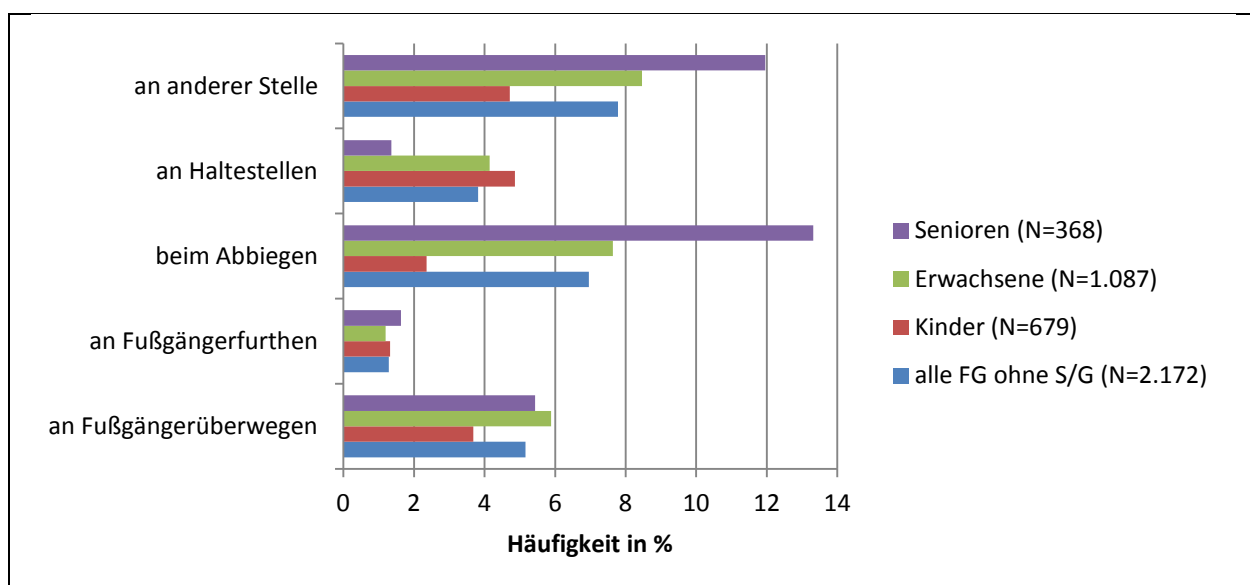


Abb. A 2-13: detaillierte Betrachtung der Unfallursache: Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern

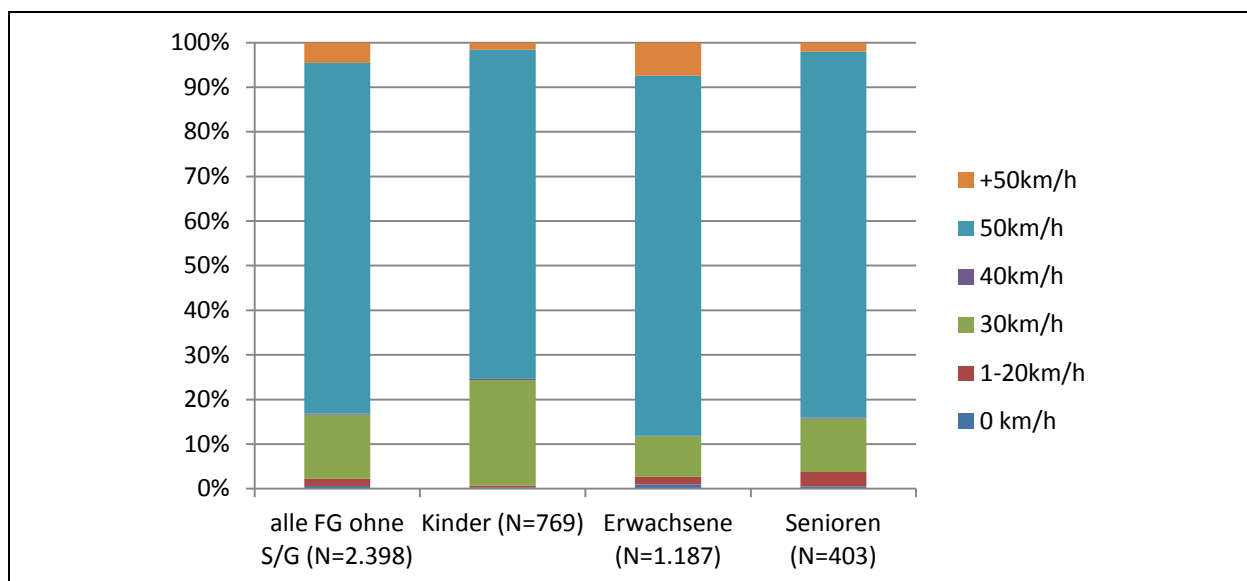


Abb. A 2-14: prozentuale Häufigkeit der Fußgänger-PKW-Unfälle aufgeteilt nach zulässiger Geschwindigkeit

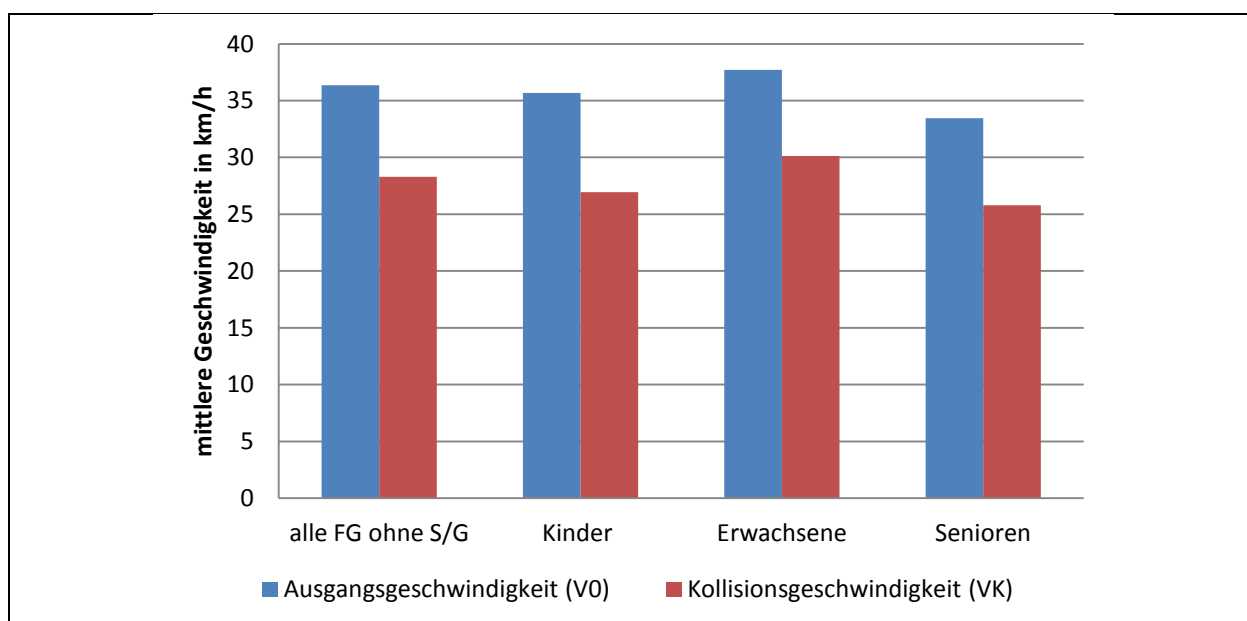


Abb. A 2-15: mittlere Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit der Fahrzeuge (Unfälle mit Fußgängern ohne Seh- oder Hörleiden)

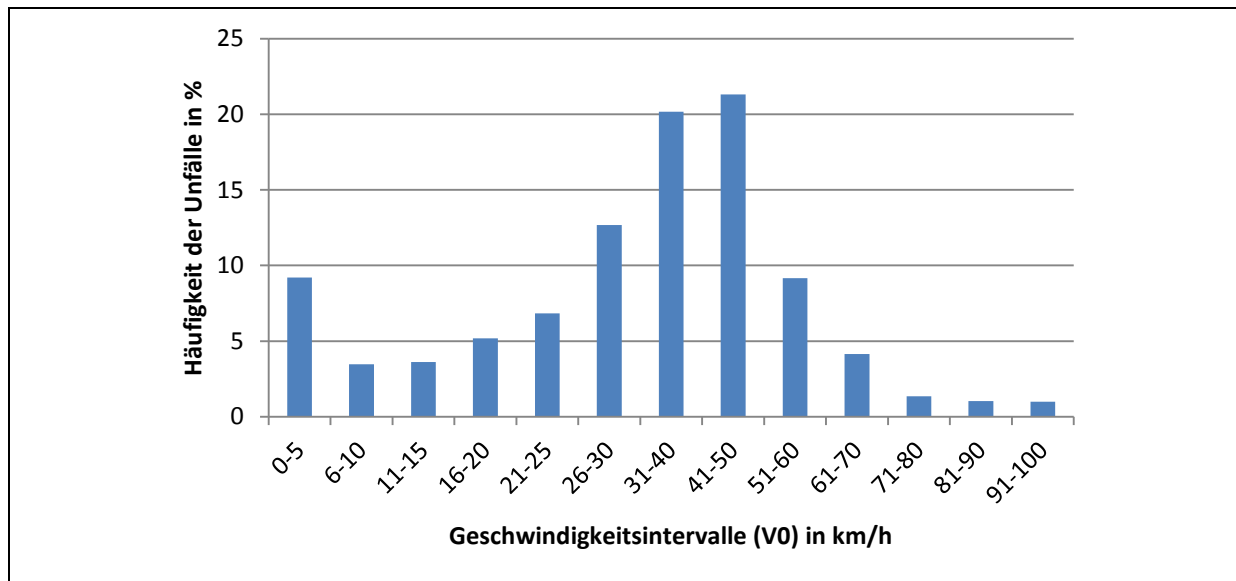


Abb. A 2-16: prozentuale Häufigkeit der Unfälle aufgetragen über der Ausgangsgeschwindigkeiten (N=1.934)

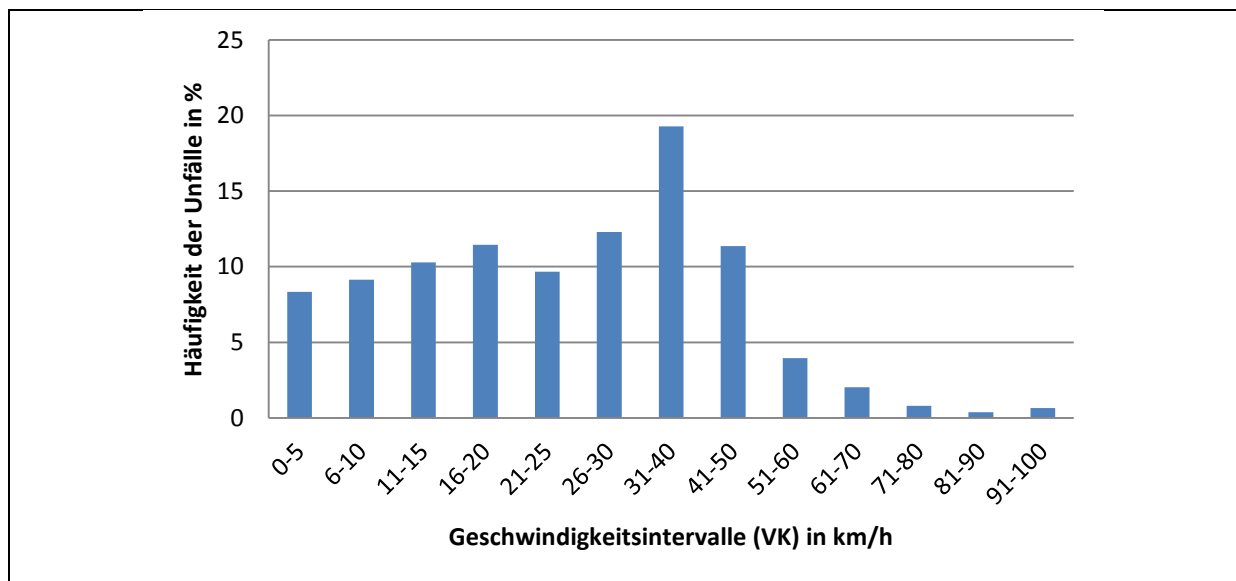


Abb. A 2-17: prozentuale Häufigkeit der Unfälle aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit (N=2.122)

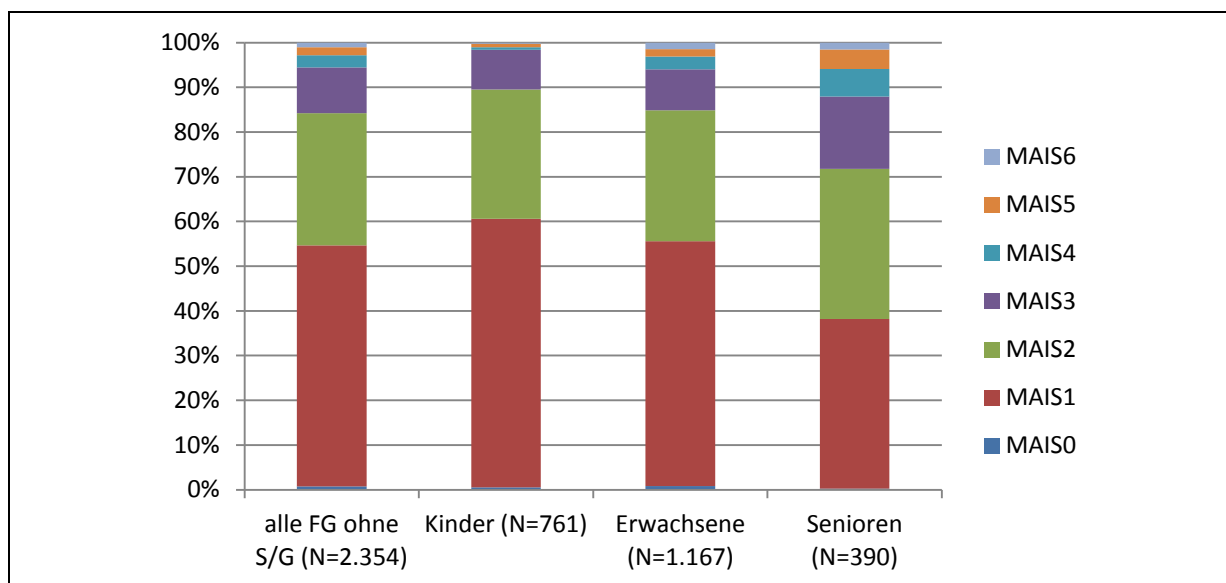


Abb. A 2-18: prozentuale Verteilung der Verletzungsschwere (Fußgänger ohne Seh- oder Gehörleiden)

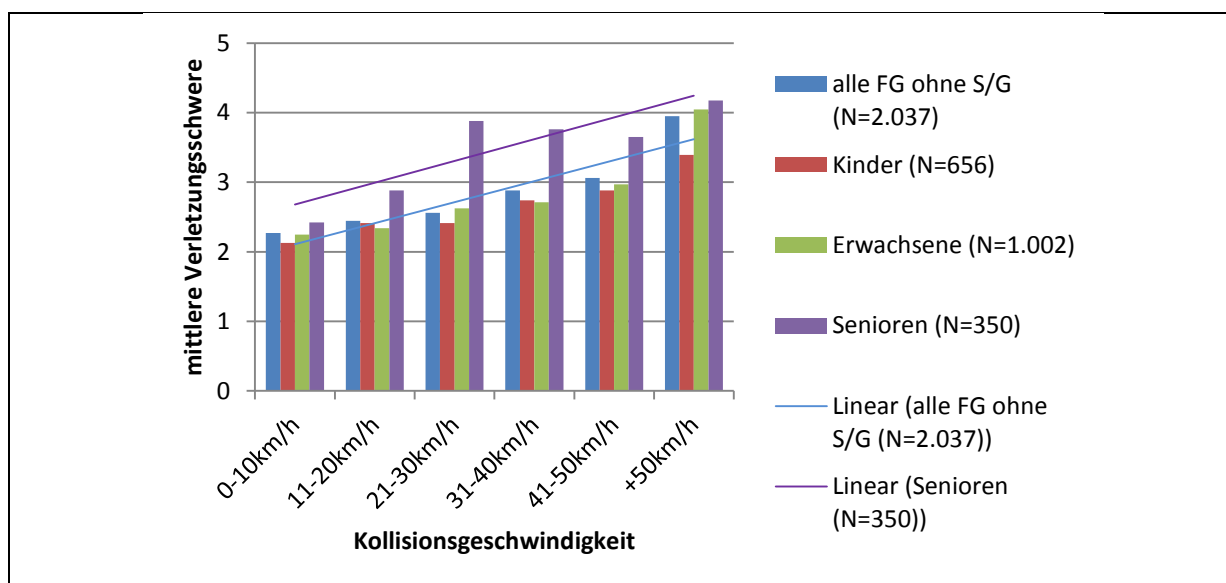


Abb. A 2-19: mittlere Verletzungsschwere aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit

A 2.2. Unfallauswertungen zu Kapitel 5.1.2 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Personen

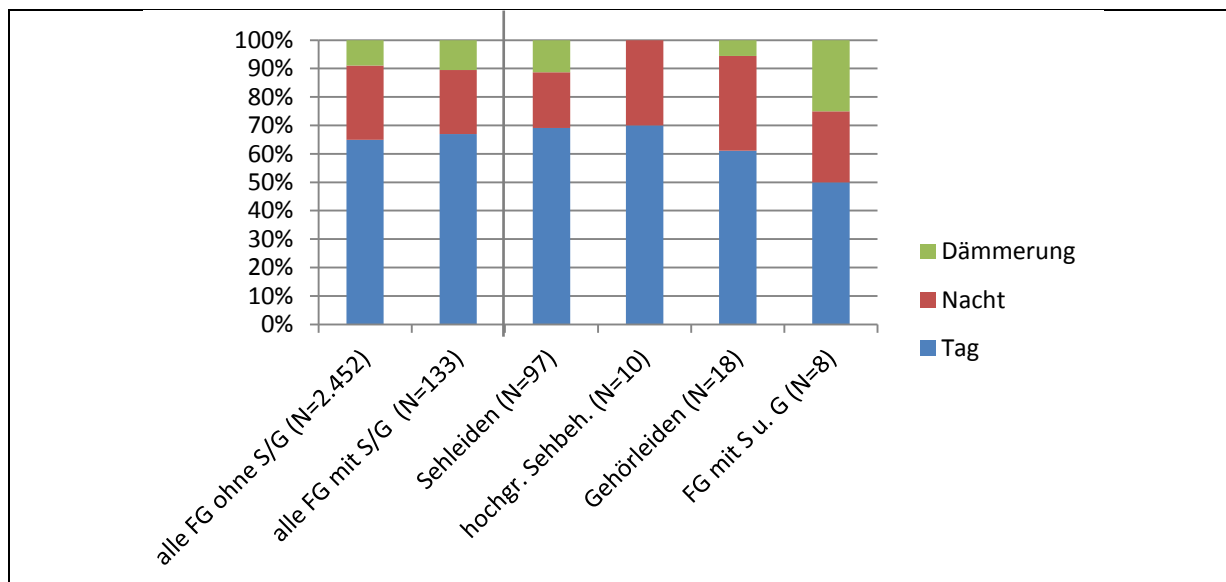


Abb. A 2-20: prozentuale tageszeitliche Verteilung der Unfälle für die Gruppe der Fußgänger mit Seh- und/oder Gehörleiden

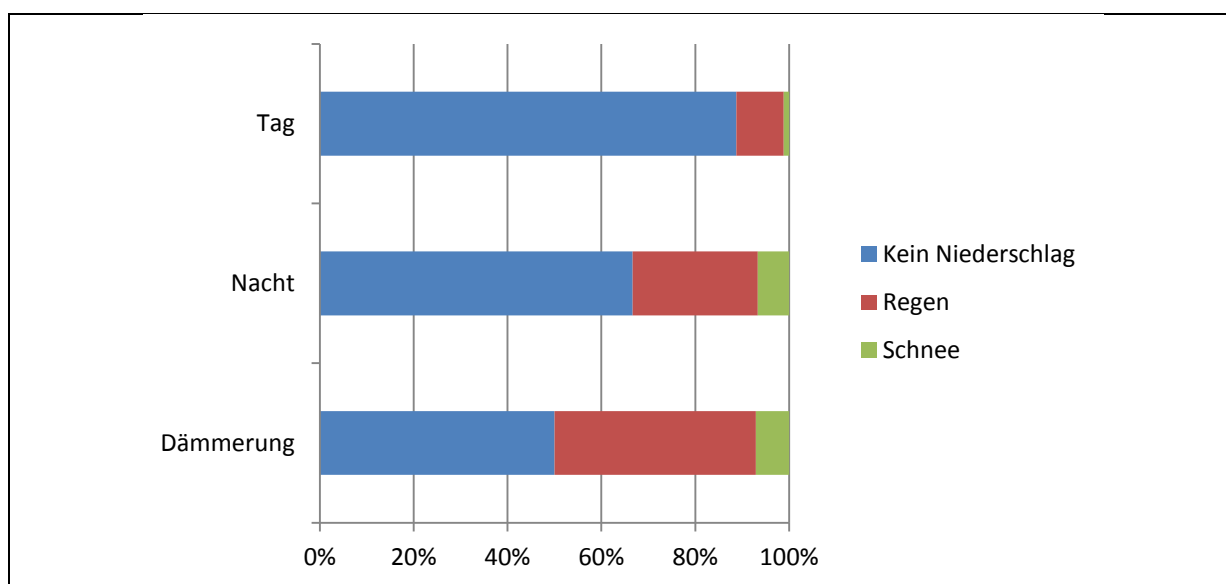


Abb. A 2-21: Beschreibung der Wetterverhältnisse bei Unfällen von Fahrzeugen mit sensorisch eingeschränkten Fußgängern in Abhängigkeit von der Tageszeit (N=133)

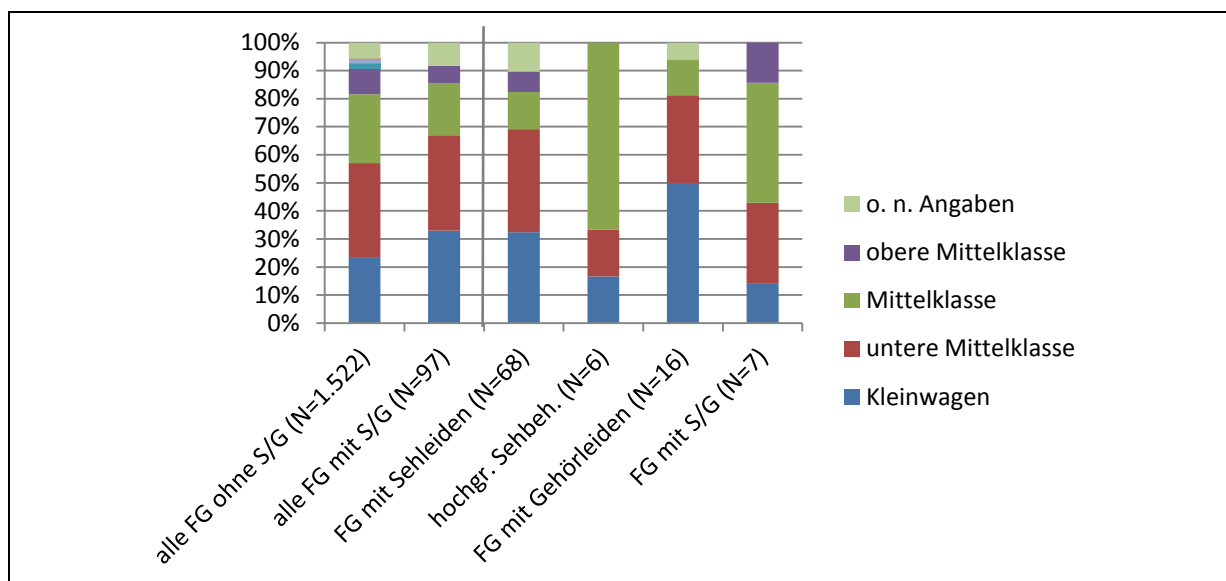


Abb. A 2-22: prozentuale Verteilung der beteiligten Fahrzeugklassen bei Unfällen mit seh- und/oder gehörleidenden Fußgängern

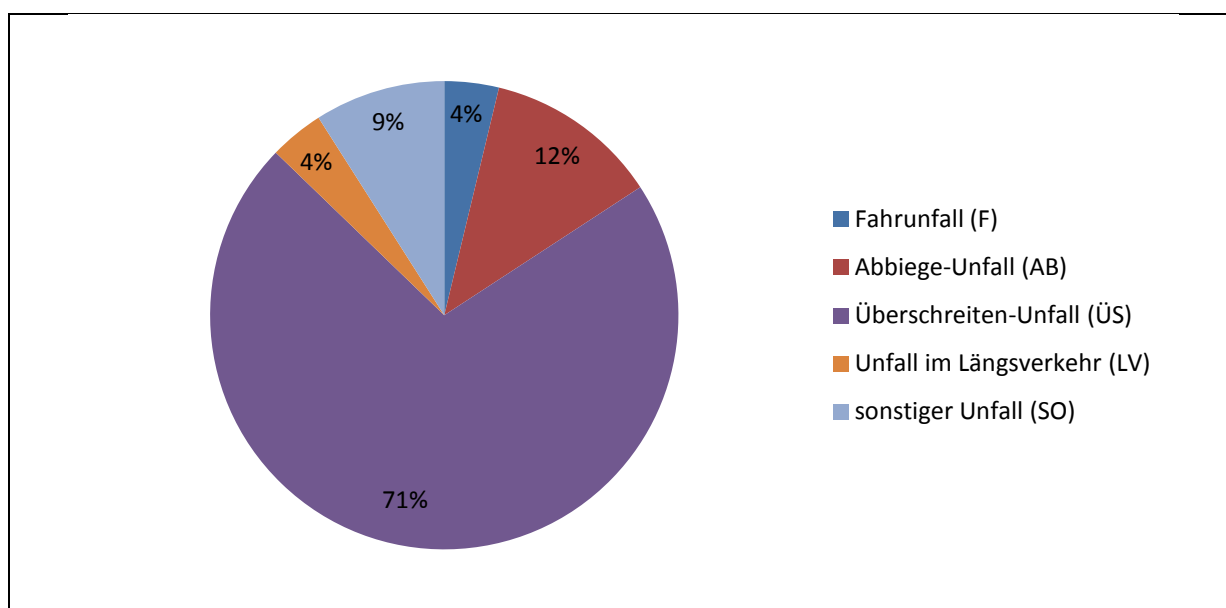


Abb. A 2-23: Prozentuale Verteilung der Unfalltypen (Fußgänger mit Seh-/Gehörleiden) (N=133)

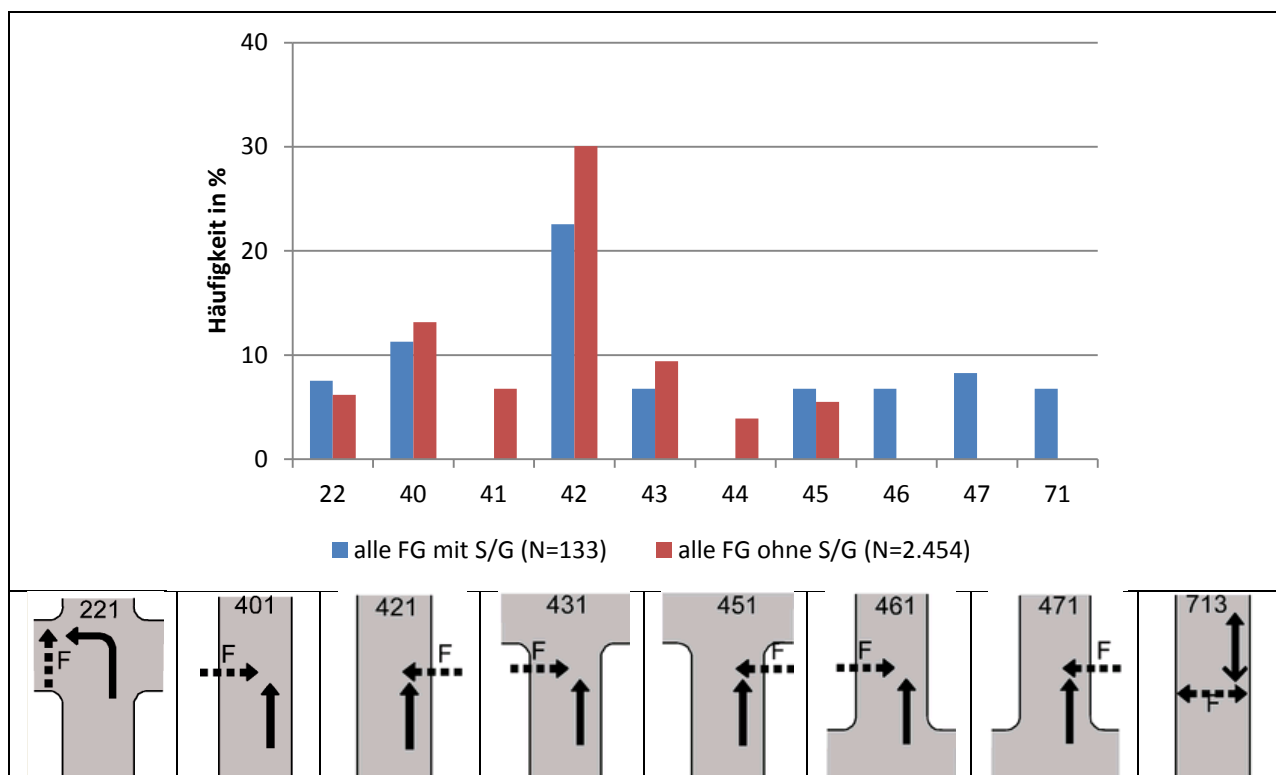


Abb. A 2-24: häufigste Unfalltypen in Prozent (bis 75% kumulierte Häufigkeit), Fußgänger mit Seh- und Gehörleiden (N=133) (alle FG ohne S/G: N=2.454), mit graphischer Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

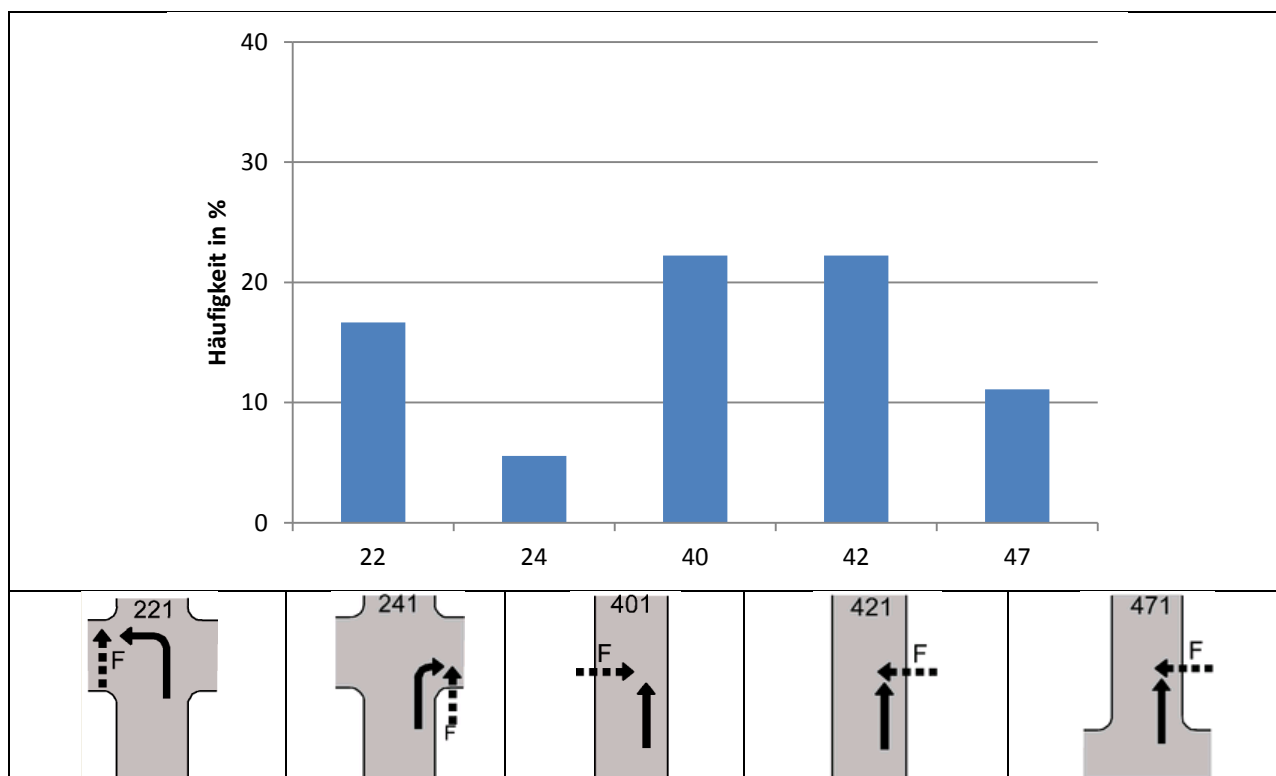


Abb. A 2-25: häufigste Unfalltypen (bis 75% kumulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Fußgängergruppe mit Gehörleiden (N=18) und graphische Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

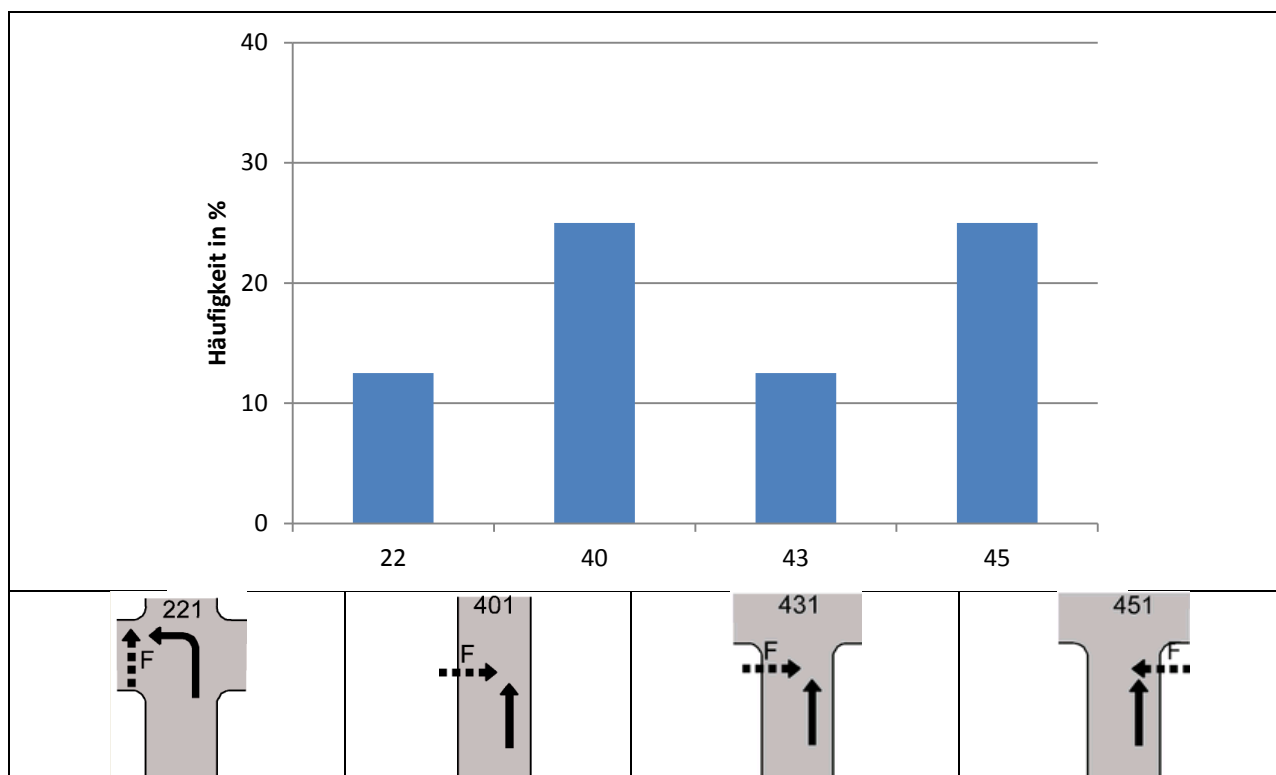


Abb. A 2-26: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für die Fußgängergruppe mit Seh- und Gehörleiden (N=8) und graphische Darstellung des jeweiligen Unfalltypes (Bildmaterial: Quelle (GDV))

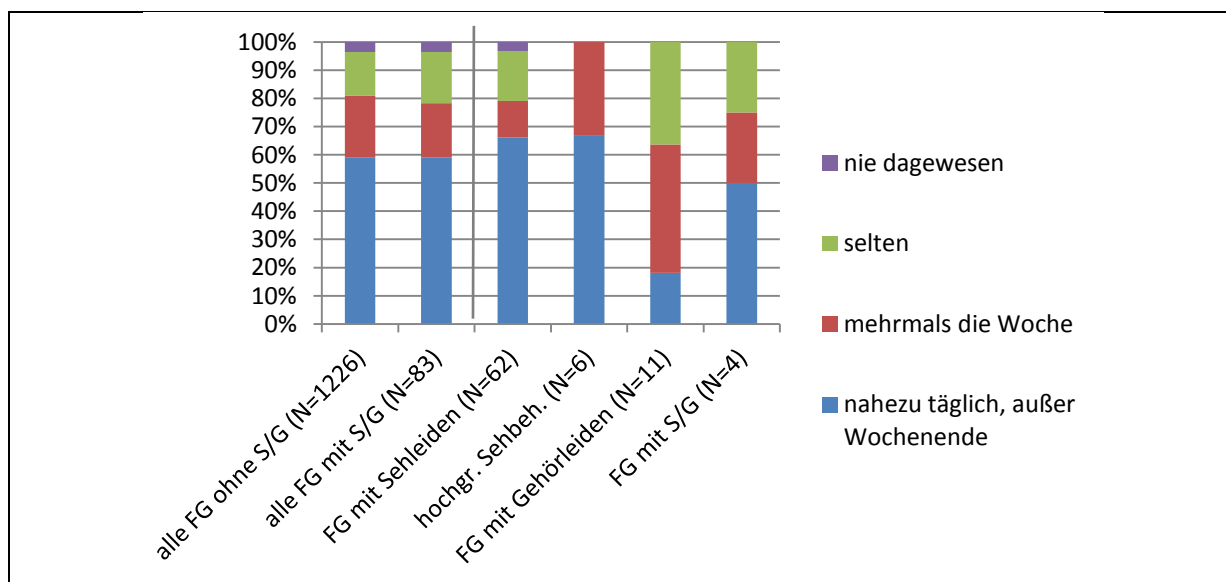


Abb. A 2-27: Bekanntheit der Unfallstelle (Fußgänger mit Seh- und/oder Gehörleiden)

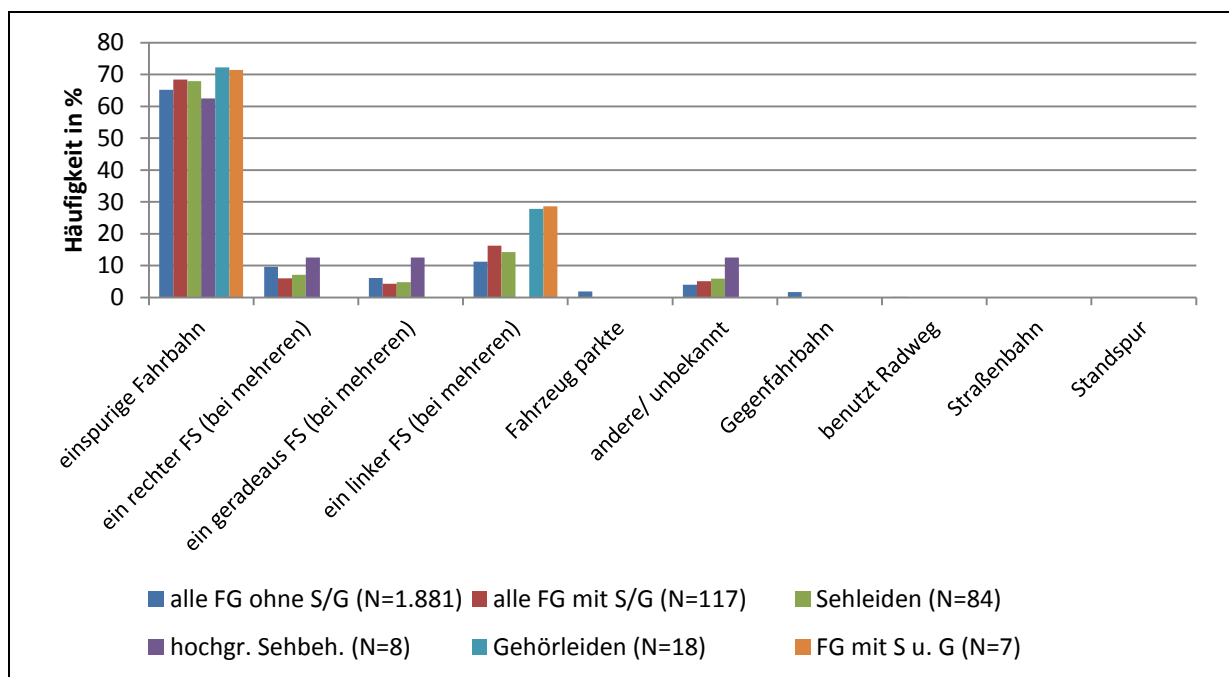


Abb. A 2-28: befahrene Fahrstreifen (FS) zum Zeitpunkt des Unfalls (seh- und/oder gehörleidene Fußgänger)

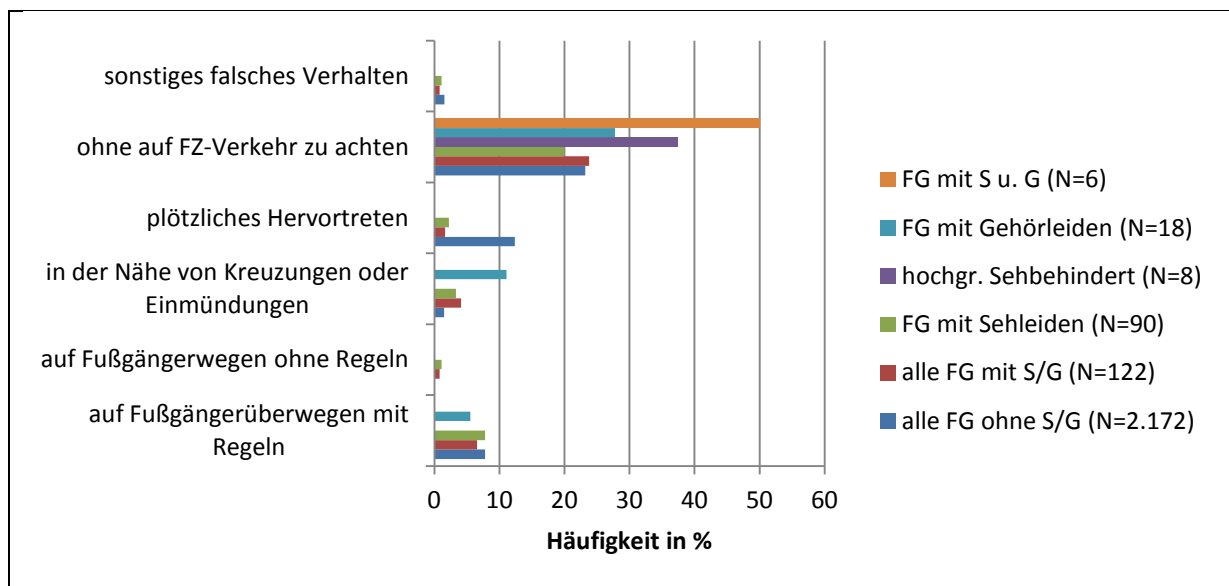


Abb. A 2-29: detaillierte Betrachtung der Unfallursachen: Falsches Verhalten der Fußgänger und Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn (Fußgänger mit Seh- und/oder Gehörleiden)

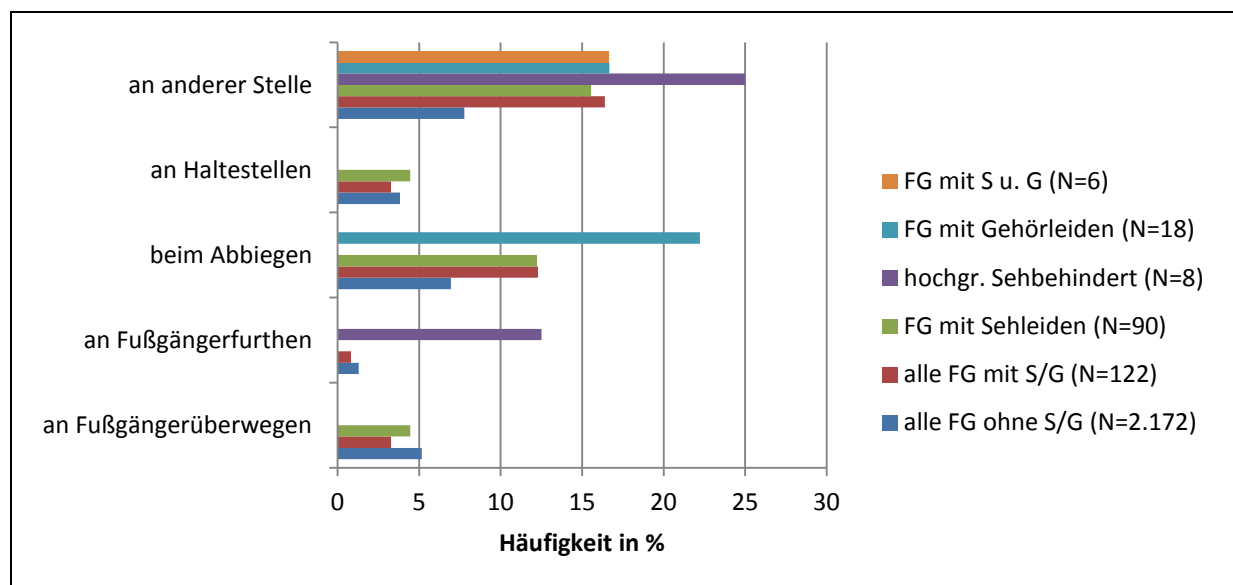


Abb. A 2-30: detaillierte Betrachtung der Unfallursache: Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern (Fußgänger mit Seh- und/oder Hörleiden)

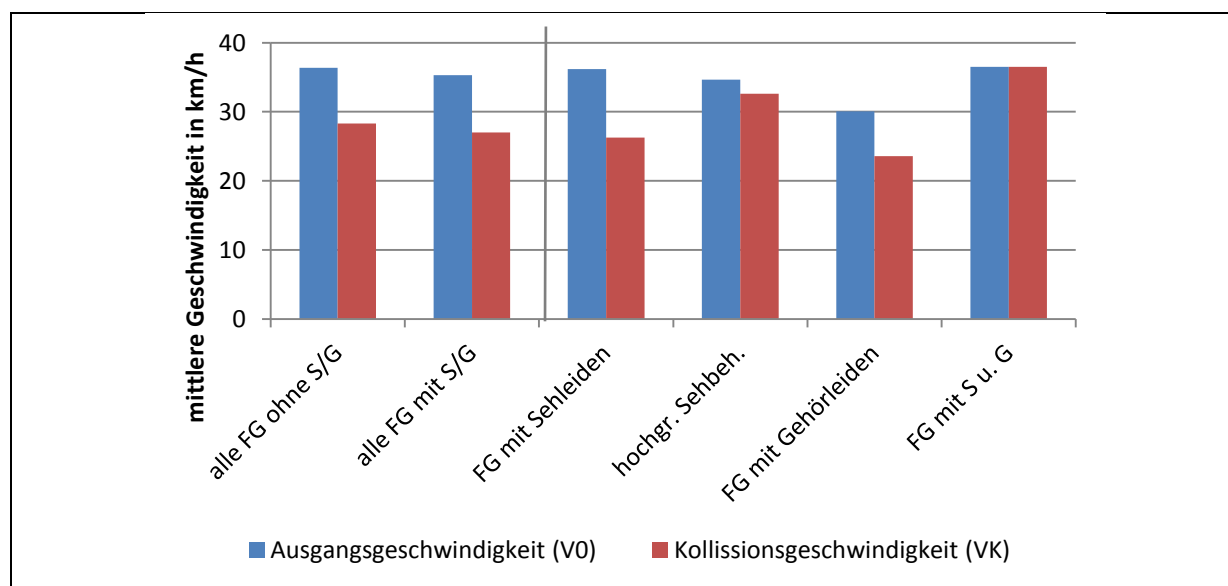


Abb. A 2-31: mittlere Ausgangsgeschwindigkeit- und Kollisionsgeschwindigkeit (Fußgänger mit Seh- und/oder Hörleiden)

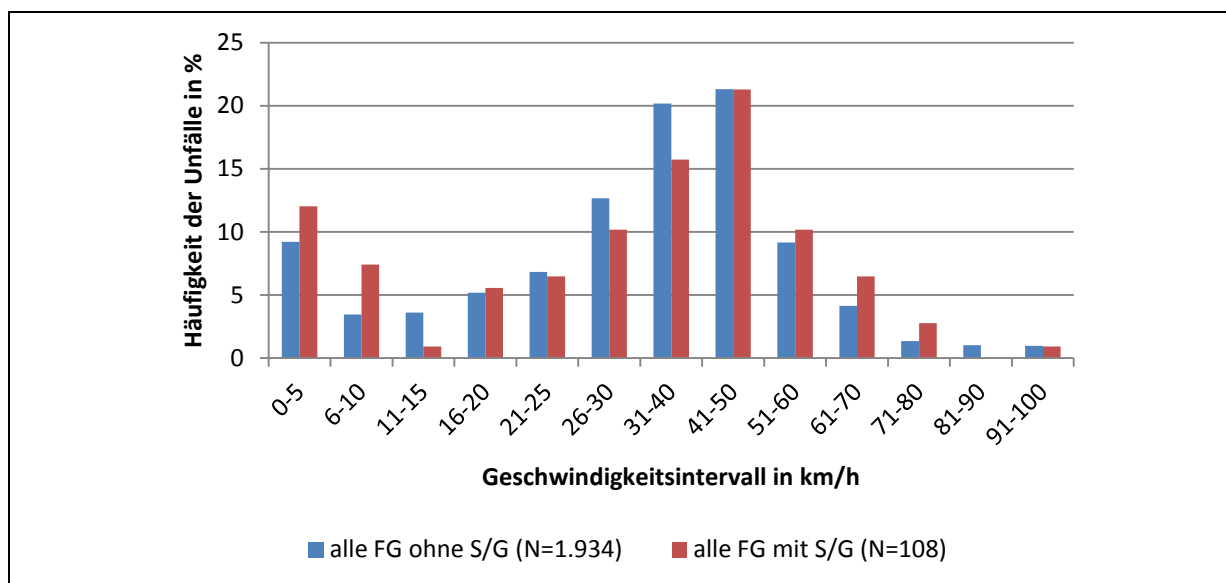


Abb. A 2-32: prozentuale Häufigkeit der Unfälle aufgetragen über der Ausgangsgeschwindigkeiten (V0)

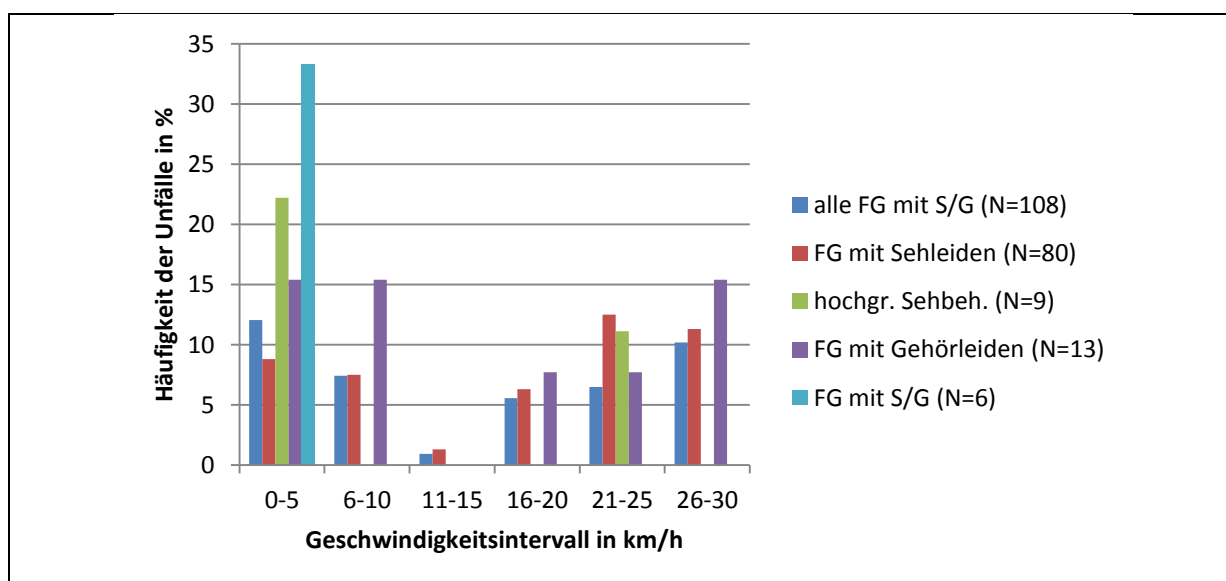


Abb. A 2-33: prozentuale Häufigkeit der Unfälle aufgetragen über der Ausgangsgeschwindigkeit im Bereich von 0-30km/h

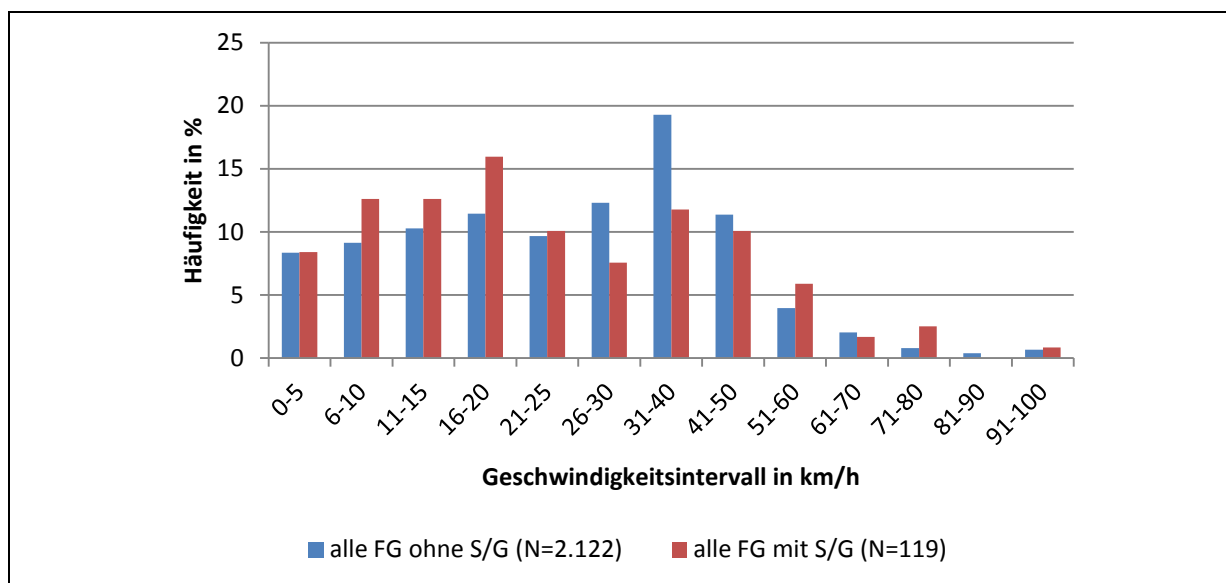


Abb. A 2-34: prozentuale Häufigkeit der Unfälle aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit (vK)

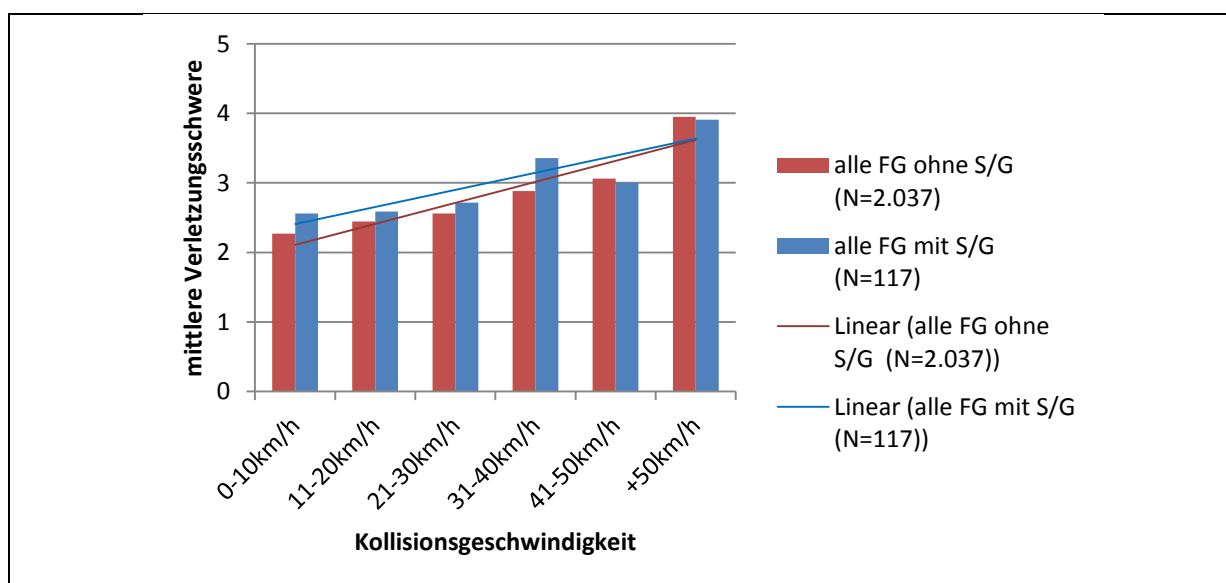


Abb. A 2-35: Vergleich der Abhängigkeit der mittleren Verletzungsschwere von der Kollisionsgeschwindigkeit bei Fußgängergruppen mit bzw. ohne Seh- und/oder Gehörleiden

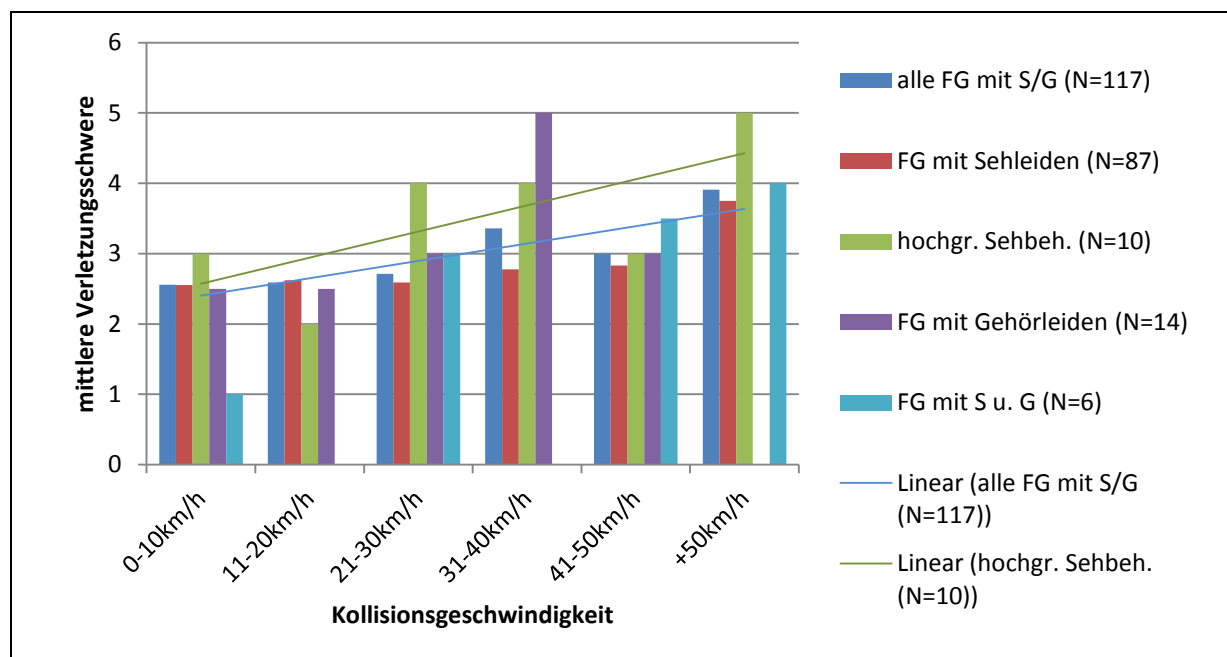


Abb. A 2-36: Abhängigkeit der mittlere Verletzungsschwere von der Kollisionsgeschwindigkeit bei Fußgängern mit Seh- und/oder Hörleiden

A 2.3. Unfallauswertungen zu Kapitel 5.2.1 Unfallsituationen von Fahrzeugen mit Radfahrern

Die mit insgesamt 4.374 Unfällen sehr große Stichprobe wurde in 5 Untergruppen unterteilt. Die Unterteilung erfolgte einerseits nach dem Alter und zusätzlich nach sensorischer Beeinträchtigung. Die Gruppen umfassen daher: Kinder, Erwachsene und Senioren jeweils ohne Seheinschränkungen sowie Radfahrer allen Alters mit Sehleiden oder Hörleiden (Tab. A 2-2). Die insgesamt vier Radfahrer mit Seh- und Hörleiden wurden der Gruppe der Hörleidenden Radfahrer zugeordnet.

Gruppe	Anzahl	Alter	Geschlecht
Kinder (ohne Seh- oder Hörleiden)	666	MW=10,4 J. (SD=2,9 J.)	63% männlich 37% weiblich
Erwachsene (ohne Seh- oder Hörleiden)	2977	MW=35,7 J. (SD=14,3 J.)	55% männlich 45% weiblich
Senioren (ohne Seh- oder Hörleiden)	523	MW=72,6 J. (SD=5,9 J.)	51% männlich 49% weiblich
Radfahrer mit Sehleiden	133	MW=41,8 J. (SD=20,9 J.) 5 – 87 Jahren	57% männlich 43% weiblich
Radfahrer mit Hörleiden	24	MW=59,1 J. (SD=20,6 J.) 10 – 83 Jahren	54% männlich 46% weiblich

Tab. A 2-2: Charakterisierung der Radfahrer-Untergruppen

Abb. A 2-37 zeigt die Verteilung der Antriebsart der an Unfällen mit Radfahrern beteiligten Fahrzeuge. Ähnlich wie auch bei den Fußgängern stellen mit 89% die klassischen Verbrennungsmotoren (Benzin und Diesel) die dominierende Antriebsart dar (vgl. Abb. A 2-37). In Beteiligung von Radfahrern sind zwei Unfälle mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen dokumentiert. Es handelt sich um je ein Hybrid- und Elektrofahrzeug. Die beiden Unfälle ereigneten sich im Juli 2005 und im Juni 2008. In den nachfolgenden Auswertungen wird detailliert auf diese eingegangen.

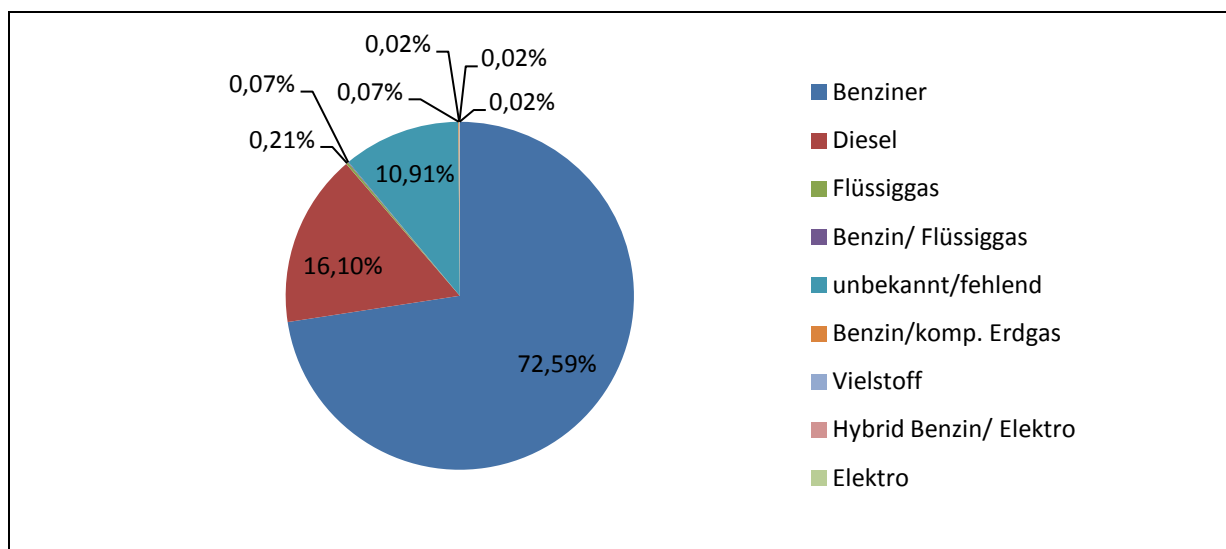


Abb. A 2-37: prozentuale Verteilung der Antriebsart bei Radfahrer-Pkw- Unfällen (N=3.897)

Beim Vergleich der an den Radfahrerunfällen beteiligten Fahrzeugklassen mit denjenigen bei Fußgängerunfällen zeigen sich keine nennenswerten Unterschiede (siehe Abb. A 2-38). Bei den beiden alternativ angetriebenen Fahrzeugen handelte es sich um einen Kleinwagen und um einen Mittelklassewagen (Kompaktklasse), die jeweils einen Konflikt mit einem männlichen Radfahrer (ohne jegliche Einschränkungen) hatten.

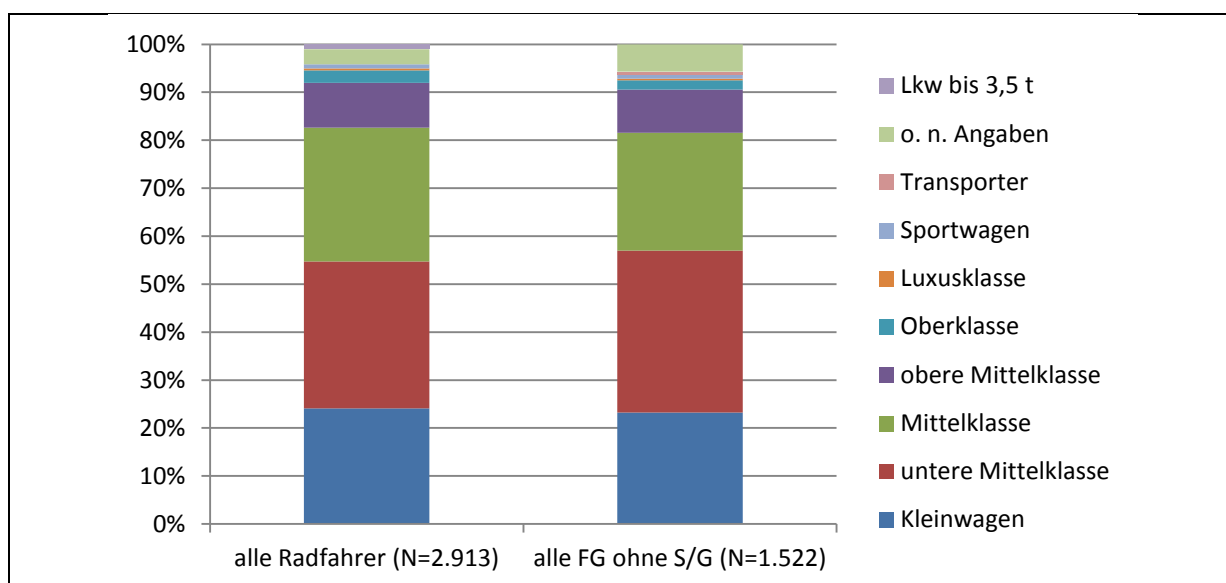


Abb. A 2-38: prozentuale Verteilung des beteiligten Fahrzeugtyps bei Radfahrer-Pkw- Unfällen

Bei den tageszeitlichen Rahmenbedingungen zeigt sich im Vergleich zu den Fußgängern ein deutlich höherer Anteil der Unfälle am Tag (83% gegenüber 65%), dementsprechend fällt der Anteil der Nachtunfälle geringer aus als bei den Fußgängern. Im Vergleich der einzelnen Untergruppen verunfallen Kinder, Senioren sowie Personen mit Hörleidern überdurchschnittlich seltener in der Nacht. Eine interpretative Verbindung zum typischen Mobilitätsverhalten ist dabei sicher nicht gänzlich abwegig (Abb. A 2-39).

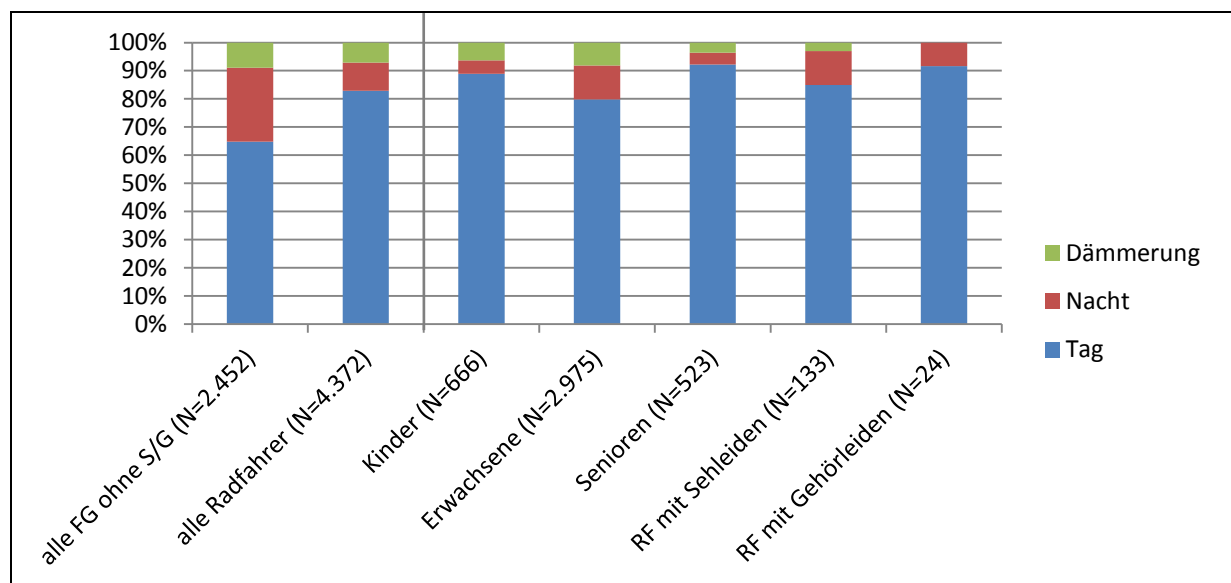


Abb. A 2-39: prozentuale tageszeitliche Verteilung der Radfahrer-Pkw-Unfälle

Im Vergleich zu den Fußgängern ereignen sich Unfälle mit Radfahrerbeteiligung vor allem tagsüber tendenziell seltener bei ungünstigen Wetterverhältnissen (Abb. A 2-40). Dies dürfte wiederum mit dem typischen Mobilitätsverhalten dieser Verkehrsteilnehmergruppe zusammenhängen. Der Anteil an Radfahrern im Straßenverkehr ist an Regentagen und stärker noch bei winterlichen Verhältnissen deutlich geringer als bei trockenen Verhältnissen. Die beiden Unfälle mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen ereigneten sich bei niederschlagsfreier Witterung.

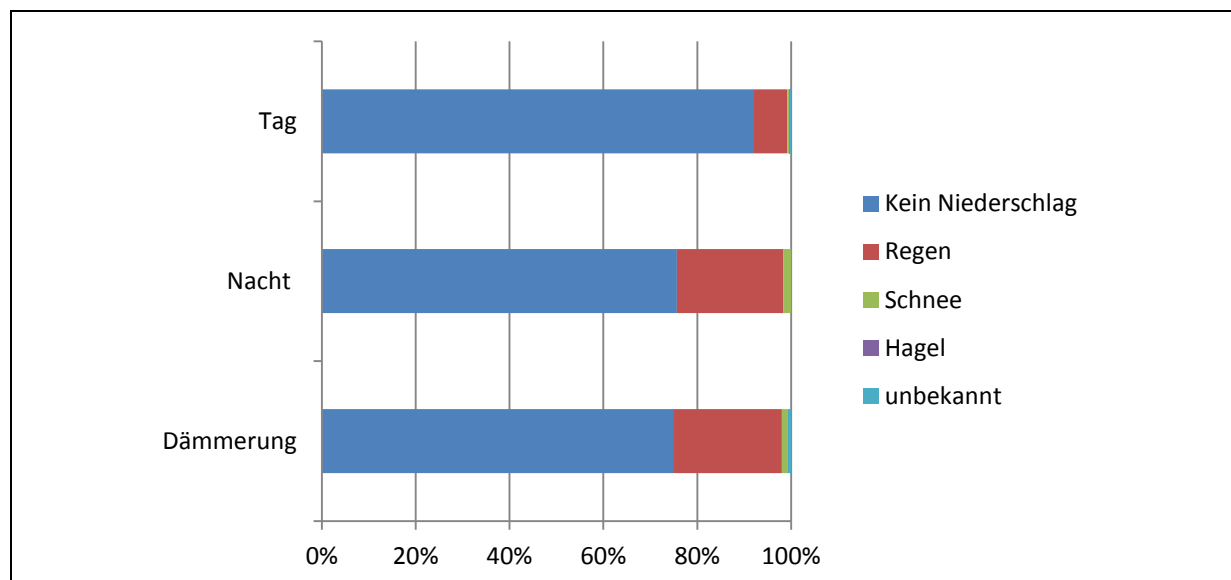


Abb. A 2-40: Beschreibung der Wetterverhältnisse in Abhängigkeit von der Tageszeit (N=4.374)

Unfalltyp

Unfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern sind absolut dominant Einbiegen/Kreuzen-Unfälle oder Abbiege-Unfälle und somit Konflikte im Knotenpunktbereich. Eine bedeutsame Fallzahl resultiert weiter aus Konflikten mit dem ruhenden Verkehr. Lediglich jeder zwanzigste Radfahrer – Pkw – Unfall ereignet sich im Längsverkehr (Abb. A 2-41).

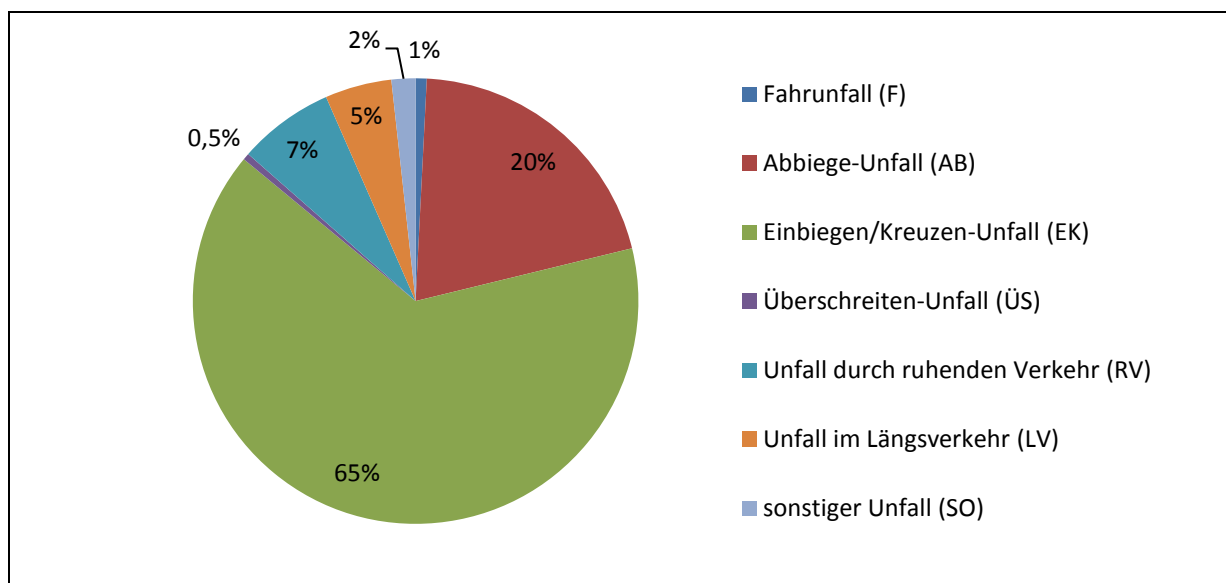


Abb. A 2-41: prozentuale Verteilung der Unfalltypen bei Radfahrer-Pkw-Unfällen (N=4.360)

Für eine detaillierte Betrachtung der Unfalltypen werden wiederum die häufigsten Unfalltypen herangezogen bis eine kumulierte Häufigkeit von mindestens 75% aller Fälle erreicht wird. Diese drei Viertel aller Fälle werden bei Unfällen mit Radfahrern durch sieben Unfalltypen abgebildet (Abb. A 2-42).

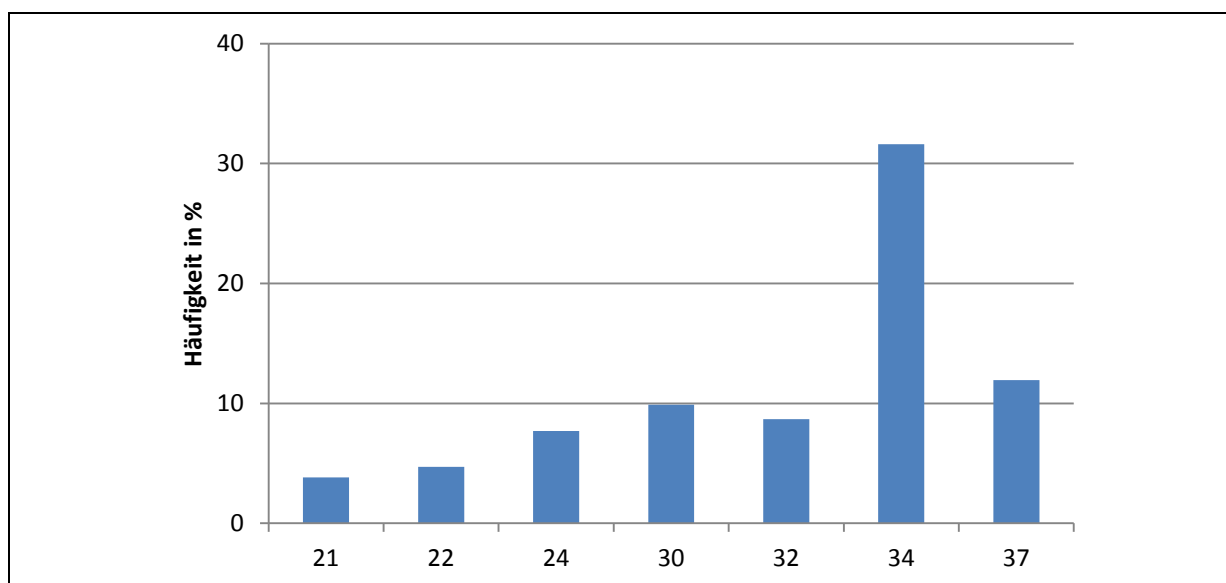


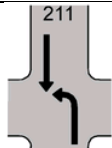
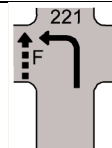
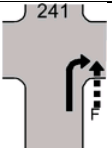
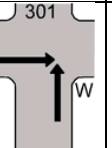
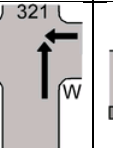
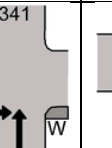


Abb. A 2-42: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) bei Radfahrer – Pkw – Unfällen (N=4.371)

Dabei zeigt sich, dass der UTyp 34 mit 32% den häufigsten Unfalltyp darstellt. Hierbei entsteht der Konflikt im Knotenpunkt zwischen einem wartepflichtigen, geradeaus fahrenden Fahrzeug und dem auf einem im Querverkehr befindlichen Fahrrad auf einem markierten Radweg. Mit größerem Abstand folgen in der Häufigkeit UTyp 37 und UTyp 30. Beim zweithäufigsten UTyp 37 kreuzt der Radfahrer auf freier Strecke oder es handelt sich um die Situation am Ende eines separat geführten Radweges, der als Mischverkehr in den Kraftfahrzeugstreifen eingefädelt wird. UTyp 30 beschreibt einen Konflikt zwischen einem wartepflichtigen Fahrzeug und einem von links im Mischverkehr kreuzenden Radfahrer.

Innerhalb der Abbiege-Unfälle zeigt der UTyp 24 die größte Einzelhäufigkeit. Hierbei handelt es sich um ein nach rechts abbiegendes Fahrzeug, das in Konflikt mit einem Fahrrad kommt. Der Radfahrer befand sich dabei als Geradeausfahrer im Bereich der Fußgängerfurt.

Im Vergleich der Untergruppen zeigt sich für ältere Radfahrer eine noch größere Dominanz des UTypes 34 (Tab. A 2-3). Zusätzlich zu den oben umrissenen typischen Situationen kommen Rad fahrende Senioren und stärker noch Radfahrer mit Gehörleiden in Konflikte des UTyp 58. Hierbei handelt es sich um Unfälle durch Fahrzeugtüren beim Ein- oder Aussteigen bzw. Be- oder Entladen eines Fahrzeuges.

Praktisch die Hälfte der als Radfahrer verunfallten Kinder kamen in einen Konflikt mit dem Kraftfahrzeug entweder beim Queren auf freier Strecke bzw. Einfädeln am Ende eines Radweges (UTyp 37) oder aber im Knotenpunkt quer zu einem wartepflichtigen, geradeaus fahrenden Fahrzeug auf dem markierten Radweg (UTyp 34).

	UTyp 21	UTyp 22	UTyp 24	UTyp 30	UTyp 32	UTyp 34	UTyp 37	UTyp 58
								
alle Radfahrer	3,8%	4,7%	7,7%	9,9%	8,7%	31,6%	11,9%	
Kinder			5,3%	10,8%	11,1%	20,0%	29,1%	
Erwachsene	4,2%	5,4%	9,0%	9,4%	7,8%	33,3%	8,7%	
Senioren			3,4%	9,6%	9,4%	37,0%	10,3%	5,9%
RF mit Sehleiden			7,5%	12,8%	12,8%	32,3%	9,0%	
RF mit Gehörleiden	8,3%	4,2%		25,0%		12,5%	8,3%	16,7%

Tab. A 2-3: prozentuale Häufigkeit der Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für alle Untergruppen der Radfahrer (Bildmaterial: Quelle (GDV))

Im Fall des Elektrofahrzeuges handelte es sich um einen Einbiegen/Kreuzen-Unfall (UTyp 372). Hierbei verunfallte ein auf freier Strecke aus Fahrzeugsicht von links querender Radfahrer. Im Falle des Hybridfahrzeuges ereignete sich ein Abbiege-Unfall (UTyp 211). Dieser Konflikt entstand also zwischen dem nach links abbiegenden Kraftfahrzeug und einem im Mischverkehr geradeausfahrenden Radfahrer.

Unfallstelle

Wie bereits die Auswertung der Unfalltypen nahelegt, verunfallen Radfahrer dominant im Bereich von Knotenpunkten. Die Unfälle auf Kreuzungen und Einmündungen umfassen 2/3 aller Unfallstellen von Radfahrern (Abb. A 2-43). Etwa jeder fünfte Unfall zwischen Radfahrer und Kraftfahrzeug ereignet sich auf einer Geraden.

Unfälle von Rad fahrenden Kindern sowie Personen mit Gehörleiden treten überdurchschnittlich häufig an Grundstückszufahrten auf. Radfahrer mit Sehleiden und auch ältere Radfahrer haben verglichen zu allen Radfahrern mehr Konflikte bei Einmündungen (Abb. A 2-43).

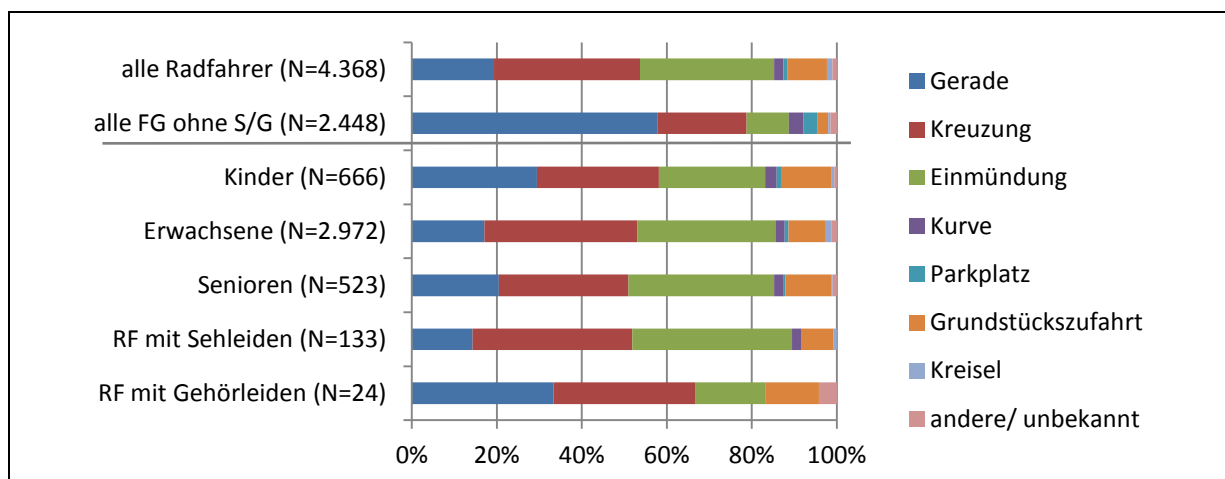


Abb. A 2-43:prozentuale Verteilung der Unfallstelle im Straßennetz für Radfahrer – Pkw – Unfälle

Den verunfallten Radfahrern ist die Unfallstelle als Bestandteil ihrer alltäglichen Wege in den allermeisten Fällen bekannt. Verglichen mit den Fußgängerunfällen ist die Vertrautheit sogar noch etwas größer. Lediglich 1,3% der Unfälle mit Radfahrern ereigneten sich an Stellen, an denen der Radfahrer angab, noch nie gewesen zu sein.

Die im Vergleich größte Vertrautheit mit der Unfallstelle zeigen Radfahrer mit Gehörleiden. Personen mit Sehleiden gaben ebenfalls etwas häufiger an, die Unfallstätte „nahezu täglich“ zu befahren. Erwachsene, aber auch Senioren verunfallten als Radfahrer etwas häufiger an ihnen weniger gut bekannten Orten als der Durchschnitt aller Radfahrer (Abb. A 2-44).

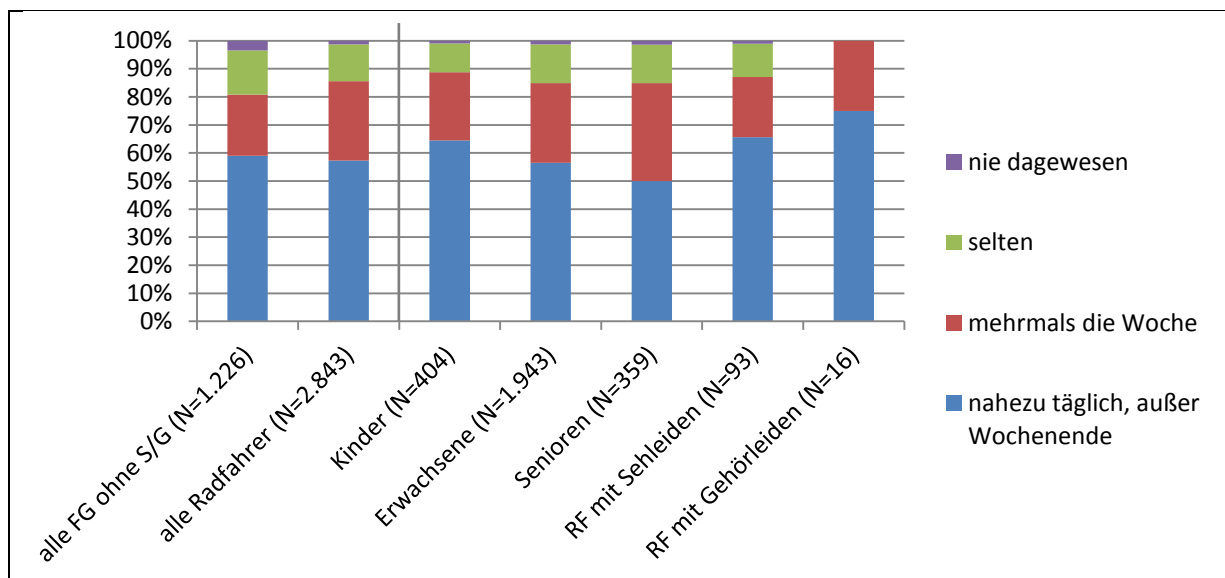


Abb. A 2-44: Bekanntheit der Unfallstelle durch den Radfahrer

Die beiden Unfälle mit den alternativ angetriebenen Fahrzeugen haben sich auf gut bekannten täglichen Wegen des Radfahrers ereignet.

Fahrstreifen

Die Auswertung der Unfallstelle nach dem Fahrstreifen zeigt zunächst eine deutliche Häufung der Unfallsituation auf einbahnig-zweistreifigen Straßen. In diesem Punkt stimmen die Ergebnisse sehr gut mit den Fußgängerunfällen überein (Abb. A 2-45).

Handelt es sich um eine mehrstreifige Richtungsfahrbahn, treten Unfälle mit Radfahrern eher auf dem rechten Fahrstreifen auf. Diese Tendenz ist besonders ausgeprägt bei den Radfahrern mit Seheinschränkung. Für die Radfahrer mit Gehörproblemen zeigt sich die große Bedeutung der Konflikte mit parkenden Fahrzeugen. Diese Konstellation zeigt für Radfahrer mit Sehproblemen keine relevante Unfallhäufigkeit.

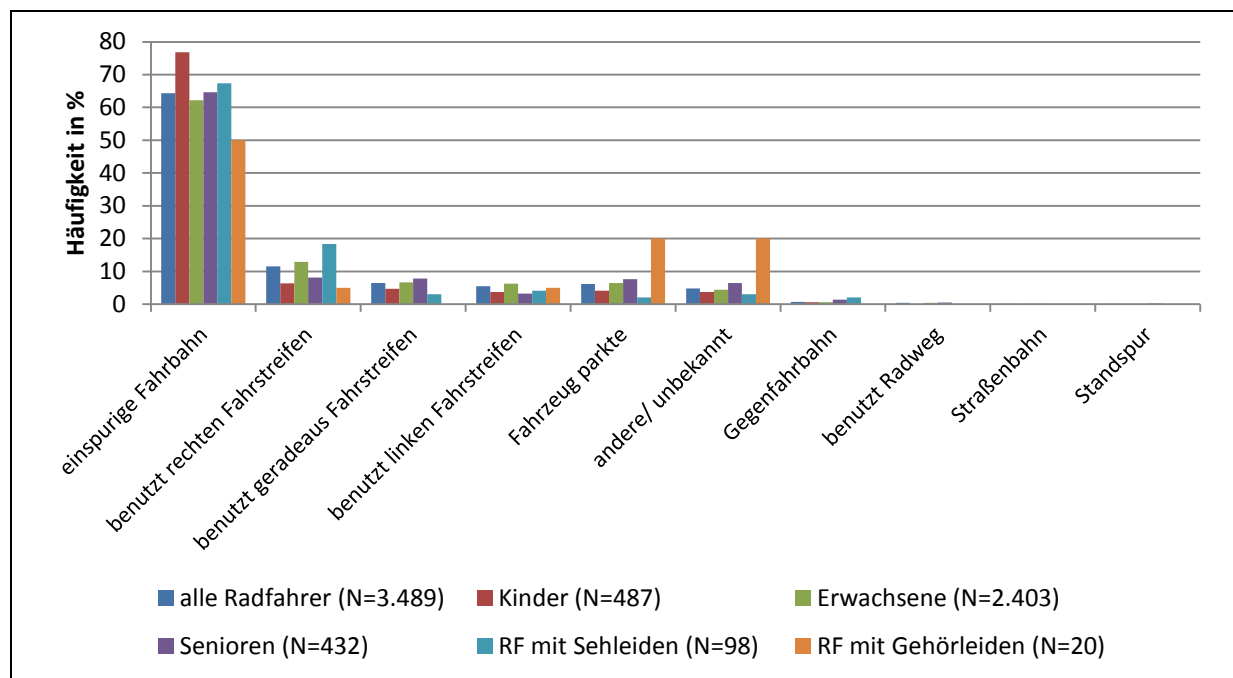


Abb. A 2-45: befahrender Fahrstreifen zum Zeitpunkt des Unfalls

Beide Unfälle mit dem Hybrid- und Elektrofahrzeug ereigneten sich auf einer mehrstreifigen Richtungsfahrbahn. In einem Fall befand sich das Fahrzeug auf einer Geradeausspur und im anderen Fall auf einer Linksabbiegerspur.

Unfallursache

Die häufigste Unfallursache mit 51% bei Radfahrer-Pkw-Unfällen ist ein Vorfahrt- bzw. Vorrang-Fehler, gefolgt von Fehlern beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren mit 26% (siehe Abb. A 2-46).

Bei den beiden alternativen Antrieben handelte es sich genau um die beiden häufigsten Unfallursachen. Im Fall des Elektrofahrzeuges war es ein Vorfahrt-/Vorrang-Fehler. Im Detail handelte es sich um „nicht Beachten des vorfahrtregelnden Verkehrszeichens“. Im Fall des Hybridfahrzeuges wurde „Fehler beim Abbiegen“ dokumentiert.

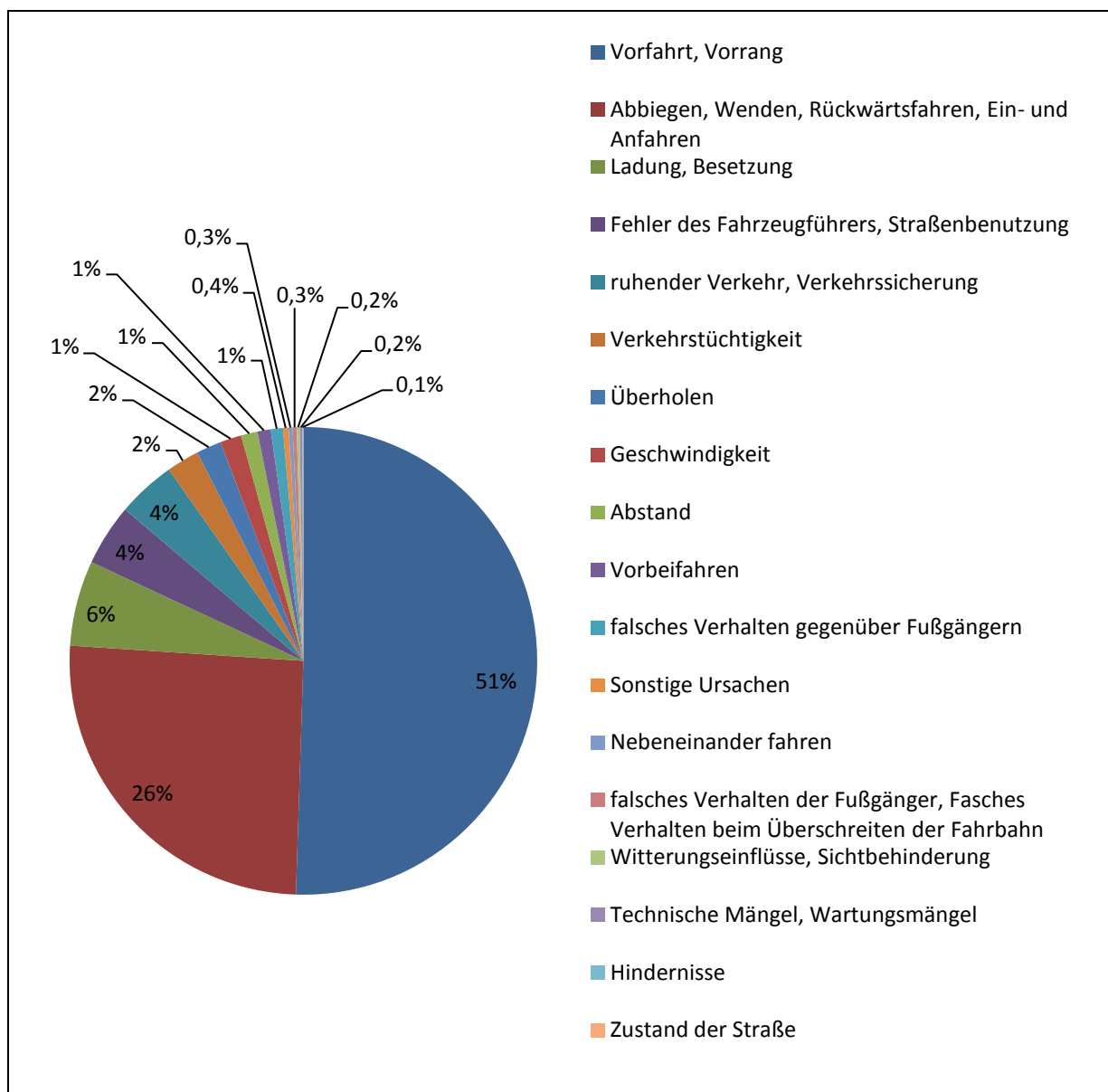


Abb. A 2-46: prozentuale Verteilung der Unfallursache bei Radfahrer – Pkw – Unfällen (N=3.936)

Geschwindigkeit

Wiederum dient die erlaubte Höchstgeschwindigkeit am Unfallort als Charakterisierung der Verkehrssituation. Sehr ähnlich zur Unfallsituation mit Fußgängern treten Unfälle mit Radfahrern zum absolut überwiegenden Teil an Verkehrsstraßen mit erlaubter Geschwindigkeit von 50km/h auf (Abb. A 2-47). Im Vergleich zeigt sich lediglich ein etwas höherer Anteil an Unfällen in Bereichen mit erlaubten Geschwindigkeiten von 30km/h.

Im Vergleich der Rad fahrenden Personengruppen zeigen Kinder eine Häufung von Unfällen in Situationen bis 30km/h und den größten Anteil in verkehrsberuhigten Situationen mit höchstens 20km/h. Senioren hingegen zeigen den im Vergleich höchsten Anteil an Unfällen in Bereichen, in denen schneller als 50km/h gefahren werden durfte.

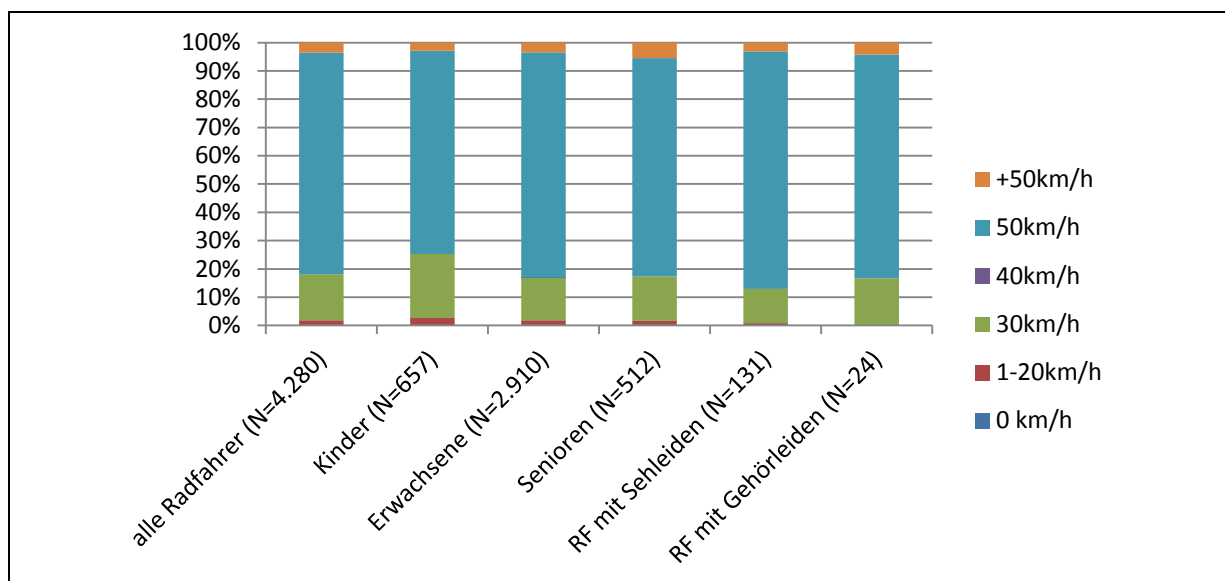


Abb. A 2-47: prozentuale Häufigkeit der Radfahrer-Kraftfahrzeug-Unfälle nach zulässiger Geschwindigkeit

Der zulässige Geschwindigkeitsbereich, in dem sich die beiden Unfälle mit alternativem Antrieb ereignet haben, lag bei 50km/h. Ausgangsgeschwindigkeit und Kollisionsgeschwindigkeit waren in beiden Fällen identisch und betragen beim Hybridfahrzeug 17km/h und für das Elektrofahrzeug 25km/h. Die Identität von Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit kann als deutliches Indiz für einen sehr kurzen Zeitraum zwischen Auftreten der Situation und Kollision gewertet werden, innerhalb dessen den Fahrzeugfahrern eine Reaktion nicht mehr möglich war. Dies wiederum spricht für ein Übersehen oder sehr plötzliches Auftreten der Unfallkonstellation.

Bei Unfällen mit Radfahrern sind sowohl mittlere Ausgangsgeschwindigkeit als auch mittlere Kollisionsgeschwindigkeit geringer als die oben für Unfälle mit Fußgängern berichteten Werte (Abb. A 2-48). Hierin zeigt sich wiederum die große Dominanz von Abbiege- und sonstigen Knotenpunktsituationen. Bei Unfällen mit Radfahrern verglichen mit Fußgängerunfällen treten im Mittel geringere Differenz zwischen Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit auf. Dies ist ein deutliches Indiz für die höhere Dynamik, da sich der Radfahrer im Vergleich zum Fußgänger deutlich schneller bewegt. Möglicherweise wirkt sich auch die größere Komplexität der dominant an Knotenpunkten auftretenden Konflikte aus.

Die mittlere Ausgangsgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs für alle Unfälle mit Radfahrern betrug 23,7km/h, die mittlere Kollisionsgeschwindigkeit 19,1km/h. Im Vergleich der Personengruppen zeigen Unfälle mit Kindern und Senioren höhere Geschwindigkeitswerte. In den im Gruppenvergleich niedrigsten Werten der Unfälle mit Radfahrern mit Gehörleiden zeigt sich der in dieser Gruppe bedeutsame Anteil an Konflikten mit dem ruhenden Verkehr.

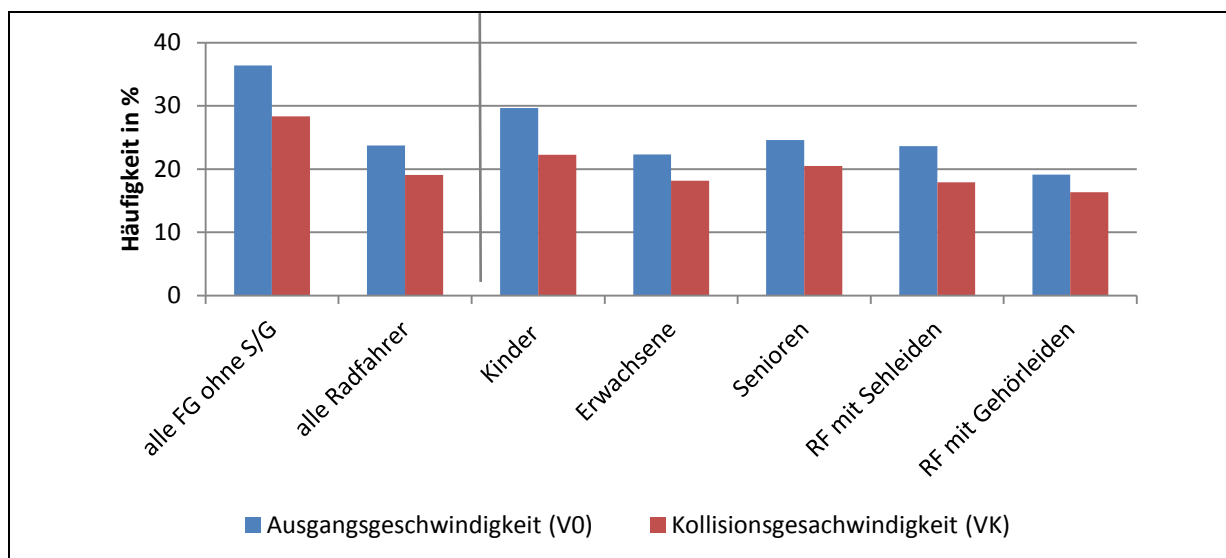


Abb. A 2-48: mittlere Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit der PKW bei Unfällen mit Radfahrern

Die Auswertung der Ausgangsgeschwindigkeit anhand gruppierter Werte zeigt einen deutlichen Schwerpunkt im Bereich geringer Geschwindigkeiten, nur bei etwa jedem fünften Unfall mit Radfahrereteiligung fuhr das Kraftfahrzeug schneller als 40km/h (Abb. A 2-49). Über die Hälfte der Unfälle von Kraftfahrzeugen mit Radfahrern ereignen sich bei Ausgangsgeschwindigkeiten von höchstens 20km/h. Im Vergleich zu Unfällen mit Fußgängern zeigt sich ein deutlich verschiedenes Muster an Ausgangsgeschwindigkeiten.

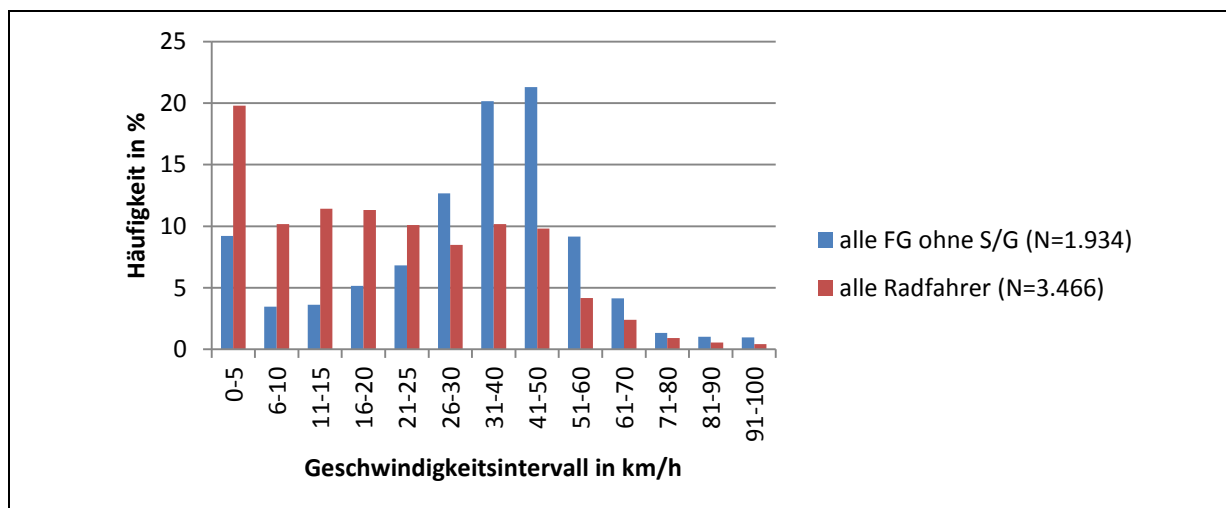


Abb. A 2-49: prozentuale Häufigkeit der Unfälle von Kraftfahrzeugen mit Fußgängern und mit Radfahrern aufgetragen über der Ausgangsgeschwindigkeit

Diese Beobachtung wird durch die Betrachtung der gruppierten Kollisionsgeschwindigkeiten unterstützt (Abb. A 2-50). Bei mehr als jedem zweiten Unfall mit Radfahrer betrug die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeuges bei der Kollision höchstens 15km/h. Bei etwa einem von zehn Unfällen traten Kollisionsgeschwindigkeiten von über 40km/h auf.

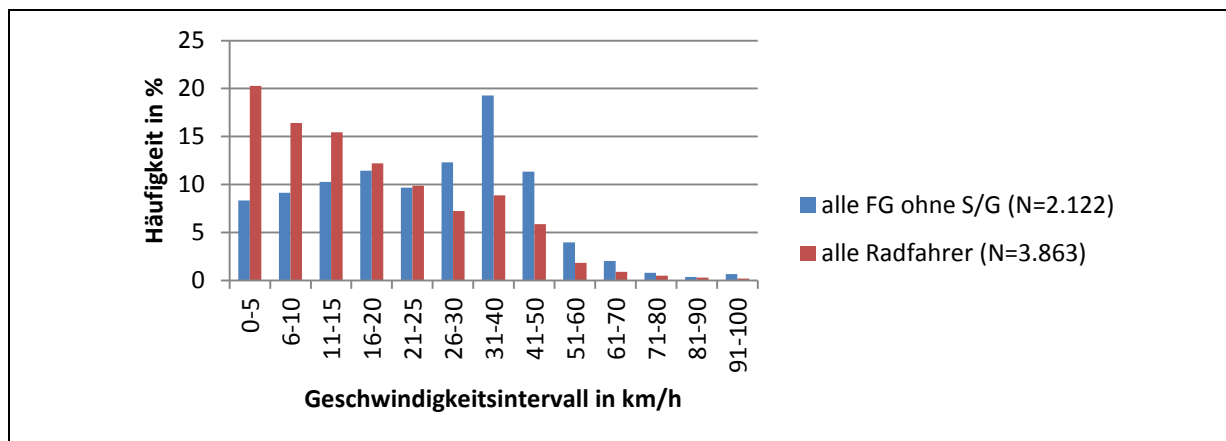


Abb. A 2-50: prozentuale Häufigkeit der Unfälle von Kraftfahrzeugen mit Fußgängern und mit Radfahrern aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit

Verletzungsschwere

Die im Vergleich zu Unfällen mit Fußgängern deutlich geringeren Fahrzeuggeschwindigkeiten wirken sich trotz der höheren Eigengeschwindigkeit der Fahrräder positiv auf die Unfallfolgen aus. Der Anteil der höchstens leicht verletzten Personen beträgt unter allen als Radfahrer Verunfallten 94% und ist damit 10 Prozentpunkte höher als bei den Fußgängern (Abb. A 2-51). Entsprechend gibt es anteilig auch weniger Unfälle mit tödlichem Ausgang.

Ältere Radfahrer werden im Vergleich unter allen hier betrachteten Radfahrergruppen am schwersten verletzt. Dieser Befund deckt sich mit den beispielsweise von Bil et. al. (2010) berichteten Ergebnissen. Kinder zeigen im Vergleich zur gesamten Radfahrergruppe den höchsten Anteil höchstens leichtverletzter Radfahrer. Der Anteil getöteter kindlicher Radfahrer lag in der vorliegenden Stichprobe bei 0,2%. Bei den Radfahrern mit Seh- oder Gehörleiden wurden keine Todesfälle dokumentiert, hier betrug der maximale Verletzungsstatus MAIS3 (schwerverletzt).

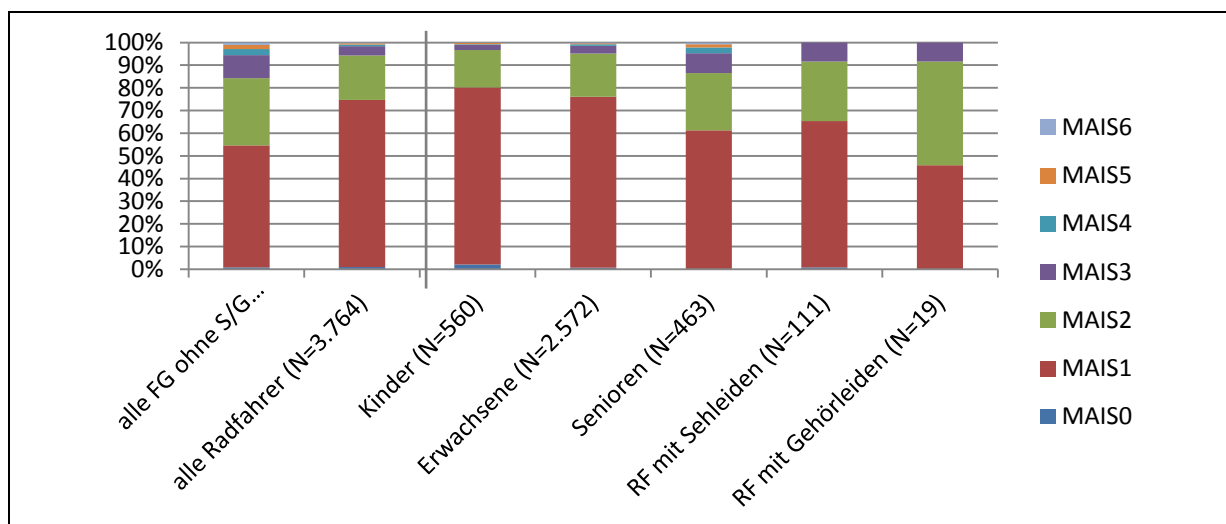


Abb. A 2-51: prozentuale Verteilung der Verletzungsschwere der Radfahrer (Radfahrer-PKW-Unfälle)

Die Auswertung der mittleren Verletzungsschwere in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit zeigt eindrucksvoll, dass die geringeren Verletzungen der Radfahrer keineswegs ausschließlich auf die geringeren Kollisionsgeschwindigkeiten zurückgeführt werden können (Abb. A 2-52). Vielmehr scheint es einen generellen Einfluss zu geben, möglicherweise aufgrund der unterschiedlichen typischen Kollisionsmechanik bei Radfahrer und Fußgänger.

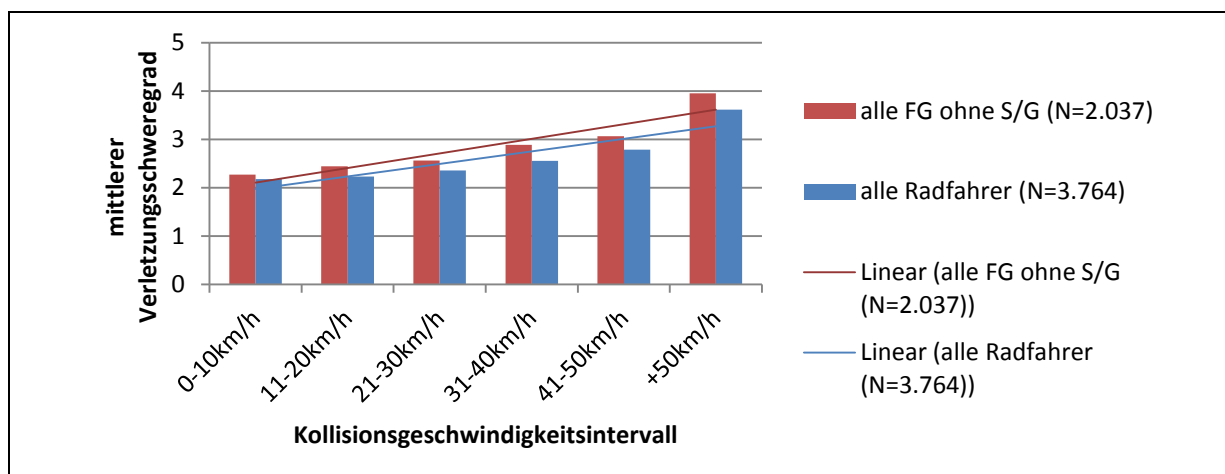


Abb. A 2-52: mittlere Verletzungsschwere aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit vergleichend zwischen Fußgänger ohne S/G und Radfahrern bei Pkw-Unfällen

Bei detaillierter Betrachtung der mittleren Verletzungsschwere in Relation zur Kollisionsgeschwindigkeit in den einzelnen Untergruppen der Radfahrer zeigt der Trend, dass die Senioren im Vergleich zur gesamten Radfahrergruppe in allen Geschwindigkeitsbereichen im Mittel die schwersten Verletzungen erleiden (Abb. A 2-53). Eine Erklärung der höheren mittleren Verletzungsschwere mit der im Mittel höheren Kollisionsgeschwindigkeit bei Unfällen mit älteren Radfahrern wäre daher nicht ausreichend. Einflüsse der körperlichen Fitness und Widerstandsfähigkeit wirken sich offensichtlich ebenso aus.

Die einzige Ausnahme dieses Grundtrends stellen die Unfälle mit gehörleidenden Radfahrern im Bereich bis 20km/h Kollisionsgeschwindigkeit dar. Ein bedeutsamer Anteil an diesem Zusammenhang könnte durch die Unfallkonstellation mit parkenden Fahrzeugen aufgrund plötzlich geöffneter Türen erklärt werden, bei der eine anprallmindernde Reaktion möglicherweise besonders erschwert ist.

Schließlich zeigen Kinder über alle Kollisionsgeschwindigkeiten hinweg die geringste Verletzungsschwere, sicher ein weiteres Indiz für den Einfluss der körperlichen Konstitution auf die Folgen von Verkehrsunfällen.

Bei dem Unfall mit dem Elektrofahrzeug wurde der 15jährige Radfahrer leicht verletzt (MAIS1). Im Falle des Hybridfahrzeugs blieb es auch bei einer leichten Verletzung (MAIS2) des 21jährigen Radfahrers.

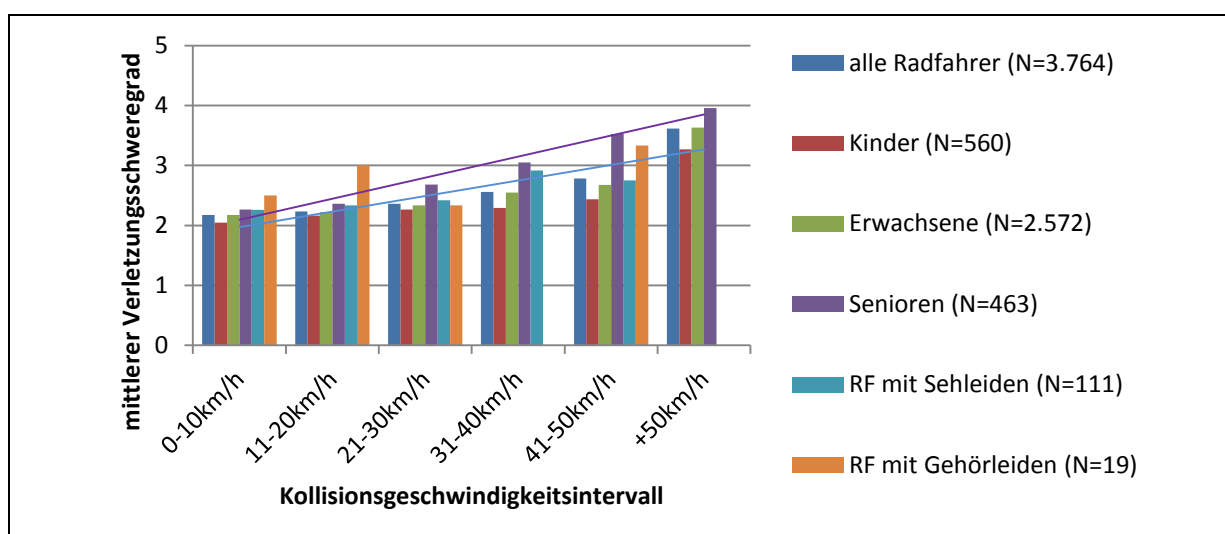


Abb. A 2-53: mittlere Verletzungsschwere aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit für die Untergruppen der Radfahrer

A 2.4. Unfallauswertungen zu Kapitel 5.2.2 Unfallsituationen von Radfahrern mit Fußgängern

Abweichend von den Darstellungen im vorangegangenen Kapitel liegt der Fokus der Unfallauswertungen nachfolgend auf den Merkmalen der an den Unfällen beteiligten Fußgänger. Die dabei verwendeten Untergruppen beziehen sich somit auf die als Fußgänger bei Unfällen mit Radfahrern beteiligte Kinder, Erwachsene, Senioren jeweils ohne Seheinschränkungen und sensorisch eingeschränkte Personen.

In der Gruppe der seh- und/oder gehörleidenden und mit einem Fahrrad verunfallten Fußgänger waren 7 Personen mit Sehleiden, 1 hochgradig Sehbehinderter, 3 Personen mit Gehörleiden und 2 Personen mit Seh- und Gehörleiden (Tab. A 2-4).

Gruppe	Anzahl	Alter	Geschlecht
Kinder (ohne Seh- oder Gehörleiden)	33	MW=6,8 J. (SD=3,4 J.)	42% männlich 58% weiblich
Erwachsene (ohne Seh- oder Gehörleiden)	135	MW=38,0 J. (SD=15,6 J.)	47% männlich 53% weiblich
Senioren (ohne Seh- oder Gehörleiden)	56	MW=74,6 J. (SD=6,2 J.)	23% männlich 77% weiblich
FG mit Seh- und/oder Gehörleiden	13	MW=66,3 J. (SD=213,3 J.) 42 – 86 Jahren	54% männlich 46% weiblich

Tab. A 2-4: Charakterisierung der Fußgänger-Untergruppen von Fußgänger – Fahrrad – Unfällen

Unfälle von Radfahrern mit Fußgängern fanden zu einem noch größeren Teil am Tag und entsprechend seltener in der Nacht statt als Unfälle von Kraftfahrzeugen und Fußgängern (Abb. A 2-54). Unfälle zwischen Kindern und Radfahrern fanden ausschließlich am Tag statt. Auch Senioren verunfallten im Altersvergleich häufiger tagsüber.

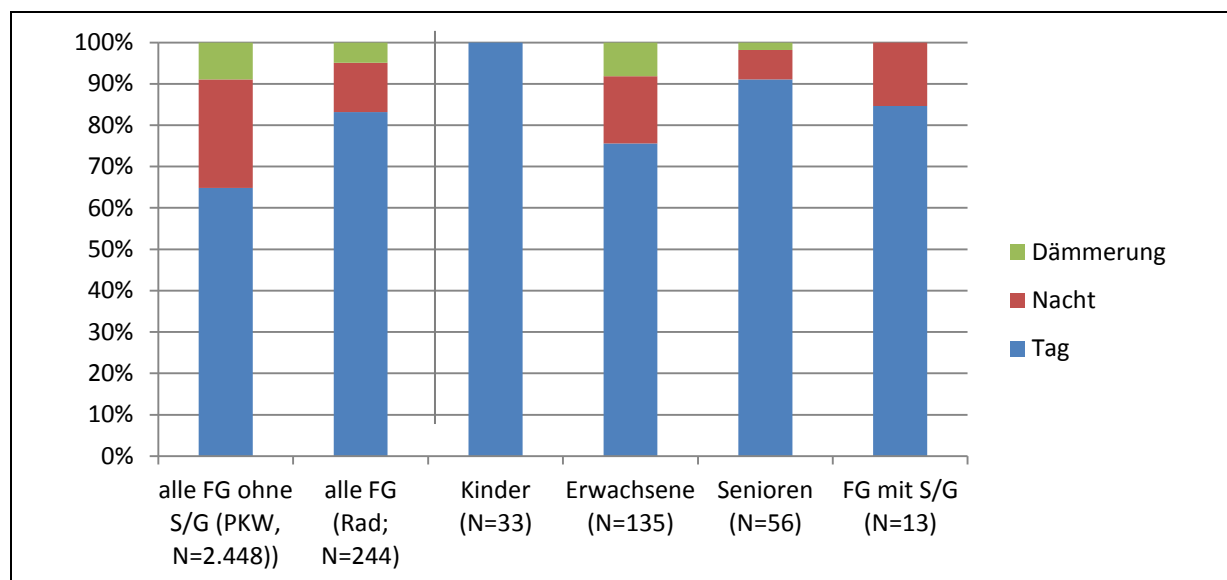


Abb. A 2-54: prozentuale tageszeitliche Verteilung der Fußgänger-Fahradunfälle

Bei winterlichen Verhältnissen treten praktisch keine Unfälle zwischen Radfahrern und Fußgängern auf. Auch die sich bei Regen ereignenden Unfälle zwischen diesen Verkehrsteilnehmergruppen nehmen eine deutlich untergeordnete Stellung ein. Ein relevanter Anteil an Unfällen bei Regen ist vor allem nachts zu verzeichnen (Abb. A 2-55).

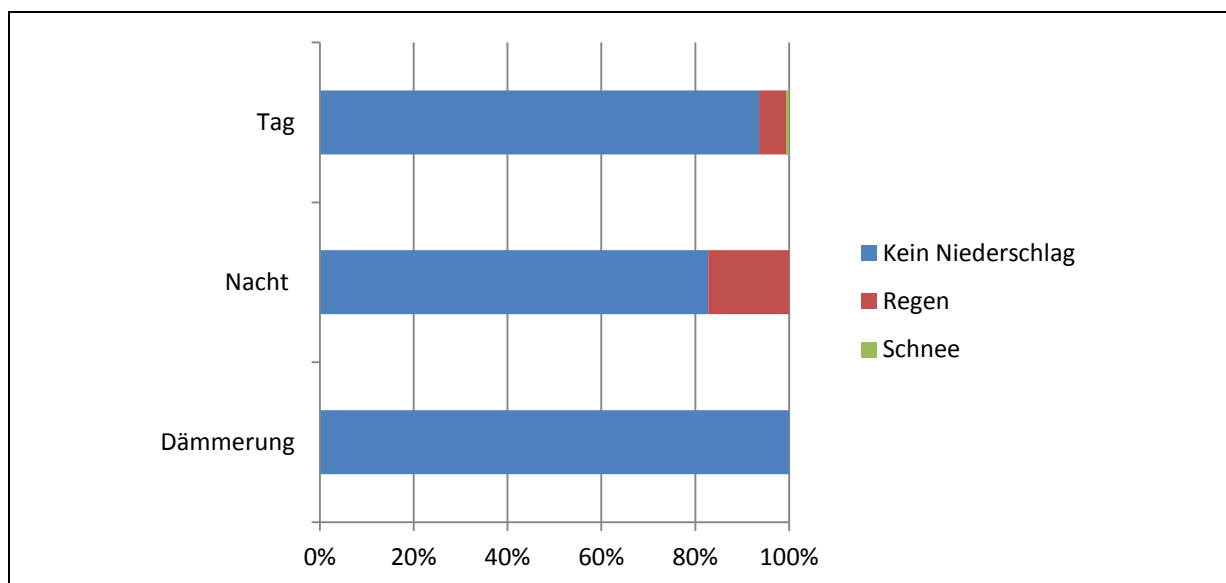


Abb. A 2-55: Beschreibung der Wetterverhältnisse in Abhängigkeit von der Tageszeit (N=244)

Unfalltyp

Die große Mehrheit der Unfälle zwischen Fußgängern und Radfahrern sind Überschreiten – Unfälle und Unfälle im Längsverkehr. Nahezu sechs von sieben Unfällen entsprechen diesen beiden Grundtypen (Abb. A 2-56).

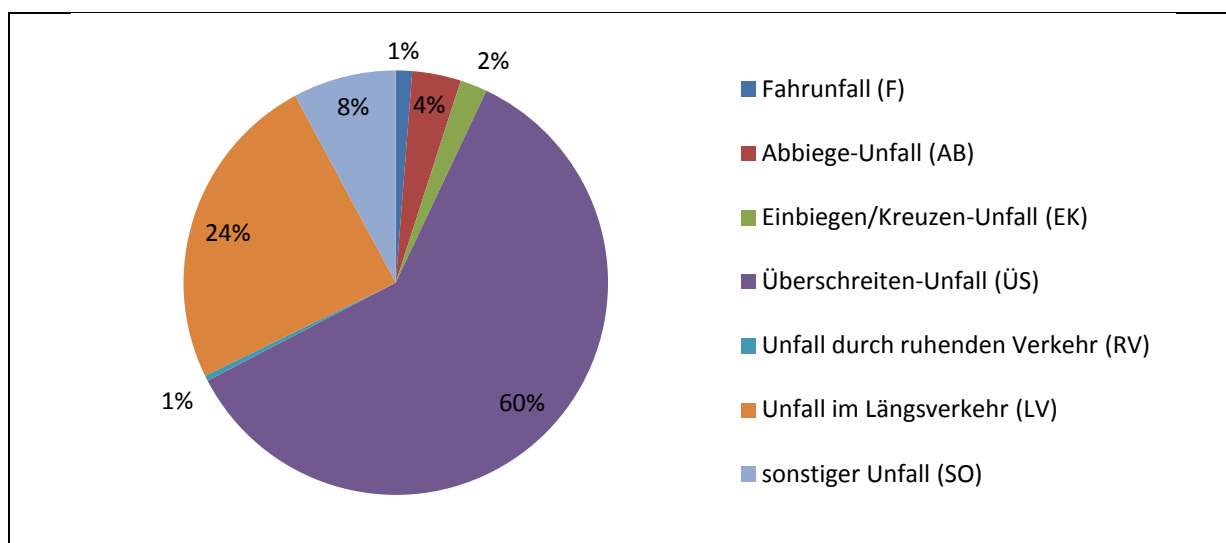


Abb. A 2-56: Prozentuale Verteilung der Unfalltypen bei Fußgänger-Fahrrad-Unfällen (N=242)

Für eine detaillierte Betrachtung werden wiederum Unfalltypen herangezogen bis eine kumulierte Häufigkeit von 75% erreicht wird. Die sieben so ermittelte häufigsten Unfalltypen zwischen Radfahrern und Fußgängern sind in Abb. A 2-57 dargestellt.

Wie auch bei den Fußgänger-Kraftfahrzeug-Unfällen ist der häufigste Unfalltyp UTyp 42. Hierbei tritt der Fußgänger aus Sicht des Radfahrers von rechts kommend in den Fahrweg. Nimmt man die gespiegelte Situation von links (UTyp 40) hinzu, wird von der Überschreitensituation mehr als 1/3 aller Fälle abgedeckt. Sehr bedeutsam für Unfälle von Radfahrern mit Fußgängern ist zudem UTyp 67. Hierbei handelt es sich um einen Unfall im Längsverkehr, bei dem sich Fußgänger und Radfahrer auf einer gemeinsamen Verkehrsfläche in gleicher oder entgegengesetzter Richtung konflikthaft bewegten.

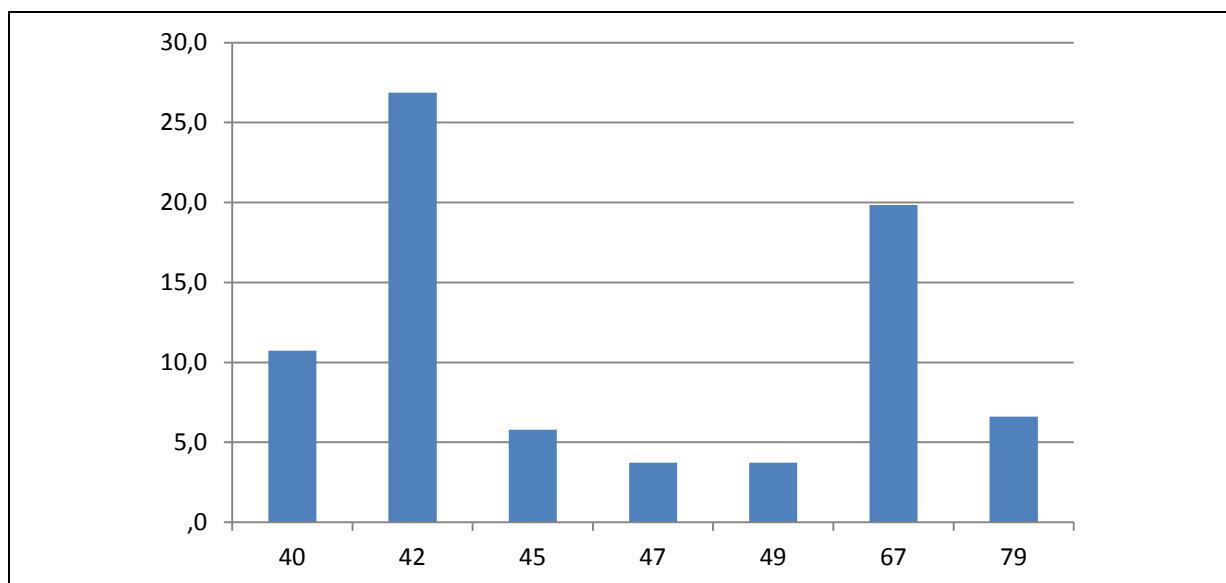


Abb. A 2-57: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) bei Fußgänger – Radfahrer – Unfällen (N=242)

Im Vergleich der Fußgängergruppen zeigt sich für Kinder eine noch deutlichere Dominanz der Problematik des Überschreitens. Die Unfälle bei Querung des vom Fahrrad befahrenen Fahrweges von links bzw. rechts nehmen bei den Kindern über die Hälfte der Fälle ein. Senioren zeigen hingegen ein wenig vom Mittel abweichendes Unfallbild. Bei ihnen kommen lediglich Konflikte mit abbiegenden Radfahrern im Knotenpunktbereich als weitere Kategorie unten den häufigsten Unfallkonstellationen hinzu (Tab. A 2-5).

Eine deutlich reduzierte Heterogenität der Unfallkonstellationen zeigen die Fußgänger mit sensorischer Einschränkung. Für sie beschreiben drei Unfalltypen mehr als 75% aller Unfallsituationen mit Radfahrern. Der häufigste Unfalltyp ist der oben bereits beschriebene Konflikt im Längsverkehr (UTyp 67). Neben dem ebenfalls bereits beschriebenen Unfalltyp bei Querung des Fahrweges von rechts (UTyp 42) kommt die dazu geometrisch äquivalente Situation im Knotenpunktbereich hinzu (UTyp 45).

Tab. A 2-5: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für alle Untergruppen der Fußgänger bei Unfällen mit Radfahrern (Bildmaterial: Quelle (GDV))

	UTyp 24	UTyp 40	UTyp 41	UTyp 42	UTyp 43	UTyp 45	UTyp 47	UTyp 49	UTyp 67	UTyp 79
alle FG (Rad)		10,7%		26,9%		5,8%	3,7%	3,7%	19,8%	6,6%
Kinder		15,2%	6,1%	39,4%		6,1%			6,1%	6,1%
Erwachsene		12,0%	3,8%	27,1%	4,5%			4,5%	21,1%	4,5%
Senioren	7,1%	8,9%		19,6%		8,9%			19,6%	12,5%
FG mit S/G				15,4%		15,4%			46,2%	

Tab. A 2-6: häufigsten Unfalltypen (bis 75% kummulierte Häufigkeit aller Fälle) für alle Untergruppen der Fußgänger bei Unfällen mit Radfahrern (Bildmaterial: Quelle (GDV))

Unfallstelle

Der Konflikt zwischen Fußgänger und einem Fahrrad auf der Geraden ist die häufigste Unfallstelle (Abb. A 2-58). Etwas mehr als jeder fünfte Unfall ereignet sich im Bereich von Knotenpunkten. Über diese für alle Fußgänger gültigen Ergebnisse hinaus zeigen im Gruppenvergleich Kinder und Senioren bedeutsame Anteile von Unfällen an Grundstückszufahrten. Für Kinder sind zudem Fälle an Kreisverkehren dokumentiert. Senioren und Fußgänger mit sensorischen Einschränkungen verunfallen im Gruppenvergleich etwas häufiger an Kreuzungen.

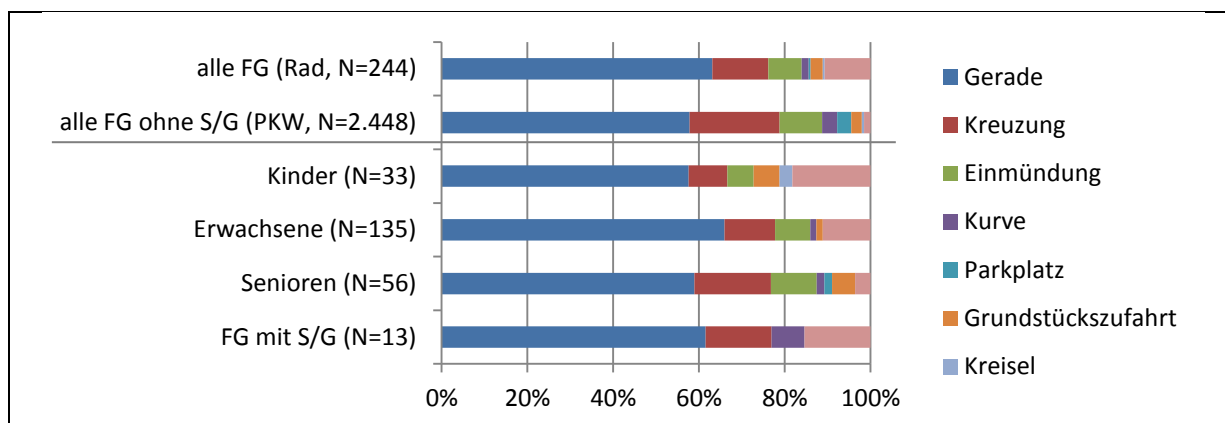


Abb. A 2-58: prozentuale Verteilung der Unfallstelle im Straßennetz für Radfahrer-Fußgänger-Unfälle

Im Vergleich zu Fußgängerunfällen mit Kraftfahrzeugen verunfallen Fußgänger mit Radfahrern häufiger an ihnen weniger gut bekannten Orten. Vor allem bei den Unfällen der seh- und/oder gehörbeeinträchtigten Fußgänger zeigt sich ein bedeutsamer Anteil von Unfällen an völlig unbekanntem Ort. Für die Gruppe der Senioren ereignete sich jeder zweite Unfall mit einem Radfahrer an einem ihnen gar nicht oder höchstens durch seltenen Besuch bekannten Ort.

Kinder verunfallen als Fußgänger mit Radfahrern hingegen zur überwiegenden Mehrheit an ihnen durch häufige Benutzung gut vertrauten Orten (Abb. A 2-59).

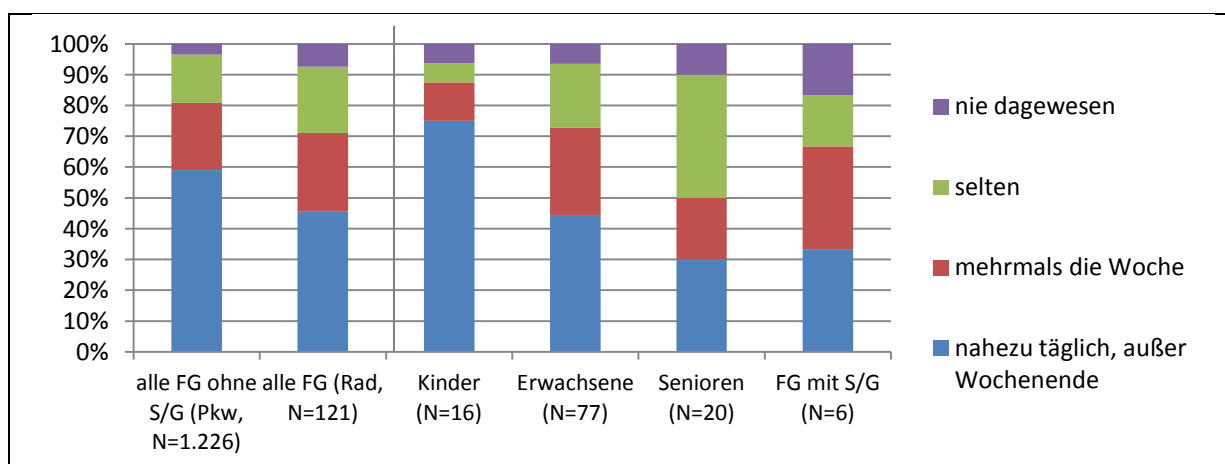


Abb. A 2-59: Bekanntheit der Unfallstelle der Fußgänger-Radfahrer-Unfälle aus Sicht des Fußgängers

Fahrstreifen

Unfälle zwischen Fußgängern und Radfahrern ereignen sich entweder auf einer einbahnig-zweistreifigen Straße oder auf dem Gehweg. Es sind mit Ausnahme weniger Fälle unter Beteiligung von Kindern keine Unfälle mit Fahrrädern dokumentiert, die den Gehweg benutzen (Abb. A 2-60). Im Gruppenvergleich findet sich bei den Senioren eine leichte Häufung der Unfälle auf dem Radweg, wohingegen Kinder im Vergleich seltener mit auf dem Radweg fahrenden Fahrrädern verunfallen.

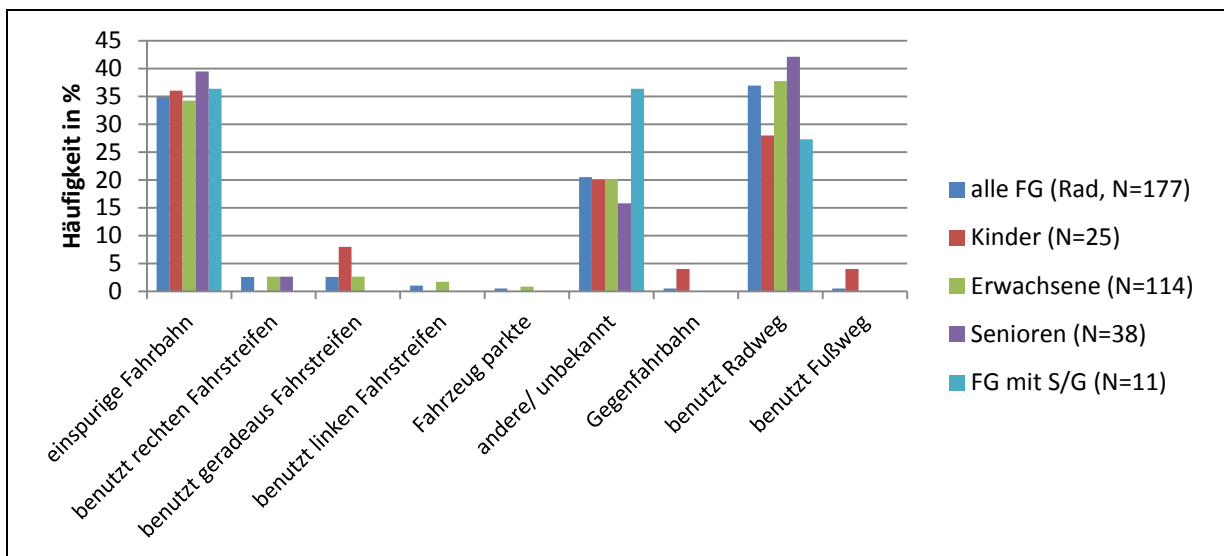


Abb. A 2-60: befahrene Fahrstreifen (FS) zum Zeitpunkt des Unfalls (N=195)

Unfallursache

Unfälle von Radfahrern und Fußgängern werde zu etwas mehr als einem Drittel von den Fußgängern und zu knapp zwei Dritteln von den Radfahrern verursacht. Die häufigste Einzelursache ist falsches Verhalten der Fußgänger bzw. falsches Verhalten der Fußgänger beim Überschreiten der Fahrbahn mit 36%. Im Vergleich werden von Fußgängern die Unfälle mit Radfahrern seltener selbst verursacht als die Unfälle mit Kraftfahrzeugen (Abb. A 2-61).

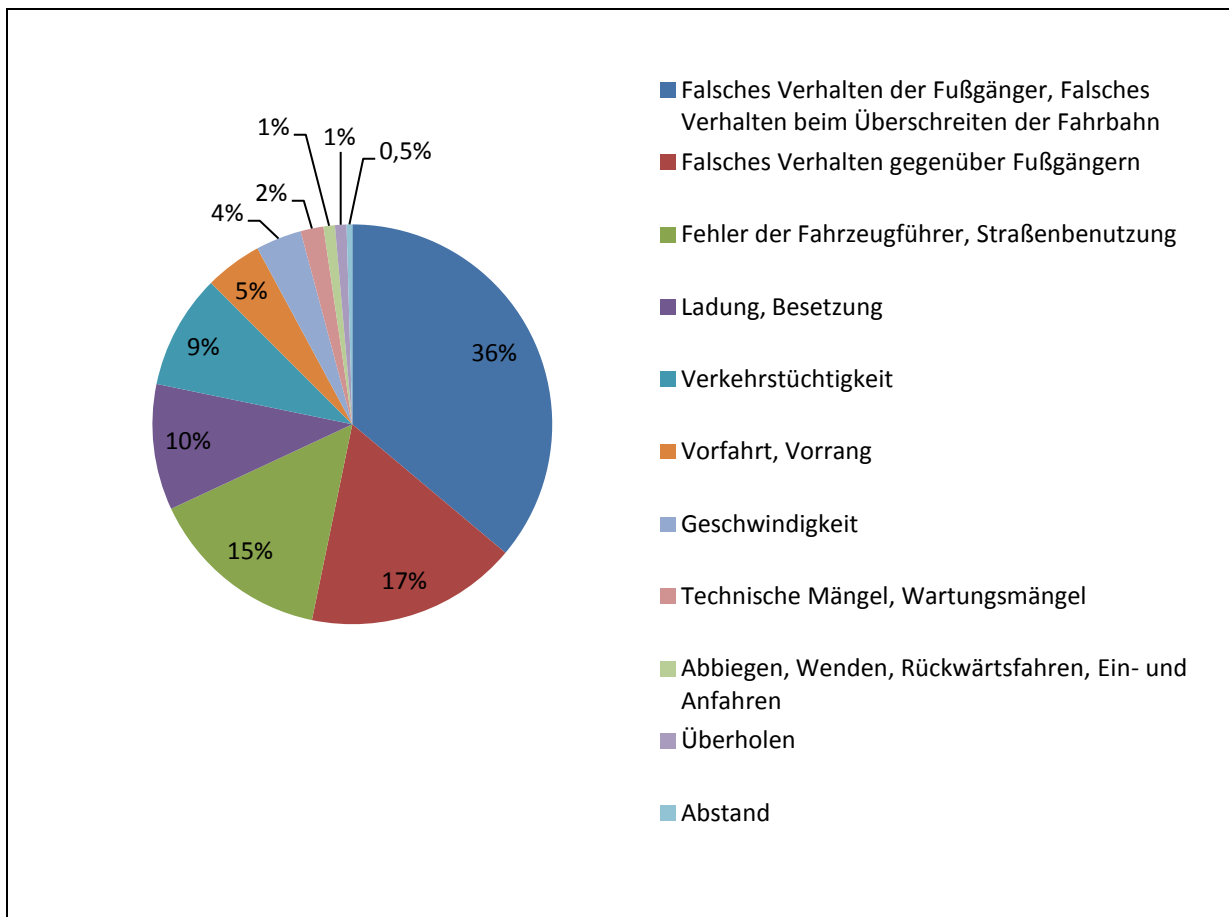


Abb. A 2-61: prozentuale Verteilung der Unfallursache bei Fußgänger-Radfahrer-Unfällen (N=216)

Geschwindigkeit

Wie alle bereits dargestellten Unfälle ereignen sich diejenigen zwischen Radfahrern und Fußgängern dominant im Bereich von Verkehrsstraßen, auf denen 50km/h gefahren werden darf. Im Vergleich zu den Fußgänger-Pkw-Unfällen ist ein erhöhter Anteil an Unfällen in Bereichen bis 30km/h zulässiger Geschwindigkeit zu beobachten. Verglichen mit den Radfahrer-Kraftfahrzeug-Unfällen ergeben sich keine bedeutsamen Unterschiede (Abb. A 2-62).

Im Vergleich der Fußgängergruppen verunfallen Kinder deutlich häufiger mit Radfahrern in verkehrsberuhigten oder gemischten Bereichen mit erlaubter Geschwindigkeit bis 20km/h. Unfälle von Fußgängern mit sensorischen Einschränkungen und Radfahrern zeigen ebenfalls in diesen Bereichen und darüber hinaus in Bereichen, die nicht von Fahrzeugen befahren werden dürfen bedeutsame Fallzahlen. Senioren fallen durch den im Vergleich geringsten Anteil an Unfällen mit Radfahrern in Bereichen mit erlaubten Geschwindigkeiten bis 30km/h auf.

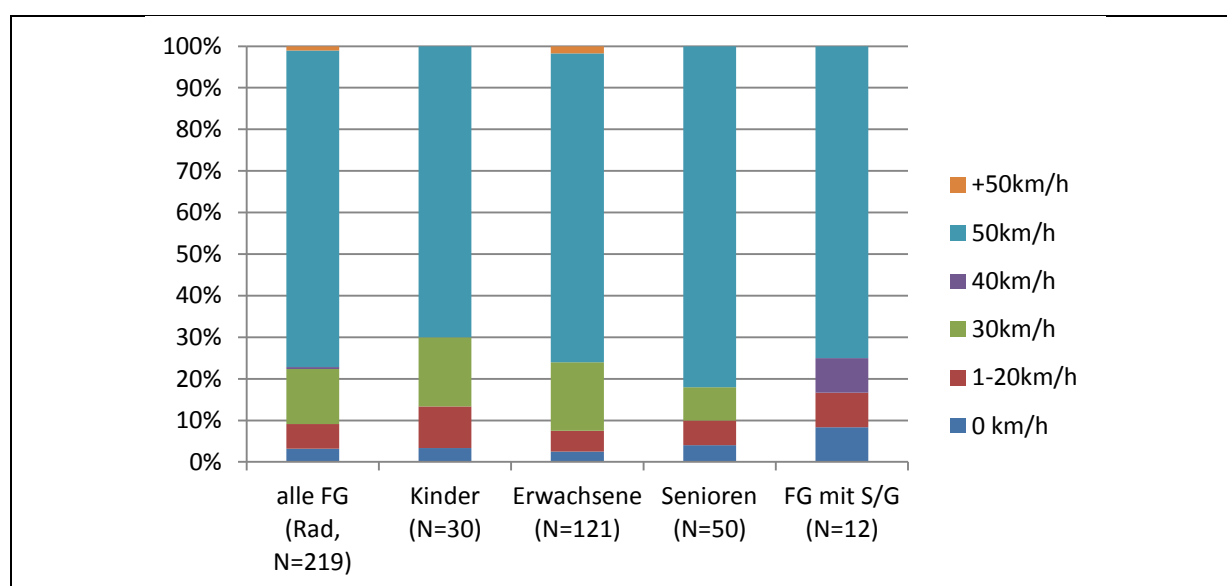


Abb. A 2-62: prozentuale Häufigkeit der Fußgänger-Radfahrer-Unfälle aufgeteilt nach zulässiger Geschwindigkeit

Unfälle zwischen Radfahrern und Fußgängern lassen eine im Vergleich zu Unfällen mit Kraftfahrzeugbeteiligung recht geringe mittlere Ausgangsgeschwindigkeit vermuten. Sie beträgt entsprechend 19km/h bei einer recht geringen Streuung ($SD=7,6\text{km/h}$). Die mittlere Kollisionsgeschwindigkeit beträgt 15,7km/h ($SD=6,8\text{km/h}$).

Zwischen den Fußgängergruppen zeigen sich keine größeren Unterschiede (Abb. A 2-63). Lediglich bei Unfällen sensorisch eingeschränkter Fußgänger werden etwas höhere mittlere Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeiten verzeichnet. Bei den Unfällen von Radfahrern mit Kindern zeigt sich bei vergleichbarer mittlerer Ausgangsgeschwindigkeit die geringste mittlere Kollisionsgeschwindigkeit und daher mit $\Delta v=5,1\text{km/h}$ die größte Differenz zwischen Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit.

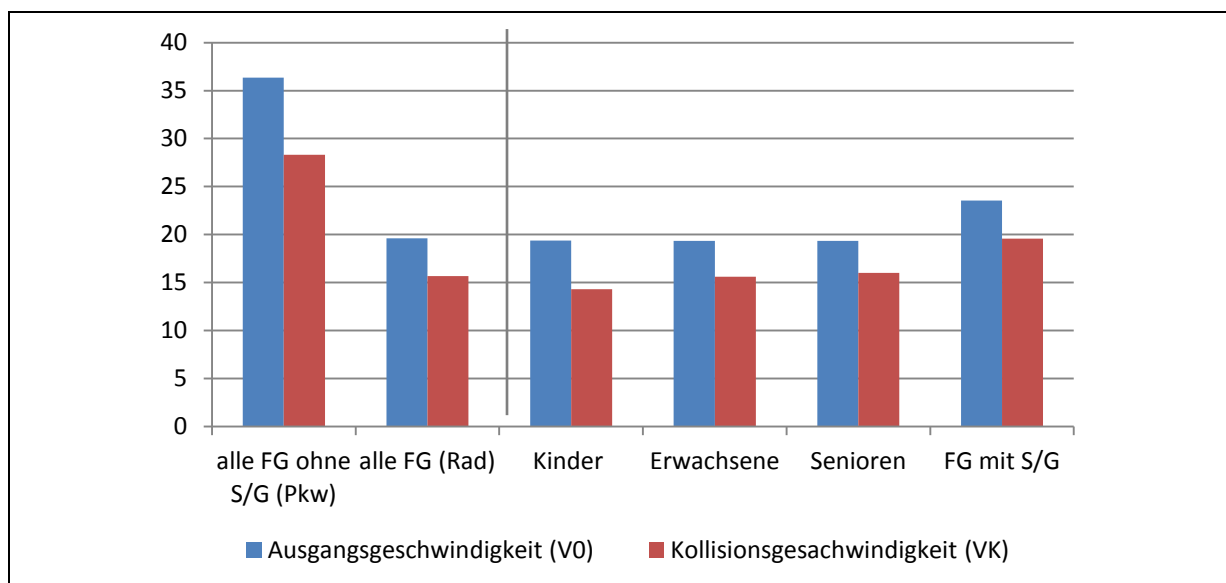


Abb. A 2-63: mittlere Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit bei Fußgänger-Radfahrer-Unfällen

Verletzungsschwere

Entsprechend der insgesamt recht geringen mittleren Kollisionsgeschwindigkeit und einer im Verhältnis nicht um Größenordnungen verschiedenen Masse der Unfallbeteiligten ergeben sich im Vergleich zu Unfällen mit Kraftfahrzeugbeteiligung deutlich geringere Verletzungsschwere (Abb. A 2-64). 91% der von GIDAS dokumentierten Fußgänger-Radfahrer-Unfälle gehen mit höchstens leichtverletzten Personen einher. 9% der Unfälle haben eine schwerverletzte Person zur Folge. Bei Fußgänger-Radfahrer-Unfällen wurde keine Person getötet.

Unfälle zwischen Fußgänger und Radfahrer mit fatalem Ausgang sind insgesamt als selten anzusehen (Graw, et al., 2002). In der Untergruppe der Kinder ist das im Vergleich geringste Verletzungsniveau zu verzeichnen. An Unfällen mit Radfahrern beteiligte Kinder wurden maximal leichtverletzt. Mit zunehmendem Alter steigt der Anteil an schweren Verletzungen. In der Gruppe der seh- und/oder gehörbeeinträchtigten Fußgänger resultieren bei Unfällen mit Radfahrern verglichen mit den Senioren im Mittel bedeutsamere, in den Extremausprägungen jedoch nicht so schwere Verletzungen.

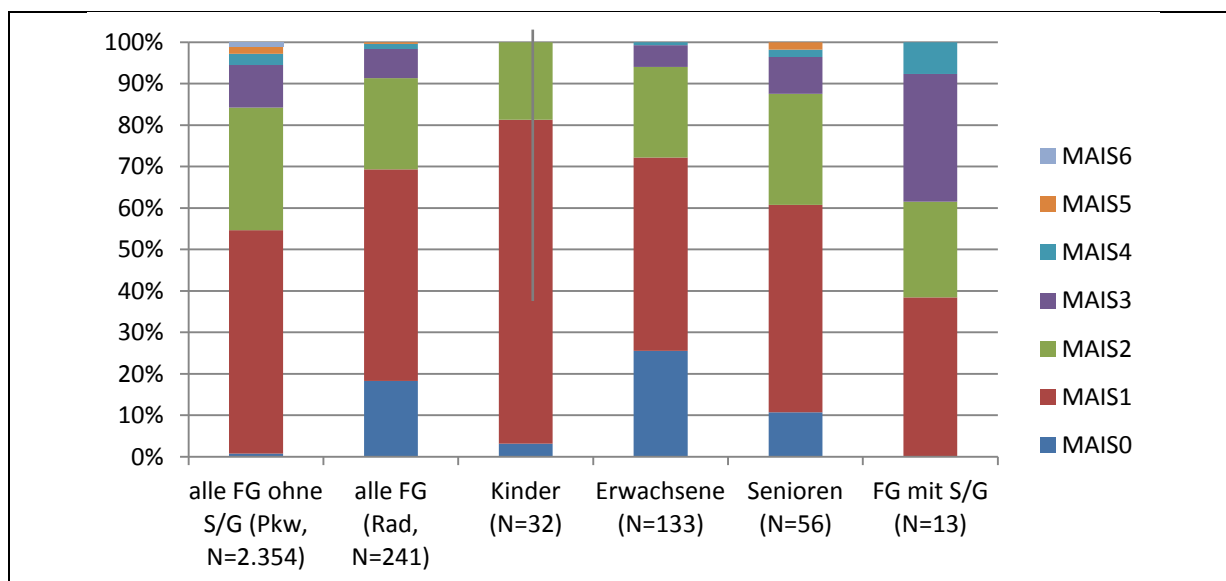


Abb. A 2-64: prozentuale Verteilung der Verletzungsschwere der Fußgänger bei Fußgänger-Radfahrer-Unfällen

Die Darstellung der mittleren Verletzungsschwere in Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit (Abb. A 2-65) zeigt weiterhin, dass das mittlere Verletzungsniveau bei Unfällen zwischen Fahrrädern und Fußgängern bis zu einem Geschwindigkeitsniveau von 30km/h etwas geringer ausfällt als bei Unfällen von Fußgängern mit Kraftfahrzeugen. Bei Kollisionsgeschwindigkeiten oberhalb 30km/h zeigen die Daten für Fußgängerunfälle mit Fahrrädern verglichen zu solchen mit Kraftfahrzeugen leicht höhere Verletzungsschweren.

Im Vergleich der Untergruppen zeigen Senioren etwas schwerere Unfallfolgen. Auch Personen mit sensorischer Einschränkung scheinen verglichen zu den anderen Fußgängergruppen bei Unfällen mit Radfahrern schwerere Verletzungen zu erleiden.

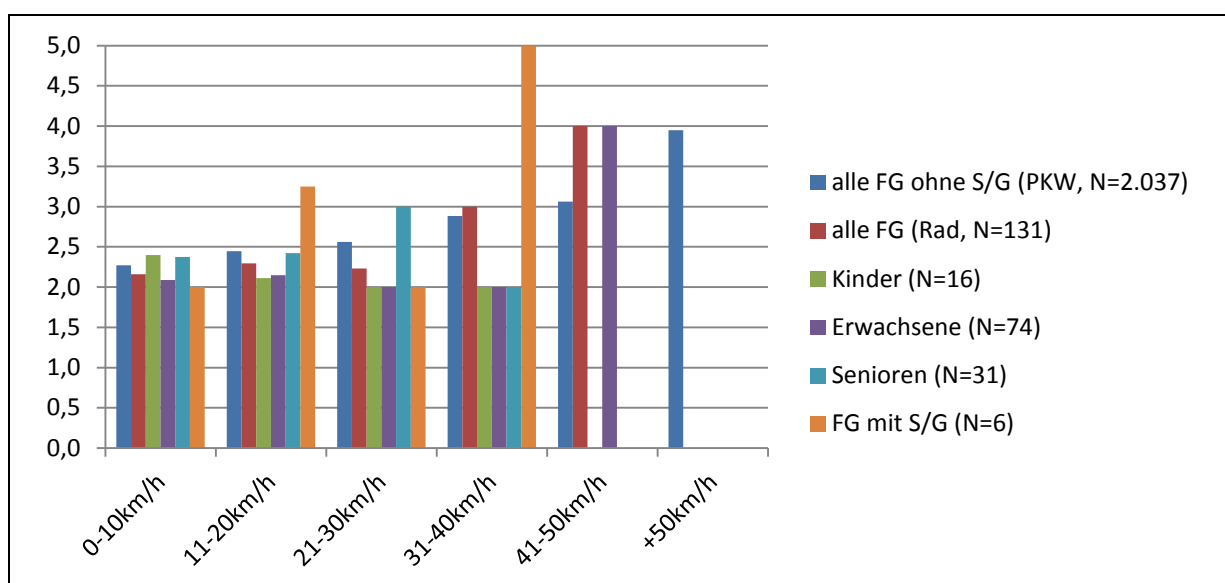


Abb. A 2-65: mittlere Verletzungsschwere der Fußgänger aufgetragen über der Kollisionsgeschwindigkeit (Fußgänger-Radfahrer-Unfälle)

A 3 Interviews mit Fokusgruppen

A 3.1. Interviewleitfaden

Nachfolgend ist der Interviewleitfaden dargestellt.



Aktivität	Beschreibung	Zeit
Vorbereitung	<p>Bereitstellung von Getränken und Snacks, um eine gelockerte und unverkrampfte Atmosphäre zu schaffen.</p> <p>Beim Eintreffen der Teilnehmer bereits Getränke und Snacks anbieten, dass nicht während des Gespräches zu große Nebengeräusche durch klappernde Gläser/ Tassen entstehen (für eine bessere Tonqualität der Audioaufnahme).</p>	
Einführung	<p>Begrüßung der Anwesenden und für deren Teilnahme bedanken.</p> <p>Zunächst stellen sich der Moderator vor (Name, Job, Funktion im Projekt und im FGI) und anschließend der Assistent. Der Assistent fungiert als Protokollant.</p> <p>(Für die Gruppe der Sehbehinderten sehen wir einen 2. Assistenten vor, dass dieser den Sehbehinderten Hilfestellungen z.B. bei Notizen/ Skizzen geben kann. Wenn die dritte Person nicht benötigt wird, kann diese den Raum wieder verlassen.</p> <p>Für die Gruppe der Gehörswachen/ Tauben sehen wir einen Gebärdensprachdolmetscher vor. Wenn die dritte Person nicht</p>	10min

	<p>benötigt wird, kann diese den Raum wieder verlassen.)</p> <p><i>Ziel des heutigen Fokusgruppeninterviews (FGI) ist es, Ihre Erfahrungen zur Verkehrssicherheit zwischen Fußgängern, im speziellen (jeweilige Personengruppe: Sehbehinderte/ Blinde/ Schwerhörige/ ältere Menschen), und Kraftfahrzeugen zu diskutieren. Ich möchte mich heute dazu mit Ihnen unterhalten, wie Sie sich im Straßenverkehr orientieren. Weiterhin werden wir uns über kritische Situationen, die Sie erlebt haben austauschen. Abschließend möchten ich Sie bitten, mit uns mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit als sehbehinderter/ blinder/ tauber Fußgänger zu diskutieren.</i></p> <p><i>Wir freuen uns sehr, dass Sie sich bereit erklären an den FGI teilzunehmen. Ihre Teilnahme ist freiwillig und es steht Ihnen frei, ob Sie auf eine Frage antworten möchten oder nicht. Trotzdem sind wir an jedem einzelndem Argument/ Ihren persönlichen Erfahrungen im heutigen Straßenverkehr interessiert. Bitte teilen Sie uns Ihre Meinung auch dann mit, wenn sie dem zuvor gesagten widerspricht. Für uns gibt es keine „falschen“ oder „richtigen“ Antworten, für uns zählt Ihre persönliche Meinung.</i></p> <p><i>Bitte fragen Sie nach, wenn Sie Fragen haben oder eine Frage nicht verstanden haben.</i></p> <p><i>Alle Informationen die Sie uns heute geben, werden streng vertraulich behandelt. Niemand außer den hier heute Anwesenden erfährt Ihren Namen oder ihre Kontaktdaten.</i></p> <p><i>Um Ihre Erfahrungen möglichst vollständig berücksichtigen zu können, möchten wir dieses Gespräch gern per Tonband mitschneiden. Sind Sie damit Einverstanden?</i></p> <p><i>→Nach Zustimmung aller Teilnehmer Tonband einschalten, dass Sie sich an die Situation gewöhnen können und das Tonband schon vergessen haben, wenn das eigentliche Interview startet.</i></p> <p><i>Die Diskussion kann 2 bis 3 Stunden dauern. Ich werde Sie zwischendurch immer mal wieder fragen, ob Sie eine kurze Pause einlegen möchten (Pausendauer ca. 5-10min).</i></p> <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Jeder freut sich, wenn er seine Gedanken zusammenhängend mitteilen kann. Bitte achten Sie darauf, dass Sie</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>die anderen Teilnehmer aussprechen lassen</i> ○ <i>ihre Ausführungen so kurz wie möglich halten.</i> • <i>Bitte schalten Sie Ihre Mobiletelefone aus bzw. auf lautlos.</i> • <i>Wir haben Namensschilder vorbereitet. Wir bitten Sie, sich diese anzustecken, sodass eine direkte (leichtere) Kommunikation möglich ist.</i> <p><i>Jetzt möchte ich Sie bitten, die Einverständniserklärung zur Teilnahme am heutigen Interview zu unterschreiben. (für Sehbehinderte: Ich lese Ihnen alles vor und wir füllen gemeinsam die Punkte aus.)</i></p> <p><i>→Probanden füllen die Einverständniserklärung aus</i></p>	
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

<p>Vorstellungs- runde</p>	<p><i>Ich würde Sie jetzt bitten, sich kurz vorzustellen: Nennen Sie uns bitte Ihren Namen, Alter und beschreiben Sie kurz Ihre Motivation, heute hier teilzunehmen. Bitte beschreiben Sie uns weiterhin die Art Ihrer Sehbehinderung/ Schwerhörigkeit/ Einschränkungen (z.B. bei älteren Personen) und seit wann Sie davon betroffen sind.</i></p> <p>Der Interviewleiter beginnt selbst: <i>Ich habe mich selbst ja schon kurz vorgestellt. (Erläuterung, Berührungspunkte mit dem Thema Sicherheit von Fußgängern, Sehbehinderung...)</i></p> <p>Mögliche Zusatzfragen (um ggf. die Ausführungen anzuregen) zur Vorstellungsrunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Wie bewegen Sie sich im Straßenverkehr? (Langstock, Blindenhund, Begleitperson)</i> • <i>Haben Sie ein Mobilitätstraining in Ihrer Region gemacht? – Inwieweit hat Ihnen das zu einer unabhängigen Mobilität verholfen?</i> • <i>Wie häufig sind Sie alleine unterwegs?</i> 	<p>15min</p>
<p>Diskussion Teil 1 – Mobilitäts- verhalten und Wahrnehmung von Fahrzeugen im Straßenverkehr – Frage 1</p>	<p><i>Nach der kurzen Vorstellungsrunde würde ich gern mit dem ersten Diskussionsteil beginnen.</i></p> <p>Einleiten: <i>Sie haben sicher auf dem Weg hier her oder bei der ein oder anderen Erledigung heute oder gestern eine Straße überquert. Suchen Sie sich eine Situation aus, an die sie sich gut erinnern! Bitte beantworten Sie uns anhand dieser Situation die folgende Frage: Wie haben Sie die Stelle ausgesucht, an der Sie die Straße überquert haben?</i></p> <p><i>Dafür wäre es schön, wenn Sie die vor Ihnen liegenden Karten benutzen. Bitte schreiben Sie jeweils auf eine Karte ein Kriterium, warum Sie gerade diese Stelle zum Queren der Straße ausgesucht haben. Sie können so viele Karten verwenden wie Sie wollen.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Alternativ: falls jemand mit dem Schreiben Probleme hat, kann er seine Punkte auch dem Moderator (oder Assistent) nennen und dieser notiert diese mit.</i></p> <p><i>Damit jeder von seinen Erfahrungen berichten kann, werden wir im Folgenden so vorgehen: Jeder bekommt eine Gesprächszeit von ca. 5min pro Person. Nach den ersten Antworten haben Sie dann sicher ein Gefühl dafür entwickelt. Wer möchte beginnen, uns seine Kriterien und Gründe zu nennen und kurz zu erläutern?</i></p> <p>→Jedes Kriterium so präzise wie möglich hinterfragen und jedes einzelne Kriterium abfragen.</p> <p>Mögliche Zusatzfragen (um ggf. die Diskussion anzuregen):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vermeiden Sie bestimmte Strecken, Tageszeiten, etc.?</i> • <i>Bereiten Sie sich auf den Weg/ Strecke/ (das Gehen) vor?</i> 	<p>Schreibzeit: ca.2min</p> <p>Redezeit: ca. 5 min je Person, dann ist der/die Nächste dran.</p>

	<p align="center">– <i>Wie?</i></p> <p>Schlussfrage in die Runde: <i>Kennt jemand von Ihnen Ähnliches/ Solches und möchte etwas dazu sagen/machen Sie etwas anders/ haben Sie andere Erfahrungen gemacht, usw. ...</i></p>	
<p>Diskussion Teil 1 – Mobilitäts- verhalten und Wahrnehmung von Fahrzeugen im Straßenverkehr – Frage 2</p>	<p><i>Weiterhin mussten Sie abschätzen, ob der Weg frei war zum Überqueren der Straße oder nicht. Dazu die 2. Frage: Was haben Sie als erstes gemacht, um sich zu orientieren und was danach? Welche Kriterien/ Informationen ziehen Sie heran (nutzen Sie) für eine Querungsentscheidung?</i></p> <p><i>Bitte schreiben Sie wieder auf je eine Karte, welche Informationen Sie zur Orientierung und zur Querungsentscheidung herangezogen haben. Sie können so viele Karten benutzen wie Sie wollen.</i></p> <p align="center"><i>Alternativ: falls jemand mit dem Schreiben Probleme hat, kann er seine Punkte auch dem Moderator (oder Assistent) nennen und dieser notiert diese mit.</i></p> <p>Anschließend wird gefragt, wer beginnen möchte seine Kriterien/ Gründe zu nennen/ erzählen. (Ankündigung der Redezeit)</p> <p>Jedes Kriterium so präzise wie möglich hinterfragen und jedes einzelne Kriterium abfragen.</p> <p>Mögliche Zusatzfragen(um ggf. die Ausführungen anzuregen):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Wie nehmen Sie dessen Geschwindigkeit/ Entfernung war?</i> • <i>Interagieren Sie mit anderen Verkehrsteilnehmern? – Beschreiben Sie genauer, bzw. geben Sie Beispiele → mögliche Antworten: Handzeichen, Blickkontakt</i> • <i>Unmittelbar, bevor Sie den Fuß auf die Straße gesetzt haben: Haben sie sich noch mal rückversichert, bevor Sie die Straße betreten haben, wenn ja: wie?</i> • <i>Welche Rolle spielen andere Fußgänger in dieser Situation?</i> <p>Schlussfrage in die Runde: <i>Kennt jemand von Ihnen Ähnliches/ Solches und möchte etwas dazu sagen/machen Sie etwas anders/ haben Sie andere Erfahrungen gemacht, usw. ...</i></p> <p>Bisherige Ergebnisse zusammenfassen: <i>Wir haben jetzt bereits diskutiert, dass Sie herannahende Autos sehen/ hören, dass sie auch anhand von Ampersignalen und ... (weitere genannte Stichworte ergänzen) entscheiden.</i> Falls noch nicht alle Bereiche, wie die Teilnehmer eine Querungsentscheidung treffen könnten, angesprochen wurden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visuell • Akustisch am Fahrzeugstrom, Ampersignal • Mit Hilfe einer Ampel • Vibrationen z.B. von vorbeifahrenden Fahrzeugen <p>DANN: gezielte Nachfrage, z.B.: „Größere Fahrzeuge verursachen ja nicht nur Geräusche sondern z.B. auch Vibrationen im Boden. Inwiefern nutzen Sie diese Information?“</p>	<p>Schreibzeit: ca. 2 min</p> <p>Redezeit: ca. 2-3min je Person, dann ist der/die Nächste dran.</p>

<p>Diskussion Teil 1 – Mobilitätsverhalten und Wahrnehmung von Fahrzeugen im Straßenverkehr – Frage 3</p>	<p><i>Schließlich interessiert uns noch die Situation, als Sie auf der Straße waren.</i> <i>Dazu die 3. Frage:</i> Achten Sie auf Fahrzeuge während der Querung und wenn ja, wie? Welche Kriterien/ Informationen ziehen Sie heran (nutzen Sie) während einer Querung?</p> <p><i>Bitte schreiben Sie wieder auf je eine Karte welche Informationen Sie nutzen während einer Querung. Sie können auch hier wieder so viele Karten benutzen wie Sie wollen.</i></p> <p><i>Alternativ: falls jemand mit dem Schreiben Probleme hat, kann er seine Punkte auch dem Moderator (oder Assistent) nennen und dieser notiert diese mit.</i></p> <p>Anschließend wird gefragt, wer beginnen möchte seine Kriterien/Gründe zu nennen/ erzählen. (Ankündigung der Redezeit)</p> <p>Jedes Kriterium so präzise wie möglich hinterfragen und jedes einzelne Kriterium abfragen.</p> <p>Mögliche Zusatzfragen: (um ggf. die Ausführungen anzuregen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Welche Rolle spielen andere Fußgänger dabei?</i> <p>Schlussfrage in die Runde: <i>Kennt jemand von Ihnen Ähnliches/ Solches und möchte etwas dazu sagen/machen Sie etwas anders/ haben Sie andere Erfahrungen gemacht, usw. ...</i></p> <p>Zusammenfassen der bereits behandelten kritischen Bereiche (Querungsmöglichkeiten/-stellen) durch den Moderator: <i>„Wir haben jetzt schon Situationen diskutiert bei ... (nennen entsprechend nachfolgend Übersicht).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Parkplätze (auf Parkplätzen, beim Einparken) • An Kreuzung mit/ ohne Ampel • An einem Fußgängerüberweg • An einer Mittelinsel • An einer sonstigen Querungsstelle im Wohngebiet (Ein- oder Ausfahrten) • An einer Hauptverkehrsstraße außerhalb von Kreuzungsbereichen <p><i>Ein weiterer Bereich, in dem man auch über die Straße gehen könnte, ist: ... (fehlende Möglichkeiten von oben benannten Punkt einfügen). Jeweils dazu in die Runde fragen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Geht jemand regelmäßig an solchen Stellen über die Straße?</i> → <i>Wenn ja: Inwiefern unterscheidet sich das Überqueren/ Begehen (z.B. von Parkplätzen) von den heute bereits angesprochenen Situationen?</i> <p>Nachdem alle Kriterien mit den einzelnen Teilnehmern diskutiert wurden, fragt der Moderator, ob jemand noch etwas hinzufügen möchte, das vielleicht bisher noch nicht genannt wurde.</p>	<p>Schreibzeit: ca. 2 min</p> <p>Redezeit: ca. 2-3min je Person, dann ist der/die Nächste dran.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Diskussion Teil 2 – kritische Situation und Unfallsituation – Unfall</p>	<p><i>Im zweiten Diskussionsteil möchten ich mit Ihnen kritische Situation bzw. Unfallsituationen, sofern Sie diese schon erlebt haben, diskutieren.</i></p> <p><i>Als erstes die Frage:</i> Wer von Ihnen hatte schon einen Unfall mit einem Fahrzeug/ Fahrrad? → Wenn ja: Versetzen Sie sich zurück in die Situation des Unfalls und erzählen Sie uns bitte was passiert ist!</p> <p>Zusatzfragen: (um ggf. die Ausführungen anzuregen/zu strukturieren)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wann war dieser Unfall? • Wo ist der Unfall passiert? • Zu welcher Tageszeit/ Wetterverhältnissen ereignete sich der Unfall? • Wie waren die Umfeldgeräusche? – Beschreiben! • Wer war am Unfall beteiligt? • Was haben Sie zum Zeitpunkt des Unfalls getan? • Wie ging es Ihnen vor/nach dem Unfall an dem Tag? • Wurde jemand bei dem Unfall verletzt? • Was wissen Sie über den Fahrer des Fahrzeuges? • Wie hat sich der Fahrer in der Unfallsituation verhalten? • Warum es ist zu diesem Unfall gekommen? • Können Sie Aussagen zum Modell und Marke des Fahrzeuges machen? • War die Lautstärke des Fahrzeugs ausschlaggebend für den Unfall? Inwieweit? • Wurde der Unfall polizeilich gemeldet? Wurde Ihre Behinderung mit erhoben? 	<p>10min</p>
<p>Diskussion Teil 2 – kritische Situation und Unfallsituation – kritische Situationen</p>	<p>Einleitung: Manchmal ereignen sich kritische Situationen, bei denen kein Unfall passiert, aber alle Beteiligten „mit dem Schrecken“ davon kommen. Oft müssen dabei das Fahrzeug oder der Fußgänger oder beide heftig reagieren, um Schlimmeres zu verhindern. Waren Sie an einer solchen Situation schon einmal beteiligt, als Sie die Straße überquert haben?</p> <p>→Wenn ja: Versetzen Sie sich zurück in diese kritische Situation und erzählen Sie uns bitte was passiert ist!</p> <p>An dieser Stelle können Sie auch gern die vor Ihnen liegenden Notizzettel verwenden, um sich kurz die Eckpunkte einer Situation, welche Sie erlebt haben festzuhalten: Wo/ Mit wem/ Was passiert ist? Skizzen? (Schreibzeit: 5min)</p> <p>Ankündigung der Redezeit von 4-5min pro Person.</p> <p>Mögliche Zusatzfragen: (um ggf. die Ausführungen anzuregen/zu strukturieren)</p>	<p>Schreibzeit: ca. 5min</p> <p>Redezeit pro Person: 4-5 min</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Wo entstand die kritische Situation, was ist passiert?</i> • <i>Zu welcher Tageszeit/ Jahreszeit/ Wetterverhältnissen hat sich dies ereignet? (Wann?)</i> • <i>Wie waren die Umfeldgeräusche? – Beschreiben!</i> • <i>Warum ist es zu dieser Situation gekommen?</i> • <i>Wer war beteiligt?</i> • <i>Was haben Sie zu diesem Zeitpunkt getan?</i> • <i>Wie ging es Ihnen vor der Situation an dem Tag?</i> • <i>Wie haben Sie in der Situation reagiert?</i> • <i>Wann haben Sie das Fahrzeug wahrgenommen? Wie?</i> • <i>Was wissen Sie über den Fahrer des Fahrzeuges?</i> • <i>Wie hat sich der Fahrer in dieser Situation verhalten?</i> • <i>Können Sie Aussagen zum Modell und Marke des Fahrzeuges machen?</i> • <i>Wodurch konnte ein Unfall verhindert werden?</i> • <i>Haben Sie die Situation polizeilich gemeldet?</i> • <i>Wie viele weitere kritische Situationen haben Sie erlebt?</i> • <i>Erleben Sie solche Situation häufiger?</i> • <i>Haben andere Teilnehmer ähnliche Situationen erlebt?</i> • <i>Wie war das bei Ihnen?</i> 	(30min)
Diskussion Teil 3 – Maßnahmen	<p><i>Im letzten Teil unseres Gespräches möchten wir mit Ihnen als Fußgänger einen speziellen Aspekt der Verkehrssicherheit diskutieren. Es geht um sehr leise Fahrzeuge.</i></p> <p><i>Das sind Fahrzeuge mit sogenanntem alternativem Antrieb. Hierzu gehören besonders Elektrofahrzeuge. Diese Autos, aber auch Roller und andere Fahrzeuge erzeugen beim Fahren keine autotypischen Motorgeräusche. Vor allem trifft das auf geringe Geschwindigkeiten bis 30km/h zu.</i></p> <p><i>Solche Geschwindigkeiten treten vor allem in Ortschaften und Wohngebieten auf. Gerade dort sind ja auch Sie und andere Personen als Fußgänger unterwegs.</i></p> <p><i>Heute sind diese Fahrzeuge noch sehr selten. Die Bundesregierung hat jedoch das Ziel, in 10 Jahren ca. 1 Mio. Fahrzeuge und 5 Mio. bis zum Jahr 2030 zu erreichen. Das bedeutet, dass in 20 Jahren etwa jedes neunte Fahrzeug ein leises Fahrzeug sein wird. In der Stadt werden diese Fahrzeuge wahrscheinlich häufiger sein, also ist dann vielleicht jedes sechste oder siebente Auto ein sehr leises.</i></p> <p><i>Daher werden für Bereiche mit langsamen Geschwindigkeiten, also Wohngebieten, aber auch auf Parkplätzen Probleme befürchtet, dass Fußgänger diese Fahrzeuge nicht immer rechtzeitig wahrnehmen können.</i></p> <p><i>Ich möchte mit Ihnen jetzt mögliche Maßnahmen diskutieren, wie diese Probleme aus Ihrer Sicht vermieden werden könnten und eine sichere Wahrnehmung dieser Fahrzeuge gewährleistet wird.</i></p> <p><i>Nachfolgend werde ich Ihnen einzelne Maßnahmen beschreiben,</i></p>	45min

manchmal mit Bild- oder Videomaterial zur besseren Vorstellung, und diese jeweils mit Ihnen diskutieren.

Allgemeine Fragen zu den Maßnahmen: (bei Bedarf jeweils wiederholen)

- *Für wie hilfreich und wirksam halten Sie diese Maßnahme? (verbaler Anhalt: 5er Skala; sehr hilfreich – gar nicht hilfreich)*
- *Welchen Nutzen stiftet diese Maßnahme Ihnen?*
- *Welche Vor- und Nachteile sehen Sie darin für sich?*
- *Welche Vor- und Nachteile sehen Sie darin für andere?*
- *Wie könnte man konkret dabei vorgehen?*

Maßnahme 1:

Fußgänger sollten immer gut sichtbare Kleidung im Straßenverkehr tragen.

Maßnahme 2:

Autofahrer sollten häufiger erinnert werden, dass der Fußgänger oder Radfahrer der schwächere Verkehrsteilnehmer ist, und auf Sie zu achten ist.

Maßnahme 3:

Informationsveranstaltungen, z.B. Plakate für alle Menschen um für diese Thematik zu sensibilisieren

Mögliche Zusatzfragen zur Maßnahme:

- Informationsveranstaltungen besonders für Sehbehinderte/ Blinde und Kinder?
- Sind Mobilitätstrainer und Hundebildner auf eine veränderte Situation eingestellt?

Maßnahme 4:

Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (definierte Querungsstellen) einrichten

Maßnahme 5:

Mehr Kreuzungen mit Ampeln

Maßnahme 6:

An Kreuzungen ohne Ampel sollten zusätzlich auf die Fahrbahn Elemente aufgebracht werden, sodass sie ein heranfahrendes Fahrzeug hörbar machen. (BILD)

Bildmaterial wird für die blinden Teilnehmer beschrieben.

Maßnahme 7:

Besonders leise Fahrzeuge sollten ein Wahrnehmbarkeitssignal (spezifisches Geräusch) haben. (TÖNE/VIDEOS)

Diese Maßnahme kann nicht mit tauben Menschen diskutiert werden. Abhängig von der Anzahl der tauben Personen innerhalb dieser Gruppe, wird im FGI darauf Rücksicht genommen und evtl. übersprungen.

Hierzu habe ich Ihnen Töne mitgebracht, wie sie derzeit täglich vorkommen:

- Straßenverkehr mit herkömmlichen Fahrzeugen

- Start eines Pkw's
- vorbeifahrender Pkw
- Reverse

Jetzt stelle ich Ihnen einmal mögliche Fahrzeuggeräusche für zukünftige Antriebe vor. Diese sind aus dem Tonarchiv (Berlin) und meist in Filmen schon einmal verwendet worden:

- EV-starter_2
- EV-system_1
- EV-system_4
- EV-system_7

An dieser Stelle möchte ich nicht so sehr auf den Ton an sich eingehen, sondern lieber darauf, wann, wo und ob ein Geräusch sinnvoll ist. Prinzipiell scheint jeder Ton für diese Antriebe denkbar, so z.B. auch Handysounds.

Ich würde Ihnen gern drei Fahrzeuggeräuschlösungen vorstellen, die bereits in Fahrzeugen umgesetzt wurden:

- Video1
- Video2
- Video3
- Video4
- Video5 (rückwärts)

Zusatzfragen zur Maßnahme (sinngemäß alle Punkte behandeln):

- Nur im Stadtbereich (innerorts)?
- Nur beim Rückwärtsfahren?
- Nur bei geringen Geschwindigkeiten, weil darüber Rollgeräusche eine ausreichende Wahrnehmbarkeit ermöglichen?
- Wann sollte das Fahrzeug ein Geräusch von sich geben, bzw. wann ist es nicht notwendig?
- Immer einen bestimmten Dezibel-Wert über den Umgebungsgläuschen?
- Nur ein Signal für Hunde?
- Was wäre ein Geräusch, das Sie bevorzugen würden? Beschreiben Sie!
- Sollte es einem herkömmlichen Verbrennungsmotor ähnlich sein? – Warum?
- Sollte der Fahrzeughalter ein Geräusch frei wählen können?
- Ist eine ein- und ausschaltbare Soundgenerierung für Sie denkbar? – Die evtl. nur einschaltet gekoppelt mit Infrastruktursignalen oder Fußgängererkennung ist und in Gefahrensituationen ein Wahrnehmbarkeitsgeräusch emittiert? – Welche Bedingungen wären daran aus Ihrer Sicht zu knüpfen?
- Sollte das Geräusch Tag wie Nacht (gleich) laut sein?

Maßnahme 8:

Das Fahrzeug sollte über eine automatische Fußgängererkennung verfügen und falls notwendig einen automatischen Bremsvorgang (Notbremsung) einleiten. (VIDEO)

Bildmaterial wird für die blinden Teilnehmer beschrieben.

	<p>Maßnahme 9: Der Fußgänger sollte dem Fahrzeug ein Signal über seine Anwesenheit geben (so könnte die Anwesenheit des Fußgängers beispielsweise über Funk zum Fahrzeug übertragen werden und im Display des Fahrers erscheint die Information über die Anwesenheit eines Fußgängers). (VIDEO)</p> <p>Bildmaterial wird für die blinden Teilnehmer beschrieben.</p> <p>Maßnahme 9 und 10 sind inhaltlich stark verbunden und sollten zusammen diskutiert werden.</p> <p>Maßnahme 10: Das Fahrzeug sollte dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben. Hier zunächst offen diskutieren: Wie könnte das aussehen? Dann als Diskussionsinput:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sender: (Fahrzeug) permanentes Signal • Empfänger: (Fußgänger) <ul style="list-style-type: none"> ○ ein-/ausschaltbar ○ permanente Signalabfrage • indirekte Kommunikation über Infrastruktur vermittelt • Signaltyp: ein vibrations- oder akustisches Signal <p>Welche weiteren Lösungen fallen Ihnen ein, die noch nicht genannt wurden?</p> <p>Welche der vorgestellten und diskutierten Lösungen ist ihr persönlicher Favorit, hierbei sind auch Kombinationen möglich?</p> <p><i>Fällt Ihnen zum Thema leise Fahrzeuge noch etwas ein, was noch nicht gesagt wurde und Ihnen wichtig ist?</i></p>	
<p>Verabschiedung</p>	<p><i>Vielen Dank für die interessante Diskussionsrunde und Ihre Teilnahme.</i></p>	

A 3.2. Wahrnehmung und Orientierung bei Interaktionen

Die Orientierung bei Interaktionen mit Kraftfahrzeugen wurde anhand der prototypischen Situation der Querung untersucht. Hierzu gehört zunächst die Auswahl einer Querungsstelle, weiter die Vorbereitung der Querung sowie das Verhalten während der Querung. Ergänzend wurden weitere Situationen mit Interaktion mit Fahrzeugen thematisiert. Nachfolgend werden die Äußerungen in detaillierterer Form sowie die Untersetzung der einzelnen Ansichten mit der Anzahl von Einzelnennungen in den Gruppen dargestellt.

Auswahl der Querungsstelle

In der Fokusgruppe (FG) der blinden Teilnehmer wurde als präferierte Stelle zum Queren der Straßen die Kreuzung mit Ampel angeführt. Dies äußerten gleichermaßen die Teilnehmer in der sehbehinderten FG (S=8), in der älteren FG (Ä=6) und in der Vergleichsgruppe (V=4). Um an einer Ampel queren zu können, nehmen Sehbehinderte längere Wege in Kauf (S=5). Auch in der Vergleichsgruppe gab eine Person an, längere Wege für eine Querung an einer Ampel in Kauf zu nehmen (V=1).

In der blinden FG wird lediglich eine andere Stelle der Ampel zum Queren vorgezogen. Dies sind Unter- bzw. Überführungen bei Straßen z.B. durch die U-Bahn (B=4; S=1). Bei der blinden FG wurde Wert darauf gelegt, eine Unterscheidung zu treffen zwischen bekannten und unbekanntem Straßen. In Falle

einer unbekanntem Straße muss die Kreuzung so schnell wie möglich erschlossen werden und je komplexer eine Kreuzung, desto schwieriger ist das Erschließen (B=2).

Die blinden Fußgänger sind sich einig darüber, dass nicht einschätzbare Kreuzungen vermieden werden. Sie queren dann an der nächste Kreuzung, fragen bei Passanten um Hilfe oder Queren außerhalb des Kreuzungsbereiches. Drei der blinden Teilnehmer gaben an, stark befahrene Kreuzungen mit vielen Spuren, breite Kreuzungen mit Straßenbahnen oder sehr „chaotische“ Kreuzungen allgemein zu meiden.

Zum Auffinden einer Kreuzung wird das Gehör verwendet (B=5). Dies umfasst beispielsweise Informationen zum Anfang der Kreuzung und dem Haltebereich von Fahrzeugen. Deshalb werden Kreuzungen mit starken akustischen Störquellen, wie beispielsweise Baustellen vermieden. Weiter werden taktile Eigenschaften wie Niveau und Beschaffenheit des Fußwegs sowohl von Blinden als auch von Sehbehinderten zur Informationsaufnahme verwendet.

Schräges Queren der Straße vermeiden die blinden Teilnehmer (B=5), sie versuchen den Zeitraum, den sie auf der Straße verbringen so gering wie möglich zu halten. Dies wurde auch in den anderen Gruppen genannt (S=6; T=1; V=4; Ä=6). Den blinden Personen ist es sehr wichtig „das andere Ufer zu erreichen“ oder wenigsten die Mittelinsel sicher zu erreichen (B=3). Ab der Mittelinsel beginnt dann entsprechend ein neuer Querungsprozess (S=3; Ä=1).

Nicht nur die Gruppe der Sehbehinderten ergänzen die Querungsstellen um gut einschätzbare Stellen (S=3; Ä=5), den Zebrastreifen (S=2; Ä=5; N=2) und gut beleuchtete Stellen (S=2). Die Personen in den Gruppen mit Seheinschränkung gehen zu einem bedeutsamen Anteil davon aus, an Kreuzungen von Fahrzeugführern besser erkannt werden zu können als an anderen Stellen im Straßensystem. Zwei der Sehbehinderten gaben an, sich ähnlich wie die blinden Teilnehmer akustisch am Verkehrsfluss zu orientieren und benutzen, sofern vorhanden die akustische Signalisierung an der Ampel um sich des Grünsignals zu vergewissern. Die Entscheidung, an welcher der grundsätzlich zum Queren geeigneten Stellen eines Straßenabschnittes die Querung erfolgt, ist den Ausführungen der sehingeschränkten Fußgänger zufolge „abhängig vom momentanen Gefühl“. Eine explizite Benennung der dabei beteiligten Faktoren war den Teilnehmern jedoch nicht möglich. Ähnlich wie die Blinden meidet auch die Gruppe der sehbehinderten Personen stark befahrene Straßen (S=3), breite Straßen (mit Gleisanlagen) (S=2), Kreuzungen ohne Ampel (S=1) und das Queren vor bzw. hinter Bussen oder Bahnen (an Haltestellen) (S=3; T=1; V=1).

Die älteren Fußgänger nutzen neben den Ampeln auch gut einsehbare Bereiche und Zebrastreifen zum Queren der Straßen (Ä=5). Auch in dieser Gruppe wird die schmalste Stelle als präferierte Querungsstelle genannt. Bei breiten Straßen erfolgt die Querung bevorzugt an Mittelinseln oder Speerflächen (Ä=6). Die älteren Fußgänger berichten bedeutsame Häufigkeiten von Querungen an nicht näher baulich definierten Stellen.

Sie achten indes besonders darauf, die Straßen nicht schräg zu queren (Ä=3) und Querungen an schlecht einsehbaren Stellen mit Sichtbehinderungen, z.B. durch eine Kurve oder ein großes parkendes Fahrzeug zu vermeiden. Ein älterer Teilnehmer gab an, seine Fußwege sehr detailliert zu planen und dabei vor allem den kürzesten und sichersten Weg mit gut einschätzbaren Querungsstellen zu wählen.

Die älteren Fußgänger vermeiden Ampeln mit langen Wartezeiten und gehen dann weiter zur nächsten Kreuzung, um dort zu queren (Ä=1) oder queren in gewissem Abstand zur Ampel die Straße (Ä=2). Diese Einschätzung teilen sowohl Personen aus der Vergleichsgruppe (V=2) als auch aus der Gruppe der tauben Fußgänger (T=3). Einen Umweg, um an einer Ampel oder einem Fußgängerüberweg zu queren, nehmen die Älteren im Gegensatz zu den Blinden nur ungern in Kauf (Ä=3, T=1). Drei ältere Teilnehmer gaben an, bei der Wahl der Querungsstelle auch auf Hindernisse (Stolperfallen) auf der Straße zu achten (Ä=3; V=1).

Die tauben Fußgänger orientieren sich an anderen Fußgängern vor und während der Querung. Sie bleiben beispielsweise stehen, wenn andere Personen plötzlich stoppen, um sich die Situation sehend zu erschließen. Ein relevantes Beispiel hier ist die Annäherung eines Einsatzfahrzeuges mit Signalhorn. Sie wählen im Vergleich zu nicht sensorisch eingeschränkten Fußgängern jedoch keine grundsätzlich anderen oder besonderen Querungsstellen und erleben sich nicht bedeutsam von dieser Gruppe verschieden.

Von den Personen der Vergleichsgruppe wird häufiger angegeben, an nicht definierten Stellen zu queren und vor allem dann, wenn es sich um Nebenstraßen handelt. Insbesondere bei stark befahrenen Straßen kreuzen diese Personen vornehmlich an Kreuzungen mit und ohne Ampeln die Straße. Besondere Merkmale für bevorzugte Querungsstellen außerhalb der Knotenpunkte konnten von den Teilnehmern nicht benannt werden.

Zwei der nicht sensorisch eingeschränkten Teilnehmer sagen, sie orientieren sich akustisch am Verkehrsfluss. Die Intention ist weniger wie bei den Blinden und Sehbehinderten das Auffinden einer Kreuzung, sondern vielmehr die Suche nach einer Lücke im Verkehr, um die Straße auch außerhalb von Kreuzungsbereichen queren zu können. Die Querung erfolgt über wenig befahrene Straßen auch häufiger schräg, also nicht auf dem kürzesten Weg.

Wird keine Lücke detektiert, bleiben die Personen jedoch nicht stehen, sondern setzen ihren Weg entweder bis zur nächsten Ampel oder zur nächsten Lücke im Verkehr fort ($V=2$). Die maßgebliche Eingangsgröße für die Wahl der Querungsstelle in dieser Personengruppe scheint demnach die Verkehrsdichte zu sein. Dies zeigt auch die Aussage, die Straße dann zu queren, wenn eine Straßenbahn den Kreuzungsbereich passiert. Dadurch sei der Verkehr für alle anderen Fahrzeuge blockiert und während der Querung nur auf die Bahn zu achten ($V=1$).

Vorbereitung der Querung

Über alle Gruppen wird als häufigstes Kriterium angegeben, nach „links – rechts – links“ zu schauen um abzuklären, ob der Weg frei ist ($T=1$; $V=3$; $S=4$, $\ddot{A}=6$). In der blinden FG sagen die Teilnehmern „ich benutze mein Gehör bevor ich die Straße überquere“ ($B=4$). Auch in der sehbehinderten FG sagen dies weitere neun Teilnehmer, sogar in der Vergleichsgruppe und in der FG der Senioren wird angegeben, das Gehör zur Querung zu verwenden ($S=9$; $V=4$; $\ddot{A}=1$). Es wird sogar spezifiziert, welche Geräusche herangezogen werden, nämlich Motoren- und Reifengeräusche der Fahrzeuge ($S=3$; $\ddot{A}=1$).

In der blinden FG hat eine Person angegeben, dass die akustische Orientierung stark von den Straßen- und Fahrzeuggeräuschen abhängig ist und dass wenn es laut ist, es schwierig wird herauszuhören, wo sich ein Fahrzeug befindet. Einzelne Fahrzeuge können sehr gut akustisch geortet werden, allerdings wird es bereits bei mehreren Fahrzeugen schwierig ($S=2$). Beispielsweise geben sie an, dass es schwierig ist bei Kopfsteinpflaster ein weiteres Fahrzeug hinter dem ersten zu erkennen ($B=3$) oder ob der LKW einen Anhänger nachzieht ($B=2$). Das wird insbesondere in Abbiege-Situationen relevant, wann ist das Fahrzeug an der betroffenen Person vorbeifährt.

Es wurde angegeben, über das Gehör auch Entfernungen, Geschwindigkeiten bzw. Fahrzustände der Fahrzeuge abzuschätzen ($S=1$; $\ddot{A}=1$). In der blinden FG wurde zur akustischen Situation regnerisches Wetter angesprochen, da dadurch die akustische Orientierung und Wahrnehmung beeinträchtigt sei. Es wird von einem veränderten, abweichenden Klangbild ($B=3$), einer besseren Wahrnehmung der Fahrzeuge ($B=1$) oder von Nervosität durch den Regen ($B=1$) in diesem Zusammenhang gesprochen.

Allgemein haben die meisten der blinden Teilnehmer angegeben, bei Regen langsamer zu gehen ($B=4$), eventuell um Informationsverluste auszugleichen. Ob bei Regen lieber ein Regenschirm oder ein Hut bzw. Kapuze getragen werden sollte um die akustische Wahrnehmung nicht zu stark zu beeinträchtigen, wurde ebenfalls diskutiert und nicht eindeutig geklärt und ist vermutlich eine persönliche Präferenz.

Sowohl in der blinden als auch in der sehbehinderten FG wird zur Entscheidung der Querung an Kreuzungen ohne akustische Ampel lieber etwas länger gewartet (eine Ampelphase) um die Situation besser (akustisch) abschätzen bzw. erfassen zu können (B=3; S=6). An Kreuzungen mit akustischen Ampeln wird eher auf das akustische „Grün-Signal“ gewartet, als dass Ratschläge von anderen Passanten „Es ist grün, sie können gehen.“ angenommen werden (B=2; S=2). Zudem queren sie nicht sofort, wenn das „Grün-Signal“ ertönt, sondern vergewissern sich nochmals, dass die Fahrzeuge wirklich gehalten haben und keiner bei Rot fährt (B=4). Diese Rückversicherung erfolgt auch bei einigen Teilnehmern der sehbehinderten und der älteren FG (S=4; Ä=2).

Die Mehrheit der blinden Teilnehmer hat angegeben, dass sie sich ihrer Querungsentscheidung nicht vollständig sicher sein können, deshalb schieben sie beispielsweise an Fußgängerüberwegen ihren Langstock in den Fahrbereich vor. Sie möchten somit dem Fahrer signalisieren, dass sie die Straßen queren wollen (B=3). In der FG der Tauben und der Älteren wird eher Sichtkontakt zur Kommunikation mit dem Fahrer in solchen Situationen (auch an Ampeln ob der Fahrer anhält) verwendet (T=1, Ä=3). Eine blinde Person hat angegeben, dass sie sofort quert wenn sie hört dass das Fahrzeug angehalten hat, allerdings mit der Angst, dass ein weiteres Fahrzeug am stehenden vorbeifahren könnte.

In der sehbehinderten FG, in der älteren Gruppe und der Vergleichsgruppe werden zumeist visuell Informationen herangezogen, beispielsweise versuchen sie die Entfernung der Fahrzeug so gut es geht zu bestimmen, um eine ausreichend große Lücke zum sicheren Queren der Straße zu finden (S=6; V=1; Ä=4). Ein Sehbehinderter sagte, er habe ein großes Problem die Entfernung von Fahrzeugen einzuschätzen. Ein älterer Teilnehmer meint, er behelfe sich zum Abschätzen mit Laternenmastabständen. Von einem älteren und vier sehbehinderten Teilnehmern wurde in diesem Zusammenhang für Fahrzeuge das Tagfahrlicht genannt (S=4; Ä=1). Bei diesen Fahrzeugen können sie leichter Entfernungen und Geschwindigkeiten abzuschätzen und auch die Fahrzeuge in größerer Entfernung wahrnehmen. Sie wünschen sich deshalb eine einheitliche Taglichtpflicht für Fahrzeuge.

Beim Queren der Straßen verlassen sich Sehbehinderte und Ältere lieber auf die eigene Entscheidung als auf andere Personen (S=3, Ä=6), zudem bleiben sie stehen für die Entscheidung der Querung (S=5, Ä=3), um sich die Situation besser zu erschließen. Für die Entscheidung werden auch (eher) unbewusst Vibrationsinformationen herangezogen (S=2). Trotzdem versuchen sich die sehbehinderten Teilnehmer soweit es geht visuell zu orientieren.

Bei den älteren Teilnehmern ist das ähnlich, für sie sind die visuellen Informationen die wesentlichen, die akustischen sind eher unterstützend bzw. zur Vororientierung (S=7; Ä=4). Eine Begleitperson, welche die sehende und warnende Funktion trägt, berichtet im Zusammenhang der Informationsaufnahme und Kommunikation mit dem sehbehinderten Partner, dass sie meist die Hand des Partners halte, umso schneller kommunizieren zu können (durch Hand drücken), sie nannte es ihr persönliches Frühwarnsystem.

Die körperliche Verfassung spielt bei der Querungsentscheidung bei den älteren Teilnehmern eine große Rolle (Ä=3), welche sie in ihrer Entscheidung berücksichtigen. Die Älteren geben an, sich meist einen größeren Zeitfaktor zum Queren einzuräumen (Ä=3). Sie sagen, sie greifen auf ihre Erfahrungswerte zurück (Ä=4) um eine entsprechend große Lücke zu finden. In den meisten Fällen lassen die älteren Teilnehmer ein heranfahrendes Fahrzeug erst passieren und queren dann die Straße (Ä=3), notfalls wird sich aber auch beeilt, um noch vor dem Fahrzeug zu queren (Ä=2). Bei Ampeln wird im Allgemeinen auf ein grünes Signal gewartet, allerdings wenn kein Fahrzeug kommt wird auch schon mal bei „Rot“ gequert (Ä=2). Dem gegenüber stehen Aussagen, nie bei Rot zu queren (Ä=1) oder bei der Querungen lieber auf Sicherheit zu gehen (Ä=1). Zwei der älteren Teilnehmer berichten, bei der Querung auch auf Radfahrer aus beiden Richtungen zu achten und sich eher ein Stück weg von der Straße aufstellen, um nicht erfasst zu werden und somit sicher auf ein grünes Signal warten zu können.

In der tauben FG wird berichtet, nachdem die Ampel auf Grün umschaltet sich visuell nochmals rückzuversichern und dann erst die Straße zu queren (T=2) oder sich an anderen Fußgängern zu orientieren. Ein tauber Teilnehmer hat angegeben, vor einer Querung das Gespräch (Gebärden) unterbrechen zu müssen, sich visuell zu versichern und dann erst zu queren. Ein weiterer Teilnehmer in der tauben FG hat angegeben, auch Vibrationen als Art innere Kontrolle zu nutzen, aber zusätzlich die Querungsentscheidung immer visuell absichern.

Die meisten Aussagen der Vergleichsgruppe wurden bereits genannt. Sie sichern überwiegend visuell „links – rechts – links“ schauen (V=3) oder bei Grün an der Ampel, dies im Vergleich zu den anderen Gruppen auch ohne Rückversicherung (V=2). Vier der Teilnehmer aus der Vergleichsgruppe haben angegeben, vor der Querung ihr Gehör zu verwenden, um bspw. die Blickzuwendung in die richtige Richtung zu lenken, z.B. woher ein Fahrzeug kommt (V=2). Zwei Personen haben sogar gesagt, wenn sie ein Fahrzeug hören, drehen sie sich nicht einmal um, sondern lehnen es gleich ab zu queren und gehen weiter.

Ebenfalls zwei Teilnehmer berichten, dass wenn sie Kopfhörer tragen, sie sich länger umschaun vor einer Querung oder um eine Querungsentscheidung vorzubereiten. Sie sagen sogar, dass sie sich ohne Kopfhörer sicher fühlen und mutmaßen, dass ihre Entscheidung ohne Kopfhörer schneller sei. Weiterhin schätzen die Teilnehmer der Vergleichsgruppe, wie auch schon die FG der Sehbehinderten und Älteren, die Geschwindigkeiten und Abstände der Fahrzeuge (V=3) und ziehen diese Kriterien zur Querungsentscheidung heran. Aber sie berichten auch, dass sowohl ihr Bauchgefühl (meist bei unbekanntem Stellen) als auch Erfahrungswerte (meist bei bekannten Stellen) in die Entscheidung für eine Querung einfließen (V=2).

Verhalten während der Querung

Die blinden FG-Teilnehmer berichten, sich während der Querung akustisch am Längsverkehr der Fahrzeuge zu orientieren (B=3). Niveauunterschiede um den Weg geradeaus zu halten sind hier natürlich hilfreich. Weiterhin achten sie während der Querung auf entgegenkommende Fußgänger (B=2).

Bei den Sehenden wird während der Querung nochmals nach links und nach rechts geschaut, ob ein Fahrzeug kommt (T=1; V=2; S=4, Ä=2). Falls ja, werden Geschwindigkeits- und Entfernungsschätzung der Fahrzeuge vorgenommen, um zu schauen ob die Lücke noch ausreichend für die jeweilige Person ist, notfalls wird das Verhalten angepasst. Ein Sehbehinderter berichtet, dass wenn er die Querungsentscheidung getroffen hat, er konsequent weiterläuft um andere Verkehrsteilnehmer nicht zu irritieren. Das berichten so auch zwei Personen der Vergleichsgruppe und ein älterer Teilnehmer. Allerdings berichtet ein weiterer Sehbehinderter ein völlig anderes Verhalten, denn er habe sich auch schon einige Male auf den Kreuzung umentschieden und ist zurückgegangen oder einfach stehen geblieben, da die Situation für ihn nicht mehr einschätzbar bzw. bewertbar war.

An Ampelkreuzungen wird versucht, sich nochmals zu versichern ob das herankommende Fahrzeug hält und es wird versucht, sofern möglich Sichtkontakt zum Fahrer aufzunehmen (T=1; V=1; S=1; Ä=2). Allerdings berichten drei der sehbehinderten Teilnehmer, dass dies leider nicht möglich sein, da gerade mal das Fahrzeug als solches erkannt wird (S=3). Daher kann es zu Missverständnissen kommen, denn der Fahrer kommuniziert eventuell mit dem Fußgänger, allerdings kann dieser die Information nicht wahrnehmen.

Zwei Sehbehinderte berichten, dass einige Fahrer Lichthupe geben oder hupen, allerdings wissen sie dann trotzdem nicht, ob sie stehen bleiben sollten oder weiter gehen könnten. Die Sehbehinderten haben wenn überhaupt die Möglichkeit der verbalen Kommunikation, was allerdings schwierig ist im Straßenverkehr, insbesondere wenn der Fahrer nicht weiß, dass das die einzige Möglichkeit wäre für einen Austausch. Deshalb gab es die Aussage eines Sehbehinderten „Wir können uns nur auf Regeln verlassen und wir halten uns auch an Regeln, wir brauchen Regeln!“ Ein Sehbehinderter berichtet, nach

Beendigung einer Querung diese und die zuvor getroffene Entscheidung der Querung zu reflektieren und sagt selbst, sich zu ärgern, wenn er etwas übersehen hätte.

In der tauben FG gab es keine näheren Angaben zum Verhalten während der Querung. In der älteren FG und in der Vergleichsgruppe wurde von drei Teilnehmern beschrieben, dass während der Querung eher auf die kommende Fahrspur (die nächste zu querende Spur) geachtet wird ($V=2$; $\ddot{A}=1$), deshalb werden von den älteren Teilnehmern Mittelinseln/Sperrflächen oder Grünstreifen favorisiert, da man sich in diesem Fall nur auf eine Fahrtrichtung zu konzentrieren habe ($\ddot{A}=3$).

In der Vergleichsgruppe wird dies nochmals deutlich ausgesprochen, es wird sich erst auf die rechte Seite konzentriert und ab der Mitte dann entsprechend auf die linke Seite. Es wird quasi immer die Richtung beobachtet, aus der sich die Fahrzeuge dem Fußgänger nähern. Ansonsten ist die Vergleichsgruppe weniger auf eine Rückversicherung während der Querung bedacht, bei einem „Grün-Signal“ wird sich nicht, wie es beispielsweise in den anderen Gruppen genannt wurde rückversichert, ob das heranfahrende Fahrzeug hält.

weitere Situationen der Interaktion

Neben Querungssituationen wurden auch Situation auf Parkplätzen und bei Ein- und Ausfahrten mit der Fokusgruppen diskutiert. Die Ergebnisse und Aussagen werden nachfolgend vorgestellt.

Parkplatzsituation

Die Parkplatzsituation wurde relativ kurz von der blinden FG beantwortet. Auf großen Parkplätzen bewegen sie sich nicht alleine, da hier die Strukturen zur Orientierung fehlen ($B=4$). Aber auch auf kleineren Parkplätzen ist die Orientierung auf Grund der wenigen Strukturen schwierig und deshalb eher gemieden.

Auch in der sehbehinderten FG wird geäußert, dass Parkplätze insbesondere große Parkplätze nicht alleine aufgesucht werden ($S=3$). Ein Teilnehmer der sehbehinderten Gruppe meinte auf Grund der geringen Geschwindigkeiten darauf zu vertrauen, dass die Fahrzeuge bremsen könnten. Dieser Meinung sind auch zwei Personen der Vergleichsgruppe und der älteren FG. Zwei Teilnehmer der sehbehinderten FG finden eher die Situation beängstigend, dass die Fahrzeuge bei geringen Geschwindigkeiten zu leise sind, um sie hören zu können.

Sowohl in der älteren FG als auch in der Vergleichsgruppe werden Parkplätze als besondere Plätze bezeichnet. Sie sagen, es sei ein Platz, an dem sie sich anders verhalten ($V=1$; $\ddot{A}=3$), sie empfinden ihn als geschützten Bereich ($V=1$; $\ddot{A}=1$), verkehrsberuhigte Zone ($\ddot{A}=2$) und verhalten sie ähnlich wie auf Fußwegen ($V=1$; $\ddot{A}=1$). Von einem Teilnehmer wurde es als Art „eigenes Territorium“ bezeichnet. Ein älterer Teilnehmer sagte, wenn es auf einem Parkplatz zu einem Unfall kommt, ist in der Regel der Fahrer Schuld.

Dessen ungeachtet sagt die Mehrheit der älteren Teilnehmer, dass sie sich auf Parkplätzen eher sehr vorsichtig verhalten ($\ddot{A}=6$). Sie haben Verständnis, denn sie wissen, dass die Fahrer gestresst sind von der Parkplatzsuche ($\ddot{A}=2$) oder viel zu tun haben beim Ausparken ($\ddot{A}=1$). Ein älterer Teilnehmer gab zu, nicht immer ganz so aufmerksam auf Parkplätzen zu sein, wie es vielleicht notwendig wäre. Ein Teilnehmer der Vergleichsgruppe berichtet, sich auf Parkplätzen eher dominant und selbstbewusst (im Recht seiend) zu verhalten und dass das Fahrzeug auf ihn achten müsse. Gegenseitige Rücksichtnahme wurde jedoch in beiden Gruppen angesprochen. Es wird versucht, wenn bemerkt wird, dass ein Fahrzeug ausparkt (Rückfahrleuchten, laufender Motor, Abgaswolke ($V=3$; $\ddot{A}=3$)) Blickkontakt mit dem Fahrer aufzunehmen. In der älteren FG wird das vorsichtige Verhalten näher beschrieben. Sie versuchen, viel zu schauen und nicht direkt hinter oder zwischen den Fahrzeugen entlang zu gehen, sondern eher auf einsehbaren Wegen.

Ein- und Ausfahrten

Ein- und Ausfahrten wurden in der blinden FG nicht weiter thematisiert. Ein Teilnehmer meinte, sie sind auf Grund des Strukturunterschieds auffindbar und ein Sehbehinderter meinte, dadurch würden auch die Fahrzeuge wahrnehmbar (hörbar) werden und wenn kein Fahrzeug hörbar ist, würde er einfach queren. Lediglich ein Teilnehmer der blinden FG berichtet, Ein- und Ausfahrten seien kritisch, da man leicht zwischen das Fahrzeug und dessen Anhänger gelangt, die Anhänger seien für ihn kaum wahrnehmbar.

Zwei Teilnehmer der sehbehinderte FG berichten, dass Ein- und Ausfahrten höchst gefährlich sind, da die Fahrzeuge durch Säulen oder Ähnliches verdeckt sind (S=2) und sie zu langsam sind, um sie akustisch wahrzunehmen (S=2). Zwei Teilnehmer der älteren FG meinten, dass sie an Ein- oder Ausfahrten keine Rücksicht nehmen, da sie sich schließlich auf dem Gehweg befinden.

A 3.3. Detaillierte Beschreibung der Maßnahmenbewertung

Tab. A 3-1: Maßnahmen zur Verbesserung von Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit in den Fokusgruppeninterviews

Informations- und wissensorientierte Maßnahmen	Fußgänger sollten immer gut sichtbare Kleidung im Straßenverkehr tragen.
	Autofahrer sollten häufiger erinnert werden, dass Fußgänger und Radfahrer die schwächeren Verkehrsteilnehmer sind und mehr auf Sie zu achten ist.
	Informationsveranstaltungen: alle Menschen für die Thematik leiser Fahrzeuge sensibilisieren und besonders Betroffene (Sehbehinderte/ Blinde, Kinder) sensibilisieren.
Infrastrukturbezogene Maßnahmen	Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln einrichten (Präsentation mit Bildmaterial)
	Mehr Kreuzungen mit Ampeln ausstatten
	An Kreuzungen ohne Ampeln sollten zusätzlich Elemente auf die Fahrbahn aufgebracht werden, sodass ein heranfahrendes Fahrzeug gehört werden kann.
Fahrzeugseitige (akustische) Maßnahmen	Besonders leise Fahrzeuge sollten im Stadtbereich immer ein gut hörbares Wahrnehmbarkeitssignal von sich geben. (Präsentation mit Beispielvideos; Auch der Aspekt des Rückfahrsignals wurde hier mit diskutiert.)
Maßnahmen der FG-FZ-Kommunikation	Der Fußgänger sollte dem Fahrzeug ein Signal über seine Anwesenheit geben (z.B. per Funk) und dem Fahrer im Display informieren. (Präsentation mit Beispielvideos)
	Das Fahrzeug sollte dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (z.B. per Funk ein vibrations- oder akustisches Signal auf einem speziellen Empfänger beim Fußgänger).
Fahrzeugseitige (automatische) Maßnahmen	Das Fahrzeug sollte über eine automatische Fußgängererkennung verfügen und falls notwendig einen automatischen Bremsvorgang einleiten. (Präsentation mit Beispielvideos)

Maßnahme 1: Fußgänger sollten immer gut sichtbare Kleidung im Straßenverkehr tragen.

In allen Fokusgruppen ist ein gewisses Verständnis für gut sichtbare Kleidung im Straßenverkehr für Fußgänger vorhanden. Die Erkennbarkeit sollte in der dunklen Jahreszeiten nicht noch durch dunkle Kleidung verschlechtern werden (B=1, T=1; S=6; Ä=2) und auf die gezielte Wahl von heller Kleidung oder von Reflektoren in der dunklen Jahreszeit sollte geachtet werden (B=1; T=1; S=4; Ä=3). Einige Teilnehmer achten bereits jetzt schon auf den gezielten Einsatz von heller Kleidung oder Accessoires (z.B. Reflektoren, Schal, Mütze, Mantel, Tasche) in der dunklen Jahreszeit, um sich bemerkbar zu machen (B=1, T=1; V=1; S=5; Ä=4).

Fünf Teilnehmer finden diese Lösung gut, aber setzen es an sich selbst noch nicht um (T=1; S=2; Ä=2). Viele Teilnehmer sagen sogar, wenn gut sichtbare Kleidung nicht albern aussieht, sie ihren Stil dadurch nicht ändern müssen und es sinnvoll in die Kleidung integriert ist, dann würden sie auch gut sichtbare Kleidung tragen (T=7; S=2; Ä=3). Allerdings wird das Tragen von Sicherheitswesten (B=2, V=1; S=1; Ä=1), Armbinden (B=2; S=1) oder ähnlichen Elementen völlig abgelehnt, insbesondere eine Stigmatisierung wird von der blinden FG abgelehnt.

Einen Konsens gibt es in den Gruppen darüber, dass diese Maßnahme besonders wichtig ist für Kinder. Eltern sollten auf gut sichtbare Kleidung bei ihren Kindern achten und Reflexionsstreifen am Schulranzen oder auf der Kleidung anbringen (T=1; V=1; S=5; Ä=2). Sogar Reflexions- oder Warnwesten, aber nur für Kinder, werden als sinnvoll erachtet.

Von der älteren FG wird diese Maßnahme mehrheitlich als hilfreich erachtet und wird mit einem Sicherheitsgewinn bewertet (Ä=6), auch in der sehbehinderten Gruppe bewerten vier Teilnehmer die Maßnahme als hilfreich. Trotz der bereits vorgestellten Meinungen, dass diese Maßnahme im Grunde nicht schlecht sei, gibt es in allen Gruppen auch kritische bzw. ablehnende Äußerungen.

Beispielsweise meinen zwei Teilnehmer in der Vergleichsgruppe, sie werden keine Rücksicht nehmen „was dem Verkehr gefällt“, sondern weiterhin das Anziehen, was ihnen gefällt. Die Auffälligkeit von Fußgängern sollte nicht übertrieben werden (B=3; S=2; Ä=1), denn die gegenseitige Rücksichtnahme sei schließlich das Wichtige (S=2; Ä=1). Ein Teilnehmer aus der sehbehinderten FG mit Begleitperson meinte, wenn er auf dem Fußweg unterwegs sei, wäre es für ihn nicht relevant, ob er helle Kleidung trage (S=1). Daraufhin wurde in der Gruppe argumentiert, dass es genau für den kurzen Moment wichtig sei, wo man nur schnell die Straßen queren will (S=2).

Ebenfalls aus dieser Gruppe kam das Argument, dass die Autofahrer besser aufpassen sollten und „nicht ich mich Scheiße anziehen“. Insbesondere in der Vergleichsgruppe wurde die Durchsetzbarkeit und Umsetzbarkeit dieser Maßnahme in Frage gestellt (V=2) und für wenig effektiv erachtet (V=3; B=1). Eine solche Maßnahme kann lediglich empfohlen oder als modern beworben werden (V=3; T=1; S=1; Ä=1). Einige Teilnehmer lehnen diese Maßnahme sogar vollständig ab (B=1; V=2; S=2; Ä=2).

Maßnahme 2: Autofahrer sollten häufiger erinnert werden, dass Fußgänger und Radfahrer die schwächeren Verkehrsteilnehmer sind und mehr auf Sie zu achten ist.

Die Maßnahme „Autofahrer häufiger auf schwächerer Verkehrsteilnehmer hinzuweisen“ wird als Einzelmaßnahme nicht als sehr hilfreich betrachtet. Die Sensibilisierung wird erst als sinnvoll erachtet, wenn sie mit baulichen, technischen oder gesetzlichen Maßnahmen unterstützt wird (B=3). In der Vergleichsgruppe wird mehrheitlich gesagt, eine solche Maßnahme ist grundsätzlich sinnvoll. Allerdings sagen sie wie auch die Teilnehmer der blinden FG, dass sie durch bauliche Maßnahmen und Kontrollen unterstützt werden sollte.

Einige Teilnehmer meinten, es seien ausreichend Regeln vorhanden, deren Einhaltung besser kontrolliert werden sollte (T=1; V=3, Ä=1). Es sollte mehr Sanktionen und höhere Strafen bei Fehlverhalten gegenüber Fußgängern geben (B=1). In der Vergleichsgruppe wird allerdings angemerkt, dass gerade

solche Kontrollen schwierig umsetzbar sein (V=1). Zwei Teilnehmer der blinden FG sind der Meinung, dass Information und Aufklärung immer hilfreich ist und dass Autofahrer und Radfahrer für Sehbehinderte sensibilisiert werden sollten.

Kritik aus der tauben und älteren FG war, dass sie als sensorisch eingeschränkte Fußgänger trotz Informationen für den Fahrer besonders aufpassen müssten, denn es wird immer Personen geben, die sich nicht an die Verkehrsregeln halten oder diese Regeln für sich als nicht verbindlich erachten (T=1; Ä=1). Weiterhin wurde kritisch angemerkt, dass sich die Situation mit dieser Maßnahme zu heute nicht ändern wird (T=1), da man keinen „Gutmenschen“ damit schaffen wird. Vier Teilnehmer meinten kurz und bündig, dass eine solche Maßnahme nichts bringt (T=1; S=1; Ä=2).

Einige Teilnehmer haben ihre Gedanken zur Umsetzung einer solchen Maßnahme mitgeteilt. Ein Teilnehmer der sehbehinderten FG sagte, es wäre sinnvoll, die Maßnahme wie beispielsweise die GEZ-Kampagne als Danksagung umzusetzen. Oder als Hinweisschild „Achtung ältere Leute und Behinderte“ wie das Schild „Schulanfang“ (B=1). Aus der Vergleichsgruppe kam der Vorschlag, es müsste visuell mit drastischen Mitteln realisiert werden, wie beispielsweise die Schock-Videos von Verkehrssituationen aus Großbritannien (V=1).

Maßnahme 3: Informationsveranstaltungen: alle Menschen für die Thematik leiser Fahrzeuge sensibilisieren und besonders Betroffene (Sehbehinderte/ Blinde, Kinder) sensibilisieren.

Die Fokusgruppe der blinden Teilnehmer hat einen ganz klaren Standpunkt. Sie brauchen keine Informationsveranstaltungen zu diesem Thema, sie informieren sich zur Genüge und die Anzahl der leisen Fahrzeuge sei jetzt schon sehr hoch, sodass sie täglich mit dem Thema konfrontiert sind (B=3).

Ein Sehbehinderter meinte: „Was ich nicht höre, kann ich auch nicht berücksichtigen, da helfen auch keine Schulungen und keine Informationen“. Ein Teilnehmer der Vergleichsgruppe meint dazu, eine solche Maßnahme ist nur hilfreich, wenn sie kombiniert sei mit Tipps zur Wahrnehmung für gehandicappte Personen (V=1). Ein Sehbehinderter sagte, es bringt nichts, sie brauchen eindeutige klare Regeln, dass sei das einzig verlässliche, denn jede beachtete Regel ist ein Gefühl von Sicherheit.

Weiterhin wurde in der Gruppe der Sehbehinderten diskutiert, dass es allgemein mehr und bessere Verkehrserziehung geben sollte und dass Kinder und Jugendliche diese frühzeitig erhalten sollten. Die FG der Älteren war zu dieser Frage eher verhalten. Sie sagen, man würde durch Informationsveranstaltungen nicht dümmer werden, aber sie sollten auf freiwilliger Basis stattfinden (Ä=1) und dass beide Seiten öfter informiert werden sollten (Ä=1).

Die Vergleichsgruppe sagt, dass es insbesondere in der Einführungsphase von Elektrofahrzeugen Informationsveranstaltungen, Werbung und Plakate zur Aufklärung geben sollte (V=4). Dabei sollten ihrer Meinung nach viele Medien genutzt werden, um viele Personen zu erreichen. Es erscheint ihnen auch als hilfreich, wenn konkrete Hinweise und Empfehlungen zur Verbesserung der Wahrnehmung gegeben werden und dass eine Achtungsbotschaft besonders für eingeschränkte Personen z.B. durch Informationsblätter der Krankenkassen (V=1) herausgegeben wird. In der Vergleichsgruppe wurde ebenfalls angemerkt, dass man erst einmal ein Erlebnis mit einem leisen Fahrzeug gehabt haben muss, um die Information wirklich aufzunehmen (V=3), sogar „führend lernen“ wurde in diesem Zusammenhang erwähnt.

Maßnahme 4: Mehr Fußgängerüberwege (FGÜ) und Mittelinseln einrichten

Diese Maßnahme wird als sehr hilfreich (B=2; T=4; S=6; Ä=9) oder als hilfreich (V=4) eingestuft. Die Mittelinsel, sogar der Mittelstreifen wird als „Rettungsinsel“ angesehen (B=5; S=4; Ä=1), da man sich so nur auf eine Fahrtrichtung konzentrieren muss. Insbesondere die Gruppe der blinden Teilnehmer begrüßt die Maßnahme für mehr Mittelinseln und FGÜ, allerdings mit der eindeutigen Bedingung, dass sie taktil

auffindbar sein müssen, keinesfalls aufgemalt und dass die Mittelinseln nicht zu schmal sein dürfen (B=5; S=2).

Mehr Mittelinseln, FGÜ und Kreisverkehre, die in diesem Zusammenhang öfter erwähnt wurden, werden als Maßnahme gesehen, die zusätzlich den Verkehr entschleunigt (B=2) und für sinnvoll erachtet an Stellen, wo wenig Verkehr herrscht (z.B. Nebenstraßen) (T=1; V=2). An Stellen mit viel Verkehr sollten lieber Lichtsignalanlagen (Ampeln) (T=1; V=3) oder Fußgängertunnel bzw. -überführungen (V=1; Ä=3) verwendet werden, da sonst der Verkehrsfluss zu stark behindert wird.

In der tauben FG und in der Vergleichsgruppe wurden Bedenken geäußert, hinsichtlich der starken Beeinflussung des Verkehrs und dass die Fahrer eventuell zornig werden könnten, wenn es zu viel FGÜ gibt (V=2; T=2). Sie befürchten, dass dadurch eventuell mehr Fußgänger an FGÜ ignoriert werden (T=1). Ein Einwand der älteren Teilnehmer hinsichtlich des Zebrastreifens war, dass sie dort nicht zwangsläufig von ihrem "Vorfahrtsrecht" Gebrauch machen müssten, um so den Verkehrsfluss nicht zu behindern, sondern sie könnten warten, bis der Verkehr weniger ist und dann queren (Ä=2). Von einem Teilnehmer der tauben FG wurde sich gewünscht, dass FGÜ und Mittelinseln besser beleuchtet werden.

Maßnahme 5: Mehr Kreuzungen mit Ampeln ausstatten

Insgesamt sieben Personen (B=1; S=5; Ä=1) haben angegeben, es sollte mehr Ampeln an Kreuzungen geben, 13 Personen (B=3; T=1; V=3; S=1; Ä=5) sagen, es sind ausreichend Fußgängerampeln vorhanden und acht weitere Personen (T=1; S=5; Ä=2) sprechen sich für mehr Bedarfsampeln aus.

In der FG der blinden und sehbehinderten Teilnehmer wurde sich für mehr akustisch signalisierte Ampeln ausgesprochen (B=5; S=5), die gleichzeitig taktil auffindbar sein müssten (B=5; S=3) und möglichst einheitlichen gestaltet werden sollten (baulich, taktil, akustisch) (S=2). Weiterhin steht die Anforderung für eine sinnvollere Ampelschaltung für Fußgänger im Raum (T=1; S=1; Ä=4), drei Sehbehinderte und vier ältere Teilnehmer wünschen sich längere Grünphasen für Fußgänger. Die taube FG ist eher gegen eine Maßnahme, die mehr Ampeln bedeutet (T=3), dann müssten sie öfter bei „Rot“ warten, anstatt einfach zu queren und Bedarfsampeln bedeuten ebenfalls längere Schaltzeiten.

Mehr Fußgängerampeln seien zwar sinnvoll, allerdings bedeuten sie mehr Stress für den Autofahrer (T=1; S=2; Ä=1) und zwei Teilnehmer der Vergleichsgruppe befürchten, dass mehr Ampeln das Konfliktpotential zwischen Fußgänger und Fahrzeugfahrer fördern. Sechs weitere Teilnehmer sagen, es sollte nur mehr Ampeln geben, wenn sie gut in den Verkehrsfluss (grüne Welle) integriert seien (T=1; S=1; Ä=4).

Maßnahme 6: An Kreuzungen ohne Ampeln sollten zusätzlich Elemente auf die Fahrbahn aufgebracht werden, sodass ein heranfahrendes Fahrzeug gehört werden kann.

Die Maßnahme der zusätzlichen Elemente auf der Fahrbahn wurde überwiegend als hilfreich oder als sehr hilfreich bewertet (B=3; S=8; Ä=9; T=1; V=3). Die Elemente ermöglichen eine bessere Einschätzung der Entfernung der Fahrzeuge durch konkrete Abstände der Elementreihen (B=3, S=4; Ä=5), sie geben dem Fußgänger eine akustische Rückmeldung, was besser ist als gar keine Rückmeldung (B=1; S=1; Ä=1) und zugleich wird der Fahrer sensibilisiert für den kommenden Kreuzungsbereich (B=1; Ä=4). Allgemein wurde in den Gruppen thematisiert, dass Fahrbahnmarkierungen und Hinweise für Fußgänger immer hilfreich sind (B=2; V=1; S=4; Ä=4).

Ein blinder Teilnehmer hat bereits in ähnlicher Ausführung mit einer solchen Maßnahme im Ausland (Mallorca) Erfahrungen gemacht. Er meinte, auf Grund der Markierung den FGÜ gefunden zu haben und war positiv darüber überrascht. In der tauben Gruppe wurde argumentiert, dass wenn es in Ausland funktioniert, sollten wir es vielleicht auch mal versuchen. Wobei der willkürliche Versuch in der sehbehinderten und in der blinden FG abgelehnt wurde, es sollten verschiedene Lösungen getestet

werden und wenn die Elemente zum Einsatz kommen, sollte es eine einheitliche Regelung geben, die konsequent umgesetzt wird (B=1; S=1).

Von drei Teilnehmern der blinden FG und von einem Teilnehmer der Vergleichsgruppe wird es als sinnvolle ergänzende Maßnahme beurteilt zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von leisen Fahrzeugen. In der blinden FG wurde allerdings angeführt, dass es sich lediglich um eine ergänzende Maßnahme zur Verbesserung der Wahrnehmung von Fahrzeugen handelt (B=3). In ruhigen Verkehrsbereichen wird es als sinnvoll erachtet, aber bei viel Verkehr sei diese Maßnahme eher weniger hilfreich (B=1).

Wo die Elemente zum Einsatz kommen sollten, wurde in der tauben FG und in der Vergleichsgruppe diskutiert. Die Vergleichsgruppe ist der Meinung, dass sie nicht nur an Kreuzungen ohne Ampel hilfreich seien (V=1). Wohingegen die taube FG und ein älterer Teilnehmer meint, die Elemente sollten nur an Kreuzungen ohne Ampeln installiert werden (T=7; \ddot{A} =1). Auch an Stellen mit undurchsichtiger Vorfahrtsregelung hält die Vergleichsgruppe die Elemente für hilfreich (V=1).

Weiterhin wurden auch Ausführungen der Elemente diskutiert: Bodenwellen, Rillen bzw. Einfräsungen (da sie den „besseren Ton machen“) oder Rumble Stripes (Rüttelstreifen) (B=1; S=1; T=1). Ein Teilnehmer der tauben FG meinte, sie sollten kombiniert werden mit Schildern zur Geschwindigkeitssenkung. Hinsichtlich der Ausführung wurde diskutiert, ob die Knöpfe reflektieren sollten oder besser nicht bzw. ob sie mit leuchtender Funktion sein sollten oder besser nicht. Hinsichtlich der leuchtenden Funktion wurde wiederum diskutiert, ob sie permanent leuchten sollten oder nur wenn ein Fußgänger in der Nähe ist.

Neben Äußerungen „solche Knöpfe würde ich mir wünschen“ (\ddot{A} =5) wurde auch Kritik hinsichtlich der Elemente laut. Einige Teilnehmer in den Gruppen sind eher der Meinung, dass Elemente auf der Fahrbahn vermutlich nichts bringen oder dass es schwer einschätzbar ist, ob sie was bringen (B=2; T=1; S=1; \ddot{A} =1). Ein blinder und ein sehbehinderter Teilnehmer äußerten ihre Zweifel, dass damit Fahrzeuge hörbar werden. Aus der Gruppe der Älteren kam die Anmerkung, dass damit die Aufmerksamkeit der Fußgänger nachlassen könnte, da sie sich sicherer fühlen und sich nicht mehr umschaue (\ddot{A} =1). Weiterhin wurde der Lärmpegel für die Anwohner kritisch hinterfragt (V=1).

Maßnahme 7: Besonders leise Fahrzeuge sollten im Stadtbereich immer ein gut hörbares Wahrnehmbarkeitssignal von sich geben.

Wie bereits erwähnt, wurde Maßnahme 7 den Teilnehmer mit Beispielsvideos veranschaulicht. An dieser Stelle werden lediglich die allgemein Aussagen und Diskussionen zum Thema Wahrnehmbarkeitssignal dargestellt. Unter Maßnahme 7 wurde das Rückwärtsfahrtsignal für Fahrzeuge mit den Teilnehmern diskutiert, diese Ergebnisse sind ebenfalls nachfolgend dargestellt.

Einzelreaktionen auf die Videos:

- Video 1:
 - „der schwebt“ (B=1)
 - schlecht, da sehr gleichmäßiges Geräusch obwohl das Fahrzeug vorbeifährt (B=2)
 - „klingt wie beim Zahnarzt“ (V=1)
- Video 2:
 - schlecht: hört man gar nicht (B=3)(was allerdings eher durch die Tonqualität der Videos bedingt ist)
- Video 3:
 - „der klingt wie ein Elektrofahrzeug“ (B=2)
 - Wahrnehmbar, dass das Fahrzeug langsamer wird (B=1) vs. das langsamer werden des Fahrzeuges ist nicht sinnvoll wahrnehmbar (S=2)
 - Fahrzeuggeräusch „ging“ (S=1)
- Video 4:
 - „ist nicht OK für mich“ (B=3)

- klingt wie ein Schienenfahrzeug (B=3) oder startendes Flugzeug (B=2; V=2; S=2)
- „Wenn ein Fahrzeug nach einem Flugzeug oder Schienenfahrzeug klingt, ist das eine weitere Unsicherheit für mich.“ (B=1)
- es war zu erkennen, dass das Fahrzeug beschleunigt (B=2)
- es sollte eindeutig nach Straßenfahrzeug klingen (B=1)
- das ist kein Geräusch was mich warnt, ich würde nur zurücktreten (B=1)
- Video 5 (rückwärts):
 - „normaler“ Rückwärtsfahrton vom Müllfahrzeug klingt besser (S=1)
 - ein klares Piepen wäre besser (S=1)

Die Maßnahme wurde ausschließlich in den vier hörenden Fokusgruppen diskutiert. In der blinden FG wurde sich mit einem definitiven „ja, sehr hilfreich“ zu dieser Maßnahme geäußert (B=5), auch die sehbehinderte FG sprach sich eher dafür aus (S=6). Lediglich die besser Sehenden unter ihnen waren eher verhalten mit einer solchen Aussage. In der älteren FG und in der Vergleichsgruppe teilen sich die Meinung zu diesem Thema, trotzdem wird sich in beiden Gruppen tendenziell eher dafür ausgesprochen (Ä=5; V=4). Die Diskussionen zu dieser Maßnahme waren vielseitig, sowohl hinsichtlich der Gestaltung des Wahrnehmbarkeitssignales, als auch die Ausführung sowie die Befürchtungen die mit einer solchen Maßnahme einhergehen waren facettenreich.

Insbesondere die blinden FG-Teilnehmer sagen, es gibt so viele Geräusche im Straßenverkehr, die können alle verwechselt werden, deshalb ist es notwendig, dass Elektrofahrzeuge ein eindeutiges Fahrzeuggeräusch besitzen (nach einem Fahrzeug klingen) (B=3), welches die Geschwindigkeit und die Fahrzeugzustände eines Fahrzeuges deutlich macht (B=2; V=3; S=2; Ä=1).

Ob ein Fahrzeug bremst oder anfährt sollte beispielsweise durch einen ansteigenden Ton, wenn das Fahrzeug beschleunigt realisiert werden (B=3; S=4). Es muss nicht unbedingt wie ein heutiges Fahrzeug (Verbrennungsmotor) klingen (B=1; V=2; S=4), allerdings ist man dieses Geräusch gewöhnt (B=2; S=2, V=1). Neue Geräusche eventuell mit mehr Informationen werden nicht abgelehnt, denn bereits heute klingen Fahrzeuge nicht gleich.

Beispielsweise gibt es firmenspezifische Unterschiede (S=3) diese würden auch in Zukunft akzeptiert sein. Aus der sehbehinderten FG kamen noch weitere Argumente, beispielsweise sollte das Wahrnehmbarkeitssignal es ermöglichen, Fahrzeugklassen (PKW, LKW) zu unterscheiden (S=1) und sie wünschen sich, dass sowohl sie (Sehbehinderte/Blinde) als auch ältere Menschen in die Auswahl der Geräusche einbezogen werden (S=2). Denn dass es eine gesetzliche Regelung zu den Geräuschen geben muss, wurde sowohl in der Sehbehinderten als auch in der blinden FG thematisiert (B=1; S=5).

Weiterhin wurde argumentiert, dass die Geräusche so gestaltet werden sollten, dass sie für den Fußgänger wahrnehmbar sind, aber den Anwohner nicht stören (V=2; S=4). Die Chancen der leisen Fahrzeuge sollten schließlich auch genutzt werden, denn der Verkehrslärm ist generell schon zu hoch (B=1; V=3; S=2). Zwei Teilnehmer der älteren FG meinten, Blinde und Sehbehinderte Menschen wären die Minderheit und es sollte eine andere Lösung gefunden, die nicht die Allgemeinheit belästigt (Ä=2), denn die Befürchtungen, dass mit einer solchen Lösung der Verkehrslärm wieder steigt (insbesondere Nachts stört) ist groß (V=2; Ä=4). Ein Teilnehmer in der Vergleichsgruppe meinte allerdings, wenn man Elektrofahrzeugen ein heutiges leises Verbrennungsmotorgeräusch gibt, ist der Wahrnehmbarkeitseffekt gegeben und der Verkehrslärm wird gleichzeitig im Vergleich zu heute gesenkt.

Besonders in der Vergleichsgruppe wurde eine sinnvolle Umsetzung diskutiert, um gleichzeitig die Chancen der leisen Fahrzeuge zu nutzen. So wurde beispielsweise von einer infrastrukturellen Abhängigkeit gesprochen (V=1; S=4), da ein Signal auf der Autobahn keinen Sinn machen würde, da dort keine Fußgänger unterwegs sind (V=2). Das Geräusch auf bestimmte Geschwindigkeitsbereiche zu beschränken (B=2; V=2; S=4) scheint sinnvoll, da ab höheren Geschwindigkeiten Wind- und Rollgeräusche die Fahrzeuge wahrnehmbar machen. Von mehreren Teilnehmern in den Gruppen wurde

allerdings abgelehnt, dass das Geräuschniveau (Lautstärke) abhängig von der Tageszeit oder vom Fahrer unterschiedlich gewählt sein könnte (B=4; V=2; S=2).

In der Vergleichsgruppe wurde angesprochen, dass es nicht genau abschätzbar sei, wie hilfreich eine solche Maßnahme ist, da sich die Fußgänger vermutlich nach gewisser Zeit an eine veränderte akustische Wahrnehmung gewöhnen (V=1). Es wurde auch argumentiert, dass das Wahrnehmbarkeitssignal vielleicht eine Lösung darstellt, die nur für den Übergang notwendig sei, weil man sich langfristig vermutlich daran gewöhnt. Zwei Teilnehmer der Vergleichsgruppe haben zwar angegeben, anhand der Fahrzeuggeräusche die Entfernungen und Geschwindigkeit der Fahrzeuge zu schätzen und somit die Zeit für eine Querungsentscheidung, denken aber, dass man sich an die neue Situation gewöhnen wird. Die Maßnahme wurde von einem älteren Teilnehmer als völlig sinnlos bezeichnet (Ä=1) und ein Teilnehmer der Vergleichsgruppe hat die Maßnahme als bequeme Lösung bezeichnet (V=1), denn man würde schließlich nur das alte System imitieren (B=1) anstatt langfristig Lösungen für die Verkehrssicherheit zu generieren.

Die blinden Teilnehmer sind allgemein für mehr akustische Unterstützung, entsprechend auch beim Rückwärtsfahrtsignal, außerdem kennt man es schon von Müllfahrzeugen. Drei Teilnehmer der sehbehinderten FG sprechen sich explizit dafür aus. Die Mehrzahl der älteren Teilnehmer findet die akustische Unterstützung beim Rückwärtsfahren hilfreich. Ein älterer Teilnehmer hat bereits ein solches System bei seinem Fahrzeug nachrüsten lassen.

Drei ältere Teilnehmer halten ein solches Rückfahrtsignal für nicht notwendig, denn zum einem kann der Fahrer im Gegensatz zum LKW den Bereich hinter sich einsehen und zum anderen der Fußgänger die Rückfahrtscheinwerfer erkennen. Ein älterer Teilnehmer argumentierte, dass er dieses Signal mit einer Fahrradklingel oder Hupe gleichsetzt und ein solches Signal für ihn bedeutet „Achtung, ich muss aufpassen!“. Was allerdings als nicht richtig erachtet wird, denn schließlich muss der Fahrer aufpassen. Ähnlich sieht dies ein weiterer älterer Teilnehmer, der somit die Sorgfaltspflicht an den Fußgänger übertragen sieht, man sollte lieber den Fahrer über ein Hindernis (Fußgänger) informieren, nicht der Fußgänger (Ä=2).

Maßnahme 8: Das Fahrzeug sollte über eine automatische Fußgängererkennung verfügen und falls notwendig einen automatischen Bremsvorgang (Notbremsung) einleiten.

Nachdem den Teilnehmern ein Video zur Veranschaulichung gezeigt wurde, reflektierten viele Teilnehmer erst einmal die gesehene Information: automatische Erkennung, dann Einleitung des Bremsvorganges (Warnton) und das Fahrzeug kommt vor dem Fußgänger zum stehen. Die Teilnehmer sind mehrheitlich der Meinung, dass die automatische Fußgängererkennung eine sinnvolle Lösung darstellt (B=5; T=7; V=3; S=1; Ä=9).

Nur wenige Teilnehmer äußern sich kritisch bzw. ablehnend zur automatischen Vollbremsung, auch die Bremsunterstützung mit dem Warnton ist für sie akzeptabel (V=1; S=1; Ä=2). Zwei Teilnehmer, einer aus der sehbehinderten und einer aus der älteren FG, sind uneingeschränkt für jede Art der Unterstützung für den Fahrer, wenn es mehr Sicherheit und Schutz des Fußgängers bedeutet (S=1; Ä=1). Ein blinder Teilnehmer spricht sich für das Gesamtpaket Fußgängererkennung und Vollbremsung aus und bezeichnet es gegenüber den Geräuschen an Fahrzeugen als die einzige wirkliche Lösung. Das System wirkte auf die Teilnehmer sehr sicher (T=1; V=1; Ä=1) und der Mehrzahl der älteren Teilnehmer möchte eine serienmäßige Ausstattung bei Neufahrzeugen mit einem solchen System (Ä=6).

Trotz der überwiegend positiven Einstellung zu dieser Maßnahme werden auch kritische Anmerkungen von den Teilnehmern vorgebracht. Beispielsweise die Gefahr der fehlerhaften Objekterkennung, dass die Fahrzeuge dann auch bei Wild oder Mülltonnen bremsen (S=2; T=1) oder dass ein solches System wahrscheinlich nur in geringen Geschwindigkeitsbereichen wirklich funktioniert (Ä=1). Zwei der älteren

Teilnehmer äußern, dass sie beim heutigen Stand der Technik völlig davon überzeugt sind, dass eine fehlerfreie Objekterkennung möglich ist.

Weitere Befürchtungen der Vergleichsgruppe waren, dass mehr Auffahrunfälle durch ein solches System entstehen könnten (V=1), dass eventuell ein solches System den Fahrer verleitet, nicht mehr richtig auf den Verkehr zu achten (V=2) oder aber dass dieses System von Fußgängern ausgenutzt wird und sie queren wo sie wollen (V=2).

In der tauben FG kam die Frage, warum das Fahrzeug plötzlich bremst, im Video wurde nur über einen Warnton signalisiert, dass der Bremsvorgang eingeleitet wird. Daraufhin wurde angemerkt, dass das Bremssignal für sie auch visuell kommen müsste (T=1).

Maßnahme 9: Der Fußgänger sollte dem Fahrzeug ein Signal über seine Anwesenheit geben & Maßnahme 10: Das Fahrzeug sollte dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben

Da Maßnahme 9 und Maßnahme 10 inhaltlich stark verbunden sind und zumeist zusammen diskutiert wurden, werden sie nachfolgend auch zusammen dargestellt.

Auch diese Maßnahme wurde den Teilnehmern mit zusätzlichem Videomaterial vorgestellt. Die Lösung der Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation wird als sinnvolle Lösung (B=5; T=2; S=1; Ä=1) erachtet und einige Teilnehmer sagen auch direkt, sie würden einen Chip zur Kommunikation tragen (T=2; Ä=4). Die blinden Teilnehmer beurteilen das System als sinnvoll, allerdings wird kritisch angemerkt, dass es keine stigmatisierende Lösung für behinderte Personen und Kinder werden sollte.

Einige Teilnehmer äußern eine Bevorzugung der automatischen Fußgängererkennung (S=2; Ä=2). Lediglich ein sehbehinderter Teilnehmer lehnt das Tragen eines solchen Chips vollständig ab. Beide Systeme (automatische Fußgängererkennung und Fußgängererkennung per Chip) werden zur Unfallvermeidung als sinnvoll erachtet (B=5; V=1; S=1).

In allen Fokusgruppen wurden persönlich akzeptable Begründungen diskutiert, wann selbst ein Chip zur Kommunikation verwendet werden würde:

- wenn ich die Gefahr selbst nicht mehr wahrnehmen kann (S=2)
- wenn ich alt bin und Hilfe brauche (T=5; V=1)
- wenn ich selbst entscheiden kann, wann er aktiv ist (T=1; V=1; S=1; Ä=2)
- wenn alle Fahrzeuge über einen Empfänger verfügen (S=1; Ä=1)
- wenn der Chip in all meinen Sachen eingenäht ist (V=2)
- Datenschutz (nicht personenabhängige Kommunikation) (V=1; S=2)
- auf freiwilliger Basis zum Einsatz des Chips (T=1; V=2)
- wenn keine gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Tragen des Chips entstehen (S=1)
- wenn es ohne Probleme mit dem Hörgerät funktioniert (Ä=1)
- infrastrukturabhängig, beispielsweise nicht auf Autobahnen (V=2)

Viel diskutiert wurde in diesem Zusammen auch, wo der Chip am besten zu integrieren sei. Eine Begleitperson meinte sogar, unter der Voraussetzung, dass alle Fahrzeuge über eine solche Erkennung verfügen und sie behindert sei, die Implantation eines solchen Chips zum eigenen Schutz zu bevorzugen. Nachfolgend sind die weiteren Vorschläge der Teilnehmer aus den Interviews gelistet:

- in die Kleidung (V=2)
- im Handy (T=1; S=1; Ä=1)
- im Schuh (B=1; T=1; Ä=2)
- am Haustürschlüssel (V=2)
- in der Uhr (V=2)

Während der Diskussionen zur Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation wurde sich immer wieder auch kritisch gegenüber dieser Maßnahme geäußert. Insbesondere wird eine Gefahr darin gesehen, dass nicht alle Fahrzeuge mit einer Chiperkennung ausgestattet sind (S=4; Ä=3), diesbezüglich wurde die Frage nach der praktischen Umsetzung immer wieder laut (V=1; Ä=3).

Auch die Unzuverlässigkeit der Stromversorgung eines solchen Systems wurde angesprochen (B=1; S=1) oder wie die Finanzierung eines solchen Systems funktionieren soll (S=2; Ä=3). Neben der Äußerung, dass mittlerweile zu viel Technik im Spiel sei (V=2; S=3), wurde auch immer wieder die Befürchtung geäußert, den Chip zu vergessen und dann nicht im Straßenverkehr geschützt zu sein (B=2; V=3; S=1; Ä=3). Auch die Gefahr des Missbrauchs (V=1), z.B. dass Chips von der Brücke geworfen werden, wurde argumentiert und Befürchtungen, dass mit Hilfe eines solchen Systems mehr willkürliche Querungen entstehen (V=2; S=2) wurden geäußert.

Die Richtung der Signalabfrage wurde ebenfalls mit den Teilnehmern der Fokusgruppen diskutiert, allerdings hat dies viele Teilnehmer überfordert und schlussendlich gib es diesbezüglich wieder geteilte Meinungen. Die blinden FG-Teilnehmer scheinen lieber auch ein Signal vom Fahrzeug bekommen zu wollen, da sie dadurch zusätzliche Informationen zur Verkehrssituation erhalten (Fahrzeug soll sie erkennen und ihnen ein Signal geben) (B=5).

Zwei Teilnehmer der sehbehinderten FG hätten auch lieber die Information über ein anwesendes Fahrzeug. Sie möchten ein Signal, das ihnen sagt „queren“ bzw. „nicht queren“ (S=1). Die taube FG möchte mehrheitlich ein solches Chip-System in Fahrräder integriert haben und eine Information über ein sich annäherndes Fahrrad bspw. als Vibration aufs Handy oder auf die Uhr bekommen. Die restlichen Teilnehmer sind eher für eine Kommunikation zum Fahrzeug, so dass der Fahrer ein Signal über die Anwesenheit ein nahen Fußgängers erhält. Hier ist eindeutig eine Präferenz zu erkennen, dass sensorisch eingeschränkte Personen mindestens auch eine Information aus der Umwelt erhalten möchten und nicht nur sich signalisieren.

Weiteren Lösungen und Ansatzpunkte

Nachfolgend sind die Lösungen dargestellt, die sich innerhalb der Gespräche mit den Fokusgruppen ergeben haben. Diese sind entsprechend den Maßnahmenkomplexen zugeordnet.

Informations- und wissensorientierte Maßnahmen:

- Reflexionsfolie für den Langstock
- mehr Feedback über ungewöhnliche Situationen im Straßenverkehr (Feuerwehr, Polizei) visuell oder beispielsweise über einen Chip (T=2)
- Förderung der allgemeinen Rücksichtnahme im Straßenverkehr (V=1)
- Existierende (Verkehrs-)Regeln konsequenter durchsetzen und bei Fehlverhalten stärker sanktionieren
- Ein Begleitperson meinte, sie würde sich menschliche Hilfe holen, wenn sie behindert ist

Infrastrukturbezogene Maßnahmen:

- Infrastrukturelle Lösungen finden, indem Probleme im Straßenverkehr aus Fußgängersicht (sensorisch eingeschränkte Fußgänger) betrachtet werden (B=5; S=3)
- Fußgängerunter- bzw. -überführungen; Fußgänger stärker von Fahrzeugen trennen (B=3; V=1; Ä=3)
- optimale (längere) Ampelschaltung für Fußgänger (B=1; Ä=3) bspw. durch Ampeln mit Fußgängererkennung (Kamera) zur Schaltzeitoptimierung (S=3)
- Fahrbahnbelag hinsichtlich der Wahrnehmung von Fahrzeugen optimieren (S=2)
- Mehr Tempo 30-Zonen

Fahrzeugseitige Maßnahmen:

- Tagfahrlicht (Ä=2; S= 4; T=7)
- Reifenrollgeräusche erhöhen oder für Wahrnehmbarkeit optimieren (S=1; V=1))

Maßnahmen der Fußgänger-Fahrzeug-, Fußgänger-Infrastruktur-, Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation:

- Chip in die Infrastruktur einbinden, um als Fußgänger stärker berücksichtigt zu werden (schneller „Grün“ für Fußgänger)(T=1)
- Fahrräder mit Chip-Kommunikation ausstatten, sodass eine Information über Ihre Anwesenheit angefordert werden kann (T=7)
- Automatische Geschwindigkeitsreduktion der Fahrzeuge bei Tempo 30 Zonen oder an Fußgängerüberwegen (V=6; Ä=1)
- Fußgänger-Fahrzeug-Kommunikation in beide Richtungen ermöglichen

Präferierte Maßnahmen

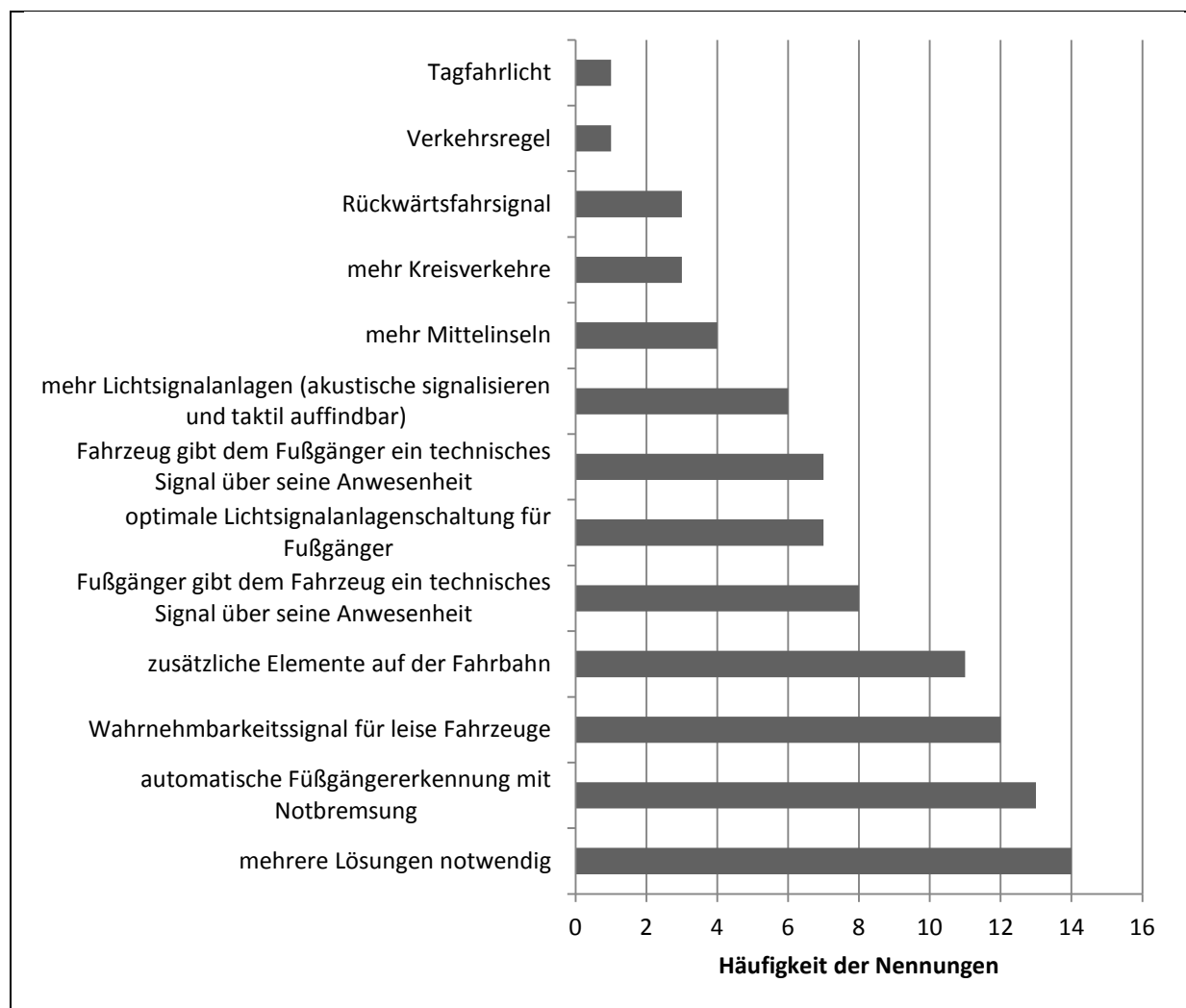


Abb. A 3-1: Nennung der präferierten Maßnahmen nach aufsteigender Häufigkeit

Personengruppe	Präferierte Maßnahmen (Rangplatz 1-4)
Blind	<ol style="list-style-type: none"> 1. (mehrere Lösungen notwendig) 2. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge 3. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung 4. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn
Sehbehinderte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mehr Lichtsignalanlagen (akustische signalisieren und taktil auffindbar) 2. (mehrere Lösungen notwendig) 3. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge 4. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn
Taube	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein technisches Signal über seine Anwesenheit 2. Fußgänger gibt dem Fahrzeug ein technisches Signal über seine Anwesenheit 3. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung 4. Optimale Lichtsignalschaltung für Fußgänger
Ältere	<ol style="list-style-type: none"> 1. Optimale Lichtsignalschaltung für Fußgänger 2. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung 3. Fußgänger gibt dem Fahrzeug ein technisches Signal über seine Anwesenheit 4. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn
Vergleichsgruppe	<ol style="list-style-type: none"> 1. (mehrere Lösungen notwendig) 2. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn 3. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein technisches Signal über seine Anwesenheit 4. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge

Tab. A 3-2: Präferierte Maßnahmen nach Anzahl der Nennungen in den Fokusgruppen (Rangplatz 1 - 4)

Bewertung der Maßnahmen in der Übersicht

Tab. A 3-3 stellt die Meinungen innerhalb der Fokusgruppen anhand einer einheitlichen Bewertung innerhalb der Gruppen gegenüber (sehr hilfreich (++) bis gar nicht hilfreich (--)). Die Breite der individuellen Meinungen kann dabei jedoch keine Beachtung finden.


Maßnahme	B	S	T	Ä	V
Fußgänger sollten immer gut sichtbare Kleidung im Straßenverkehr tragen.		+	+	+	-
Autofahrer sollten häufiger erinnert werden, dass Fußgänger und Radfahrer die schwächeren Verkehrsteilnehmer sind und mehr auf Sie zu achten ist.	+				+
Informationsveranstaltungen: alle Menschen für die Thematik leiser Fahrzeuge sensibilisieren und besonders Betroffene (Sehbehinderte/ Blinde, Kinder) sensibilisieren.					+
Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln einrichten (taktile auffindbar)	+	++	+	++	+
Mehr Kreuzungen mit (akustischen u. taktile auffindbaren) Ampeln ausstatten bzw. optimalere Lichtsignalanlagenschaltung für Fußgänger	+	++	-	++	
An Kreuzungen ohne Ampeln sollten zusätzlich Elemente auf die Fahrbahn aufgebracht werden, sodass ein heranfahrendes Fahrzeug gehört werden kann.	++	++	+	++	++
Besonders leise Fahrzeuge sollten im Stadtbereich immer ein gut hörbares Wahrnehmbarkeitssignal von sich geben.	++	++		-	+
Rückwärtsfahrtsignal	+	+		+	
Tagfahrlicht		+	+	+	
Der Fußgänger sollte dem Fahrzeug ein Signal über seine Anwesenheit geben und dem Fahrer im Display informieren.	+	+		++	+
Das Fahrzeug sollte dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben.	+	+	++		++
Das Fahrzeug sollte über eine automatische Fußgängererkennung verfügen und falls notwendig einen automatischen Bremsvorgang einleiten.	++	+	++	++	+

Tab. A 3-3: Bewertung der Maßnahmen im Überblick

A 4 Onlinebefragung

A 4.1. Abbildungen zum Onlinefragebogen

Fragebogen zur Verkehrssicherheit von Fußgängern



Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit der Sicherheit von Fußgängern im Straßenverkehr. Auch wenn Sie nicht ausschließlich zu Fuß unterwegs sind, antworten Sie bitte aus ihrer Sichtweise als Fußgänger. Die Fragen berücksichtigen teilweise die besonderen Belange behinderter Personen. Ihre Angaben bleiben anonym. Ihre Antworten werden ausschließlich für Forschungszwecke ausgewertet und nicht an Dritte weitergegeben. Mit Ihrer aufrichtigen Beantwortung helfen Sie mit, die Sicherheit im Straßenverkehr zu verbessern.

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme und Ihre Unterstützung!

Kontakt bei Rückfragen:
 Dipl.-Ing. (FH) Katharina Hagen
 Professur für Verkehrspsychologie, TU Dresden

Telefonnummer: 0351-46336702
 E-Mail: Katharina.Hagen@tu-dresden.de

Dipl.-Ing. (FH) Katharina Hagen, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für Verkehrspsychologie, Technische Universität Dresden 0% ausgefüllt

Abb. A 4-1: Einleitung zum Fragebogen zur Verkehrssicherheitsbefragung von Fußgängern

4. Haben Sie eine Sehschwäche?

Nein (inkl. Korrektur durch Brille oder Kontaktlinsen)

Ja, geringgradig sehschwach ($V = 0,3 - 0,8$)

Ja, mittelgradig sehschwach ($V = 0,1 - 0,3$)

Ja, hochgradig sehschwach ($V < 0,1$)

Ja, Lichtwahrnehmung (Handbewegung) ($V < 0,02$)

Ja, vollständig erblindet

Dipl.-Ing. (FH) Katharina Hagen, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für Verkehrspsychologie, Technische Universität Dresden 2% ausgefüllt

Abb. A 4-2: Frage zur Erfassung der Sehleistung

5. Seit wann haben Sie diese Sehschwäche?

Seit: Jahren

Dipl.-Ing. (FH) Katharina Hagen, Institut für
Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für
Verkehrspsychologie, Technische Universität Dresden

3% ausgefüllt

Abb. A 4-3: Nachfrage seit wann die Sehschwäche vorliegt

Höchstwahrscheinlich haben Sie bereits von neuen Fahrzeugen mit sogenannten alternativen Antrieben gehört oder gelesen. Hierzu gehören insbesondere Elektrofahrzeuge. Diese gelten als das Beförderungsmittel der Zukunft. Einige dieser Fahrzeuge sind besonders leise. Hier werden teilweise Probleme mit Fußgängern vermutet. So könnte es dazu kommen, dass diese Fahrzeuge nicht rechtzeitig gehört werden. Als Maßnahmen sind verschiedene Alternativen denkbar.

Wir bitten Sie abschließend um Ihre Einschätzung zu einigen vorgeschlagenen Maßnahmen. Bewerten Sie bitte, für wie geeignet Sie die Maßnahmen halten, damit Sie sich zukünftig auch bei besonders leisen Fahrzeugen sicher als Fußgänger bewegen können.

Dipl.-Ing. (FH) Katharina Hagen, Institut für
Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für
Verkehrspsychologie, Technische Universität Dresden

82% ausgefüllt

Abb. A 4-4: Einleitung für den Themenkomplex Maßnahmenbewertung

83. Wie hilfreich schätzen Sie die folgende Maßnahme ein, damit sich Fußgänger und Radfahrer zukünftig auch bei besonders leisen Fahrzeugen sicher im Straßenverkehr bewegen können?

Maßnahme: Mehr Kreuzungen mit Ampeln ausstatten.

Sehr hilfreich

Eher hilfreich

Teilweise hilfreich

Eher nicht hilfreich

Gar nicht hilfreich

Dipl.-Ing. (FH) Katharina Hagen, Institut für
Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für
Verkehrspsychologie, Technische Universität Dresden

83% ausgefüllt

Abb. A 4-5: Beispielhafte Darstellung einer zu bewertenden Maßnahme

A 4.2. Präsentierte Maßnahmen im Onlinefragebogen

Maßnahmenbereich	MA	Maßnahmen (Kurzdarstellung)
Informations- und wissensorientierte Maßnahmen	01	Autofahrer sollten häufiger erinnert werden, dass Fußgänger und Radfahrer die schwächeren Verkehrsteilnehmer sind und mehr auf Sie achten.
	02	Alle Fußgänger für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren.
	03	Besonders Betroffene (Sehbehinderte/ Blinde, Kinder) für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren.
	04	Fußgänger sollten immer gut sichtbare Kleidung im Straßenverkehr tragen.
Infrastrukturbezogene Maßnahmen	05	Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln einrichten.
	06	Mehr Kreuzungen mit Ampeln ausstatten.
	07	An Kreuzungen ohne Ampeln sollten zusätzlich Elemente auf die Fahrbahn aufgebracht werden, sodass ein heranfahrendes Fahrzeug gehört werden kann.
	08	Der Fußgänger sollte der Infrastruktur (z.B. einer Ampel) ein Signal über seine Anwesenheit geben.
Fahrzeugseitige (akustische) Maßnahmen	09	Besonders leise Fahrzeuge sollten im Stadtbereich immer ein gut hörbares Wahrnehmbarkeitssignal von sich geben.
	10	Besonders leise Fahrzeuge sollten nur beim Rückwärtsfahren ein gut hörbares Wahrnehmbarkeitssignal von sich geben.
	11	Besonders leise Fahrzeuge sollten ein spezifisches Geräusch nur für Hunde (Blindenführhunde) von sich geben.
Maßnahmen der Fahrzeug-Fußgänger Kommunikation	12	Besonders leise Fahrzeuge sollten dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (z.B. per Funk ein vibrations- oder akustisches Signal auf einem speziellen Empfänger beim Fußgänger).
	13	Fußgänger sollten besonders leisen Fahrzeugen ein Signal über ihre Anwesenheit geben (z.B. über Funk).
Fahrzeugseitige (automatische) Maßnahmen	14	Besonders leise Fahrzeuge sollten Fußgänger automatisch erkennen und den Fahrer warnen.
	15	Besonders leise Fahrzeuge sollten Fußgänger automatisch erkennen, den Fahrer warnen und bei Bedarf automatisch bremsen.

Tab. A 4-1: Maßnahmen zur Verbesserung von Wahrnehmbarkeit und Verkehrssicherheit im Fragebogen

A 4.3. Ergebnisse der Online-Befragung

Charakterisierung der Teilnehmer

Personengruppe	Anzahl Teilnehmer	Dauer der Sehbeeinträchtigung	Alter (MW)	Anteil Frauen/Männer
Ohne Seheinschränkung	N=142		42,9 Jahre (SD = 15,3 Jahre)	51,9% weiblich 48,1% männlich
Mit Seheinschränkung	N=461	Seit Geburt: N=146 MW = 20,9 Jahre (SD=15,5 Jahre) (N=275)	47,7 Jahre (SD = 14,9 Jahre)	46,1% weiblich 53,9% männlich

Tab. A 4-2: Charakterisierung der Teilnehmer der Onlinebefragung

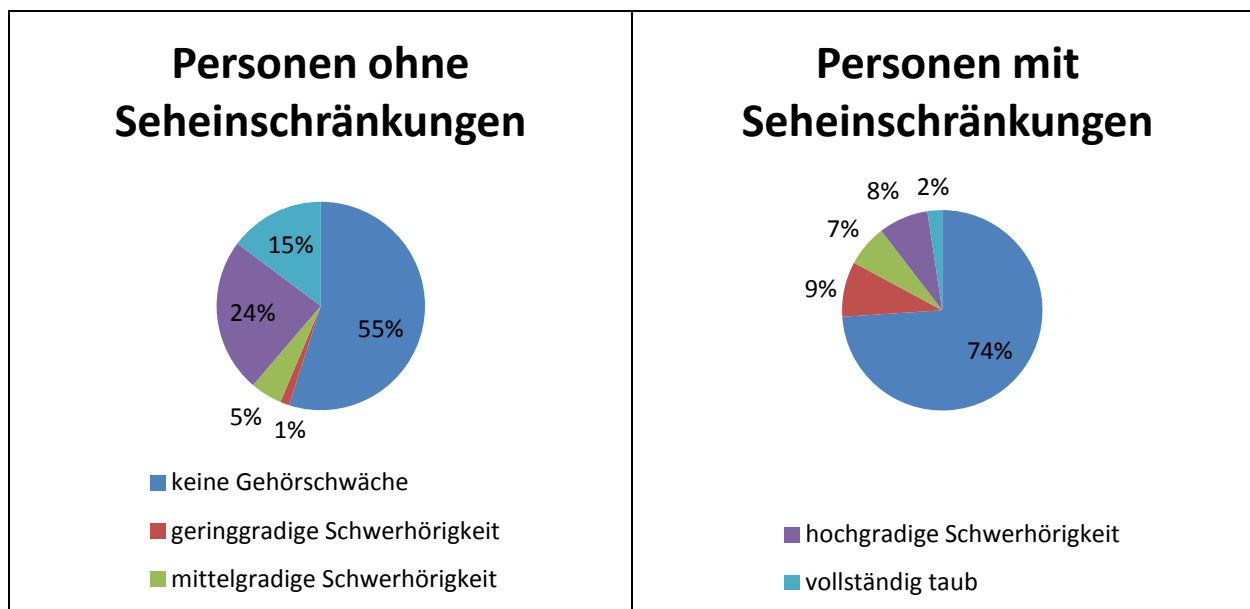


Abb. A 4-6: prozentuale Verteilung der Gehörschwäche für die beiden Personengruppen mit und ohne Seheinschränkungen (N=603)

Sehschwäche	N	Gehörschwäche	N	Alter (MW) (N=554)	Geschlecht (N=569)
Personen ohne Seheinschränkung	142	Ohne Gehörschwäche	78	37,7 Jahre (SD=12,5) (N=68)	42,3% weiblich 57,7% männlich
		Mit Gehörschwäche	64	48,6 Jahre (SD=16,1) (N=61)	62,5% weiblich 37,5% männlich
Personen mit gering- und mittelgradiger Sehschwäche	129	Ohne Gehörschwäche	69	46,9 Jahre (SD=17,2) (N=60)	50,8% weiblich 49,2% männlich
		Mit Gehörschwäche	60	54,7 Jahre (SD=12,3) (N=54)	57,6% weiblich 42,2% männlich
Personen mit hochgradiger Sehschwäche	118	Ohne Gehörschwäche	92	47,2 Jahre (SD=13,1) (N=79)	38,2 weiblich 61,8% männlich
		Mit Gehörschwäche	26	54,8 Jahre (SD=12,2) (N=23)	57,7% weiblich 42,3% männlich
Personen mit Lichtwahrnehmung/ Blindheit	214	Ohne Gehörschwäche	180	44,4 Jahre (SD=14,7) (N=178)	42,9% weiblich 57,1% männlich
		Mit Gehörschwäche	34	53,2 Jahre (SD=14,5) (N=31)	44,8% weiblich 55,2% männlich

Tab. A 4-3: Charakterisierung der Personengruppen in der Onlinebefragung (N=603)

Tab. A 4-4: Erweiterte Charakterisierung der Personen der Onlinebefragung

Sehschwäche	Anzahl	Alter (MW) (N=554)	Geschlecht	Dauer der Sehschwäche (N=421)	Gehörschwäche	Anzahl	Anzahl der Personen mit weiteren Einschränk- ungen (N=85)	
Personen ohne Sehein- schränkung	142	42,9 Jahre (SD=15,3) (N=129)	51,9% weiblich 48,1% männlich		keine Gehörschwäche	78	8	Rollstuhlfahrer (N=5); motorische Einschränkungen der Arme (N=1); Gangunsicherheiten (N=1); Tumor-OP (N=1)
					geringgradige Schwerhörigkeit	2		
					mittelgradige Schwerhörigkeit	7		
					hochgradige Schwerhörigkeit	34	5	Arthrose (N=1); Tetraspastik (N=1); Gangunsicherheiten (N=2); Bandscheibenvorfall (N=1)
					vollständig taub	21	2	Gangunsicherheiten (N=1); Gleichgewichtsstörung (N=1)
Geringgradige Sehschwäche	55	53,6 Jahre (SD=14,9) (N=51)	55,8% weiblich 44,2% männlich	seit Geburt (N=6); 18,4 Jahre (SD=15,3) (N=45)	keine Gehörschwäche	29	6	Gehbehinderung (N=3); Arthrose (N=1); Gangunsicherheiten (N=1); Rollstuhlfahrer (N=1);
					geringgradige Schwerhörigkeit	6	2	Gehbehinderung, Gleichgewichtsstörung (N=1); Depressionen, Herzinfarkt, Schlaganfall, Bluthochdruck (N=1)
					mittelgradige Schwerhörigkeit	6	2	Arthrose (N=1); Gehbehinderung (N=1)
					hochgradige Schwerhörigkeit	11	3	Gehbehinderung (N=1); Krampfanfälle in den

								Händen, Bewegungseinschränku ngen (N=2)
					vollständig taub	3	1	Endo-Prothese (N=1);
Mittelgradige Sehschwäche	74	48,2 Jahre (SD=15,6) (N=63)	52,9% weiblich 47,1% männlich	seit Geburt (N=15); 22,1 Jahre (SD=15,9) (N=48)	keine Gehörschwäche	40	7	Gehbehinderung (N=2); Gangunsicherheiten (N=1); chronische Schmerzen (N=1); Gleichgewichtsstörungen (N=1); Herzprobleme (Endokarditis) (N=1); Multiple Sklerose, Epilepsie (N=1)
					geringgradige Schwerhörigkeit	10	3	Minderwuchs (N=1), Schlaganfall (N=1); Bandscheibenvorfall (N=1)
					mittelgradige Schwerhörigkeit	6	2	Bewegungseinschränku ngen (N=2)
					hochgradige Schwerhörigkeit	15	3	Bewegungseinschränku ngen (N=2); Arthrose (N=1)
					vollständig taub	3	2	Rollstuhlfahrer (N=1); Gleichgewichtsstörungen , Polyneuropathie (N=1)
Hochgradige Sehschwäche	118	48,9 Jahre (SD=13,2) (N=102)	42,6% weiblich 57,4% männlich	seit Geburt (N=39); 18,6 Jahre (SD=16,7) (N=61)	keine Gehörschwäche	92	10	Koronare Herzerkrankung (N=2); Gehbehinderung (N=3); Epilepsie (N=1); Gleichgewichtsprobleme (N=1); Bewegungseinschränku ngen (N=1); Diabetes (N=1); Lähmungserscheinung (N=1)
					geringgradige Schwerhörigkeit	13	5	Arthrose, Bandscheibenvorfall (N=1); Neuropathie in den Füßen (N=1);

								Gleichgewichtsstörung, Diabetes (N=1); Marfan Syndrom (N=1); Bewegungseinschränkungen (N=1);
					mittelgradige Schwerhörigkeit	7	1	Oberarmprothese (N=1)
					hochgradige Schwerhörigkeit	4	1	Gehbehinderung (N=1)
					vollständig taub	2	1	Spastische Lähmungen (N=1)
Lichtwahrnehmung	73	46,6 (SD=16,4) (N=69)	50% weiblich 50% männlich	seit Geburt (N=29); 20,1 Jahre (SD=15,6) (N=38)	keine Gehörschwäche	60	4	Gehbehinderung (N=2); Gangunsicherheiten (N=1); Epilepsie (N=1)
					geringgradige Schwerhörigkeit	4	1	Gangunsicherheiten (N=1)
					mittelgradige Schwerhörigkeit	6	3	Gehbehinderung (N=2); Gangunsicherheiten (N=1)
					hochgradige Schwerhörigkeit	2		
					vollständig taub	1		
vollständig erblindet	141	45,3 Jahre (SD=14,4) (N=140)	39,7% weiblich 60,3% männlich	seit Geburt (N=57) 23,5 Jahre (SD=14,2) (N=83)	keine Gehörschwäche	120	9	Sprachbehinderung (N=1); Gehbehinderung (N=2); Gleichgewichtsstörungen, Lähmung (N=1); Gangunsicherheiten (N=4); Bewegungseinschränkungen (N=1)
					geringgradige Schwerhörigkeit	8		
					mittelgradige Schwerhörigkeit	6	3	Diabetes (N=1); Gehbehinderung (N=1), Gangunsicherheiten (N=1)
					hochgradige Schwerhörigkeit	5	1	leichte geistige Behinderung (N=1)
					vollständig taub	2		

Mittlere Maßnahmenbewertungen

Tab. A 4-5: mittlere Bewertung der Maßnahmen im Fragebogen

		MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15
Personen ohne Seheinschränkungen	N	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Mittelwert	4,01	3,75	3,92	3,42	3,66	3,14	3,37	3,35	3,15	2,86	2,73	2,94	2,27	3,67	3,68
	Standardabweichung	1,232	1,192	1,300	1,484	1,331	1,452	1,446	1,488	1,483	1,437	1,394	1,515	1,374	1,253	1,355
Personen mit Seheinschränkungen	N	461	461	461	461	461	149	461	461	461	461	461	461	461	461	461
	Mittelwert	3,80	3,01	3,33	3,74	3,87	3,74	3,87	3,11	4,01	2,84	2,42	3,15	2,38	3,95	4,03
	Standardabweichung	1,321	1,452	1,448	1,266	1,162	1,348	1,244	1,432	1,315	1,449	1,372	1,427	1,388	1,209	1,189
Personen ohne Seheinschränkungen	N	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Mittelwert	4,01	3,75	3,92	3,42	3,66	3,14	3,37	3,35	3,15	2,86	2,73	2,94	2,27	3,67	3,68
	Standardabweichung	1,232	1,192	1,300	1,484	1,331	1,452	1,446	1,488	1,483	1,437	1,394	1,515	1,374	1,253	1,355
Personen mit gering-/mittelgradiger Sehschwäche	N	129	129	129	129	129	66	129	129	129	129	129	129	129	129	129
	Mittelwert	3,94	3,34	3,64	3,88	4,09	3,41	3,63	3,41	3,39	3,13	3,06	3,17	2,55	4,03	4,02
	Standardabweichung	1,242	1,422	1,375	1,192	1,076	1,358	1,250	1,361	1,377	1,354	1,362	1,381	1,334	1,111	1,146
		MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15
hochgradige Sehschwäche	N	118	118	118	118	118	25	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	Mittelwert	3,72	3,05	3,31	3,81	4,07	4,52	4,08	3,34	4,32	2,80	2,36	3,37	2,36	3,96	3,98
	Standardabweichung	1,364	1,395	1,429	1,228	1,068	,872	1,207	1,360	1,183	1,405	1,272	1,370	1,330	1,250	1,219
Lichtwahrnehmung/vollständig blind	N	214	214	214	214	214	58	214	214	214	214	214	214	214	214	214
	Mittelwert	3,76	2,79	3,17	3,61	3,63	3,78	3,90	2,80	4,21	2,68	2,06	3,00	2,29	3,90	4,07
	Standardabweichung	1,342	1,468	1,479	1,323	1,218	1,377	1,243	1,456	1,224	1,505	1,297	1,474	1,447	1,244	1,202
Personen ohne Seheinschränkung und ohne Gehörleiden	N	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
	Mittelwert	3,88	3,82	3,95	3,32	3,45	2,99	3,50	3,09	3,19	2,59	2,49	2,64	1,81	3,69	3,56
	Standardabweichung	1,367	1,170	1,338	1,533	1,420	1,455	1,501	1,522	1,512	1,436	1,287	1,546	1,140	1,241	1,429
Personen ohne Seheinschränkung und mit gehörleiden	N	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
	Mittelwert	4,17	3,67	3,89	3,53	3,92	3,33	3,20	3,67	3,09	3,19	3,03	3,31	2,84	3,64	3,83
	Standardabweichung	1,032	1,222	1,261	1,425	1,172	1,437	1,371	1,392	1,455	1,379	1,469	1,402	1,428	1,277	1,254

Personen mit Seheinschränkung und ohne Gehrleiden	N	341	341	341	341	341	78	341	341	341	341	341	341	341	341	341
	Mittelwert	3,78	2,99	3,35	3,70	3,82	3,73	3,90	3,00	4,12	2,81	2,32	3,04	2,30	3,87	4,00
	Standardabweichung	1,315	1,424	1,412	1,257	1,170	1,364	1,249	1,421	1,234	1,452	1,355	1,427	1,361	1,255	1,209
Personen mit Seheinschränkungen mit Gehrleiden	N	120	120	120	120	120	71	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	Mittelwert	3,84	3,08	3,29	3,83	4,02	3,75	3,78	3,43	3,68	2,91	2,70	3,43	2,61	4,17	4,13
	Standardabweichung	1,341	1,535	1,552	1,294	1,130	1,339	1,231	1,419	1,478	1,444	1,388	1,395	1,445	1,040	1,130

Tab. A 4-6: Präferierte Maßnahmen aus der Onlinebefragung für die Personengruppen mit- und ohne Seheinschränkungen (N=603)

Personengruppe	Präferierte Maßnahmen (Rangplatz 1-5)
Ohne Seheinschränkung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autofahrer für schwächere Verkehrsteilnehmer sensibilisieren (MA01) 2. Betroffene für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren (MA03) 3. Alle Fußgänger für besonders leise Fahrzeuge sensibilisieren (MA02) 4. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 5. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14)
Mit Seheinschränkungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 2. Wahrnehmbarkeitssignal für leise Fahrzeuge (MA09) 3. Automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 4. Zusätzliche Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 5. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05)

Tab. A 4-7: t-Test zwischen den Gruppen mit und ohne Seheinschränkungen (N=603)

	df	F	Signifikanz
MA01	1	2,991	,084
MA02	1	30,571	,000
MA03	1	18,787	,000
MA04	1	6,368	,012
MA05	1	3,171	,075
MA06	1	13,250	,000
MA07	1	16,433	,000
MA08	1	3,030	,082
MA09	1	43,535	,000
MA10	1	,030	,863
MA11	1	5,633	,018
MA12	1	2,105	,147
MA13	1	,623	,430
MA14	1	5,771	,017
MA15	1	8,762	,003

Tab. A 4-8: Varianzanalyse zwischen den drei Gruppen mit Seheinschränkungen (N=461)

	df	F	Signifikanz
MA01	2	1,032	,357
MA02	2	5,880	,003
MA03	2	4,285	,014
MA04	2	1,995	,137
MA05	2	8,934	,000
MA06	2	6,673	,002
MA07	2	4,191	,016
MA08	2	9,595	,000
MA09	2	21,988	,000
MA10	2	4,065	,018
MA11	2	23,673	,000
MA12	2	2,576	,077
MA13	2	1,445	,237
MA14	2	,495	,610
MA15	2	,221	,802

Tab. A 4-9: Darstellung der signifikanten unterschiedlichen Maßnahmenbewertung innerhalb der sehbeeinträchtigten Personengruppen

	MA02	MA03	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10	MA11
gering- und mittelgradige Sehschwäche vs. hochgradige Sehschwäche				*	*		*		*
gering- und mittelgradige Sehschwäche vs. blind	*	*	*			*	*	*	*
hochgradige Sehschwäche vs. blind			*			*			

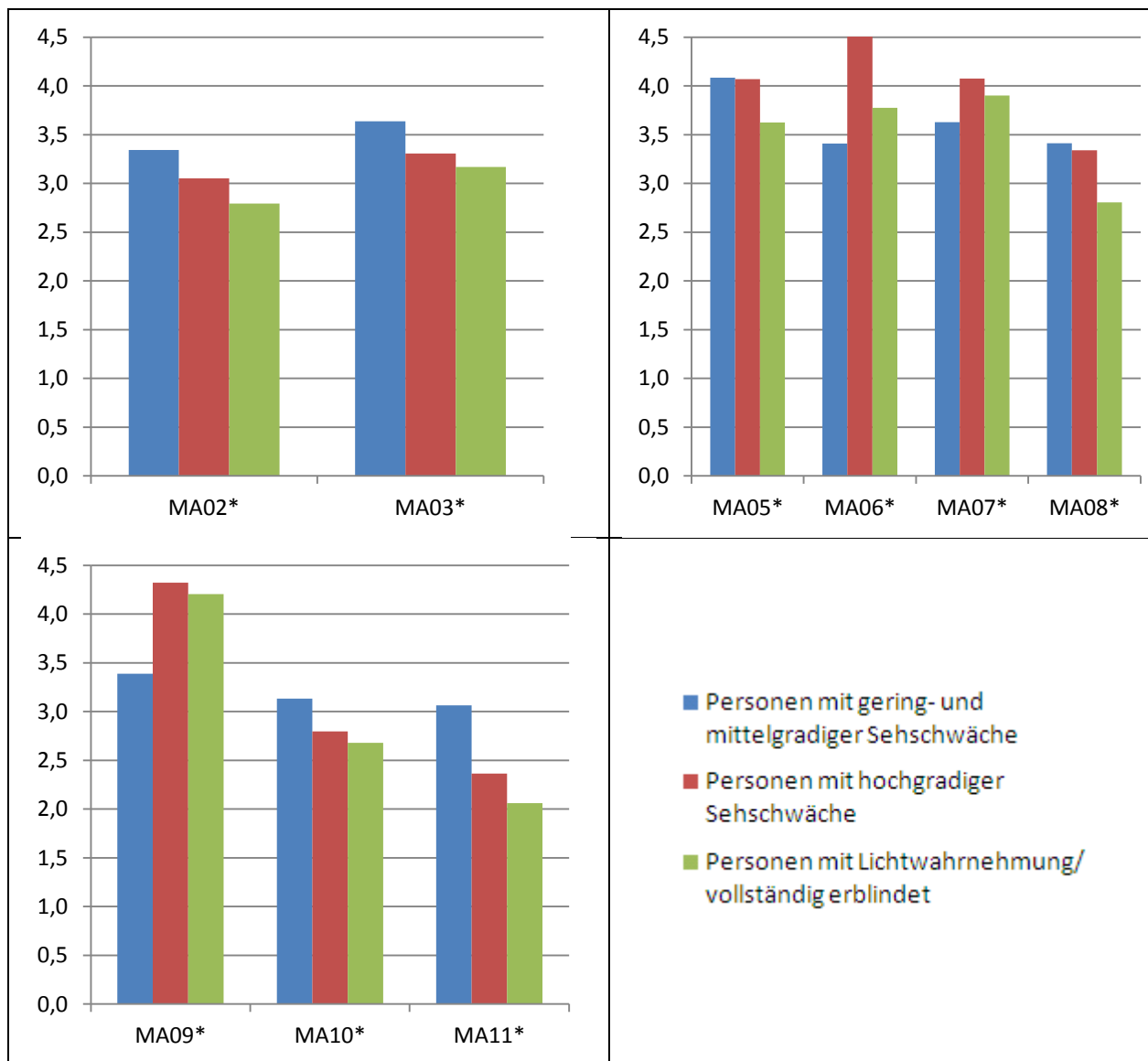


Abb. A 4-7: mittlere Maßnahmenbewertung mit signifikanten Unterschieden innerhalb der Sehbehinderungsgruppen (N=461); 5-stufige Skala von 1 = „gar nicht hilfreich“ bis 5 = „sehr hilfreich“

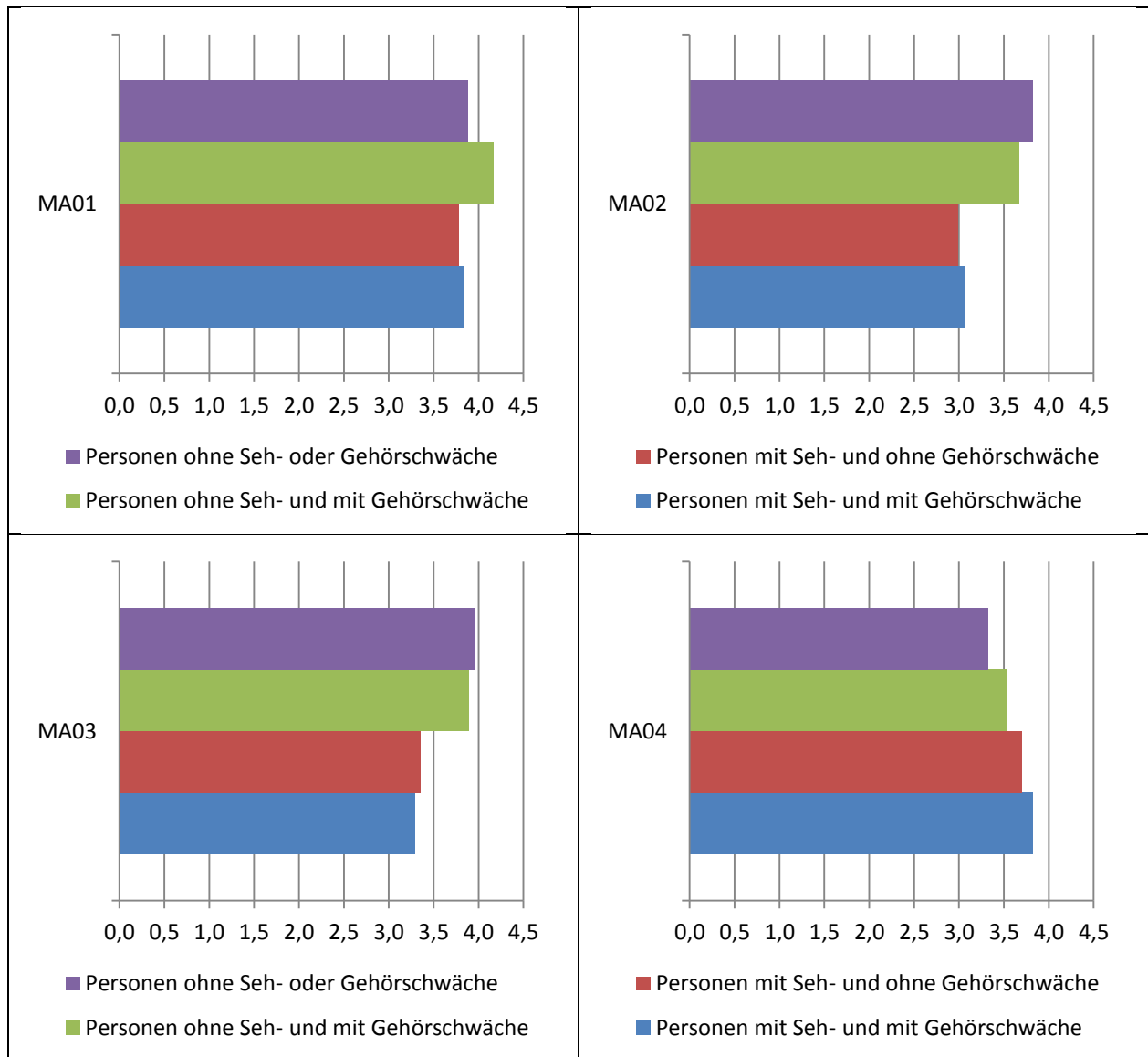
Tab. A 4-10: Vergleich zwischen den Gruppen mit bzw. ohne Seheinschränkung mit vs. ohne Gehörleiden

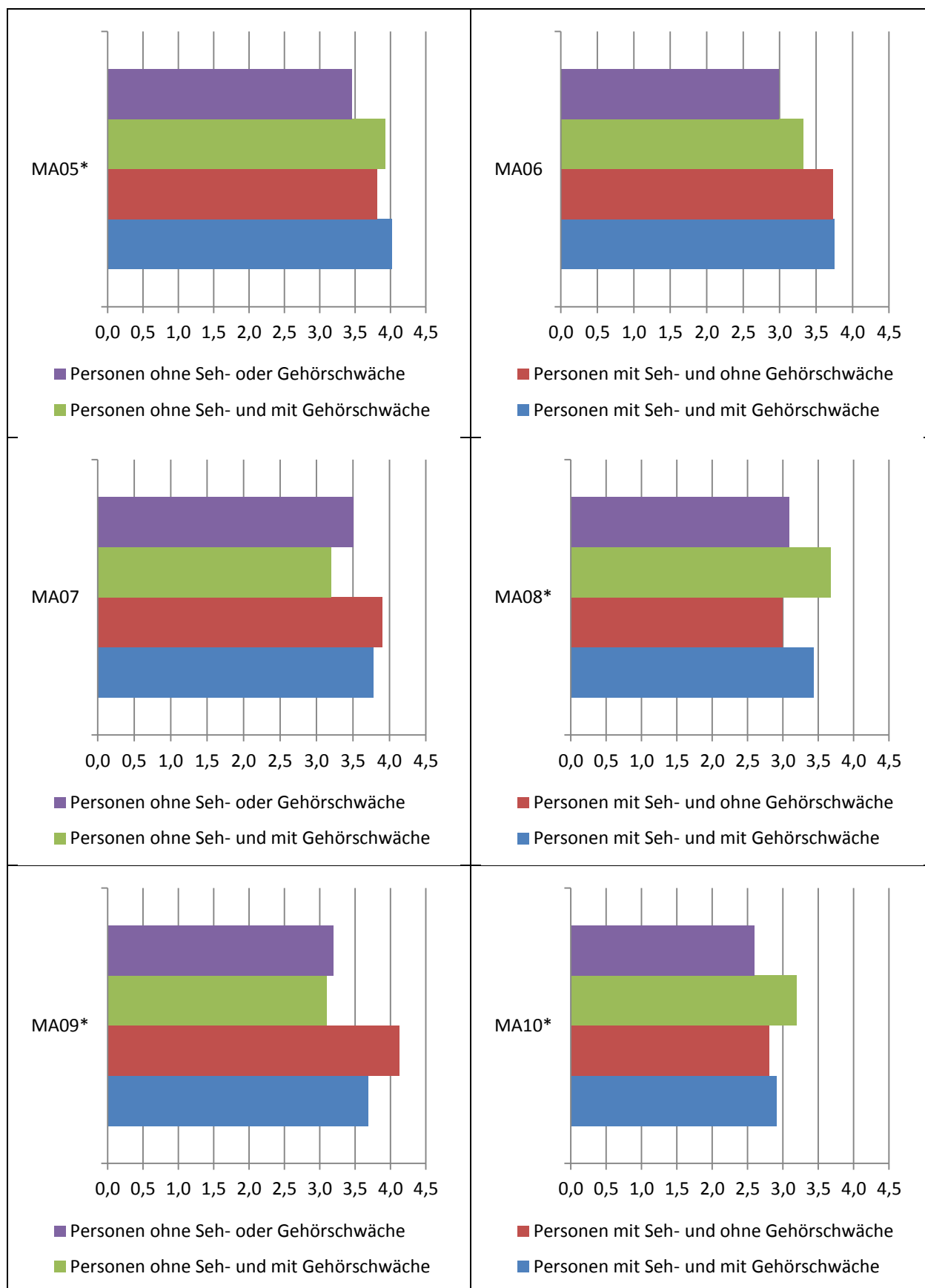
t-Test zwischen den Gruppen ohne Sehleiden mit vs. ohne Gehörleiden (N=142)				t-Test: zwischen den Gruppen mit Sehleiden mit vs. ohne Gehörleiden (N=461)			
	df	F	Signifikanz		df	F	Signifikanz
MA01	1	1,924	,168	MA01	1	,175	,676
MA02	1	,545	,462	MA02	1	,295	,587
MA03	1	,070	,792	MA03	1	,139	,710
MA04	1	,708	,402	MA04	1	,813	,368
MA05	1	4,555	,035	MA05	1	2,677	,102
MA06	1	1,952	,165	MA06	1	,005	,944
MA07	1	1,486	,225	MA07	1	,784	,376
MA08	1	5,551	,020	MA08	1	8,370	,004
MA09	1	,154	,695	MA09	1	9,996	,002
MA10	1	6,312	,013	MA10	1	,414	,520
MA11	1	5,531	,020	MA11	1	6,907	,009
MA12	1	7,212	,008	MA12	1	6,686	,010
MA13	1	23,115	,000	MA13	1	4,436	,036
MA14	1	,059	,808	MA14	1	5,257	,022
MA15	1	1,339	,249	MA15	1	1,166	,281

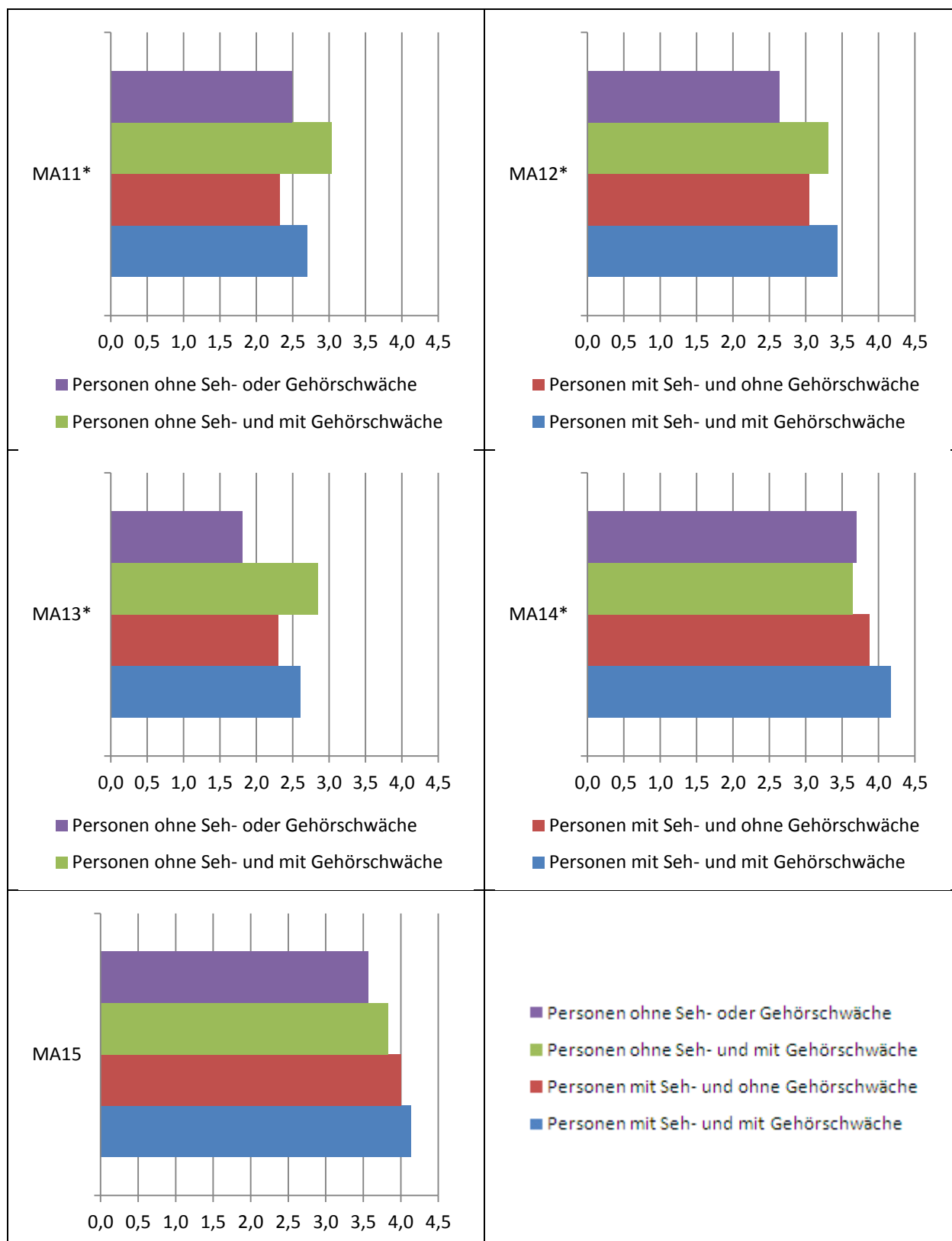
Tab. A 4-11: Maßnahmenbewertung mit signifikant unterschiedlichen Urteil in Abhängigkeit ob eine zusätzliche Gehörschwäche vorlag

	MA 01	MA 02	MA 03	MA 04	MA 05	MA 06	MA 07	MA 08	MA 09	MA 10	MA 11	MA 12	MA 13	MA 14	MA 15
Personen ohne Seheinschränkungen					*			*		*	*	*	*		
Personen mit Seheinschränkung								*	*		*	*	*	*	

Abb. A 4-8: mittlere Maßnahmenbewertung der Personen mit/ohne Sehbeeinträchtigung sowie mit/ohne Gehörschwäche (N=603); 5-stufige Skala von 1 = „gar nicht hilfreich“ bis 5 = „sehr hilfreich“







Präferierte Maßnahme

Tab. A 4-12: präferierte Maßnahmen der Online Befragung innerhalb der einzelnen Gruppe

ohne Seh- oder Gehöreinschränkungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 3. zusätzlich Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 4. automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 5. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (bzw. wechselseitiges Signal) (MA12)
ohne Seh- aber mit Gehöreinschränkung	<ol style="list-style-type: none"> 1. gegenseitige Rücksichtnahme 2. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 3. Tagfahrlicht 4. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 5. automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15)
gering-/ mittelgradige Seheinschränkung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 3. zusätzlich Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 4. mehrere Lösungen notwendig 5. gegenseitige Rücksichtnahme
gering-/ mittelgradige Seheinschränkung und Gehöreinschränkung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. Mehr Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen 3. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 4. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (bzw. wechselseitiges Signal) (MA12) 5. automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15)
hochgradige Seheinschränkung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 3. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (bzw. wechselseitiges Signal) (MA12) 4. mehr akustische, haptische und taktil auffindbare LSA 5. zusätzlich Elemente auf der Fahrbahn (MA07)
hochgradige Seheinschränkung und Gehöreinschränkung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. Mehr Fußgängerüberwege und Mittelinseln (MA05) 3. mehr akustische, haptische und taktil auffindbare LSA 4. automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14) 5. gegenseitige Rücksichtnahme
Lichtwahrnehmung/ Blindheit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (bzw. wechselseitiges Signal) (MA12) 3. zusätzlich Elemente auf der Fahrbahn (MA07) 4. automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 5. automatische Fußgängererkennung mit Warnung (MA14)
Lichtwahrnehmung/ Blindheit und Gehöreinschränkungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wahrnehmbarkeitssignal für Fahrzeuge (MA09) 2. automatische Fußgängererkennung mit Notbremsung (MA15) 3. Fahrzeug gibt dem Fußgänger ein Signal über seine Anwesenheit geben (bzw. wechselseitiges Signal) (MA12) 4. mehr akustische, haptische und taktil auffindbare LSA 5. zusätzlich Elemente auf der Fahrbahn (MA07)

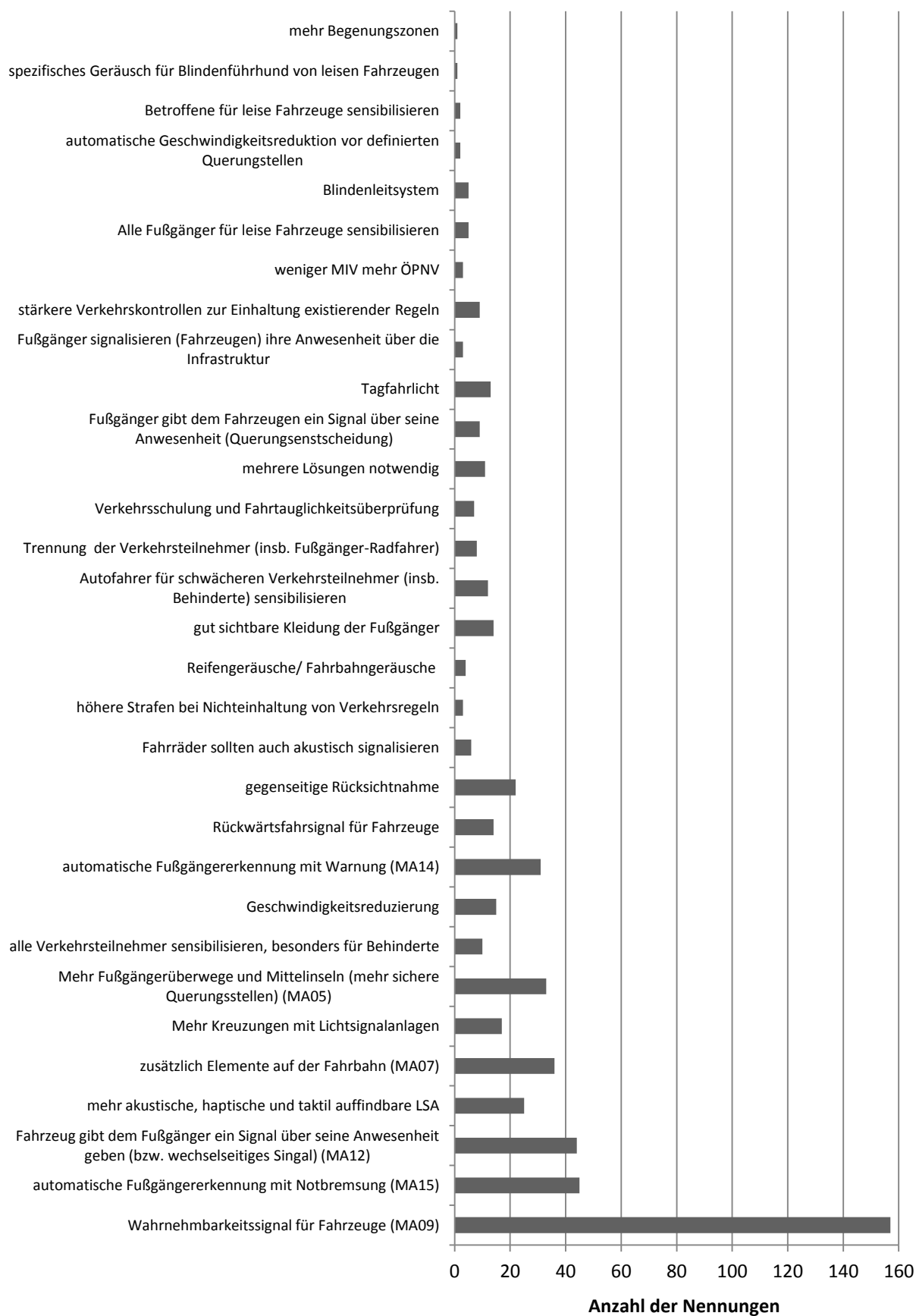


Abb. A 4-9: Häufigkeit präferierter Maßnahmen in freier Nennung (Onlinefragebogen)

Weitere vorgeschlagenen Lösungen

Informations- und wissensorientierte Maßnahmen:

- Mehrere Maßnahmen umsetzen (N=2; S=6; S/G=2)
- Besseres Hinsehen von beiden Seiten (Fahrer und Fußgänger) (N=2; G=1)
- Aufmerksamkeit und gegenseitige Rücksichtnahme fördern, insbesondere von Seiten der Fahrer (N=2; G=4; S=14; S/G=5)
- Fußgänger müssen darauf vorbereitet werden und lernen, dass es leise Fahrzeuge gibt (N=2)
- ÖPNV für Autofahrer attraktivieren (N=1; S=1)
- Fahrer leiser Fahrzeug über potentielle Gefahr informieren bzw. informieren, dass Fußgänger sie nicht hören können (N=1; G=1; S=4)
- Fahrzeugfahrer in der Verantwortung lassen, sie müssen „Herr der Lage sein“ (N=3)
- Mehr Kontrollen und höhere Strafen bei Regelverstößen (auch für Radfahrer (N=2; G=3; S=4; S/G=2)
- sensorisch eingeschränkte Personen sollten darauf hingewiesen werden, sichere Querungsstellen mehr zu nutzen (S/G=1)
- Akzeptanz bei Anwohnern für Blindenampeln (N=1)
- In Verkehrsschulungen für behinderte Fußgänger und deren besondere Verhaltensweisen sensibilisieren (G=2; S=6; S/G=5)
- Wiederholende Verkehrsschulungen für Autofahrer und regelmäßige Überprüfung der Fahrtauglichkeit (S=5; S/G=1)
- Autofahrer sollten für jeden „sichtbar“ querenden Fußgänger halten müssen, wenigstens für „sichtbar“ behinderte Fußgänger (S/G=1)
- Hilfsbereitschaft anderer Fußgänger sollte erhöht werden (S=1)
- Sich als Fußgänger mit Beeinträchtigung signalisieren (S/G=1)
- Blindenstock nutzen für Aufmerksamkeit (Blinken oder als Signalgeber verwenden) (S=2)
- Am Blindenstock oder beim Blindenhund am Geschirr Reflektoren anbringen (S=1)

Infrastrukturbezogene Maßnahmen:

- Geschwindigkeit reduzieren (N=2; G=1; S=7; S/G=5)
 - Tempolimits im Stadtgebiet (Tempo 30) (N=10; G=1; S=6; S/G=2) in Bereichen wo Fußgänger häufig auf Fahrzeuge treffen, nicht auf Hauptverkehrsstraßen oder Industriegebieten
 - mehr verkehrsberuhigte Bereiche (Schrittgeschwindigkeit, Begegnungszonen) besonders in Wohngebieten (N=2)
- Stärkere Trennung von Fußgänger und Fahrzeug (auch Radfahrer) (N=2; G=3; S=10; S/G=4)
- Mehr „fühlbare“ Wege (Bordsteinkanten, Kreuzungen, Querungsmöglichkeiten) (N=3)
- Mehr akustische und optische Signale/ Info's an Querungsstellen (bzw. wo mgl.) (G=4; S=1; S/G=2)
- Anzeige zur Ampelphase am Mast auf Augenhöhe (S/G=1)
- Mehr akustische, vibrierende und taktil auffindbare (standardisiert) Lichtsignalanlagen (S=11; S/G=7); alle Ampeln behindertengerecht ausführen (S=1)
- Mehr Blindenleitsysteme in Innenstädten (S=1; S/G=1)
- Mehr Abbiegespuren, so dass sich Fahrzeuge richtig einordnen können (S=1)
- Fußgängerbereiche auf Parkplätzen besser kennzeichnen (S/G=1)
- Bessere Beleuchtung an Querungsstellen (S=1)
- Keine grünen Abbiegepeile (S=1)
- Spezielle Pflasterung an Kreuzungsbereichen (S=1)

- Fahrbahnbelag für bessere Akustik optimieren (S=1)

Fahrzeugseitige Maßnahmen:

- Tagfahrlicht (N=1; G=3; S=9; S/G=10)
- Auch Radfahrer sind Fahrzeuge und sollten sich signalisieren (Licht, klingeln) (G=1; S=9; S/G=2)
- Fahrzeuge besonders auffällig und gut erkennbar kennzeichnen ((reflektierende) Farben) (G=1; S=5; S/G=2)
- Nummernschild für Radfahrer (S=2; S/G=2)
- Abstandswarner für Fahrzeuge, wenn Fußgänger oder Radfahrer zu nah ist (S=1)
- Fahrzeuggeräusche besonders in ländlichen Regionen wichtig, kleinen Ortschaften wo es keine Ampeln und Fußgängerüberwege gibt (Infrastrukturabhängig) (S=1)
- geschwindigkeitsabhängiges Wahrnehmbarkeitssignal (Mindestwahrnehmbarkeit) (S=8; S/G=1)
- Wahrnehmbarkeitssignal nur wenn Fußgänger zugegen (S=1)
- Fahrzeugseitige Überprüfung der Aufmerksamkeit der Fahrer (S/G=1)
- Fahrzeuggeräusche über die Reifen erzeugen (S=1)

Maßnahmen der Fußgänger-Fahrzeug-, Fußgänger-Infrastruktur-, Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation:

- Fahrzeug (Radfahrer) signalisiert seine Anwesenheit (mgl. mit Info's zu Entfernung, Geschwindigkeit) durch Vibration oder Blinklicht dem Fußgänger (Hilfsmittel was leise Fahrzeuge ankündigt) (G=1, S=7; S/G=4)
- Fahrzeuge senden ein Signal bspw. auf den Blindenstock (S=1)
- Automatische Geschwindigkeitsreduktion bspw. vor Fußgängerüberwegen, Kreuzungen, Schulen, 30-Zonen, verkehrsberuhigten Bereichen (S=4)
- Beeinträchtigte sollten die Möglichkeit haben, ankommenden Fahrzeugen ein Signal zu geben, dass sie queren möchten (S=3)
- Wichtig ist die uneingeschränkte Funktionalität von technischen Hilfssystemen (S=1)
- Fahrzeuge warnen, wenn der Fußgänger der Infrastruktur (Ampel) ein Signal gibt (S=1)

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 2006)

Nr.	Titel
199	Anwendungspotentiale und Prozeßgrenzen der Klebtechnik für die Umformung von Doppellagenblechen, 2006
200	Thermisches Fügen für die stahlintensive Hybridbauweise im Fahrzeugleichtbau, 2006
201	Lufthygienische Beurteilung von Pkw-Innenraumfiltern, 2006
202	Vergleich verschiedener Konzepte der Bodensimulation und von drehenden Rädern zur Nachbildung der Straßenfahrt im Windkanal und deren Auswirkung auf Fahrzeuge, 2006
203	Methodischer Ansatz im Stahlleichtbau am Beispiel Federbein/Dämpfer, 2006
204	Innovative Nfz-Konzepte - Gesamtwirtschaftliche Effekte durch Einführung schwerer und langer Lkw, 2006
205	Technische Kompatibilität von innovativen Nutzfahrzeugkonzepten auf den kombinierten Verkehr Straße/Schiene sowie den Containerverkehr, 2006
206	Größenaufgelöste physikalische und chemische Bestimmung von elementarem und organischem Kohlenstoff in Nanopartikeln, 2006
207	Erstellung einer VHDL-AMS-Modellbibliothek für die Simulation von Kfz-Systemen, 2006
208	Fahrer-Fahrzeug-Wechselwirkungen bei Fahrmanövern mit Querdynamikbeanspruchungen und zusätzlichen Vertikaldynamikstörungen, 2006
209	Innovative Nfz-Konzepte - Akzeptanzuntersuchungen zur Einführung und zum Einsatz innovativer Nutzfahrzeuge, 2007
210	Das Konzept des Situationsbewusstseins und seine Implikationen für die Fahrsicherheit, 2007
211	FAT-Richtlinie Dynamische Werkstoffkennwerte für die Crashsimulation, 2007
212	Innovative Nfz-Konzepte - Wirtschaftlichkeitsanalyse EuroCombi, 2007
213	Störfestigkeit von Fahrzeugelektronik bezüglich ESD und Impulseinkopplung, 2007
214	Betriebsfeste Bemessung von mehrachsig belasteten Laserstrahlschweißverbindungen aus Stahlblechen des Karosseriebaus, 2007
215	Örtlich ertragbare Beanspruchungen bei Spannungskonzentrationen in Karosseriebauteilen aus hoch- und höherfesten Stählen, 2008
216	Auswirkung der Berücksichtigung lokaler Größen des E-Moduls im Hinblick auf die verbesserte Auslegung umgeformter Karosserieblechstrukturen aus Stahl, 2008
217	Aktueller Stand und Trends in der CFK-Berechnung im Fahrzeugbau, 2008
218	In-vitro-Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit von an Dieselpartikel gebundenen polyaromatischen Kohlenwasserstoffen und Nitropyrenen, 2008
219	Bewertender Vergleich der aktuellen Empfehlungen zu den Luftqualitätsgrenzwerten NO ₂ , Evidenzbasierter Vergleich der epidemiologischen Studien 2002-2006 zu Gesundheitseffekten durch NO ₂ , 2008
220	Fahrdynamische Analyse innovativer Nfz-Konzepte (EuroCombi), 2008
221	Entwicklung einer Methode zur vergleichenden Bewertung von Schwingfestigkeitsversuchen mit gefügten Stahlblechen in Abhängigkeit des Versagensverhaltens, 2009
222	Untersuchung zur Wahrnehmung von Lenkmomenten bei Pkw, 2009
223	Entwicklung einer Prüfspezifikation zur Charakterisierung von Luftfedern, 2009

- 224 Klimatische Daten und Pkw-Nutzung - Klimadaten und Nutzungsverhalten zu Auslegung, Versuch und Simulation an Kraftfahrzeug-Kälte-/Heizanlagen in Europa, USA, China und Indien, 2009
- 225 CO₂-Einsparung durch Verflüssigung des Verkehrsablaufs - Abschätzung staubedingter CO₂-Emissionen und von Reduktionspotentialen durch Verbesserung des Verkehrsablaufs, 2009
- 226 Modellbasierte Systementwicklung, 2009
- 227 Schwingfestigkeitsbewertung von Nahtenden MSG-geschweißter Dünnbleche aus Stahl, 2010
- 228 Systemmodellierung für Komponenten von Hybridfahrzeugen unter Berücksichtigung von Funktions- und EMV-Gesichtspunkten, 2010
- 229 Methodische und technische Aspekte einer Naturalistic Driving Study, 2010
- 230 Analyse der sekundären Gewichtseinsparung, 2010
- 231 Zuverlässigkeit von automotive embedded Systems, 2011
- 232 Erweiterung von Prozessgrenzen der Bonded Blank Technologie durch hydromechanische Umformung, 2011
- 233 Spezifische Anforderungen an das Heiz-Klimasystem elektromotorisch angetriebener Fahrzeuge, 2011
- 234 Konsistentes Materialmodell für Umwandlung und mechanische Eigenschaften beim Schweißen hochfester Mehrphasen-Stähle, 2011
- 235 Makrostrukturelle Änderungen des Straßenverkehrslärms, Auswirkung auf Lästigkeit und Leistung, 2011
- 236 Verbesserung der Crashsimulation von Kunststoffbauteilen durch Einbinden von Morphologiedaten aus der Spritzgießsimulation, 2011
- 237 Verbrauchsreduktion an Nutzfahrzeugkombinationen durch aerodynamische Maßnahmen, 2011
- 238 Wechselwirkungen zwischen Dieselmotortechnik und -emissionen mit dem Schwerpunkt auf Partikeln, 2012
- 239 Überlasten und ihre Auswirkungen auf die Betriebsfestigkeit widerstandspunktgeschweißter Feinblechstrukturen, 2012
- 240 Einsatz- und Marktpotenzial neuer verbrauchseffizienter Fahrzeugkonzepte, 2012
- 241 Aerodynamik von schweren Nutzfahrzeugen - Stand des Wissens, 2012
- 242 Nutzung des Leichtbaupotentials von höchstfesten Stahlfeinblechen durch die Berücksichtigung von Fertigungseinflüssen auf die Festigkeitseigenschaften, 2012
- 243 Aluminiumschaum für den Automobileinsatz, 2012
- 244 Beitrag zum Fortschritt im Automobilleichtbau durch belastungsgerechte Gestaltung und innovative Lösungen für lokale Verstärkungen von Fahrzeugstrukturen in Mischbauweise, 2012
- 245 Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, 2012

Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 www.vda-fat.de
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2012

VDA

Verband der
Automobilindustrie

FAT

Forschungsvereinigung
Automobiltechnik

Behrenstraße 35
10117 Berlin
www.vda.de
www.vda-fat.de