

Unfallstruktur- und Wirkpotenzialanalysen zu den AKTIV-Applikationen auf der Basis von Pkw-Haftpflichtschäden mit Personenschaden

Forschungsprojekt AKTIV-AS

01.09.2006 – 31.08.2010

Teilprojekt

Fahrsicherheit und Aufmerksamkeit - FSA

Zuwendungsempfänger: AZT Automotive GmbH

Förderkennzeichen: 19 S 6011 E

Autoren:

AZT Automotive GmbH
AZT Automotive GmbH

Dieter Daschner
Johann Gwehenberger

Hochschule München
Hochschule München
Hochschule München
Hochschule München

Stephan Schwarz
Gisbert Wermuth
Marcel Schönfelder
Florian Hofmann

Ersterstellung: 09.10.2008
Letzte Änderung: 10.03.2010
Version: 1.0

Revisions- und Änderungsverlauf

Version	Datum	Bemerkungen
0.1	09.10.2008	Erstellung, Berichtskonzept, Allgemeiner Teil, SFR
0.2	06.02.2009	Ergänzungen/Änderungen zu 7.1 und 7.2, Einarbeitung des Kapitels zur Aktiven Gefahrenbremsung
0.3	18.11.2009	Ergänzung der Kapitel Begriffe der Unfallforschung, FAS in der Literatur (wird Kapitel 4), Abkürzungsverzeichnis und Literaturverzeichnis, S. Schwarz, HM
0.4	26.11.2009	Einarbeitung der Kapitel Integrierte Querführung und Kreuzungsassistenz, S. Schwarz, HM
0.5	10.12.2009	Vollständige Überarbeitung der Kapitel 5,6,7,8 und 11, Änderungen und Korrekturen von S. Schwarz, HM
0.6	15.12.2009	Mit Korrekturen/Änderungen von Prof. Wermuth, HM
0.7	12.01.2010	Mit Korrekturen/Änderungen von Dr. Gwehenberger, AZT
1.0	10.03.2010	Endkorrektur Dr. Gwehenberger, S. Schwarz, inkl. Korrekturen und Änderungen der Projektpartner

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	17
1.1	Verkehrs- und Unfallentwicklung	17
1.2	Europäische Charta für die Straßenverkehrssicherheit	19
2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	21
3	Begriffe der Unfallforschung	23
3.1	Risiko	23
3.2	Sicherheit	23
3.3	Unfall	24
3.4	Unfallkomponenten	24
3.5	Unfallphasen	24
3.6	Unfallart	24
3.7	Unfalltyp	24
3.8	Rekonstruktionsmethoden	25
3.9	Vermeidbarkeit	25
3.10	Reaktion	25
3.11	Bewegungsgeschwindigkeiten von Fußgängern	26
3.12	Bewegungsgeschwindigkeiten von Radfahrern	26
3.13	Beulenversatz und Aufwurfweite	27
3.14	Time To Collision (TTC)	28
3.15	Anstoß-Richtung des Fußgängers	28
3.16	Gefährdungshaftung	28
3.17	Sensorik	29
3.18	Aktive Überlagerungslenkung	30
4	Fahrerassistenzsysteme in der Literatur	31
4.1	Allgemein	31
4.1.1	Stand der Technik bei Fahrerassistenzsystemen	31
4.1.2	Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen	33
4.1.3	Bewertungsmethoden und Nutzen von Fahrerassistenzsystemen	36
4.1.4	Erfassungssensorik	38
4.1.5	Rechtliche Bedingungen	41
4.2	Aktive Gefahrenbremsung (AGB) in der Literatur	44
4.2.1	Aktive Gefahrenbremsung im Kontext der Fahraufgabe	44
4.2.1	Längsregelung als Komfortsystem (Cruise Control)	45
4.2.1	Längsregelung als Sicherheitssystem (Bremsassistent)	45
4.3	Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer (SFR) in der Literatur	46
4.3.1	Verkehrserziehung	46
4.3.2	Infrastrukturmaßnahmen	47
4.3.3	Passive Sicherheit von Fahrzeugen	47
4.3.4	Aktive Sicherheit von Fahrzeugen	48
4.3.5	Sensorik	49
4.3.6	Akzeptanz von FAS	49
4.4	Integrierte Querführung (IQF) in der Literatur	50

4.4.1	Querführung	50
4.4.2	Querführungsassistent.....	50
4.4.3	Spurhalteassistent	50
4.4.4	Spurwechselassistent	52
4.5	Kreuzungsassistent (KAS) in der Literatur.....	52
4.5.1	Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation	52
4.5.2	Kreuzungsassistent	54
5	Die Allianz Unfalldatenbank (AZT-Datenbank)	55
5.1	Informationsquellen in den Schadenakten.....	55
5.2	Selektionskriterien und Auswahl der Stichprobe	55
5.3	Allianz Datenpool (AZ-Datenbank) und ausgewertete Unfallakten (AZT-Datenbank).....	56
5.4	Definition der Merkmale und deren Merkmalsausprägungen	58
5.5	Füllungsgrad der Datenbankfelder	60
5.6	Unterschiede zur Bundesstatistik	62
5.6.1	Unfalltyp und Ortslage	62
5.6.2	Unfallbeteiligte	66
5.7	Vergleichbarkeit der Infrastruktur-, Bestands- und Unfalldaten	67
6	Strukturanalyse der Pkw-Unfälle mit Personenschaden.....	69
6.1	Polizeiliche Meldung des Unfalls	69
6.2	Fahrgeschlecht	70
6.3	Fahreralter	72
6.4	Ortslage und Lichtverhältnisse	75
6.5	Unfallart	76
6.6	Unfalltyp.....	78
6.7	Unfallursache	80
6.8	Unfallgegner	81
6.9	CDC-Richtung.....	82
6.10	Unfallfolgen.....	83
6.11	Fahrerassistenzsystem-Relevanz.....	84
7	Aktive Gefahrenbremsung - AGB	87
7.1	Applikationsbeschreibung.....	87
7.2	In-Depth-Analyse	89
7.2.1	Geschlecht und Alter des Fahrers	89
7.2.2	Ortslage und Lichtverhältnisse	91
7.2.3	Unfallstelle im Straßennetz.....	92
7.2.4	Unfallart	94
7.2.5	Unfalltyp.....	95
7.2.6	Unfallgegner	97
7.2.7	CDC-Richtung	97
7.2.8	Geschwindigkeit	98
7.2.9	Fahrerreaktion	100
7.2.10	Unfallfolgen.....	101
7.3	Vermeidbarkeitsbetrachtung.....	102
7.3.1	System - Szenarien	102
7.3.2	AGB-Unfallkonfigurationen	102

7.3.3	Simulation und Berechnung	103
7.4	Nutzen einer Aktiven Gefahrenbremsung.....	116
7.4.1	Maximal möglicher Nutzen	116
7.4.2	Volkswirtschaftlicher Nutzen.....	116
7.4.3	Nutzen für den Fahrzeughalter	119
7.4.4	Einschränkung des Nutzens.....	121
7.5	Zusammenfassung AGB.....	124
8	Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer - SFR.....	127
8.1	Applikationsbeschreibung.....	127
8.1.1	Grundlegende Systemspezifikationen	127
8.1.2	Systemspezifikation der OEM.....	128
8.1.3	Zusammenführung zu einem Systemkonzept	131
8.2	In-Depth-Analyse	132
8.2.1	Geschlecht und Alter des VN-Fahrers	132
8.2.2	Geschlecht und Alter des GES	134
8.2.3	Ortslage und Lichtverhältnisse	135
8.2.4	Unfallstelle im Straßennetz.....	136
8.2.5	Unfallart	137
8.2.6	Unfalltyp.....	139
8.2.7	Unfallgegner	140
8.2.8	Anstoß-Richtung.....	141
8.2.9	Geschwindigkeit	142
8.2.10	Fahrerreaktion	142
8.2.11	Unfallfolgen.....	144
8.3	Vermeidbarkeitsbetrachtung.....	145
8.3.1	AKTIV- und AZT- Unfallkonfigurationen zu SFR	145
8.3.2	Simulation und Berechnung	147
8.4	Nutzen eines SFR-Systems.....	167
8.4.1	Maximal möglicher Nutzen	167
8.4.2	Volkswirtschaftlicher Nutzen.....	168
8.4.3	Nutzen für den Fahrzeughalter	170
8.4.4	Einschränkung des Nutzens.....	170
8.5	Zusammenfassung SFR	171
9	Integrierte Querführung – IQF	175
9.1	Applikationsbeschreibung.....	175
9.1.1	Grundlegende Systemspezifikationen	175
9.1.2	Zu erfüllende Nutzerbedürfnisse.....	176
9.1.3	Systemkonzepte der Hersteller.....	176
9.2	In-Depth-Analyse	178
9.2.1	Fahrgeschlecht.....	178
9.2.2	Fahreralter	179
9.2.3	Ortslage und Lichtverhältnisse	181
9.2.4	Unfallstelle im Straßennetz.....	183
9.2.5	Unfallart	183
9.2.6	Unfalltyp.....	185
9.2.7	Unfallgegner	186
9.2.8	CDC-Richtung	188
9.2.9	Geschwindigkeit	188

9.2.10	Fahrerreaktion	190
9.2.11	Unfallfolgen.....	192
9.3	Vermeidbarkeitsbetrachtung.....	194
9.3.1	System - Szenarien	194
9.3.2	IQF-Unfallkonfigurationen.....	194
9.3.3	Simulation und Berechnung	196
9.4	Nutzen eines IQF-Systems.....	205
9.4.1	Maximal möglicher Nutzen	205
9.4.2	Volkswirtschaftlicher Nutzen.....	206
9.4.3	Nutzen für den Fahrzeughalter	208
9.4.4	Einschränkung des Nutzens	209
9.5	Zusammenfassung IQF	210
10	Kreuzungsassistent – KAS	213
10.1	Applikationsbeschreibung.....	213
10.1.1	Grundlegende Systemspezifikationen	213
10.1.2	Schwerpunkte und Ziele der Teilprojekt-Partner	213
10.1.3	Problematik.....	213
10.2	In-Depth-Analyse	215
10.2.1	Unfallgegner	215
10.2.2	Fahrgeschlecht.....	217
10.2.3	Fahreralter	218
10.2.4	Ortslage und Lichtverhältnisse	220
10.2.5	Unfallart	221
10.2.6	Unfalltyp.....	222
10.2.7	CDC-Richtung	223
10.2.8	Geschwindigkeit	224
10.2.9	Fahrerreaktion	225
10.2.10	Unfallfolgen.....	227
10.3	Vermeidbarkeitsbetrachtung.....	229
10.3.1	System - Szenarien	229
10.3.2	KAS-Unfallkonfigurationen.....	229
10.3.3	Sichtverdeckung	230
10.3.4	Vermeidbarkeitsbetrachtung der Unfallkonfigurationen.....	231
10.4	Nutzen eines KAS-Systems.....	235
10.4.1	Maximal möglicher Nutzen	235
10.4.2	Volkswirtschaftlicher Nutzen.....	235
10.4.3	Nutzen für den Fahrzeughalter	238
10.4.4	Einschränkung des Nutzens	238
10.5	Zusammenfassung KAS	240
11	Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse.....	243
12	Abkürzungsverzeichnis	251
13	Literatur	255
14	Anhang.....	263
14.1	Anhang I: Unfallarten	263
14.2	Anhang II: Unfalltypenkatalog.....	265
14.2.1	Typ 1 „Fahrerunfall (F)“	265

14.2.2	Typ 2 „Abbiege-Unfall (AB)“.....	268
14.2.3	Typ 3 „Einbiegen/Kreuzen-Unfall (EK)“	270
14.2.4	Typ 4 „Überschreiten-Unfall (ÜS)“	272
14.2.5	Typ 5 „Unfall durch ruhenden Verkehr (RV)“	274
14.2.6	Typ 6 „Unfall im Längsverkehr (LV)“	276
14.2.7	Typ 7 „Sonstiger Unfall (SO)“	278
14.3	Anhang III: Unfallursachenverzeichnis	280
14.4	Anhang IV: Verkehrsunfallanzeige (Beispiel)	283

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Straßenlänge, des Pkw-Bestandes und der Fahrleistung in Deutschland von 1991 bis 2009 [Destatis, 2009; www.bast.de, 2010; www.kba.de, 2010; www.statistik-portal.de, 2010; www.bgl-ev.de].....	17
Abbildung 2: Entwicklung der Schäden in Deutschland von 1962 bis 2008 [GDV, 2006; Destatis, 2009, http://visportal.gdv.org , 2010]	18
Abbildung 3: Verkehrstote in Deutschland von 1991 bis 2008 [Destatis, 2009]	19
Abbildung 4: Aus Versuchen ermittelte Reaktionszeiten [Hugemann, 2007]	26
Abbildung 5: Gemessene Geschwindigkeiten von Fußgängern in m/s [Burg et al., 2007].....	26
Abbildung 6: Geschwindigkeitsangaben für Radfahrer nach Geschlecht [Hugemann, 2007] ...	27
Abbildung 7: Geschwindigkeitsangaben für Radfahrer nach Alter [Hugemann, 2007}	27
Abbildung 8: Beulenversatz und Aufwurfweite [Burg et al., 2007].....	27
Abbildung 9: Anstoß-Richtung des Fußgängers [Kühn, 2007]	28
Abbildung 10: Erfassungsbereich von Umfeldsensoren [Braess, 2005].....	29
Abbildung 11: Aktivlenkung von BMW [www.motor-talk.de].....	30
Abbildung 12: ACC-Sensor im Kühlluft einlass [www.MAN.de].....	40
Abbildung 13: Fusionstypen am Beispiel ACC und LDW [Vukotich et al., 2003]	41
Abbildung 14: 3-Ebenen der Fahraufgabe mit Zuordnung verschiedener Assistenzfunktionen.....	44
Abbildung 15: Beispiel einer LZA mit Restrotanzeige	47
Abbildung 16: Uni-Car mit umgesetzten Schutzmaßnahmen [Kühn, 2007], Aufgestellte Fronthaube des Citroen C6 [www.brennstoffzellen.rwth-aachen.de], getestetes Airbagsystem des ika [www.ika.rwth-aachen.de].....	48
Abbildung 17: Erfassungsbereich von Umfeldsensoren [Wallentowitz, 2006].....	49
Abbildung 18: Spurhaltesystem Citroën [Auto-Motor-und-Sport, 2009]	51
Abbildung 19: Erfassungsbereich des Spurwechselassistenten „BLIS“ [www.autosieger.de] ..	52
Abbildung 20: Erfassungsbereich des radarbasierter Spurwechselassistenten [Automobil Produktion, 2008].....	53
Abbildung 21: Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation [www.atzonline.de].....	53
Abbildung 22: Pkw-Unfälle mit Personenschaden: Vergleich zwischen der verwendeten Allianz-Unfalldatenbank (AZT-Datenbank) und der Bundestatistik für das Jahr 2004.....	63
Abbildung 23: Vergleich der Unfalltypenverteilungen zwischen den Unfalldaten der AZT-Datenbank und der Bundesstatistik [BAST, 2006]. Anm.: Werte gerundet.....	65
Abbildung 24: Vergleich der Ortslagenverteilung bei Unfällen mit Personenschäden und dem Pkw als Hauptverursacher zwischen den Unfalldaten des StBA und der AZT-Datenbank [StBA, 2004]. Anm.: Werte gerundet.	65
Abbildung 25: Vergleich der Unfallbeteiligten der AZT-Datenbank und der Daten des Statistischen Bundesamtes [StBA, 2004]. Anm.: Werte gerundet.	67
Abbildung 26: Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle.....	69
Abbildung 27: Anteil des Fahrergeschlechts der ausgewerteten Unfälle	70
Abbildung 28: Relativer Anteil des Fahrergeschlechts unter Berücksichtigung der Fahrerlaubnisverteilung	71
Abbildung 29: Relativer Anteil des Fahrergeschlechts unter Berücksichtigung der Fahrleistung in Personenkilometer	71
Abbildung 30: Anteil des Fahreralters aller ausgewerteten Unfälle.....	72
Abbildung 31: Altersstruktur der Personen mit gültiger Pkw-Fahrerlaubnis nach Geschlecht in Bayern [BMVBW, 2006].....	73
Abbildung 32: Relativer Anteil des Fahreralters unter Berücksichtigung der Fahrerlaubnisverteilung	74

Abbildung 33: Inländer-Fahrleistung von Pkw privater Halter nach Alter und Geschlecht des Fahrers [BASt, 2005]	74
Abbildung 34: Relativer Anteil des Fahreralters unter Berücksichtigung der Fahrleistung.....	75
Abbildung 35: Verteilung der Ortslage und der Lichtverhältnisse.....	76
Abbildung 36: Verteilung der Unfälle nach Unfallart.....	77
Abbildung 37: Verteilung der Unfälle nach Unfalltypen	78
Abbildung 38: Verteilung der Unfälle nach Unfallursachen	80
Abbildung 39: Verteilung der Unfälle nach Unfallgegner (Fahrzeugart des Geschädigten)	82
Abbildung 40: Verteilung der CDC-Richtung nach VN- und GES-Fahrzeug	83
Abbildung 41: Unfallfolgen beim GES	84
Abbildung 42: Relevanz der Aktiv-Applikationen.....	85
Abbildung 43: Active Brake Assist für Lkw im Einsatz (Darstellung angepasst [Daimler, 2006])	87
Abbildung 44: AGB-relevante Unfälle nach Fahrergeschlecht	89
Abbildung 45: AGB-relevante Unfälle nach Fahreralter	90
Abbildung 46: Relativer Anteil des Fahreralters bei AGB-relevanten unter Berücksichtigung der Fahrleistung.....	91
Abbildung 47: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen.....	92
Abbildung 48: AGB-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz.....	93
Abbildung 49: AGB-relevante Unfälle nach Unfallart.....	94
Abbildung 50: AGB-relevante Unfälle nach Unfalltyp	95
Abbildung 51: AGB-relevante Unfälle nach Unfalluntertyp. Anm.: Dargestellte Anteilswerte gerundet.	96
Abbildung 52: AGB-relevante Unfälle nach Unfallgegner. Anm.: ohne „Andere“	97
Abbildung 53: AGB-relevante Unfälle nach Anstoß-Richtung für VN und GES	98
Abbildung 54: Grobe Einteilung der Ausgangsgeschwindigkeit	99
Abbildung 55: Einteilung der Ausgangsgeschwindigkeit	99
Abbildung 56: Bremsverhalten des VN und GES in der Pre-Crash-Phase	100
Abbildung 57: AGB-Fahrzeug mit Sensorkegel.....	105
Abbildung 58: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein stehendes Fahrzeug" in PC-Crash...	105
Abbildung 59: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation Fall Nr. 45646 mit AGB	106
Abbildung 60: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein verzögerndes Fahrzeug" in PC-Crash	106
Abbildung 61: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 45180 mit AGB.....	107
Abbildung 62: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45642 mit AGB.....	108
Abbildung 63: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein mit konstanter Geschwindigkeit fahrendes Fahrzeug" in PC-Crash.....	109
Abbildung 64: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 46045 mit AGB.....	109
Abbildung 65: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein ausparkendes Fahrzeug" in PC-Crash	110
Abbildung 66: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation ohne AGB-System zu Fall Nr. 45029.....	110
Abbildung 67: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation mit AGB-System zu Fall Nr. 45029 mit AGB	111
Abbildung 68: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein spurwechselndes Fahrzeug" in PC-Crash	112
Abbildung 69: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 45107 mit AGB.....	112
Abbildung 70: Situationsdarstellung "Kollision eines Überholenden mit Gegenverkehr" in PC-Crash.....	113
Abbildung 71: Situationsdarstellung "Kollision eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr" in PC-Crash	113

Abbildung 72: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 46134 ohne AGB	114
Abbildung 73: Situationsdarstellung "Kollision eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr" in PC-Crash mit AGB.....	114
Abbildung 74: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 46134 mit AGB.....	115
Abbildung 75: Maximale Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgenminderung) gemäß der in den Szenarien definierten Auslegungskriterien bezogen auf alle AGB-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle	117
Abbildung 76: Darstellung einer AGB-Systemgrenze in PC-Crash	122
Abbildung 77: Aktiv-Zielszenarien (AKTIV SFR, 2007)	127
Abbildung 78: Angestrebter Detektionsbereich des Daimler Konzeptes [AKTIV SFR, 2007] ..	129
Abbildung 79: SFR-relevante Unfälle nach Fahrgeschlecht.....	132
Abbildung 80: SFR-relevante Unfälle nach Fahreralter.....	133
Abbildung 81: Relativer Anteil des Fahreralters bei SFR-relevanten Unfällen unter Berücksichtigung der Fahrleistung	134
Abbildung 82: SFR-relevante Unfälle nach GES-Geschlecht und Beteiligungsart.....	134
Abbildung 83: SFR-relevante Unfälle nach GES-Alter und Beteiligungsart	135
Abbildung 84: SFR-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen	136
Abbildung 85: SFR-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz	137
Abbildung 86: SFR-relevante Unfälle nach Unfallart.....	138
Abbildung 87: SFR-relevante Unfälle nach Unfalltyp	139
Abbildung 88: SFR-relevante Unfälle nach Unfallgegner.....	141
Abbildung 89: SFR-relevante Unfälle nach Anstoß-Richtung für VN und GES.....	141
Abbildung 90: SFR-relevante Unfälle nach grober Ausgangsgeschwindigkeit.....	142
Abbildung 91: SFR-relevante Unfälle nach Ausgangsgeschwindigkeit	143
Abbildung 92: SFR-relevante Unfälle nach Bremsreaktion	143
Abbildung 93: AKTIV-Szenarien zur Systemauslegung (AKTIV-SFR V1.10, S. 21, 22, 43, 46)	147
Abbildung 94: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von links ohne Verdeckung“ in PC-Crash	149
Abbildung 95: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45801 mit SFR ohne Fahrereingriff	149
Abbildung 96: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45801 mit SFR und Fahrereingriff	150
Abbildung 97: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von links ohne Verdeckung“ in PC-Crash	151
Abbildung 98: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von links ohne Verdeckung“ in PC-Crash, mit schematisch dargestellten Sensorkegel.....	151
Abbildung 99: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45103 mit SFR und „mittlerer“ Geschwindigkeit des GES.....	152
Abbildung 100: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45103 mit SFR und „minimaler“ Geschwindigkeit $V_{VN}=13\text{km/h}$ des GES.....	153
Abbildung 101: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von links mit Verdeckung“ in PC-Crash	153
Abbildung 102: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45226 mit SFR ohne Fahrereingriff	154
Abbildung 103: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash	155
Abbildung 104: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 46346 mit SFR ohne Fahrereingriff	155
Abbildung 105: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 46346 mit SFR, nasser Fahrbahnoberfläche und Fahrereingriff	156

Abbildung 106: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 46346 mit SFR, trockener Fahrbahn und ohne Fahrereingriff	157
Abbildung 107: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall Nr. 45546.....	157
Abbildung 108: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45546 mit SFR ohne Fahrereingriff	158
Abbildung 109: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall 47001	159
Abbildung 110: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall Nr. 47001, mit Sensorkegel, für mittlere Geschwindigkeit des GES	159
Abbildung 111: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 47001 mit SFR und geschätzter mittlerer Geschwindigkeit des GES.....	160
Abbildung 112: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall Nr. 47001, mit Sensorkegel, für minimale Geschwindigkeit des GES	160
Abbildung 113: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 47001 mit SFR und minimaler Geschwindigkeit des GES.....	161
Abbildung 114: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von rechts mit Verdeckung“ in PC-Crash	161
Abbildung 115: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45622 mit SFR ohne Fahrereingriff, nasse Fahrbahnoberfläche.....	162
Abbildung 116: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45622 mit SFR ohne Fahrereingriff, trockene Fahrbahn	163
Abbildung 117: Situationsdarstellung eines Abbiege-Unfall in PC-Crash	164
Abbildung 118: Situationsdarstellung „Längsverkehr mit FG“ in PC-Crash.....	165
Abbildung 119: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45783 mit SFR ohne Fahrereingriff	165
Abbildung 120: Situationsdarstellung „Längsverkehr mit RF“ in PC-Crash.....	166
Abbildung 121: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45008 mit SFR ohne Fahrereingriff	166
Abbildung 122: Maximal zu erwartender Nutzen eines SFR-Systems durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) bezogen auf alle SFR-relevanten Unfälle und alle Unfälle in der AZT-Datenbank	168
Abbildung 123: Maximaler Nutzen eines SFR-Systems durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) bezogen auf alle SFR-relevanten Unfälle und alle Unfälle in der AZT-Datenbank	173
Abbildung 124: IQF [Aktiv 2007].....	175
Abbildung 125: IQF-relevante Unfälle nach dem Geschlecht des Fahrers	179
Abbildung 126: Relativer Anteil des Fahrer geschlechts bei IQF-relevanten Unfällen bezogen auf erbrachte Fahrleistung.....	179
Abbildung 127: IQF-relevante Unfälle nach dem Alter des Fahrers	180
Abbildung 128: Relativer Anteil des Fahreralters bei IQF-relevanten Unfällen bezogen auf die erbrachte Fahrleistung.....	181
Abbildung 129: IQF-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen	181
Abbildung 130: LDW-relevante Unfälle nach der Ortslage.....	182
Abbildung 131: SWA-relevante Unfälle nach der Ortslage.....	182
Abbildung 132: IQF-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz	183
Abbildung 133: LDW-relevante Unfälle nach der Unfallart.....	184
Abbildung 134: SWA-relevante Unfälle nach der Unfallart.....	184
Abbildung 135: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp.....	185

Abbildung 136: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner	187
Abbildung 137: LDW-relevante Unfälle nach der CDC-Richtung	188
Abbildung 138: SWA-relevante Unfälle nach der CDC-Richtung	189
Abbildung 139: LDW-relevante Unfälle nach der groben Ausgangsgeschwindigkeit.....	189
Abbildung 140: SWA-relevante Unfälle nach der groben Ausgangsgeschwindigkeit.....	190
Abbildung 141: IQF-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES	190
Abbildung 142: IQF-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES.....	191
Abbildung 143: Verteilung der Unfallfolgen IQF-relevanter Unfälle nach VN und GES	192
Abbildung 144: Situationsdarstellung „Überschreiten der rechten Fahrbahnmarkierung“ in PC-Crash	197
Abbildung 145: Situationsdarstellung „Überschreiten der linken Fahrbahnmarkierung“ in PC-Crash	198
Abbildung 146: 3D Ansicht der Erst- und Zweitkollision	199
Abbildung 147: Situationsdarstellung „Kollision infolge eines Spurwechsels“ in PC-Crash	200
Abbildung 148: 3D Ansicht der Kollision.....	200
Abbildung 149: Situationsdarstellung „Kollision mit folgendem Fahrzeug beim Linksabbiegen oder Wenden“ in PC-Crash	202
Abbildung 150: 3D-Ansicht der Kollision mit den Endlagen der Fahrzeuge	202
Abbildung 151: Seitenversatzes beim Spurwechsel des GES	203
Abbildung 152: Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgendminderung) durch den Einsatz von IQF-Systemen gemäß der Entwicklungsstufen bezogen auf alle IQF-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle	205
Abbildung 153: Unfallgegner aller Unfälle im Kreuzungsbereich	216
Abbildung 154: KAS-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner	216
Abbildung 155: KAS-relevante Unfälle nach dem Geschlecht des Fahrers	217
Abbildung 156: Relativer Anteil des Fahrgeschlechts bei KAS-relevanten Unfällen bezogen auf die erbrachte Fahrleistung	218
Abbildung 157: KAS-relevante Unfälle nach dem Alter des Fahrers.....	218
Abbildung 158: Relativer Anteil des Fahreralters bei KAS-relevanten Unfällen bezogen auf die erbrachte Fahrleistung	220
Abbildung 159: KAS-relevante Unfälle nach der Ortslage und den Lichtverhältnissen.....	220
Abbildung 160: KAS-relevante Unfälle nach der Unfallart.....	221
Abbildung 161: KAS-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp	222
Abbildung 162: KAS-relevante Unfälle nach der CDC-Richtung	223
Abbildung 163: KAS-relevante Unfälle nach der groben Ausgangsgeschwindigkeit.....	224
Abbildung 164: KAS-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES	225
Abbildung 165: KAS-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES	226
Abbildung 166: Verteilung der Unfallfolgen KAS-relevanter Unfälle nach VN und GES	227
Abbildung 167: Unfallverursachende Fehlerarten [AKTIV-KAS-Vorhabenbeschreibung]	231
Abbildung 168: Kollision mit Gegenverkehr beim Linksabbiegen.....	232
Abbildung 169: Kollision mit Gegenverkehr beim Einfahren in abknickende Vorfahrtsstraße.....	232
Abbildung 170: Kollision mit querendem Verkehr.....	233
Abbildung 171: Auffahrunfall an lichtzeichengeregeltem Knotenpunkt	234
Abbildung 172: Maximales Vermeidbarkeitspotential der KAS-Entwicklungsstufen bezogen auf alle KAS-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle.....	235
Abbildung 173: Relevanz der Aktiv-Applikationen (als relevant einzustufende Fälle bezogen auf die untersuchten Fälle n=1731)	244
Abbildung 174: Mittels AGB-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung).....	245
Abbildung 175: Mittels SFR-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung).....	246

Abbildung 176: Mittels IQF-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung).....	247
Abbildung 177: Mittels KAS-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung).....	248
Abbildung 178: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgenminderung) in Deutschland im Jahr 2004 durch Einsatz der Aktiv-Applikationen. Anm.: Werte gerundet.....	249

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausrüstungsquoten in Prozent [%] verschiedener Ausstattungen nach [DAT, 2007].....	34
Tabelle 2: Bezeichnung der Allianz-Schadenart bei Haftpflichtschäden	56
Tabelle 3: Anzahl der Haftpflichtschäden des GDV und der Allianz im Jahr 2004.....	56
Tabelle 4: Anzahl der Personen- und Sachschäden aller Fahrzeugarten der Allianz in Deutschland und Bayern im Jahr 2004.....	57
Tabelle 5: Für AKTIV ausgewertete Merkmale (Felder) und deren Merkmalsausprägungen ...	60
Tabelle 6: Füllungsgrad der allgemeinen Unfalldaten	61
Tabelle 7: Füllungsgrad der fahrzeugbezogenen Unfalldaten des VN	61
Tabelle 8: Füllungsgrad der fahrzeugbezogenen Unfalldaten des GES	62
Tabelle 9: Vergleich der Ortslage aus Unfällen von Pkw als Hauptverursacher mit Personenschaden [StBA, 2005] und der AZT-Datenbank	64
Tabelle 10: Vergleich der Unfalltypen für Pkw-Unfälle mit Personenschaden in Deutschland [BASt, 2006].....	64
Tabelle 11: Vergleich der Unfallbeteiligten aus Unfällen mit Personenschaden und dem Pkw als Hauptverursacher in Deutschland [StBA, 2004].....	66
Tabelle 12: Infrastruktur-, Bestands- und Unfalldaten Bayern - Deutschland im Vergleich, Stand: 31.12.2004 [StBA, 2005], [www.kba.de].....	68
Tabelle 13: Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle nach Ortslage.....	70
Tabelle 14: Anteil des Fahreralters nach Geschlecht.....	72
Tabelle 15: Anteil der Ortslage nach Lichtverhältnissen	75
Tabelle 16: Anteil der Unfallart nach Ortslage.....	77
Tabelle 17: Anteil des Unfalltyps nach Ortslage.....	79
Tabelle 18: Anteil ausgewählter Unfalluntertypen	79
Tabelle 19: Anteil der Unfallursachen nach Geschlecht des Unfallverursachers	81
Tabelle 20: Anteil der Unfallgegner (Fahrzeugart des Geschädigten) nach Ortslage	82
Tabelle 21: Verteilung der CDC-Richtung nach VN- und GES-Fahrzeug	83
Tabelle 22: Unfallfolgen nach VN und GES	84
Tabelle 23: Aus den Schadenakten der AZT-Datenbank extrahierte und für eine FAS-Funktion als relevant einzustufende Fälle	85
Tabelle 24: AGB-relevante Unfälle nach Fahreralter und Geschlecht.....	90
Tabelle 25: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen.....	92
Tabelle 26: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Unfallstelle im Straßennetz.....	93
Tabelle 27: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Unfallart	94
Tabelle 28: Häufigste Unfalluntertypen der AGB-relevanten Unfälle	95
Tabelle 29: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Unfalluntertyp	96
Tabelle 30: AGB-relevante Unfälle nach Unfallgegner und Ortslage	97
Tabelle 31: Lenkverhalten des VN in der Pre-Crash-Phase.....	100
Tabelle 32: Unfallfolgen des VN und GES bei AGB-relevante Unfälle.....	101
Tabelle 33: Einteilung der Szenarien zur Vermeidbarkeitsbestimmung	102
Tabelle 34: Überblick über die Unfallkonfigurationen aller AGB-relevanten Unfälle und deren Häufigkeit.....	103
Tabelle 35: Überblick über die verwendeten Unfallkonfigurationen zur PC-Crash Simulation und deren Häufigkeit.....	104
Tabelle 36: Maximale Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgenminderung) gemäß der in den Szenarien definierten Auslegungskriterien bezogen auf alle AGB-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle.....	116
Tabelle 37: Volkswirtschaftliche Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006].....	118

Tabelle 38: Verunglückte bei Unfällen von zwei Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher im Jahr 2004 [StBA, 2005]	118
Tabelle 39: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) je Szenario in Deutschland im Jahre 2004	119
Tabelle 40: Nicht von der Versicherung abgedeckte mittlere schadenbedingte Kosten pro Unfall für verschiedene Fahrzeugarten [GSV, 1995]	121
Tabelle 41: Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgendminderung) gemäß der in den Szenarien definierten Auslegungskriterien bezogen auf alle AGB-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle	125
Tabelle 42: Spezifikationen der Sensorik für den Versuchsträger von VW / Audi [AKTIV SFR, 2007].....	130
Tabelle 43: SFR-relevante Unfälle nach Fahreralter und Geschlecht	133
Tabelle 44: SFR-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen	136
Tabelle 45: SFR-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz und Ortslage.....	137
Tabelle 46: SFR-relevante Unfälle nach Unfallart bzgl. der Ortslage	138
Tabelle 47: SFR-relevante Unfälle nach Unfalltyp und Ortslage	139
Tabelle 48: SFR-relevante Unfälle nach Unfalluntertyp	140
Tabelle 49: SFR-relevante Unfälle nach Lenkreaktion von VN und GES.....	144
Tabelle 50: SFR-relevante Unfälle nach Unfallfolgen des GES	144
Tabelle 51: Überblick über SFR-Unfallkonfiguration und ihr Aufkommen	146
Tabelle 52: Maximal zu erwartender Nutzen eines SFR-Systems gemäß den spezifizierten Unfallkonfigurationen durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung). Zum Einen bezogen auf alle SFR-relevanten Unfälle und zum Anderen bezogen auf alle Unfälle in der AZT-Datenbank	167
Tabelle 53: Verunglückte RF und FG bei Unfällen mit einem Pkw im Jahr 2004 [StBA, 2005].....	169
Tabelle 54: Maximal durch SFR-Systeme durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden in Deutschland für das Jahr 2004.....	169
Tabelle 55: Übersicht über SFR-Unfallkonfigurationen und ihr Aufkommen	172
Tabelle 56: Unterschiedliche Konzepte der Hersteller, Stand 17.04.2007	177
Tabelle 57: IQF-relevante Unfälle nach dem Fahreralter und dem Geschlecht	180
Tabelle 58: IQF-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz.....	183
Tabelle 59: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp und der Ortslage	185
Tabelle 60: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfalluntertyp.....	186
Tabelle 61: LDW- und SWA-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner	187
Tabelle 62: IQF-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES	191
Tabelle 63: IQF-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES.....	192
Tabelle 64: Verteilung der Unfallfolgen IQF-relevanter Unfälle	193
Tabelle 65: Einteilung der Szenarien zur Vermeidbarkeitsbetrachtung.....	194
Tabelle 66: Überblick über die Unfalltypen aller IQF-relevanten Unfälle und deren Häufigkeit.....	195
Tabelle 67: Überblick über die verwendeten Unfallkonfigurationen zur PC-Crash Simulation und deren Anteile an den IQF-relevanten Unfällen.....	196
Tabelle 68: Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgendminderung) durch den Einsatz von IQF-Systemen gemäß der Entwicklungsstufen bezogen auf alle IQF-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle.....	205
Tabelle 69: Volkswirtschaftliche Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006].....	207
Tabelle 70: Verunglückte bei Unfällen mit zwei Beteiligten und einem Pkw als Hauptverursacher im Jahr 2004 [StBa, 2005].....	207

Tabelle 71:	Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) für Deutschland für das Jahr 2004.....	208
Tabelle 72:	Maximal vermeidbare Unfallfolgen (exkl. Unfallfolgendminderung) mit Hilfe eines IQF-Systems	208
Tabelle 73:	Aus Versuchen ermittelte Fahrerreaktionszeit nach [Grandel, 1980]	209
Tabelle 74:	Maximales Vermeidbarkeitspotential von IQF-Systemen (exkl. Unfallfolgendminderung) gemäß der in den einzelnen Szenarien definierten Funktionen bezogen auf alle IQF-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle	211
Tabelle 75:	Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden (exkl. Unfallfolgendminderung) je Szenario in Deutschland im Jahre 2004	212
Tabelle 76:	Ziele und Schwerpunkte der Teilprojekt-Partner, Stand 28.02.2006	214
Tabelle 77:	KAS-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner und der Ortslage	217
Tabelle 78:	KAS-relevante Unfälle nach dem Fahreralter und dem Geschlecht	219
Tabelle 79:	KAS-relevante Unfälle nach der Ortslage und den Lichtverhältnissen	221
Tabelle 80:	KAS-relevante Unfälle nach der Unfallart und der Ortslage	222
Tabelle 81:	KAS-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp und der Ortslage	223
Tabelle 82:	Verteilung der CDC-Richtung nach VN- und GES-Fahrzeug bei KAS-relevanten Unfällen	224
Tabelle 83:	Verteilung der groben Ausgangsgeschwindigkeit nach VN- und GES-Fahrzeug bei KAS-relevanten Unfällen	225
Tabelle 84:	KAS-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES	226
Tabelle 85:	KAS-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES	227
Tabelle 86:	Verteilung der Unfallfolgen KAS-relevanter Unfälle nach VN und GES	228
Tabelle 87:	Überblick über die Unfalltypen aller KAS-relevanten Unfälle und deren Häufigkeit	230
Tabelle 88:	Überblick über die verwendeten Unfallkonfigurationen und deren Häufigkeit	230
Tabelle 89:	Maximales Vermeidbarkeitspotential der KAS-Entwicklungsstufen bezogen auf alle KAS-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle	235
Tabelle 90:	Maximale volkswirtschaftliche Kostensätze je Unfall nach [BAST, 2006]	237
Tabelle 91:	Verunglückte bei Unfällen von zwei Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher im Jahr 2004 [StBa, 2005]	237
Tabelle 92:	Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden je Szenario in Deutschland für das Jahr 2004	238
Tabelle 93:	Maximales Vermeidbarkeitspotential der einzelnen Szenarien bezogen auf alle KAS-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle	241
Tabelle 94:	Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden je Szenario in Deutschland im Jahre 2004	241
Tabelle 95:	Aus den Schadenakten der AZT-Datenbank extrahierte und für eine Aktiv-Applikation als relevant einzustufende Fälle (Wirkfeld)	244
Tabelle 96:	Mittels AGB-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)	245
Tabelle 97:	Mittels SFR-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)	246
Tabelle 98:	Mittels IQF-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)	247
Tabelle 99:	Mittels KAS-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)	248

Tabelle 100: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung
(exkl. Unfallfolgenminderung) in Deutschland im Jahr 2004 durch Einsatz
der Aktiv-Applikationen. Anm.: Werte gerundet.....249

1 Einführung

1.1 Verkehrs- und Unfallentwicklung

Mobilität ist einer der wichtigsten Faktoren einer funktionierenden Industriegesellschaft, der nahezu alle Lebensbereiche betrifft. Ob im Arbeitsleben oder in der Freizeit, „mobil“ zu sein ist die Voraussetzung nahezu aller Handlungen. Diese Mobilität muss jedoch teuer erkauft werden. Im Jahr 2008 wurden allein in Deutschland durch Unfälle, bei denen ein Pkw Hauptverursacher war, 2.439 Menschen tödlich verletzt [Destatis, 2009].

Der Verkehrsunfall ist für die Altersklasse der 14 bis 25-jährigen Menschen die Todesursache Nr. 1. Jeder Dritte wird im Laufe seines Lebens bei einem Unfall verletzt. Die unmittelbar messbaren Kosten von Verkehrsunfällen belaufen sich auf 45 Milliarden Euro jährlich. Die indirekten Kosten (einschließlich der körperlichen und seelischen Schäden der Opfer und ihrer Angehörigen) liegen drei- bis viermal höher (wenn eine monetäre Bewertung überhaupt möglich ist). Dementsprechend wird ein Betrag von 160 Milliarden Euro jährlich angesetzt. Dies entspricht immerhin zwei Prozent des Bruttosozialprodukts der Europäischen Union. [Europäische Kommission, 2001]

Den Innovationen in der Medizin, der KFZ- und Verkehrstechnik, der Gurtpflicht, der Promillegrenze und den Infrastrukturmaßnahmen ist es zu verdanken, dass die Anzahl der im Straßenverkehr getöteten Personen seit vielen Jahren rückläufig ist. Diesen Innovationen steht allerdings der rasante Anstieg der Fahrleistung bei gleichzeitig praktisch konstant gebliebener Länge des Straßennetzes gegenüber (Abbildung 1).

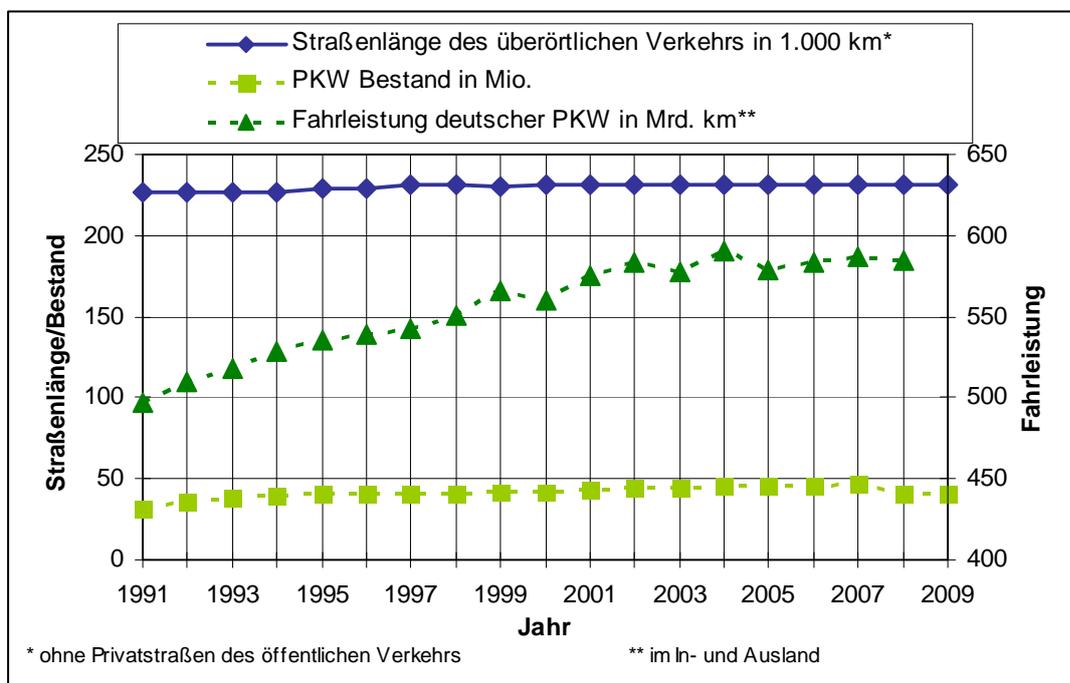


Abbildung 1: Entwicklung der Straßenlänge, des Pkw-Bestandes und der Fahrleistung in Deutschland von 1991 bis 2009 [Destatis, 2009; www.bast.de, 2010; www.kba.de, 2010; www.statistik-portal.de, 2010; www.bgl-ev.de]

Die zentrale Lage Deutschlands innerhalb Europas, der steigende Güteraustausch im europäischen Binnenmarkt und das Wirtschaftswachstum tragen zusätzlich zur immer mehr zunehmenden Verkehrsdichte auf deutschen Straßen bei. Dass es trotz immer dichter werdenden Verkehrs zu einer Senkung der Getöteten durch Verkehrsunfälle gekommen ist, wird zum großen Teil der immer weiter verbesserten passiven Sicherheit, wie optimierten Knautschzonen, Rückhaltesystemen, Airbags, und den Fortschritten der Medizin und des Rettungswesens zuzuschreiben sein. Abbildung 2 zeigt eine Übersicht über die Häufigkeiten der Unfälle mit Sach- und Personenschaden und der insgesamt vorgefallenen Haftpflichtschäden in Deutschland. Die Haftpflichtschäden des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) enthalten, zusätzlich zu den vom Statistischen Bundesamt geführten Unfällen, alle Kleinschäden wie z. B. Park- und Rangierunfälle, die nicht polizeilich gemeldet wurden. Ferner verdeutlicht Abbildung 2, dass die Anzahl der Unfälle insgesamt in den letzten Jahren relativ konstant geblieben ist.

Da die Systeme der passiven Sicherheit einen sehr hohen Reifegrad erreicht haben, wird von diesen zukünftig kein bedeutender zusätzlicher Nutzen zu erwarten sein. Des Weiteren eignen sich diese Systeme zwar, die Unfallschwere zu mindern, nicht jedoch die Anzahl der Unfälle zu verringern. Dies bestätigt auch ein Vergleich der Entwicklung der Anzahl der Unfälle mit Personen- und Sachschaden (Abbildung 2) und der Anzahl der Getöteten der letzten Jahre (Abbildung 3). Der auffallende Anstieg der Haftpflichtschäden im Jahre 1989/90 resultiert aus der deutschen Wiedervereinigung mit einer deutlichen Zunahme der versicherten Fahrzeuge in Deutschland. Grund für den fast gleichzeitigen Rückgang der Sachschäden nach Bundesstatistik ist eine Änderung der Erfassungskriterien bei Verkehrsunfällen in Bezug auf Unfälle mit Sachschaden.

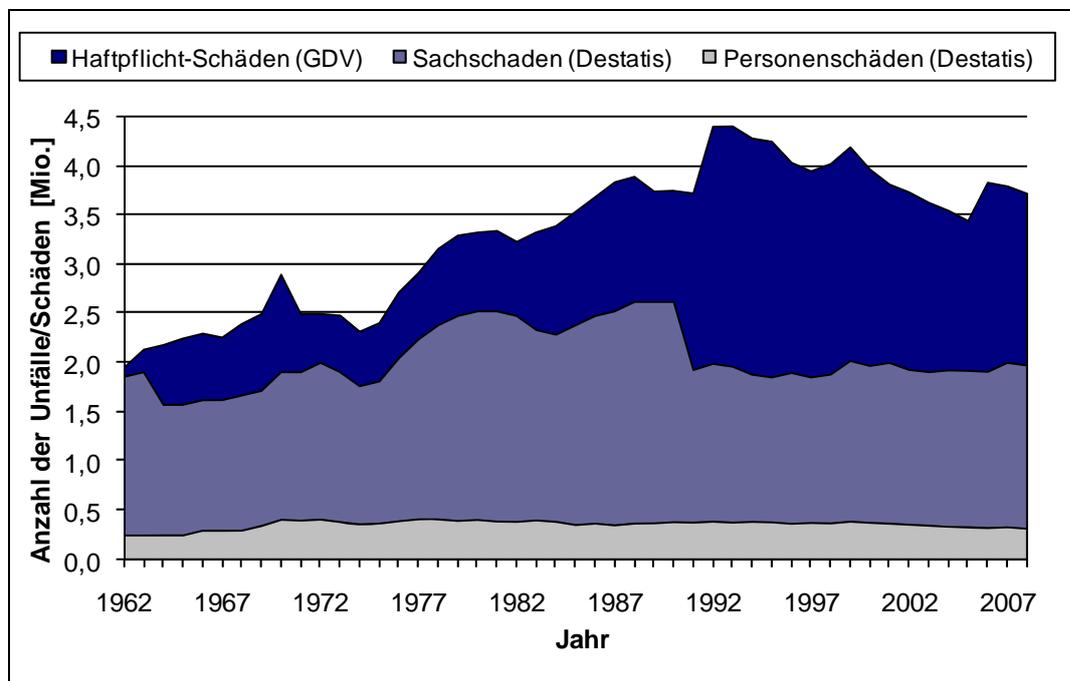


Abbildung 2: Entwicklung der Schäden in Deutschland von 1962 bis 2008 [GDV, 2006; Destatis, 2009, <http://visportal.gdv.org>, 2010]

Auch aktive Sicherheitssysteme der ersten Generation, wie z. B. ABS oder ESP, haben mittlerweile einen hohen Entwicklungsstand erreicht und werden keine signifikant größeren Unfall-

vermeidungspotenziale erwarten lassen, die auf einer Weiterentwicklung dieser Systeme beruhen. Gekoppelt mit Informationen aus dem Fahrzeugumfeld können aktive Sicherheitssysteme der aktuellen und nächsten Generation aber erhebliche Potenziale zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und somit zur Senkung der Unfallanzahl eröffnen. Ob solche Systeme am Markt zum Einsatz kommen und auch akzeptiert werden, sind Fragen, die maßgeblich von der Gesetzgebung, den Kosten, der Bedienerfreundlichkeit und der Vermarktung entschieden werden. Ein weiterer wesentlicher Faktor ist, wie wirksam das jeweilige System sein wird und somit zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen kann.

1.2 Europäische Charta für die Straßenverkehrssicherheit

Hierbei handelt es sich um eine Aktion der Generaldirektion für Energie und Verkehr in der Europäischen Kommission. Unter dem Titel „25.000 Leben retten“ hat diese die politische Aufgabe der Unfallverhütung im Straßenverkehr nach einem tatsächlich prüfbar Maß zum Ziel. Vorrangiges Ziel der EU-Verkehrspolitik ist es somit, die Anzahl der jährlichen Verkehrstoten in Europa von 2001 bis zum Jahr 2010 auf 25.000 zu halbieren. Teilnehmer dieser Aktion können Behörden und Verbände ebenso wie Betriebe, Konzerne, Medien, Kommunen oder Vereine sein. Die Mitgliedschaft zur Charta verpflichtet zu spezifischen Aktionen, Maßnahmen, Programmen o. ä., die der Steigerung der Verkehrssicherheit dienen. Zurzeit haben sich 674 Unterzeichner der Aktion angeschlossen (weitere Informationen unter www.erscharter.eu). Bezieht man das Ziel der Halbierung der Anzahl der Verkehrstoten auf Deutschland, so dürften im Jahr 2010 „nur“ noch knapp 3.500 ihr Leben auf deutschen Straßen verlieren. Etwa zur Mitte des Zeitraumes, also Ende 2005, wurde eine Reduzierung um ca. 23 % erreicht (Abbildung 3). Auch dies dient als Motivation zur vorliegenden Untersuchung, denn ein breiter Serieneinsatz aktiver (eingreifender) Fahrerassistenzsysteme wird ein bisher nur teilweise genutztes Verbesserungspotential weiter erschließen.

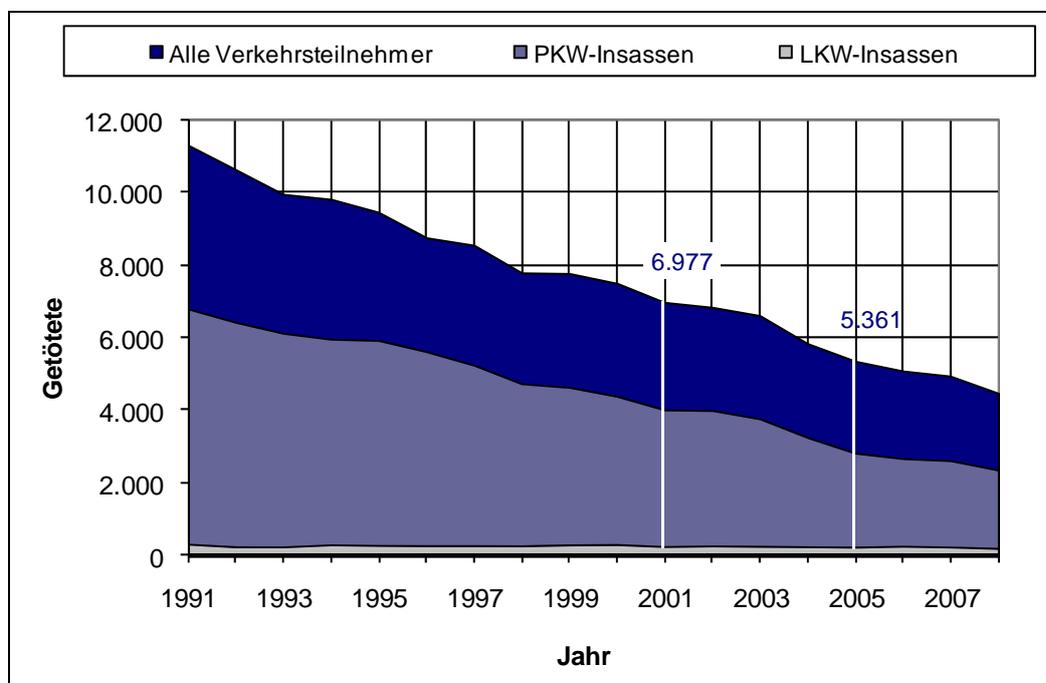


Abbildung 3: Verkehrstote in Deutschland von 1991 bis 2008 [Destatis, 2009]

2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, das Wirkpotenzial und den tatsächlich zu erwartenden Nutzen einer Aktiven Gefahrenbremsung (AGB), eines Systems zur Sicherheit von Fußgängern und Radfahrern (SFR), einer Integrierten Querführung (IQF) und eines Kreuzungsassistenten (KAS) bei Pkw zu bestimmen.

Zusätzlich sollen Informationen zum allgemeinen Unfallgeschehen, aber auch Detailinformationen zu den für die jeweilige Applikation relevanten Unfällen zur Verfügung gestellt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, ergeben sich folgende Aufgabenstellungen:

- Literaturrecherche über bereits existierende Studien zu Fahrerassistenzsystemen und Systemen der aktiven Sicherheit
- Entwicklung eines Auswertetableaus zum Aufbau einer Realunfalldatenbank, hierbei sollen unter anderem folgende Informationen enthalten sein:
 - Unfallhergang
 - Unfallstruktur (Unfalltyp, -art, Ortslage, Tageszeit)
 - Fahrzeugspezifische Merkmale (z. B. Fahrzeugalter, -klasse)
 - Fahrerspezifische Merkmale (z. B. Geschlecht, Fahreralter)
 - Unfallursachen
 - Schaden am Kfz (Stoßrichtung, Lage des Schaden am Fahrzeug)
 - Relevanz von Fahrerassistenzsystemen
- Auswerten von ca. 1.800 Schadenakten
- Erstellen einer Unfallstrukturanalyse der ausgewerteten Unfälle
- Erstellen einer In-Depth-Analyse zu allen applikationsrelevanten Unfällen
- Vermeidbarkeitsbetrachtungen mittels PC-Crash¹-Simulation.
- Wirkungsanalyse und Bestimmung des Nutzens der einzelnen FAS-Applikationen
- Aufzeigen von eventuellen Einschränkungen der Vermeidbarkeit (Nutzeneinschränkungen) durch Fahrerassistenz-Systemgrenzen.

¹ PC-Crash © ist ein Produkt der Firma DSD – Dr. Steffan Datentechnik, Linz, Austria

3 Begriffe der Unfallforschung

Ziel dieses Kapitels ist die Erklärung und Beschreibung von Begriffen der Unfallforschung unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Literaturstellen.

3.1 Risiko

Unter dem Risiko eines technischen Vorgangs wird nach DIN 31004 eine Wahrscheinlichkeitsaussage verstanden, welche die zu erwartende Schadenhäufigkeit und den Schadenumfang erfasst. In der Versicherungswirtschaft wird somit unter Risiko das Produkt aus Häufigkeit des Ereignisses (oder Eintrittswahrscheinlichkeit) und Schadenausmaß verstanden.

[Unger, 2004]:

Das Konzept des Risikos enthält stets zwei Elemente: die Möglichkeit (d.h. die Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit), mit der das schadenbringende Ereignis eintritt und die daraus entstehenden Folgen.

[Hautzinger, 2006]:

Hierbei handelt es sich um einen „State-of-the-Art“ Bericht, der im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes TRACE erstellt wurde. Hier werden allgemeine Begriffe der Verkehrsstatistik sowie Methoden zur Risikoabschätzung in der Unfallforschung gegeben. Speziell wird hier das Risiko behandelt, in einen Unfall verwickelt zu werden. Grundlage sind Untersuchungen, die über einen bestimmten Zeitraum eine definierte Anzahl von Fahrern und deren Fahrten (mit und ohne Unfall) beinhalten. Dies ist auch der Punkt, welcher die Anwendung dieser Arbeit für diesen Bericht einschränkt. Grundlage dieses Berichtes ist eine Datenbank, bei der nur Fahrten mit Unfällen, nicht aber unfallfreie Fahrten enthalten sind. Darüber hinaus werden unter anderem die Themen: Risiko, relatives Risiko, zurechenbares Risiko, Odds Ratio, Anteil, Dichte und diesbezüglich relevante statistische Methoden erläutert.

3.2 Sicherheit

Mit abnehmender Sicherheit steigt das Risiko. Die Sicherheit wird im Straßenverkehr aufgeteilt in

- Sicherheit der Verkehrswege
- Sicherheit des Menschen
- Sicherheit des Fahrzeugs,

hier dann jeweils in

- aktive Sicherheit und
- passive Sicherheit.

Sicherheit ist eng mit dem Begriff Risiko verbunden. Im Zustand der Sicherheit, ist das tatsächlich vorhandene Risiko kleiner als das größte noch vertretbare Risiko. Eine absolute Sicherheit ohne jegliches Risiko gibt es weder in der Technik noch in der Natur. Sicherheit ist aber auch definiert als die „Freiheit von nicht akzeptierbarem Risiko“ (DIN EN 45020).

3.3 Unfall

Für die Beschreibung des Verkehrsunfalls allgemein genügt die losgelöste Betrachtung des Fahrzeugs vom Fahrer sowie der Fahrumgebung nicht [Appel et al., 2002]. Stand der aktuellen Unfallforschung ist die Betrachtung des Regelkreises Fahrer – Fahrzeug – Umwelt. In diesem Sinne ist der Unfall definiert als unzulässige Abweichung der Regelgröße von der Führungsgröße. Bei entsprechender Definition der unzulässigen Abweichung können auch Beinaheunfälle als Unfälle in diesem Sinn gesehen werden. Juristisch gesehen ist der Unfall als „plötzliches, mit mechanischer Kraft von außen einwirkendes nicht voraussehbares Ereignis“ definiert. Der Straßenverkehrsunfall somit als „Schädigung (Sachschaden, Tötung, Verletzung) infolge des Fahrverkehrs auf öffentlichen Wegen und Plätzen“ definiert.

3.4 Unfallkomponenten

Unfallkomponenten finden sich bei den Regelkreisbestandteilen Fahrer, Fahrzeug und Umwelt. Störungen können nach [Albus, 1993] in allen diesen Komponenten auftreten.

3.5 Unfallphasen

[Appel et al., 2002] teilen den Unfall in vier Phasen ein. Die Einlaufphase beschreibt den Zeitraum vom Erkennen der kritischen Situation bis zum ersten Kontakt mit dem Hindernis oder dem Unfallgegner. Die Kollisionsphase schildert den Zeitraum, in dem die Fahrzeuge oder das Unfallfahrzeug und das Hindernis Kontakt miteinander haben. Bei Mehrfachkollisionen gibt es somit auch mehrere Kollisionsphasen. Die Auslaufphase beginnt mit dem Lösen der Kollisionspartner voneinander. Sie endet entweder mit dem Stillstand der Kollisionspartner oder mit dem Beginn einer weiteren Kollisionsphase. Die letzte Auslaufphase eines Unfalls endet mit dem Stillstand der Kollisionspartner. Die Folgephase beginnt mit dem Stillstand der Kollisionspartner. In die Folgephase fällt das Eintreffen der Rettungsdienste, die medizinische Versorgung und dergleichen.

3.6 Unfallart

Nach [ISK, 1998] und [StBA, 2006] beschreibt die Unfallart vom gesamten Unfallablauf nur die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer. Es wird in zehn verschiedene Unfallarten unterschieden. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Unfallarten wird in Anhang I gegeben.

3.7 Unfalltyp

In dieser Arbeit wurde die Einteilung nach [ISK, 1998] bzw. [StBA, 2006] verwendet. Der Unfalltyp bezeichnet den Verkehrsvorgang bzw. die Konfliktsituation, woraus der Unfall entstanden ist. Hierbei wird nach sieben Unfalltypen unterschieden. Eine genauere Unterteilung der Unfalltypen wird in Anlage II gegeben.

3.8 Rekonstruktionsmethoden

Die klassische Methode der Unfallrekonstruktion ist die Rückwärtsrechnung. Ausgangspunkt für die Berechnungen ist die Endstellung der Fahrzeuge. Von hier aus wird in die Kollisionsstelle zurückgerechnet. Jetzt wird die Kollision an sich berechnet, was mit Hilfe der Erhaltungssätze von Masse, Impuls, Drall und Energie erfolgt. Als letzter Schritt wird nun die Kollisionseinlaufphase der Fahrzeuge berechnet, was u. a. die Geschwindigkeit der Fahrzeuge ergibt. Diese Methode ist nicht für Kraftberechnungen geeignet.

Bei der Vorwärtsrechnung, die erst durch leistungsfähige Rechner an Bedeutung gewonnen hat, werden wesentlich komplexere Modellansätze für die Kollision und das Fahr- und Schleuderverhalten verwendet. Ausgangspunkt dieser Methode ist meist der Einlauf in die erste Kollision. Über die Berechnung des Stoßvorganges und des Auslaufs wird bis in die Endlagen der Fahrzeuge gerechnet. Das Übereinstimmen der bekannten Endlagen mit den berechneten Endlagen erfolgt durch die Variation der Stoß- und Auslaufparameter.

3.9 Vermeidbarkeit

Ein Unfall ist für einen Beteiligten vermeidbar, wenn bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder bei angemessener menschlicher Reaktion die Kollision nicht stattgefunden hätte. Es wird im Allgemeinen zwischen der räumlichen und der zeitlichen Vermeidbarkeit unterschieden.

Kommt ein Beteiligter unter Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder der angemessenen Reaktionszeit vor der Unfallstelle zum Stehen, wird also die Unfallstelle erst gar nicht erreicht, so spricht man von räumlicher Vermeidbarkeit.

Kommt ein Beteiligter unter Einhaltung der oben genannten Bedingungen später an die Stelle der Kollision und gibt damit dem zweiten Beteiligten die Möglichkeit die Unfallstelle zu verlassen, so spricht man von zeitlicher Vermeidbarkeit.

3.10 Reaktion

[Hugemann, 2007] unterscheidet drei Reaktionstypen. Die einfache, die GoNoGo- und die Wahl-Reaktion können im sog. Verarbeitungsstufenmodell vereinigt werden. Dieses Modell, Einflussquellen auf die Reaktionszeit sowie Empfehlungen zur Bemessung der Reaktionszeit werden im zitierten Nachschlagewerk beschrieben.

Der 20. Deutsche Verkehrsgerichtstag sprach Empfehlungen zur Bemessung der Reaktionsdauer von Kraftfahrzeugführern bei Notbremsungen aus. Die empirische Basis hierfür waren Untersuchungen, die bei [Burckhardt, 1958] veröffentlicht sind. Die Reaktionszeiten (siehe Abbildung 4) wurden durch Fahrversuche mit 3841 Messungen von zwei Pkw und 41 Versuchspersonen im Alter von 20 bis 57 Jahren ermittelt. Nur in 3,5 % der Fälle reagieren die Versuchspersonen schneller als 0,4 s und nur in 5 % langsamer als 1,1 s. Wird davon ausgegangen, dass der durchschnittliche Verkehrsteilnehmer beim Bremsen mindestens so schnell reagiert wie 95 % der Versuchspersonen, so kann als Anhaltswert 1,1 s verwendet werden. Unterscheidet man weiterhin noch, ob eine Blickbewegung des Auges notwendig war oder nicht, ergeben sich 1,5 s oder 1,0 s unter Berücksichtigung des 98 %-Perzentils.

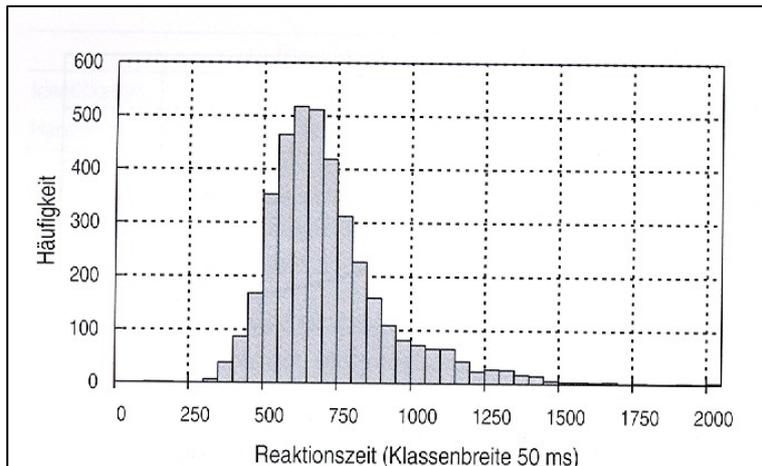


Abbildung 4: Aus Versuchen ermittelte Reaktionszeiten [Hugemann, 2007]

3.11 Bewegungsgeschwindigkeiten von Fußgängern

Im „Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion“ [Burg et al., 2007], Teil A10 Fußgängerunfälle, Kapitel 4 „Daten für Berechnungen“, werden Bewegungsgeschwindigkeiten und anthropometrische Daten von Fußgängern beschrieben. Es werden Geschwindigkeiten für verschiedene Bewegungsarten in longitudinaler Richtung (Abbildung 5), für Bewegungen unter besonderen Bedingungen (z.B. Personen mit Krücken, Kinder mit Rollschuhen, usw.) sowie für Körperdrehbewegungen angegeben. Bedeutend ist insbesondere die Tabelle nach Abbildung 5, die mittlere Werte für die gemessenen Fußgängergeschwindigkeiten enthält. Diese objektiven Messwerte werden durch von Beobachtern geschätzte Geschwindigkeitswerte verschiedener Fußgängerbewegungen ergänzt.

	Alter der Fußgänger in Jahren												
	6-7		14-15		20-30		30-50		50-60		70-80		
	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	
Gehen	1,5	1,5	1,7	1,6	1,2	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,0	1,1	
Schnell gehen	2,0	2,0	2,2	1,9	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,4	1,3	
Laufen	A	3,4	2,8	4,0	3,0	3,0	4,0	3,6	3,6	3,5	3,3	2,0	1,7
	B	3,1	2,8	3,4	3,0	3,0	3,2	3,2	3,2	3,0	3,0	2,0	1,7
Rennen	A	4,2	4,0	5,4	4,8	7,4	6,1	6,5	5,5	5,3	4,6	3,0	2,3
	B	3,6	3,4	4,2	3,9	4,9	5,0	5,0	4,7	4,0	4,1	2,5	2,1
Laufen = normaler Dauerlauf Rennen = Schnellstmögliche Bewegungsart						A = Stehender Start, nach 10 m Wegstrecke B = Fliegender Start							

Abbildung 5: Gemessene Geschwindigkeiten von Fußgängern in m/s [Burg et al., 2007]

3.12 Bewegungsgeschwindigkeiten von Radfahrern

[Hugemann, 2007] zeigt unterschiedliche Möglichkeiten zur Bestimmung der Fahrradgeschwindigkeit auf. Das Schließen auf die Geschwindigkeit über den eingelegten Gang wird hier als eine Variante genannt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Kette bei der Kollision übergesprungen oder der Schalthebel verstellt worden sein könnte. Die Angaben in Abbildung 6 basieren auf 1.110 Einzelbeobachtungen, wobei sich mittlere Geschwindigkeiten von 18 km/h für Frauen und 21 km/h für Männer ergaben. Abbildung 7 zeigt Geschwindigkeiten,

die über Altersspannen aufgetragen sind. Hierbei erwähnt der Verfasser, dass diese aber stark von individuellen Faktoren abhängig sind.

	Frauen [km/h]	Männer [km/h]
20%-Perzentil	14	16
Mittelwert	18	21
80%-Perzentil	21	24

Abbildung 6: Geschwindigkeitsangaben für Radfahrer nach Geschlecht [Hugemann, 2007]

Alter	Geschwindigkeit [km/h]
< 15 Jahre	13 ... 17
15 ... 45 Jahre	20 ... 27
> 45 Jahre	21

Abbildung 7: Geschwindigkeitsangaben für Radfahrer nach Alter [Hugemann, 2007]

3.13 Beulenversatz und Aufwurfweite

Beulenversatz ist der Abstand zwischen einer deutlichen Eindellung an der Fahrzeugfront (vorzugsweise Motorhaube vom Kontakt mit Bein oder Hüfte) und der Kopfaufprallstelle (auf der Motorhaube, Frontscheibe oder dem Dachrahmen), gemessen quer zur Fahrzeuginnenachse (Abbildung 8) [Burg et al., 2007]. Die Aufwurfweite ist der Abstand zwischen der Erstkontaktstelle an der Fahrzeugfront und der Mitte der Kopfaufschlagstelle, gemessen in horizontaler Richtung [Burg et al., 2007].

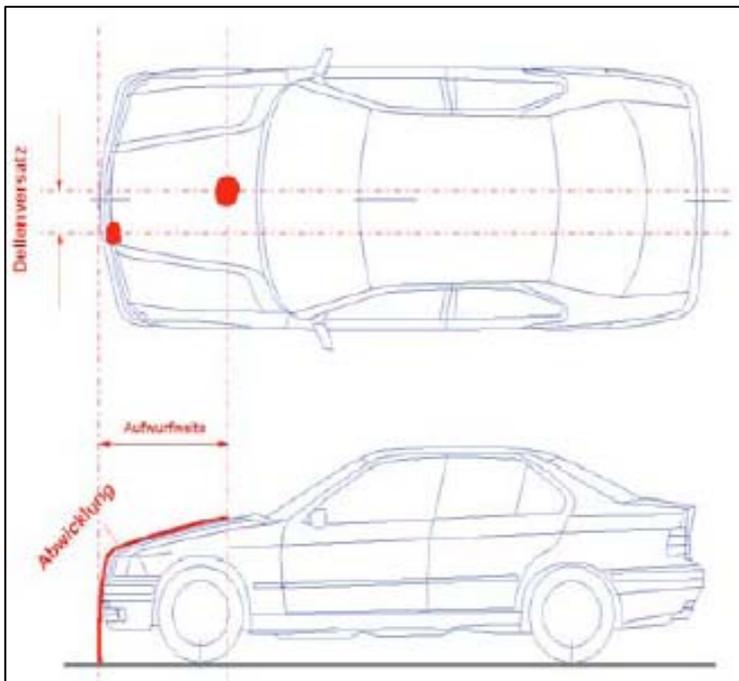


Abbildung 8: Beulenversatz und Aufwurfweite [Burg et al., 2007]

3.14 Time To Collision (TTC)

Time To Collision beschreibt die Zeit bis zur Kollision. Diese ist maßgebend für die Auslösung von aktiven Fahrerassistenzsystemen, wobei sie von den Systementwicklern für die jeweilige Anforderung bestimmt wird. Time To Collision ist wie folgt definiert.

$$TTC [s] = \frac{s [m]}{V_{rel} [m / s]}$$

Dabei steht s für den Weg bis zum Hindernis oder Kollisionspartner und V_{rel} für die relative Geschwindigkeit der Partner zueinander.

3.15 Anstoß-Richtung des Fußgängers

[Kühn, 2007] gibt eine Häufigkeitsverteilung der Stellung des Fußgängers zur Fahrzeugfront an (Abbildung 9). In 83,4% der betrachteten Fälle wird der Fußgänger in 3 Uhr- und 9 Uhr-Position erfasst. Für die Anstoßrichtung 2-4 Uhr und 8-10 Uhr erhöht sich dieser Wert auf 92,2%.

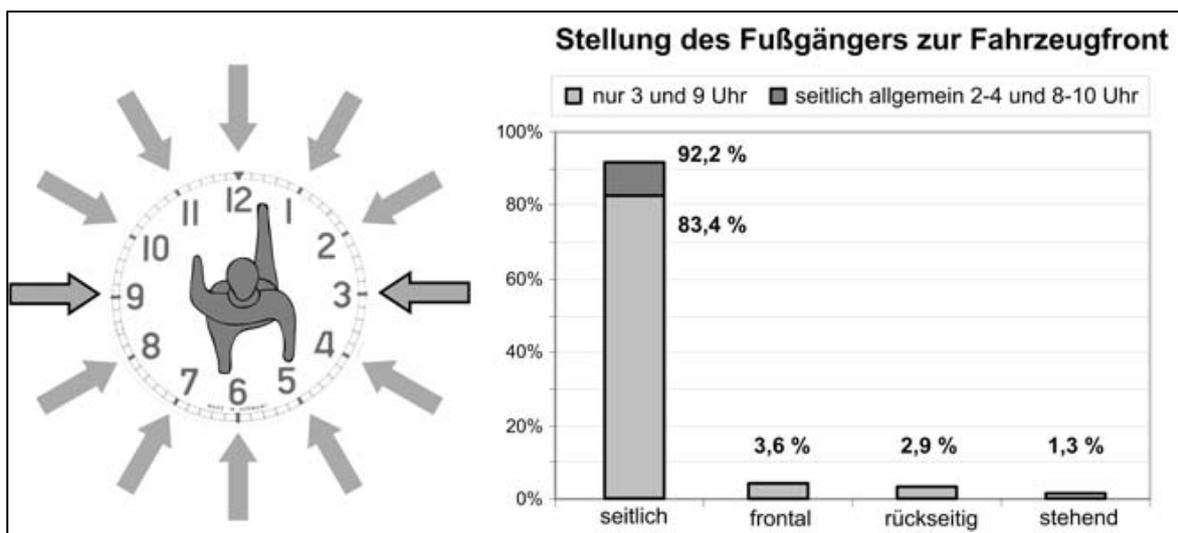


Abbildung 9: Anstoß-Richtung des Fußgängers [Kühn, 2007]

3.16 Gefährdungshaftung

Der Gefährdungshaftung liegt die Annahme zugrunde, dass von bestimmten Maschinen, beispielsweise einem Auto, grundsätzlich bei normalem Betrieb gewisse Gefahren ausgehen. So kann es passieren, dass ein Auto- oder auch Motorradfahrer – auch wenn er die Regeln der Straßenverkehrsordnung einhält, vorsichtig und den Verkehrsverhältnissen angemessen fährt – bei einem Unfall trotzdem für den Schaden aufkommen muss [www.versicherung-und-verkehr.de].

Grundsätzlich ist der Fahrzeughalter von der Gefährdungshaftung befreit, wenn der Unfall durch ein unabwendbares Ereignis oder durch höhere Gewalt ausgelöst wird. Ein unabwendbares Ereignis liegt vor, wenn der Autofahrer bei korrekter, fehlerfreier Fahrweise den Unfall nicht voraussehen konnte und dementsprechend keine Möglichkeit hatte, diesen durch seine

Reaktion zu verhindern. Fehler in der Beschaffenheit des Fahrzeugs oder Versagen seiner Einrichtungen (z. B. Reifen oder Bremsen) gelten nicht als unabwendbares Ereignis.

Bei der Befreiung von der Gefährdungshaftung bei unabwendbarem Ereignis gibt es aber eine Ausnahme: Mit der Änderungen des Schadenersatzrechts im Jahr 2002 wurde der Einwand des unabwendbaren Ereignisses gegenüber nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern abgeschafft (§§ 7/17 StVG). Das heißt: Sobald bei einem Unfall ein Fußgänger beteiligt ist, greift die Gefährdungshaftung wieder. Beispiel: Ein Fußgänger läuft einem Pkw-Fahrer plötzlich vor das Fahrzeug und verursacht einen Unfall. In diesem Fall kann sich der Autofahrer, auch wenn er sich schuldlos wähnt und glaubt, sich ideal verhalten zu haben, nicht auf ein unabwendbares Ereignis berufen.

3.17 Sensorik

Voraussetzung für ein vorausschauendes Sicherheitssystem ist eine genaue Erfassung des Fahrzeugumfeldes. Dies wird mit Hilfe von Sensoren erreicht. Diese Sensoren haben unterschiedliche Messverfahren und Eigenschaften. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten.

Um das Fahrzeugumfeld sicher beschreiben zu können ist es notwendig, die verschiedenen Sensortypen zu kombinieren (Hybridisierung). Dank der unterschiedlichen Messverfahren, sowie der im Erfassungsraum entstehenden Überlappungsbereiche (Abbildung 10) ist es möglich, eine wesentlich genauere Aussage zur Fahrzeugumgebung zu treffen, als es die Einzelergebnisse zulassen würden.

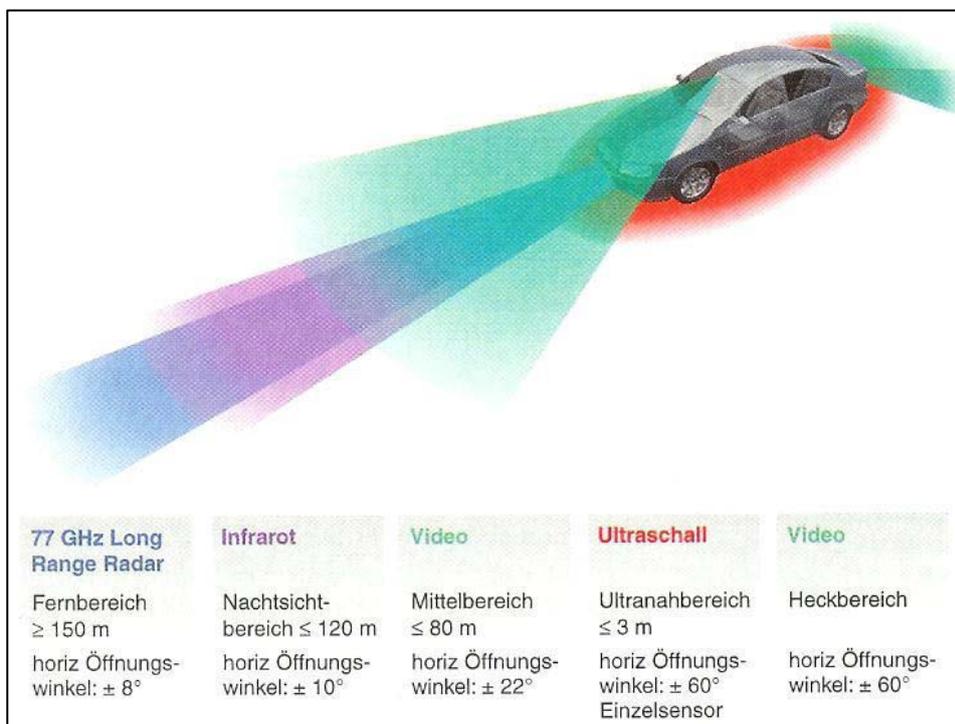


Abbildung 10: Erfassungsbereich von Umfeldsensoren [Braess, 2005]

3.18 Aktive Überlagerungslenkung

Die aktive Überlagerungslenkung wird auch als Aktivlenkung oder Active Front Steering (AFS) bezeichnet und wird seit 2003 in Serienfahrzeugen verbaut. Laut [Isermann, 2006] stellt die Aktivlenkung eine elektronisch geregelte Überlagerung eines Drehwinkels zum Lenkradwinkel dar. Somit ermöglicht die Aktivlenkung sowohl einen vom Fahrer abhängigen, als auch einen vom Fahrer unabhängigen, also aktiven Lenkeingriff an der Vorderachse, ohne dabei die mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und Vorderachse auftrennen zu müssen (Abbildung 11). Die AFS ermöglicht eine kontinuierliche und situationsabhängige Adaption der Lenkeigenschaften.

Eine der Hauptfunktionen der AFS ist die geschwindigkeitsabhängige Variation des Übersetzungsverhältnisses zwischen dem Lenkrad und den Vorderrädern. Bei niedrigen Geschwindigkeiten (beispielsweise beim Einparken) ist die Lenkung sehr direkt. Dies bedeutet, es ist nur ein verhältnismäßig geringer Lenkeinschlag erforderlich, um das Rad an den Endanschlag einzulenken. Bei höheren Geschwindigkeiten dagegen wird die Lenkung zunehmend indirekter. Des Weiteren sind auch aktive Lenkeingriffe in kritischen Fahrsituationen möglich, beispielsweise um ein unbeabsichtigtes Verlassen der Fahrspur zu vermeiden.

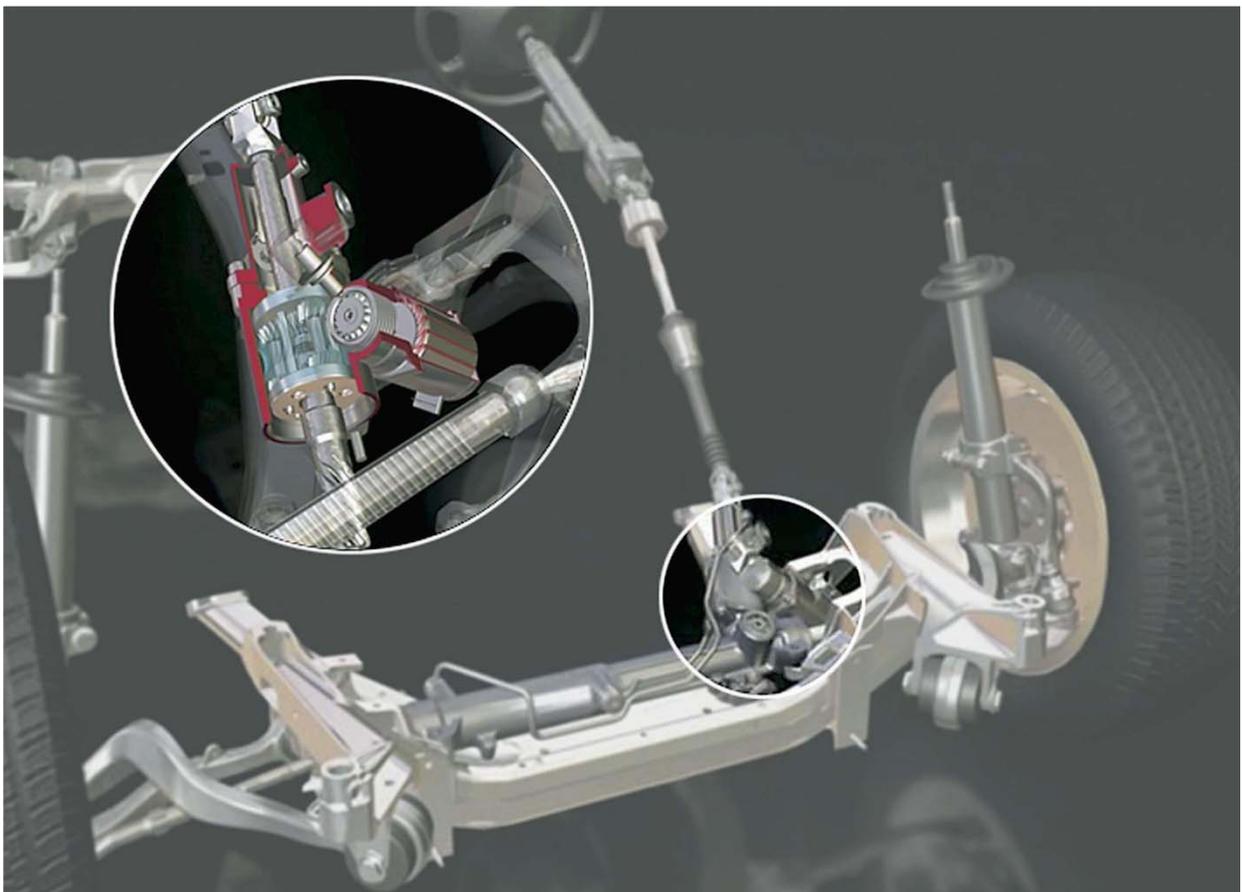


Abbildung 11: Aktivlenkung von BMW [www.motor-talk.de]

4 Fahrerassistenzsysteme in der Literatur

Dieses Kapitel gibt in Form eines Querschnitts durch die Literatur einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand und Entwicklungstrends im Bereich der Fahrerassistenzsysteme (nicht Fahr-Assistenzsysteme wie ABS, ESP, usw.) und der dazugehörigen Erfassungssensorik. Auch stehen Bewertungsmethoden, Fragen des Nutzens und der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen im Fokus. Ein kurzer Einblick in die rechtlichen Rahmenbedingungen für Fahrerassistenzsysteme wird gegeben.

4.1 Allgemein

4.1.1 Stand der Technik bei Fahrerassistenzsystemen

[Belz et al., 2004]:

Normalerweise werden Fahrerassistenz-Funktionen zunächst als Komfortfunktionen vermarktet. Da sie allerdings in der Lage sind, autonom in die Längs- und Querregelung einzugreifen, ist es erforderlich, sie als sicherheitsrelevante Funktionen weiter zu entwickeln. In diesem Aufsatz wird der Entwicklungsstand heutiger Fahrerassistenztechnologien geschildert. Dabei werden zum einen die erwartete Funktions-Roadmap und zum anderen die Eignung der einzelnen Sensortechnologien für die erwarteten Fahrerassistenz-Funktionen aufgezeigt. Mit Hilfe des Spannungsfeldes Sensorik – Kundenfunktionen – Mensch-Maschine-Schnittstelle wird das Potenzial der Funktionserweiterung insbesondere durch Sensorfusion veranschaulicht und die Entwicklungsmethodik der Firma Hella dargestellt.

[Breuer et al., 2006]:

Inhalt dieses Beitrages ist die Beschreibung der neuen PRE-SAFE-Bremse von Daimler, die eine Reduzierung bzw. eine Folgenminderung von Auffahrunfällen zum Ziel hat. Dieses radarbasierte System leitet bei akuter Auffahrunfallgefahr selbstständig eine Teilbremsung ein, falls der Fahrer nach erfolgter Warnung nicht reagiert. Dieses System ist aktiv, wenn im Geschwindigkeitsbereich von 30 bis 180 km/h vorausfahrende Fahrzeuge erfasst werden. Im Bereich von 30 bis 70 km/h kann auch auf stehende Hindernisse reagiert werden, sofern diese sicher als relevante Hindernisse identifiziert werden können.

[Graab et al., 2007]:

Es handelt sich hierbei um einen Beitrag der AARU (Audi Accident Research Unit), der anlässlich der Tatsache, dass über 90 % der Verkehrsunfälle durch menschliches Fehlverhalten verursacht werden, das Erleben und Verhalten des Menschen in kritischen Fahrsituationen untersucht. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sollen in die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen einfließen. Vorab werden Struktur und Methodik der AARU Verkehrsunfallforschung erläutert. Als häufigste Fehlerart wird der Informationsfehler identifiziert. Dies weist auf die Notwendigkeit von Assistenzsystemen wie z. B. Spurwechsel-, Spurhalte- oder Abstandsassistenten hin, die den Fahrer über eine Gefahrensituation informieren. Durch Auswertung der GIDAS-Datenbank wurde ein weiterer Einflussfaktor zur Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen detektiert: der demographische Wandel. Demnach sind besonders Systeme für ältere Fahrer von Vorteil, die in komplexen Verkehrssituationen unterstützen, wie z.B. an Kreuzungen und bei Abbiegevorgängen.

[High Tech Report, 2004]:

Der „Urahn“ dieser Gruppe von Assistenzsystemen ist der Tempomat. Dagegen markiert die in heutigen Serienfahrzeugen von Daimler verfügbare DISTRONIC oder Abstandsregelautomatik die aktuelle Generation eines längsregelnden Assistenzsystems. Intelligenter als ein Tempomat

entlastet die DISTRONIC den Fahrer von lästigen Routineaufgaben. Doch dieses System hat klare, technisch bedingte Einschränkungen. Diese Grenzen setzt vor allem die Charakteristik des verwendeten Sensors. In diesem Artikel werden Entwicklungspotenziale und -möglichkeiten aufgezeigt, wie durch Sensorfusion eine Situationsanalyse und somit eine frühzeitige Reaktion möglich ist. Ziel der Forschung bei Daimler ist es somit, ein System zu schaffen, das das Umfeld des Fahrzeugs „verstehen“ und somit vorausschauend reagiert und Gefahren bereits rechtzeitig „erkennen“ kann.

[INVENT, 2005]:

INVENT steht für „Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik“. Hierzu arbeiten 23 Unternehmen in den drei Projekten Fahrerassistenz und aktive Sicherheit, Verkehrsmanagement 2010 und Verkehrsmanagement in Transport und Logistik. Das Projekt „Fahrerassistenz und aktive Sicherheit“ setzt sich aus 5 Teilprojekten zusammen.

Ziel des Teilprojektes „Stauassistent“ ist es, auf Basis bekannter ACC-Funktionen ein marktfähiges Stauassistent-System zu entwickeln, das nur die – verglichen mit dem urbanen Umfeld – eingeschränkte Situationsvielfalt im Stau beherrschen muss und aufgrund des niedrigen Geschwindigkeitsniveaus mit einer breit erfassenden Umfeldsensorik von Reichweiten bis 50 m auskommt. Die hierbei erforderliche Weiterentwicklung der Nahbereichserfassung und die Arbeiten an der Fusion verschiedener Sensoren können als Ausgangspunkt für Sensorsysteme mit höherer Reichweite und verbesserter Auflösung dienen, so dass künftig ein kontinuierlicher Übergang zum Fernbereich denkbar ist.

Das Teilprojekt „Vorausschauende aktive Sicherheit“ (VAS) erarbeitet Lösungsansätze, die auf einer detaillierten Analyse von Unfallursachen und -abläufen basieren. Hier werden bei viel versprechenden Ansätzen die Anforderungen an Informationen und Sensorik beschrieben und geeignete Fahrer-System-Schnittstellen untersucht. Die Lösungsvarianten werden im Laufe des Projektes hinsichtlich ihrer Machbarkeit und des erreichbaren Sicherheitsgewinns im Fahrsimulator, auf Teststrecken oder im realen Verkehr bewertet.

[König et al., 2003]:

Fahrer werden nicht nur durch wechselnde Verkehrssituationen beansprucht, sondern auch zunehmend durch Nebentätigkeiten wie Radiobedienung, Gespräche mit Beifahrern oder Telefonate. Heutige FAS können den Fahrer zwar entlasten, sie sind jedoch weder an die Situation noch an individuelle Fahrerwünsche hinreichend anpassbar. Die BMW Group und die Robert Bosch GmbH initiierten deshalb das Projekt S.A.N.T.O.S. um ein Konzept individueller, situationspezifischer und integrierter Fahrerassistenz zu entwickeln. Integriert wurden im Rahmen des Projekts die Einzelsysteme ACC, HC, Navigation, Mobiltelefon, Radio und ein HMI. Dieser Artikel zeigt ein Konzept zur Realisierung auf. Weiterhin konnte ein Prototyp einer Fahrerbeanspruchungs-Abschätzung aufgebaut werden. Dieses Konzept ist nicht zuletzt wegen seiner relativ einfachen Bedienung und Variationsmöglichkeiten für eine höhere Akzeptanz beim Kunden sehr von Bedeutung.

[Rühmann et al., 2006]:

Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Geschichte der Elektronik im Automobil bis hin zu zukünftigen Assistenzsystemen. Schwerpunktartig werden Gesichtspunkte zur ergonomisch sinnvollen Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen und der Systemreaktionen auf Ereignisse aufgezeigt. Systemergonomische Regeln sind unter anderem, dass der Fahrer stets die Oberhand über ein technisches System behält; die Systeme dürfen auf den Fahrer nicht dominant wirken. Solange der Fahrer das Fahrzeug im fahrdynamisch stabilen Bereich bewegt, muss das System unbemerkt arbeiten und für den Fahrer nachvollziehbar eingreifen.

Damit ergibt sich eine höhere Akzeptanz der Systeme durch den Nutzer. Die Akzeptanz ist die Grundvoraussetzung für mehr Sicherheit und Komfort.

Fazit:

Der vorangehende Auszug von Literaturstellen bezüglich Fahrerassistenzsystementwicklungen zeigt eine Vielzahl von Konzepten und Entwicklungen im Bereich Fahrerassistenzsysteme, doch ein entscheidender Fortschritt oder gar ein nahender Serieneinsatz im Fahrzeug wird erst durch eine verbesserte Sensorik, geringere Kosten und eine dadurch erhöhte Kundenakzeptanz erzielt werden. Auch wird der schmale Grat zwischen realisierbaren Funktionen, der Bedienbarkeit bzw. Kundenakzeptanz und den rechtlichen Rahmenbedingungen erkennbar.

4.1.2 Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen

[www.autohaus.de]:

Nach einer Studie der Unternehmensberatung Strategy Analytics soll in sechs Jahren mindestens jedes zehnte neu zugelassene Fahrzeug über ein ADAS (Advanced Driver Assistance System) wie z. B. einen Abstandsregeltempomat, einen Spurhalteassistent oder eine Einparkhilfe verfügen. Es wird weltweit nahezu eine Versechsfachung von derzeit elf Mio. auf 64 Mio. Fahrzeuge mit ADAS-Ausstattung erwartet, was ein bedeutendes Marktpotenzial verspricht.

[INVENT, 2005]:

Das Potential von FAS kommt nur dann voll zur Entfaltung, wenn die Systeme auf möglichst breite Akzeptanz sowohl bei potentiellen Kunden als auch bei politischen Entscheidungsträgern und Behörden treffen. Hierzu gibt das Teilprojekt „Verkehrliche Wirkung, Rechtsfragen und Akzeptanz“ Auskunft über die zu erwartenden verkehrlichen Wirkungen, untersucht die Akzeptanz beim Nutzer mit Methoden der Marktforschung und befasst sich mit den rechtlichen Implikationen sowie mit betriebs- und volkswirtschaftlichen Aspekten.

[Kassner et al., 2006]:

Hier wird eine Methode vorgestellt, die eine Akzeptanz und die Wirksamkeit eines Systems nicht erst sehr spät im Entwicklungsprozess oder gar erst nach Markteinführung feststellt, sondern bereits vor Entwicklungsbeginn. Es soll also die Akzeptanzmessung als Baustein für die Entwicklung dienen. Für die Demonstration dieses Ansatzes wurde die Basis-Fahraufgabe der Querführung verwendet. Im Virtual Reality Labor des DLR wurden mit Hilfe von zwei unterschiedlich schwierigen Landstraßenstrecken drei verschiedene Arten von Assistenz untersucht: Informierend, warnend und eingreifend. Aus der folgenden Akzeptanzbefragung lassen sich nachstehende Aussagen ableiten:

- Wenn die Schwierigkeit bei der Querführung darin liegt, dass bei einem schwierigen Streckenverlauf eine hohe Genauigkeit gefordert ist, sollte die Assistenz als Handlungsunterstützung ausgelegt werden, die den Fahrer automatisch auf die Idealspur zurückführt.
- Liegt die Schwierigkeit darin, die Position auf der Fahrspur und den weiteren Verlauf der Strecke zu erkennen, könnte auch eine Information oder Warnung ausreichen.

[DAT, 2007]:

Im DAT-Report für das Jahr 2006 wird u. a. der Ausstattungsgrad für verschiedene Ausstattungsvarianten jeweils für Neuwagen, Gebrauchtwagen und den Bestand insgesamt gegeben. Eine Auswahl dieser Ausrüstungsquoten wird in Tabelle 1 gegeben. Leider sind hier keine Angaben für die in der vorliegenden Arbeit betrachteten aktiven Fahrerassistenzsysteme (AGB,

SFR, IQF und KAS) enthalten. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass deren Anteil noch unter der Ausstattungsquote des Kurvenlichtes liegt.

Ausstattung	Bestand	Neuwagen	Gebrauchtwagen
Radio	98	98	98
CD-Player/-wechsler	63	83	56
Schiebedach	23	23	29
Getriebeautomatik	22	21	14
Servolenkung	92	95	87
Metallic-Lackierung	71	62	51
Leichtmetallfelgen	60	56	44
Antiblockiersystem	83	95	79
Klimaanlage	78	86	60
Zentralverriegelung	89	95	81
elektrische Fensterheber	82	93	74
Anhängerkupplung	23	15	18
Fahrer-Airbag	90	97	89
Beifahrer-Airbag	88	97	83
Seiten-Airbag	56	78	43
ESP	43	67	33
ASR	30	40	17
Alarmanlage	26	33	19
Bordcomputer/FIS	38	48	23
Tempomat	27	33	14
Navigationsystem	18	25	10
Freisprecheinrichtung (fest)	16	23	10
elektrische Sitzverstellung	16	32	14
Sitzheizung	32	43	22
Multifunktionslenkrad	35	36	20
Einparkhilfe	19	24	7
Xenon-Licht	14	28	9
DPF	4	27	4
Kurvenlicht	2	13	3

Tabelle 1: Ausrüstungsquoten in Prozent [%] verschiedener Ausstattungen nach [DAT, 2007]

[Kitterer et al., 2003]:

Der Zielkonflikt zwischen Sicherheit, Kraftstoffeffizienz und Fahrbarkeit für ACC-Regelalgorithmen ist lösbar. Allerdings bedarf es hierfür hoch entwickelter Simulationssysteme in Verbindung mit gezielten Fahrversuchen. Ansätze werden in der Arbeit vorgestellt. Anhand von Beispielen wird ausgeführt, wie mit dieser Entwicklungsmethodik ein ACC-Regelverhalten erzeugt werden kann, das auch in problematischen Verkehrssituationen bei hoher Verkehrsdichte einen optimalen Kompromiss bietet. Es ist absehbar, dass ACC erst der Anfang einer langen Entwicklung zu umfassender Fahrerassistenz für Nutzfahrzeuge ist.

[Kopf et al., 2004]:

In diesem Beitrag werden Methoden zur Erhöhung der Akzeptanz und Effizienz eines Systems der aktiven Sicherheit anhand eines Auffahrwarnsystems aufgezeigt. Die Warnschwellen eines Kollisionswarnsystems sollen durch den momentanen Aufmerksamkeitsgrad des Fahrers so

optimiert werden, dass bei Unaufmerksamkeit die Warnung früher ausgegeben wird. Ein Warnsystem kann nur dann eine hohe Kundenakzeptanz erreichen, wenn es die ausschlaggebenden Faktoren des Fahrerzustandes berücksichtigt. Auch eine Minimierung von Fehlwarnungen durch Absichtsschätzer, über Gas- und Bremspedalsensoren, kann die Akzeptanz fördern.

[Vollrath et al., 2004]:

Hier wird der Unterschied von Belastung und Beanspruchung im Hinblick auf Fahrerassistenzsysteme erklärt. In dieser Studie wurden verschiedene Belastungsfaktoren variiert und deren Auswirkung auf die Beanspruchung untersucht. Es zeigt sich, dass bereits die Erfassung der Belastungsfaktoren eine gute Vorhersage der Beanspruchung ermöglicht. Mit Hilfe der in dieser Studie verwendeten Indikatoren ergibt sich ein gutes Bild wie diese Beanspruchung entsteht und von den Fahrern bewältigt wird. Diese hieraus gewonnenen Informationen können bei der Konzeption und Auslegung von Fahrerassistenzsystemen sehr von Nutzen sein und sollen zu dem Ziel führen, Assistenzsysteme so auszulegen, dass sie auf die individuellen Bedürfnisse des einzelnen Fahrers zugeschnitten sind.

[Ziems, 2004]:

Das Autofahren ist per se von der psychologischen Triebkraft der Autonomiebestrebung bestimmt. Man fährt Auto, weil man frei und ungebunden mobil sein möchte, d. h. keine Fahrpläne einhalten und selbst steuern will. Man kann das Selbst-Steuern als zentrale Intention des Autofahrens sehen. Sicherheits- und Assistenzsysteme können nun das Selbst-Steuern unterstützen, sie können es aber auch in Frage stellen. Für dieses In-Frage-Stellen des Selbst-Steuerns stehen offenbar Systeme, die einer Autopilot-ähnlichen Fahrsituation nahe kommen. Die Skepsis der Autofahrer weist darauf hin, dass Verselbständigungs- und Entmündigungsängste die zentrale Akzeptanzbarriere sind, mit der alle neuen Systeme konfrontiert sind. Es könnte auch dazu führen, dass die Fahreraufmerksamkeit stark abfällt oder sich fahrfremden Aufgaben zuwendet, wenn die Technik das Kommando übernimmt. Eine Einführung von innovativen Sicherheits- und Assistenzsystemen muss mit gegenläufigen Motiven, Erwägungen und Verhalten der Fahrer rechnen (Risikohomöostase). Die Herausforderung ist deshalb offenbar, im Falle einer Systeminnovation zu Vermarktungsformen zu finden, die die widersprechenden Akzeptanzfaktoren in optimaler Weise ansprechen.

[Zwerschke, 2007]

Thema dieses Beitrages ist die Untersuchung zu Bekanntheit, Akzeptanz und Kaufinteresse von Fahrerassistenzsystemen. Moderne Systeme wie der semiautonome Parkassistent oder ACC (Stop & Go) sind dem Endkunden als real nützliche Assistenzsysteme noch weitgehend unbekannt. Die generell recht hohe Nutzeneinschätzung der Medien, Politik und möglicher Anwender spiegelt sich zurzeit noch nicht in einer tatsächlichen Kaufbereitschaft der Kunden wider. Dies ist vielfach darauf zurückzuführen, dass Endkunden diese Systeme als komplex einschätzen, sie nicht verstehen und dadurch eine gewisse Angst davor haben, sich von der Technik/Elektronik abhängig zu machen. Es werden aber noch weitere Gründe für die geringe Akzeptanz aufgeführt, wie ein zu geringes Augenmerk der Hersteller auf Marketingaktivitäten, mangelnde Hintergrundinformation des Verkaufspersonals, was eine aktive Verkaufunterstützung verhindert und die Vermittlung der Funktionsweisen durch nicht eingängige Informationsmedien. Probefahrten für potentielle Kunden sowie eine gemäßigte Preispolitik könnten hier u. a. Abhilfe schaffen. Nicht zuletzt trägt auch die zunehmende Überalterung der Gesellschaft zu guten Zukunftsaussichten insbesondere für Parksysteme, aber auch für Fahrerassistenzsysteme im Allgemeinen bei.

Fazit:

Eine bessere Akzeptanz beim Endverbraucher hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab: von der Vermarktungsform, der Berücksichtigung des Fahrerzustandes in unterschiedlichen Fahr-situationen, der Kraftstoffeffizienz und nicht zuletzt dem Preis eines Fahrerassistenzsystems. Die Herausforderung der zukünftigen Entwicklung besteht darin, den besten Kompromiss aus den oben genannten Faktoren zu finden.

4.1.3 Bewertungsmethoden und Nutzen von Fahrerassistenzsystemen

[Baum et al., 2006]:

Die Studie präsentiert eine gesamtwirtschaftliche Analyse für den Stau- und Querführungsassistenten. Sie verwendet aktuelles Datenmaterial aus Deutschland mit Prognosen für die Jahre 2010 und 2020 bei unterschiedlichen Ausstattungsquoten der Fahrzeuge (5 % bzw. 20 %). Mit in die Untersuchungen wurden Ergebnisse der INVENT-Forschungsinitiative einbezogen. Die gesamtwirtschaftliche Effizienz ist bei beiden Systemen positiv, d. h. der Nutzen der Maßnahme übersteigt deren Kosten. Beim Stauassistenten liegt das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei 3,3 bis 4,5, beim Querführungsassistenten bei 1,0 bis 2,9. Weitere Studien zeigen für eine Spurverlassens- und Spurwechselassistenten Werte zwischen 2,0 und 2,1, für eine Abstandsregelautomatik 0,9 bis 1,2 und für ein automatisches Notrufsystem (E-Call) 1,3 bis 8,5. Grenzen ergeben sich jedoch durch die teilweise hohen Systempreise und durch zu geringe Marktdurchdringungsraten. Zu diesen dargelegten gesamtwirtschaftlichen Nutzenüberschüssen kommen positive Arbeitsmarkteffekte hinzu, indem die Herstellung dieser Systeme die Beschäftigung steigert. Bei den hier angenommenen Zahlen ergeben sich hieraus im Jahr 2020 93.000 direkt und indirekt Beschäftigte in Deutschland. Die politische Aufgabe besteht auch darin, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie in diesem Wachstumsbereich zu stärken.

[Briest, 2006]

Um Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme abzuleiten, wurden in dieser Studie 4500 Unfälle aus dem Raum Braunschweig bezüglich ihrer zugrunde liegenden Fahrerfehlhandlungen und Ursachen analysiert. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf die Eingriffsstrategie eines Systems ableiten. Die Stichprobe wurde mit Hilfe von polizeilichen Unfallprotokollen erhoben. Es ergaben sich drei große Bereiche für ein Einsatzpotential von Assistenzsystemen. Eine Kreuzungsassistenten, die bevorrechtigte Fahrzeuge und Radfahrer aus unterschiedlichen Richtungen erkennt, könnte gut 26 % aller schweren Unfälle vermeiden. Ein System zur Kollisionsvermeidung mit situationsangepasster Abstands- und Geschwindigkeitsregelung, das stehende Fahrzeuge erkennt und den Fahrer beim Bremsen unterstützt, könnte 17,5 % aller schweren Unfälle vermeiden. Da die Ursachen hier meist im Bereich von Fehlentscheidungen beim Fahrer liegen, ist eine aktive Unterstützung durch das FAS nötig. Mit einem System zur situationsangepassten Geschwindigkeitsregulation mit Unterstützung der Querführung ließen sich 20,4 % der schweren Unfälle vermeiden.

[Busch, 2004]:

Die Dissertation beschäftigt sich mit der Entwicklung von Bewertungsmethoden zur Prognose des Sicherheitsgewinns von Fahrerassistenzsystemen. Zu Beginn wird der Stand der Technik bei Assistenzsystemen in Form einer kurzen Vorstellung der einzelnen Systeme beschrieben. Im Folgenden werden die Bewertungsmethoden durch Versuche, Simulation und Unfalldaten für Systeme der aktiven und passiven Sicherheit erläutert. Auch eine Aufzählung und Erläuterung der gängigsten Unfalldatensammlungen wird in dieser Arbeit gegeben. Ein im Rahmen der Dissertation entwickeltes Computerprogramm simuliert die Abläufe realer Unfälle und modelliert die Wirkungsweise eines Fahrerassistenzsystems durch virtuelle Prototypen. Dieses Programm besitzt eine Schnittstelle zur GIDAS-Datenbank und liest diese Daten selbstständig

ein. Es kann Fahrerassistenzsysteme bewerten, bevor sie auf den Markt kommen. Nach dieser Methode wird für einen Bremsassistenten eine Reduktion der Getötetenzahl um 3 %, der Zahl der Schwerverletzten um 3,7 % und der Zahl der Leichtverletzten um 5,8 % für Deutschland prognostiziert. Ein Notbremssystem ermöglicht eine Verminderung der Getötetenzahl um 3,4 %, der Zahl der Schwerverletzten um 2,2 und der der Leichtverletzten um 1,4 %. Grundlage dieser Prognosen sind Daten der GIDAS Unfalldatenbank.

[Enke, 1979]:

Diese Studie zeigt, dass rund 65 % der Auffahrunfälle und fast ein Drittel der Frontalzusammenstöße gar nicht passieren würden, wenn der Fahrer nur eine halbe Sekunde früher reagieren könnte. Weiterhin zeigt diese Studie, dass nahezu 25 % aller Unfälle durch Auffahren verursacht werden. Erstaunlich hoch ist dabei der Anteil von 68 % an den Auffahrunfällen, der durch Unachtsamkeit verursacht wird. Bei 11 % kommt zusätzlich noch zu dichtes Auffahren hinzu. In 9 % der Fälle war alleine zu dichtes Auffahren der Grund des Unfalls. Das bedeutet, dass 88 % der Auffahrunfälle durch Fahrerassistenzsysteme beeinflusst werden können. Als weiteres Thema wird das Bremsverhalten bei Unfällen untersucht. Eine echte Notbremsung erfolgt somit nur in 39 % aller Fahrzeug-Fahrzeug-Unfälle und nur in 31 % der Unfälle, bei denen kein zweites Fahrzeug beteiligt war. In nahezu der Hälfte aller Kollisionen wird überhaupt nicht gebremst, während bei 12 % bzw. 20 % der Unfälle zu zaghaft gebremst wird. Diese Analysen zeigen, welchen hohen Beitrag prädiktive Fahrerassistenzsysteme zur Vermeidung von Unfällen oder zur Minderung der Unfallfolgen leisten können.

[Fastenmeier et al., 2004]:

Hier wird gezeigt, dass es momentan keine Standardmethode gibt, um den Nutzen neuer Assistenzsysteme zu bewerten. Zu diesem Zweck wurde die Prozedur SAFE entwickelt. Sie basiert im Wesentlichen darauf, dass die Fahraufgaben mit und ohne Fahrerassistenzsysteme analysiert und miteinander verglichen werden. Hieraus wird eine mögliche Entlastung des Fahrers bestimmt. Die Entwicklung von SAFE soll bei der Entwicklung sowie bei der Nutzenabschätzung von Fahrerassistenzsystemen helfen.

[FKA, 2003]:

Die Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen (FKA) stellt mit der Verkehrsflusssimulationsumgebung PELOPS (Programmsystem zur Entwicklung längsdynamischer mikroskopischer Verkehrsprozesse in systemrelevanter Umgebung) hoch auflösende Modelle für Fahrzeug und Verkehrsumgebung zur Verfügung. Dies ermöglicht das Testen von Sensorverhalten und Systemverhalten am Rechner, um Aussagen über den Nutzen des Systems zu treffen und bei der Entwicklung behilflich zu sein. Die Verkehrsumgebung kann durch Vorgabe der Fahrbahngeometrie und Definition der umgebenden Fahrzeuge exakt festgelegt werden. Ebenfalls wurde Wert auf eine exakte Abbildung des Verhaltens von Retarder und Motorbremse gelegt, um die Wirtschaftlichkeit von Assistenzsystemen beurteilen zu können.

[Gwehenberger et al., 2006]

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Safe Truck“, welches das Ziel der Entwicklung aktiver, vorausschauender Sicherheitssysteme für Nutzfahrzeuge hat, wurden eine Bewertung der Effektivität sowie wirtschaftliche Folgebetrachtungen für ein definiertes Abstandssystem (ACC) und einen Spurverlassenswarner (LGS) durchgeführt. Diese Studie wurde vom Allianz Zentrum für Technik (jetzt AZT Automotive GmbH) im Auftrag der MAN Nutzfahrzeuge AG durchgeführt. Als Basis für diese Analysen fand eine Unfalldatenbank von schweren Lkw-Unfällen (z.G.G. > 7,5t) aus dem Archiv der Allianz-Versicherung Verwendung. Neben einer allgemeinen Strukturanalyse dieser Unfälle wurden tiefere Untersuchungen der systemrelevanten Unfälle erarbeitet. Bei schweren Nutzfahrzeugen und flächendeckender Ausrüstung könn-

ten mit aktuell ausgelegten ACC-Systemen bis zu 7 %, mit LGS-Systemen bis zu 4 % der KH-Schäden > 10.000 Euro bzw. VK-Schäden > 5.000 Euro (entspricht Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden) vermieden werden. Besonders hohe Wirksamkeit erzielen diese Systeme auf der Autobahn, für die sie in erster Linie ausgelegt sind. Dort könnten mit dem heutigen ACC über zwei Drittel der schweren Auffahrunfälle vermieden werden und mit LGS knapp zwei Drittel der LGS-relevanten Unfälle. Die Realisierung der Unfallvermeidbarkeit sowie des damit verbundenen Nutzens setzt jedoch dringend voraus, dass das jeweilige System vom Fahrer verantwortungsvoll genutzt wird und im Fahrbetrieb eingeschaltet ist. Mit erweiterten, bislang noch nicht auf dem Markt verfügbaren Systemen, hier als Szenarien bezeichnet, liegt die Vermeidbarkeit nochmals höher.

[Marsteller et al., 2004]:

Ein in diesem Artikel durchgeführter Ansatz zeigt einen neuartigen Weg der Sicherheitsbewertung von Fahrerassistenzsystemen auf. Grundlage stellen existierende, normative Fahrermodelle dar, die das normale, unkritische Fahrerverhalten in definierten Fahrsituationen von kritischem Fahrverhalten unterscheiden. Das Verfahren wurde mittels eines Softwaretools umgesetzt. Mit Hilfe dieser Software können Fahrdaten von Fahrten mit Assistenzsystemen in Längs- und Querrichtung bezüglich ihres Sicherheitspotenzials a priori analysiert werden. Mittels der Software kann anhand von Fahrdaten eine frühzeitige Optimierung der zum Einsatz gekommenen Systeme erreicht werden, unabhängig von der verwendeten Sensorik sowie des Ausrüstungsgrades im Serieneinsatz.

[Unger, 2004]:

Versicherer werden in erster Linie an die Chancen und Risiken von Fahrerassistenzsystemen denken. Die Chancen dieser Technologie bestehen in dem großen Potenzial für die Senkung des Schadenaufwandes durch Vermeidung von Verkehrsunfällen oder die Verminderung der Unfallfolgen. Dies führt aufgrund der großen Konkurrenz in dieser Branche zu niedrigeren Beiträgen für die Kraftfahrtversicherung. Nicht immer werden dabei aber auch diejenigen Fahrer begünstigt, die diese Fahrerassistenzsysteme auch tatsächlich einsetzen. Daneben können aber ebenso höhere Schadenaufwendungen z. B. im Kaskobereich für die Versicherer entstehen. Offen ist zusätzlich die Frage nach den möglicherweise durch Assistenzsysteme induzierten Verhaltensänderungen der Kraftfahrer (Stichwort: Risikohomöostase).

Fazit:

Ex post Analysen des Nutzens von Fahrerassistenzsystemen über ESP hinaus sind derzeit aufgrund des geringen Ausrüstungsgrades der Fahrzeuge nicht möglich. Lediglich prognostische Studien zu diesem Thema sind vorhanden. Da der gegenwärtige Ausrüstungsgrad mit aktiven Fahrerassistenzsystemen der Führungsebene (ACC, LDW, etc.) noch sehr gering ist, kann nur eingeschränkt auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Um Aussagen zum Nutzen solcher Systeme zu treffen, sind derzeit a priori-Analysen unverzichtbar. Hierbei gibt es verschiedene Ansätze, welche Methode nun die realistischsten Prognosen liefert, wird sich erst mit Sicherheit sagen lassen, wenn a posteriori-Analysen möglich sind.

4.1.4 Erfassungssensorik

[INVENT, 2005]:

Erst durch die Verwendung unterschiedlicher Sensoren und durch die Verknüpfung deren Informationen kann die Fahrumgebung umfassend und zuverlässig erfasst werden. Die physikalische Redundanz in den Überlappungsbereichen der verschiedenen Sensoren liefert gemeinsam mit der nun möglichen ganzheitlichen Modellierung des Umfeldes eine deutliche Verbes-

serung im Vergleich zu den Einzelsensoren. Dies ist die Voraussetzung für Systeme der Stau-, Querführungs-, Kreuzungsassistenten sowie des Fußgängerschutzes. Eingesetzt werden bei INVENT beispielsweise Mono- und Stereokamerasysteme, Infrarot- und Wärmebildkameras, Radarsysteme für den Nah- und Fernbereich, mehrstrahlige sowie scannende Lidarsysteme, Ultraschallsensoren, aber auch Sichtweitensensoren, Straßenzustandserkennungssysteme, GPS mit digitalen Karten und Daten, die auf dem CAN-Bus eines Fahrzeuges zur Verfügung stehen. Im Teilprojekt „Fahrumgebungserfassung und Interpretation“ werden hierzu Lösungsansätze aufgezeigt.

[Kunert et al., 2003]:

Für die situationsbezogenen Fahrzeugaktionen und Fahrerinformationen bedarf es einer zuverlässigen und flexiblen Außenraumsensierung. Der hier aufgezeigte technische Lösungsansatz beruht auf einem multifunktionalen Systemkonzept, das situationsgetrieben Informationen für verschiedene Funktionen liefert und somit das synergetische Potenzial der Mehrfachnutzung vollständig ausnutzt. Das technische Konzept und die aktuelle Realisierung der verteilten Fahrzeugrundumsicht sowie die angewandten Messmethoden werden in dieser Arbeit eingehend erläutert und erste Versuchsergebnisse für verschiedene Applikationen präsentiert. Für sicherheitskritische oder hochkomplexe Funktionen wird ein Sensorsystem alleine nicht ausreichend sein. Durch Datenfusion von heterogen sich ergänzenden Sensortechniken kann das nötige Redundanzpotenzial erzielt und die notwendige Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erreicht werden.

[Lages, 2007]:

Im Rahmen der AKTIV Plenumssitzung 2007 wurde der Laserscanner ALASCA XT der Firma Ibeo vorgestellt. Dieser neuartige Sensor hat einen Sichtbereich von 0,3 m bis über 200 m bei einem Öffnungswinkel von bis zu 240°. Die Auflösung liegt bei 4 cm im Abstandsbereich und bei Winkeln bis zu 0,1°. Weitere Vorteile im Vergleich zu Radarsensoren sind die Wetterrobustheit, die Mehrzielfähigkeit, Mehrfachverwendung, z. B. für Abstandsmessung, Objekt- und Spurerkennung. Mögliche Anwendungen wären somit ACC Stop & Go, Abbiege-, Anfahr-, Notbremsassistent, usw. Geplant ist, bis zum Jahr 2010 eine Stückzahl von 40.000 pro Jahr zum Preis von 380 € und in weiterer Zukunft für unter 200 €.

[Luh et al., 2004]:

In diesem Tagungsbeitrag wird eine mobile, fahrzeugunabhängige radarbasierte Sensorplattform zur Beurteilung von Systemausprägungen umfeldbasierter Assistenzsysteme am Beispiel eines ACC-Systems beschrieben. Als Referenzsystem ermöglicht es einen objektiven Vergleich von verschiedenen Längsführungs-Assistenzsystemen durch Messen der Systemreaktion, unabhängig vom im Fahrzeug befindlichen Informationsquellen und vom Fahrzeugumfeld. Es können also mit dieser Messtechnik Auswirkungen verschiedener Systemausprägungen insbesondere auf den Nutzen und die Akzeptanz der Längsregelungsfunktion untersucht werden.

[Plagge et al., 2007]:

In dieser Arbeit wurden die objektbasierte und die kartenbasierte Umfeldmodellierung gegenübergestellt. Während die objektbasierte Modellierung eher für den Fernbereich geeignet scheint, ist die kartenbasierte Modellierung besser für den Nahbereich geeignet. Assistenzfunktionen für den Nahbereich können auf die vorher durch die Fernbereichs-Sensorik erstellte Karte zugreifen, ohne detaillierte Informationen über die verbauten Sensoren besitzen zu müssen. So scheint es möglich, bei gleicher Qualität und Zuverlässigkeit aktueller Einparksysteme, die Anzahl der verbauten Sensoren zu reduzieren oder aber deren Funktion durch andere, bereits vorhandene Sensoren zu substituieren.

[Schäfer, 2004]:

Voraussetzung für die Entwicklung prädiktiver Sicherheitssysteme sind Sensoren zur Erfassung des Fahrzeugumfeldes. Basis für eine Längsregelung ist das 77GHz Fernbereichsradar (Abbildung 12). Dieser Sensor hat eine Reichweite von mehr als 150m. Die schmale Radarkule mit einem Öffnungswinkel von $\pm 8^\circ$ tastet den Raum vor dem Fahrzeug ab und ermittelt über das integrierte Steuergerät Abstand und Relativgeschwindigkeit zu anderen Objekten (Verkehrsteilnehmer, Hindernisse). Dieses System ist mehrzielfähig. Die Winkelinformationen gewinnt der Radarsensor aus der Auswertung von vier Radarstrahlen. Nachteil an diesem System ist, dass eine Regelung bis zum Stillstand bzw. das Erkennen von stehenden Zielen noch nicht sicher möglich ist. Basis für eine Querregelung ist ein Video-Sensor. Dieser Sensor hat eine Reichweite von bis zu 80 m und einen horizontalen Öffnungswinkel von $\pm 22^\circ$. Das Modul besteht aus dem Bildaufnehmer (Imager) und einer kameraspezifischen Elektronik. Der Sensor wird hinter der Windschutzscheibe montiert. In Zukunft wird die CMOS-Technologie mit nichtlinearer Luminanzkonversion einen sehr großen Helligkeits-Dynamikbereich abdecken und damit herkömmlichen CCD-Sensoren weit überlegen sein. Da die Helligkeit von Bildszenen im automotiven Umfeld nicht kontrollierbar ist, werden diese hochdynamischen Imager benötigt.



Abbildung 12: ACC-Sensor im Kühlluft einlass [www.MAN.de]

[Reyher et al., 2004]:

Die Funktionalität der Fahrerassistenzsysteme hängt größtenteils von der Qualität der Umgebungserfassung ab. Bisher muss für die Erfassung der Fahrbahnmarkierung und für die Erkennung anderer Verkehrsteilnehmer auf zwei verschiedene Sensoren zurückgegriffen werden. Für die Erkennung von anderen Verkehrsteilnehmern wird ein Radarsensor und für die Fahrstreifenenerkennung ein zusätzlicher Videosensor verwendet. Die damit verbundenen Kosten sollen mit Hilfe eines Lidar-Sensors vermieden werden. Diese Zusammenlegung zu einem einzigen Sensor soll mit Hilfe eines mehrzeiligen Laserscanners gelingen. Es wird mit zwei seitlich an der Fahrzeugfront angebrachten Lidar-Sensoren gearbeitet, die sechs vertikal versetzte Ebenen abtasten. Die unteren fünf Ebenen werden zur Abtastung der Fahrbahn und die obere nahezu horizontale Ebene wird zur Erfassung der Fahrzeugumgebung benutzt. Es wird ein Verfahren vorgestellt, das Markierungen anhand von gemessenen Intensitätswerten lokalisiert. Dies ist die Grundlage zur Ermittlung des Fahrstreifenverlaufs anhand eines erweiterten Kalman-Filters.

Eine Evaluierung der Einsetzbarkeit zur Fahrstreifenzuordnung in Längsregelsystemen vor allem im Stop & Go-Bereich ist geplant.

[Vukotich et al., 2003]:

Komplexe Fahrerassistenzfunktionen erfassen das Fahrzeugumfeld und leiten hieraus Empfehlungen für den Fahrer ab oder greifen eigenständig in die Fahrdynamik ein. Solche Systeme benötigen eine umfangreiche unterschiedliche Sensorik, um sowohl einen ausreichenden Erfassungsbereich um das Fahrzeug abzudecken als auch eine hohe Robustheit zu erzielen. In diesem Beitrag werden grundlegende Architekturen und Verfahren der Sensorfusion dargestellt. Erst durch sie wird eine kostengünstige Umsetzung von Zusatzfunktionen möglich. Grundvoraussetzung für eine optimale Fusion stellt jedoch die zeitliche Zuordnung der zu fusionierenden Daten dar. Hier stellen die derzeitigen Fahrzeugbussysteme (wie z.B. CAN-Bus) einen Engpass dar. Diesen gilt es im nächsten Entwicklungsschritt, z. B. durch TTA-Technologien, zu beseitigen. Abbildung 13 zeigt am Beispiel von ACC- und LDW-Sensoren, dass sich durch die Zusammenführung der Informationen aus beiden Sensoren das Zielfahrzeug einem Fahrstreifen genau zuordnen lässt.

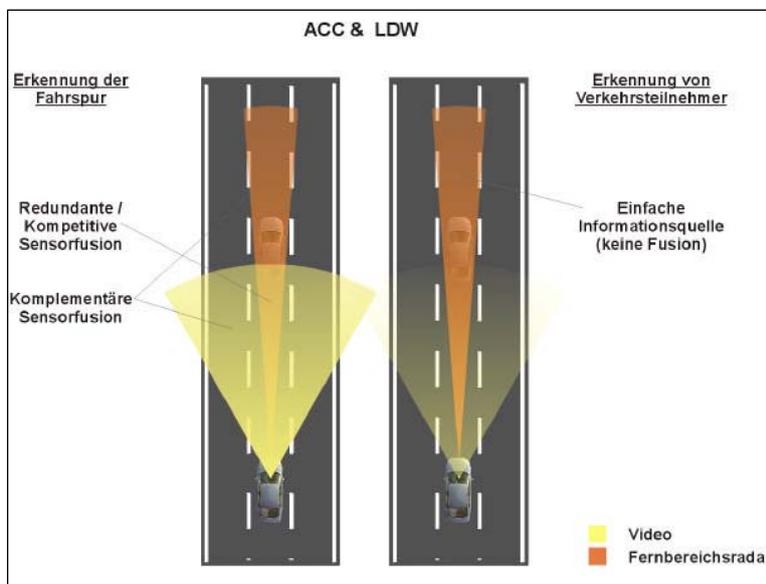


Abbildung 13: Fusionstypen am Beispiel ACC und LDW
[Vukotich et al., 2003]

Fazit:

Eine weitere Entwicklung der Fahrerassistenzsysteme hängt entscheidend von der Qualität der verfügbaren Sensorik ab. Es sind auf diesem Gebiet vielversprechende Lösungen in Aussicht. Neue, effizientere Technologien werden preiswertere Sensoren ermöglichen. Dies ist eine Voraussetzung für einen künftig weitverbreiteten Serieneinsatz von Fahrerassistenzsystemen.

4.1.5 Rechtliche Bedingungen

[www.BASt.de, 2007]:

Der historisch gewachsene straßenverkehrsrechtliche Rahmen ist für neue Fahrerassistenzsysteme anzupassen. Bereits das der Straßenverkehrsordnung zugrunde liegende Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr (WÜ) von 1968 sieht vor, dass der Fahrzeugführer

zu jeder Zeit die Kontrolle über sein Fahrzeug ausübt. Zulassungsrechtlich bedingt diese Vorgabe nach herrschender Auslegung, dass aktiv in die Fahrzeugführung eingreifende Fahrerassistenzsysteme übersteuerbar sein müssen. Auch haftungsrechtlich findet sich die Verantwortung des Fahrers im Straßenverkehrsgesetz wieder (sog. Halterhaftpflichtversicherung). Die hiervon zu unterscheidende Halterverantwortlichkeit umfasst grundsätzlich auch Schäden, die durch technisches Versagen herbeigeführt werden. Damit würde die Einführung von FAS den Haftungsumfang für den Halter potenziell erweitern. Zugleich muss die produkthaftungsrechtliche Verantwortung der Hersteller und ihre Schnittmenge mit der Halterverantwortlichkeit in die Betrachtung neuer Systeme einbezogen werden. Dieser haftungsrechtliche und zulassungsrechtliche Rahmen ist im Bereich der Fahrerassistenz so zentral, dass er sich bei vielen Systemen in gleicher Weise zeigt. Weitere Rechtsfragen im Zusammenhang mit FAS korrespondieren im Einzelfall schon ihrer Art nach so stark mit der technischen Entwicklung, dass sie sich oft erst aus der konkreten Ausgestaltung ergeben und ihre Beantwortung von dieser unmittelbar abhängt.

[Bewersdorf, 2005]:

Im Rahmen der Dissertation wurde das Thema Zulassung und Haftung bei Fahrerassistenzsystemen im Straßenverkehr aufgearbeitet. Das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr (WÜ) steht einer Einführung von Fahrerassistenzsystemen nicht im Wege, da es sich bei den strittigen Themen um Verhaltensvorschriften und nicht um zulassungsrechtliche Regelungen handelt. Soweit nicht-übersteuerbare Fahrerassistenzsysteme zur Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen, wäre eine Nichtzulassung aufgrund von Verhaltensvorschriften eine dem Vertragszweck und -ziel widersprechende Auslegung. Sehr detailliert werden in dieser Arbeit das Kraftfahrzeugzulassungsrecht, das Haftungsrecht und das Produkthaftungsgesetz bezüglich Fahrerassistenzsystemen erläutert.

[Gasser, 2007]:

Der Vortrag fasst die wesentlichen Ergebnisse des 1. AKTIV Workshops „rechtliche Rahmenbedingungen“ zusammen. Nachfolgend eine Auswahl wichtiger Ergebnisse in Kurzform:

- Das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr (WÜ) behindert die Einführung von nicht-übersteuerbaren Systemen.
- Keine Regelung von Fahrerassistenzsystemen im WÜ: Systematik spricht dagegen, da verhaltensrechtliche Vorschriften keine zulassungsrechtliche Vorgaben bedingen.
- Einseitige Regelungen zur Zulassung von Fahrzeugen mit erweiterten Assistenzfunktionalitäten zum grenzüberschreitenden Verkehr zwischen den Vertragsstaaten wären ggf. in Frage gestellt.
- Unsicherheit bezüglich der rechtlichen Auslegung bleibt erhalten.
- Begriffsdefinition: Missbrauch ist vorsätzlich falsche Verwendung; Fehlgebrauch ist fahrlässig falsche Nutzung.

[Kempen, 2007]:

In diesem Vortrag wird das Problem der Vereinbarkeit von Fahrerassistenzsystemen und dem Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr erörtert. Das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr ist ein unter dem Dach der Vereinten Nationen abgeschlossener völkerrechtlicher Vertrag, den 63 Staaten ratifiziert haben. Eine Kernaussage dieses Vertrages ist es, dass jeder Fahrzeugführer sein Fahrzeug „dauernd“ bzw. „unter allen Umständen“ „beherrschen“ muss. Ziel des Übereinkommens ist die Steigerung der Verkehrssicherheit, die auf die Verpflichtung der Vertragsstaaten beruht, einheitliche Verkehrs- und Zulassungsregeln zu erlassen. Da die deutsche Fassung nicht maßgeblich ist, können sprachliche Probleme bei der Interpretation des Textes auftauchen. Der Autor zieht zwei Schlussfolgerungen:

- Die Bauartzulassung von Fahrerassistenzsystemen verstößt nicht gegen das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr. Dies gilt sogar für selbständig eingreifende Systeme
- Erst das Ersetzen des Kfz-Individualverkehrs durch ein vollständig fahrerunabhängiges Verkehrssystem würde mit dem Übereinkommen nicht mehr übereinstimmen

[Miese, 2007]:

Hier wird die Rolle des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) als Produktsicherheitsbehörde beschrieben. Unabhängig von der technischen Mangelursache kann der Hersteller mit Hilfe des KBA bei Sicherheitsmaßnahmen gefährliche Wirkungen seiner Produkte im Feld beseitigen. Noch wirkungsvoller erscheint es aber, schon zu Beginn der Entwicklungsphase Produkte so zu gestalten, dass sie während der vorgesehenen Nutzung möglichst keine Gefährdungen verursachen können. Auch in dieser Phase kann das KBA als Typpenehmigungsbehörde durch eine aktive Mitgestaltung der Vorschriften und deren Interpretation einen entsprechenden Beitrag leisten.

[Seeck et al., 2007]:

In diesem Beitrag werden die haftungsrechtlichen Vorgaben des Straßenverkehrsrechts dem Produkthaftungsrecht hinsichtlich seines Anwendungsbereiches und der Rechtsfolgen bei Fahrerassistenzsystemen (FAS) gegenübergestellt. Hieraus ergibt sich hinsichtlich der Beweisbelastung des Geschädigten eine Schnittmenge mit unterschiedlichen Anforderungen. Diese Situation führt in der Praxis dazu, dass zunächst immer der Fahrzeughalter für Schäden Dritter ersatzpflichtig sein wird, auch dann, wenn ein fehlerhaftes FAS den Schaden verursacht hat. Zusätzlich erschwerend für den Halter ist, dass er eine erhebliche Beweislast für die Fehlerhaftigkeit des Systems und Verursachung des Schadens trägt, will er den Schaden produkthaftungsrechtlich geltend machen.

Bei nicht übersteuerbaren Systemen kommt hinzu, dass das haftungsrechtliche System im Bereich des Straßenverkehrs auf der Verantwortung des Fahrers für die Fahrzeugsteuerung aufbaut. Auf die Gestaltung und Eingriffsstrategien von nicht übersteuerbaren FAS haben nur die Hersteller bzw. Systementwickler Einfluss. Hier verschärft sich die haftungsrechtliche Situation für den Hersteller nochmals.

Eine Überarbeitung der straßenverkehrs- und produkthaftungsrechtlichen Grundlagen stellt sich somit als unabdingbare Voraussetzung für die Einführung von Systemen dar, die sich schon heute in der Entwicklung befinden. Eine Frage also, die unmittelbar angegangen werden muss, um die Systeme zum Verkehr zulassen zu können.

Fazit:

Zu den rechtlichen Rahmenbedingungen für Fahrerassistenzsysteme (FAS) finden sich zahlreiche Literaturstellen. Nach neuer Rechtsmeinung ist eine Bauartzulassung von FAS im Rahmen des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr möglich. Ggf. kann es, wegen der oft differierenden Interpretationen des englischen Begriffs „control“, auf internationaler Ebene zu Verständigungsproblemen kommen.

4.2 Aktive Gefahrenbremsung (AGB) in der Literatur

4.2.1 Aktive Gefahrenbremsung im Kontext der Fahraufgabe

Der Mensch macht Fehler, dies ist auch im Straßenverkehr nicht auszuschließen. Selbst eine kurze Unaufmerksamkeit kann schnell zu einem juristisch verschuldeten Unfall führen, z. B. einem Auffahrunfall. Die Aufgabe von Fahrerassistenzsystemen ist es, den Fahrer in solchen Situationen bei seinen Entscheidungen zu unterstützen und ihm die Möglichkeit zu geben, früher reagieren zu können. Fahrerassistenzsysteme sind (noch) keine Sicherheitssysteme, sondern werden meist als Komfortsysteme eingeführt. ABS, ASR, HBA und ESP sind aktive Sicherheitssysteme, die auch als Fahr-Assistenzsysteme [Belz et al., 2004] bezeichnet werden. Diese Systeme greifen nur auf Sensordaten des Fahrzeugzustandes, nicht aber auf Daten aus der Fahrumgebung zurück.

Eine Einteilung verschiedener Assistenzsysteme in die drei Ebenen der Fahraufgaben zeigt Abbildung 14.

Die Aufgaben eines Fahrerassistenzsystems sind:

- Entlastung von ermüdenden/monotonen Tätigkeiten, z.B. ACC, LGS
- Aufzeigen von Gefahrenpotenzial, z.B. Parkhilfe, Spurwechselassistentz
- Optimierung der Wahrnehmbarkeit und Verfügbarkeit von Informationen, z.B. Nightview, Verkehrszeichenerkennung
- Unterstützen des Fahrers in schwierigen, anspruchsvollen oder ungeübten Fahrsituationen

Fahraufgabe	Aufgaben	Subaufgaben	Reaktion	Unterstützung	Beispiele
Stabilisierung Fertigkeitsbasierte Systeme	Virtueller Fahrer <i>Handling</i>	-Ausweichen -Seitenwindausgleich -Rutschen, Schlupf -Schleudern -Fzg.-Selbststeuerung	ms $t_{R, \text{Fahrer}} < t_{R, \text{System}}$	Intervention	Fahrdynamik-Regelsysteme (ABS, ESP, Bremsassistent) AGB
				Regelung	
Führung Regelbasierte Unterstützung	Virtueller Copilot <i>Manövrieren</i>	-Spurhaltung -Kollisionsvermeidung -Verkehrsregeln beachten -Workload-Optimierung	s $t_{\text{Reaktion Fahrer}} < t_{\text{Reaktion System}}$	Empfehlung	Führungs-Assistenzsysteme (ACC, LGS)
				Warnung	
				Information	
Planung Wissensbasierte Informationssysteme	Virtueller Beifahrer <i>Navigieren</i>	-Zielfindung -Routenplanung	Std/min $t_{\text{Reaktion System}} < t_{\text{Reaktion Fahrer}}$	Empfehlung	Navigation Verkehrsinfo
				Information	

Abbildung 14: 3-Ebenen der Fahraufgabe mit Zuordnung verschiedener Assistenzfunktionen

4.2.1 Längsregelung als Komfortsystem (Cruise Control)

ACC Systeme sind Komfortsysteme mit eingeschränktem Wirkungsbereich. Sie sollen Folgefahrten bei geringen Geschwindigkeitsdifferenzen mit limitiertem Bremsenriff ermöglichen. Daher sind ACC Systeme als Komfortsysteme mit indirekter Sicherheitskomponente (z.B. erfolgt durch automatische Fahrzeugverzögerung eine Fahrerwarnung) zu bewerten.

ACC Stop&Go-Systeme decken den Niedriggeschwindigkeitsbereich bis zum Fahrzeugstillstand ab. Aufgabe ist es, ein „Mitschwimmen“ im Stauverkehr zu ermöglichen. Auch bei diesen Systemen ist der Bremsenriff in der Regel limitiert, ein Wiederauffahren erfolgt fahrerinitiiert. Erste Systeme befinden sich bereits auf dem Markt.

4.2.1 Längsregelung als Sicherheitssystem (Bremsassistent)

Bremsassistenten erkennen anhand der durch den Fahrer hervorgerufenen Pedalbewegung den Notbremswunsch und leiten infolge dessen eine Notbremsung ein. Durch dieses System soll die mangelnde Fähigkeit des Fahrers, in Stresssituationen das Bremspedal dauerhaft mit der notwendigen Kraft zu betätigen, kompensiert werden. Eine Verkürzung des Bremswegs ist somit erreichbar.

Notbremsassistent

Auf dem japanischen Markt wurden bereits mehrere Systeme mit kollisionswarnender bzw. -vermeidender Funktionalität eingeführt. Diese Systeme sind teilweise mittels GPS-Ortsbestimmung o.ä. in ihrer Funktion lokal eingeschränkt. Eine Einführung in Europa ist derzeit nicht zu erkennen. Zurzeit werden folgende Systeme der jeweiligen Hersteller in Japan angeboten:

- Hondas Collision Mitigation System (CMS) ist ein System zur Kollisionsschwereminderung. Vorausfahrende Fahrzeuge werden mittels eines Radarsensors (77GHz Radar) erkannt, im Falle einer zu geringen Time to Collision zum vorausfahrenden Fahrzeug wird der Fahrer in mehreren Stufen gewarnt. Ist eine Kollision unvermeidbar wird ein automatischer, in der Stärke begrenzter, Bremsenriff eingeleitet. Zum Schutz der Insassen werden gleichzeitig Gurtstraffer aktiviert. Angeboten wird dieses System in den Modellen Inspire, Odyssey und Elysion.
- Toyotas Pre-Crash System basiert auf einem Radarsensor (77GHz Radar) zur Objekterkennung. Wird eine Kollisionsgefahr erkannt, werden die Gurtstraffer aktiviert und die Bremsanlage vorkonditioniert. Dadurch wird die Bremsreaktionszeit reduziert, wenn der Fahrer durch Betätigen des Bremspedals die Bremsung durchführt. Verfügbar ist Pre-Crash in den Modellen Harrier, Celsior, Crown.
- Intelligent Brake Assist von Nissan ist ein System zur Kollisionsschwereminderung. Das Intelligent Brake Assist System ist lasergestützt und warnt den Fahrer bei Kollisionsgefahr. Greift der Fahrer nicht ein, leitet das System eine automatische Teilbremsung mit 5m/s^2 ein. Zusätzlich wird die Auslöseschwelle des Bremsassistenten herabgesetzt. Angeboten wird dieses System in den Modellen Cima und President.
- Subarus Active Driving Assist ist eine Kombination aus abstandsgeregeltem Tempomaten (ACC), Spurverlassenswarnung (2 CCD Kameras) und Abstandswarnung (77 GHz Radar). Dieses System wird im Subaru Legacy Lancaster Top Modell für den japanischen Markt angeboten.

Auch auf dem europäischen Markt gibt es aktuell bereits einige kollisionsvermeidende bzw. -mindernde Systeme:

- DaimlerChrysler bietet im Rahmen der Safety Technology im Actros den Active Brake Assist an. Dieses System basiert auf drei Radarsystemen mit Reichweiten von 7m bis 150m. Ist ein Unfall bei unveränderter Fahrweise unvermeidlich, wird der Fahrer zunächst optisch und akustisch gewarnt. Verschärft sich die Situation, wird zusätzlich mit einer Teilbremsung die Aufmerksamkeit des Fahrers erweckt. Ist der Unfall unvermeidbar, leitet das System eine Notbremsung ein. Es können zwar grundsätzlich keine Auffahrunfälle vermieden werden, aber die Unfallfolgen werden deutlich reduziert. Zudem ist auch eine Einführung im Reisebus geplant.
- Der Bremsassistent „plus“ von DaimlerChrysler erfasst vorausfahrende Fahrzeuge mittels Radar und warnt bei geringem Abstand oder bei zu schneller Annäherung an das vorausfahrende Fahrzeug. Droht ein Zusammenstoß, wird die optimale Bremskraftunterstützung berechnet, die sofort nach Bremspedalbetätigung durch den Fahrer zur Verfügung steht. Einen aktiven, also vollautomatischen Bremsengriff gibt es zunächst nicht. Dieser Bremsassistent „Plus“ ist in Kombination mit dem ebenfalls weiterentwickelten Abstandsregeltempomaten "DISTRONIC PLUS" lieferbar. Dieses radargestützte System arbeitet im Geschwindigkeitsbereich von null bis 200 km/h. Es hält die S-Klasse im konstanten Abstand zum vorausfahrenden Verkehr, bremst das Fahrzeug mit limitiertem Bremsmoment automatisch bis zum Stillstand ab und beschleunigt es wieder auf die gewünschte Geschwindigkeit, wenn der Verkehr dies zulässt.
- Das Predictive Safety System von Bosch (PSS1..3) ist ein System zur Minderung der Kollisionsschwere in drei Ausbaustufen, welche zeitlich gestaffelt in den Markt eingeführt werden. Die Funktionalität reicht vom Vorkonditionieren der Bremsanlage im Gefahrenfall (PSS1, verfügbar im Audi A6) über Fahrerwarnung durch Warnbremsung (PSS2, 2006), bis hin zum vollen Bremsengriff bei Unvermeidbarkeit einer Kollision (PSS3, 2009).

4.3 Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer (SFR) in der Literatur

4.3.1 Verkehrserziehung

Es besteht kein Zweifel daran, dass die Verkehrserziehung in unserer Gesellschaft einen wichtigen Baustein für die Verkehrssicherheit darstellt. So soll vor den im Straßenverkehr bestehenden Gefahren gewarnt und alle am Straßenverkehr teilnehmenden Personen aufgeklärt werden. Besonders gilt dies für Kinder, insbesondere auf dem täglichen Schulweg. Für Schulanfänger gibt es daher schon seit Jahren von unterschiedlichen Institutionen organisierte, meist kostenfreie Aufklärungsveranstaltungen. Diese reichen von der Schulwegplanung mit den Eltern über Verkehrsschulungen für die Kinder bis hin zur Verteilung von Reflektoren oder gelben Kappen, welche die Aufmerksamkeit der Kraftfahrer wecken sollen.

In den Jahrgangstufen drei bis vier kommt dann in der Regel die Ablegung des „Fahrradführerscheines“ hinzu. Die Angebote werden von den Schulen unterschiedlich gut genutzt und finden in den höheren Klassenstufen ein Ende. Da aber gerade in diesem Alter wieder erhöhte Risiken durch die Benutzung von Krafträdern auftreten, sollte die Verkehrserziehung wie im Vorschulalter zu einer festen Größe werden.

Am effektivsten ist trotz der erwähnten Angebote die Aufklärung innerhalb der Familie. Hier hat man die Möglichkeit, rechtzeitig und kontinuierlich Verhalten und Regeln im Verkehr zu vermitteln. Zur Unterstützung stellen z.B. die Unfallforschung der Deutschen Versicherer Empfehlungen rund um den Schulweg bereit.

4.3.2 Infrastrukturmaßnahmen

Infrastrukturmaßnahmen sind ein weiterer Schritt, die Sicherheit von ungeschützten Verkehrsteilnehmern zu steigern. Hierfür gibt es verschiedene Ansätze, die von der jeweiligen Verkehrsrörtlichkeit abhängen. Allgemein ist aber darauf zu achten, dass Umwege und längere Wartezeiten die Akzeptanz von Querungshilfen reduzieren. Des Weiteren empfiehlt der ADAC, dass Maßnahmen zur Sicherheitssteigerung für Fußgänger und Radfahrer wegen hoher Kosten nicht lange aufgeschoben werden sollen, sondern kostengünstige Übergangslösungen verwirklicht oder die Vorhaben in Abschnitten nach ihrer Priorität abgearbeitet werden sollen.

Die FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) stellt für Städte und Gemeinden Empfehlungen für bauliche Änderungen bereit, damit für jede Verkehrsumgebung die optimale Lösung realisiert werden kann. Instrumente zur Verbesserung der Verkehrssicherheit sind z.B. Querschnittsverengungen, farbliche Markierungen oder Abgrenzungen durch Poller und Geländer, welche aber nicht die Sicht der Verkehrsteilnehmer behindern dürfen.

Um Fußgänger vom Überqueren einer rotsignalisierten Fußgängerfurt abzuhalten, gibt es z.B. in China, Japan und Dänemark Versuchseinrichtungen mit Restrotzeitanzeige. Allerdings sind Ergebnisse noch rar oder lassen sich nicht eins-zu-eins auf deutsche Bedingungen übertragen. Hierfür wurde 2005 ein Pilotprojekt in der Hansestadt Hamburg durchgeführt, welches eine Senkung der Rotläuferzahlen verbuchen konnte. Abbildung 15 zeigt beispielhaft eine Lichtzeichenanlage (LZA) mit zusätzlicher Restrotzeitanzeige.



Abbildung 15: Beispiel einer LZA mit Restrotzeitanzeige

4.3.3 Passive Sicherheit von Fahrzeugen

Passive Sicherheit wurde in den letzten Jahren größtenteils für den Fahrzeuginsassen betrachtet. Die Gründe dafür sollen hier aber nicht weiter beleuchtet werden. Vielmehr soll dieser

Abschnitt die Entwicklung der passiven Sicherheit für ungeschützte Unfallbeteiligte behandeln. Erste Entwicklungen zum Schutz der Fußgänger/Radfahrer gab es in den 80er Jahren mit dem Uni-Car. Dabei wurde im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) ein Fahrzeug entwickelt, bei dem u.a. der Fußgänger- und Radfahrerschutz besonders berücksichtigt wurde. Abbildung 16 zeigt die Umsetzung von gepolsterten Scheibenrandbereichen und Stoßkörpern im Prototypenbau.

Bis heute gab es immer wieder Verbesserungsansätze, so wurden z.B. die Scheibenwischer-
aufnahmen unter die Motorhaube verlegt, Wasser- und Luftfilterkasten weiter nach unten ver-
setzt, harte Fahrzeugbereiche wie Federbeindome und Klappenscharniere zusammengelegt,
um die Anzahl der besonders gefährlichen Bereiche zu reduzieren. Die neuesten auf dem
Markt erhältlichen Schutzvorkehrungen, welche von dem Euro NCAP mit positiven Ergebnis-
sen bewertet wurden, sind die Sollbruchstellen an der Scheinwerferhalterung beim Honda Ci-
vic und die aufstellende Motorhaube beim Citroen C6. Vor einer möglichen Markteinführung
steht auch noch ein Airbagsystem, das die Scheibenrandbereiche und Haubenhinterkante ab-
decken soll. Zu solch einem System wurden vom ika (Institut für Kraftfahrtwesen Aachen)
Crash-Tests durchgeführt, die zum Schluss führen, dass damit im Stadtbereich die Verlet-
zungsfolgen weiter reduziert werden können.

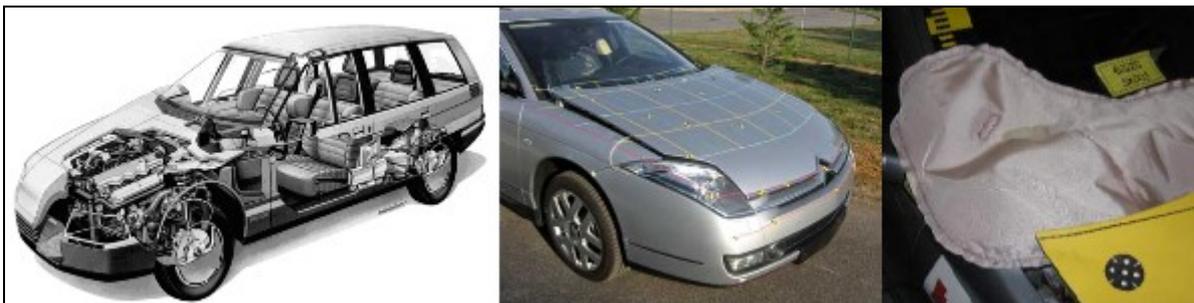


Abbildung 16: Uni-Car mit umgesetzten Schutzmaßnahmen [Kühn, 2007], Aufgestellte Fronthaube des Citroen C6 [www.brennstoffzellen.rwth-aachen.de], getestetes Airbagsystem des ika [www.ika.rwth-aachen.de]

4.3.4 Aktive Sicherheit von Fahrzeugen

Zur aktiven Sicherheit zählt man Maßnahmen und Systeme, die in der Lage sind, einen Unfall zu vermeiden. Im Zuge dessen wird versucht, die Wahrnehmung von Gefahrensituationen für den Fahrer zu begünstigen, damit dieser noch rechtzeitig richtig handeln kann. Auch sind Systeme zu integrieren, die den Fahrer in seinem Handeln unterstützen oder sogar selbst tätig werden. Aufgabe von AKTIV ist es, solche Systeme zu entwickeln. Wie diese Systeme arbeiten und welche Randbedingungen zu beachten sind, wird im Kapitel 8.1 dargestellt.

Komforteinrichtungen wie Klimasysteme und ergonomisch angeordnete Bedien- und Sitzelemente steigern die aktive Sicherheit, da sie die Fahrerkondition verbessern und somit die für die Erfüllung der Fahraufgabe erforderliche Vigilanz aufrecht erhalten helfen. Auf die Fahrdynamik wirkende Systeme im Sinne aktiver Sicherheit sind z.B. die Aktivlenkung und der Bremsassistent.

4.3.5 Sensorik

Eine Voraussetzung für vorausschauende Sicherheitssysteme sind Sensoren zur Erfassung des Fahrzeugumfeldes. Diese Sensoren arbeiten mit unterschiedlichen Messverfahren und Eigenschaften, die funktionspezifisch für unterschiedliche Aufgaben (d.h. Verkehrssituationen) mehr oder weniger gut geeignet sind. Abbildung 17 zeigt den Erfassungsbereich von unterschiedlichen Sensoren, die in der Praxis zur Umfelderkennung eingesetzt werden.

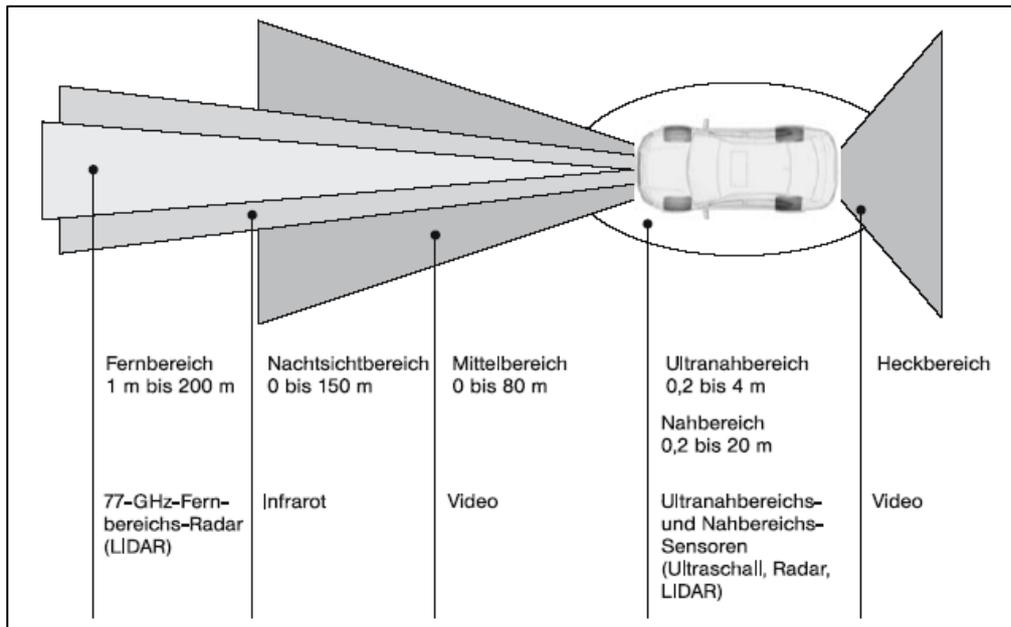


Abbildung 17: Erfassungsbereich von Umfeldsensoren [Wallentowitz, 2006]

Für eine sichere Beschreibung des Umfeldes sind verschiedene Sensorarten zu kombinieren (sog. Sensordatenfusion). Durch die unterschiedlichen Messverfahren und die Überlappungsbereiche im Erfassungsraum ist eine wesentlich genauere Aussage zur Fahrzeugumgebung zu treffen, als es die Ergebnisse der Einzelsensoren ermöglichen würden.

Um eine sichere Umfelderkennung mit Situationsbewertung zu realisieren wird auf Fahrzeugdaten wie z.B. Geschwindigkeit, Gierrate und Querbewegung zugegriffen. Die Fusion der Sensordaten macht die Assistenzsysteme unanfälliger gegenüber Fehldetektionen, was zur Sicherheitssteigerung beiträgt. Welche Sensoren die AKTIV-Projektpartner bei Ihren Systemen verwenden und welche Eigenschaften diese haben, wird in Kapitel 8.1 Applikationsbeschreibung für SFR dargestellt.

4.3.6 Akzeptanz von FAS

Welchen Nutzen Fahrerassistenzsysteme bringen, hängt stark von der Akzeptanz bei Käufern und Fahrzeugführern ab. So kann das beste System die Verkehrssicherheit nicht steigern, wenn es vom Fahrer ignoriert oder gar abgeschaltet wird. Akzeptanzprobleme können durch unterschiedliche Ursachen entstehen. Seit den ersten Serienfahrzeugen wird das Steuern von Kfz mit Freiheit verbunden. Diese sehen Anwender möglicherweise in Gefahr. Das Assistenzsystem könnte in das gewöhnliche Fahrverhalten so eingreifen, dass sich der Fahrer entmün-

digst fühlt. Es kann auch dazu führen, dass sich der Fahrzeugführer so unterfordert fühlt, dass er sich mit Nebentätigkeiten beschäftigt, die nichts mit der Fahraufgabe zu tun haben. Eine andere Problematik entsteht, wenn das System überempfindlich reagiert. Hierbei besteht die Gefahr, dass die Ausgabe von Informationen und Warnungen als nicht so wichtig eingestuft wird. Ähnlich verhält es sich bei häufigen Fehlauflösungen. Dadurch wird der Anschein erweckt, das System sei unzuverlässig, es bringe keinen Sicherheitsvorteil.

Um die Akzeptanz zu steigern, sind Marketingstrategien zu entwickeln und spezielle Schulungen für das Verkaufspersonal einzuführen. Weiterhin sollte ein Assistenzsystem dem Fahrer unangenehme Aufgaben abnehmen und ihm die Aufgaben überlassen, die er gern selbst übernimmt.

4.4 Integrierte Querführung (IQF) in der Literatur

4.4.1 Querführung

Laut [Kramer, 2008] versteht man unter Querführung im Wesentlichen die Fahraufgabe der Spurhaltung. Diese besteht grundsätzlich darin, den Abstand des Fahrzeugs von einer vorgegebenen, seitlich verlaufenden Kurve, üblicherweise dem Straßenrand, möglichst konstant zu halten.

Des Weiteren gehören Fahrmanöver, wie beispielsweise Überholen oder Ausweichen vor Hindernissen, zum Bereich der Querführung.

4.4.2 Querführungsassistent

Die Aufgabe des Querführungsassistenten ist es, den Fahrer bei der Spurhaltung und bei beabsichtigten Spurwechseln zu unterstützen. Der Querführungsassistent vereint somit die Funktionen eines Spurhalte- und Spurwechselassistenten in einem Systemansatz. Eine ausführliche Applikationsbeschreibung des IQF-Systems findet sich in Kapitel 9.1 Applikationsbeschreibung.

4.4.3 Spurhalteassistent

Nach [Mann, 2008] wird seit Dezember 1999 im „Mitsubishi Proudia“ der erste, für ein Serienfahrzeug verfügbare, Spurverlassenswarner angeboten. Dieses Angebot beschränkt sich ausschließlich auf den japanischen Markt. Das angebotene System ist in der Lage, den Fahrer zu warnen, sobald die berechnete Zeit bis zum Übertritt der Fahrbahnmarkierung ≤ 1 Sekunde ist. Die Warnung erfolgt optisch, akustisch und haptisch. Die haptische Signalisierung erfolgt aus einer Kombination von Lenkradvibrationen und diskreten, zur Fahrbahnmitte gerichteten, Zusatzlenkmomenten von max. 1,2 Nm.

Der Hersteller Mercedes Benz bietet bereits seit 2002 einen Spurverlassenswarner für seine Lastkraftwagen an. Dieser basiert auf einer Kamera, welche hinter der Windschutzscheibe angebracht ist. Mit Hilfe der nachgeschalteten Bildverarbeitung werden die Spurmarkierungen erkannt. Ist eine Tendenz zum Verlassen der Fahrspur erkennbar, erfolgt eine Warnung über die Radiolautsprecher. Das System nennt sich „Telligent-Spurassistent“ und wurde im Jahr 2003 gut 2.100-mal in Lkw verbaut.

Seit 2005 bietet Nissan auf dem amerikanischen Markt sein „Lane Departure Warning-System“ an. Auch hier handelt es sich um ein kamerabasiertes System, das den Fahrer optisch und akustisch auf das Verlassen der Fahrspur hinweist.

Inzwischen bieten bereits viele Hersteller Spurhalteassistenten an. Alle aktuellen Systeme arbeiten ab einer Geschwindigkeit von ca. 60 – 80 km/h, deaktivieren sich automatisch bei Betätigung des Blinkers und sind zusätzlich mit Hilfe eines Schalters vollständig deaktivierbar. Einige herstellerspezifische Details werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Das auf dem deutschen Markt verfügbare System von Citroën basiert auf sechs Infrarot-Sensoren in der Frontschürze, siehe Detail 1 in Abbildung 18. Diese Sensoren registrieren, wenn eine Fahrbahnbegrenzungslinie überfahren wird. Je nachdem ob das Fahrzeug die Spur nach links oder rechts zu verlassen droht, warnt ein vibrierender Elektromotor in der entsprechenden Sitzwanne, siehe Detail 3. Das Unternehmen hat sich für diese Mensch-Maschine-Schnittstelle entschieden, da der Mensch an dieser Stelle noch empfänglich sein soll, wenn Augen und Ohren überlastet oder sogar geschlossen sind (z.B. während eines Sekunden-schlafs).



Abbildung 18: Spurhaltesystem Citroën [Auto-Motor-und-Sport, 2009]

Das System von BMW basiert auf einer Videokamera im Bereich des Innenspiegels. Das System warnt den Fahrer wenn die Gefahr besteht, dass das Fahrzeug den Fahrstreifen verlässt. Ein vibrierendes Lenkrad weist den Fahrer auf die Gefahr hin.

Honda, Lexus und VW haben dagegen bereits Systeme entwickelt, bei denen der Fahrer nicht nur gewarnt wird, sondern bei denen das System auch aktiv in die Lenkung eingreift und das Fahrzeug zurück auf seinen Fahrstreifen führt. Um einen Missbrauch zu vermeiden schalten sich die Systeme nach akustischer und optischer Warnung selbständig ab, sobald der Fahrer das Lenkrad für einige Sekunden loslässt [Auto-Motor-und-Sport, 2009].

4.4.4 Spurwechselassistent

Als erster Hersteller bot Volvo 2005 bei seinen Modellen S 60 und V 70 sein Sicherheitssystem „BLIS“ in Serienfahrzeugen an. Das System basiert auf Kameras in den Außenspiegeln und berücksichtigt Pkw, Lkw und Motorräder, die in sich im Bereich bis 3 Metern neben und bis 9,5 Metern hinter dem Fahrzeug befinden (Abbildung 19). Sobald sich ein Fahrzeug in diesem Bereich befindet, leuchtet permanent eine orangefarbene Leuchtdiode in der A-Säule. Diese soll den Fahrer, beim Blick in den Spiegel, auf das Fahrzeug im toten Winkel aufmerksam machen [www.autosieger.de].

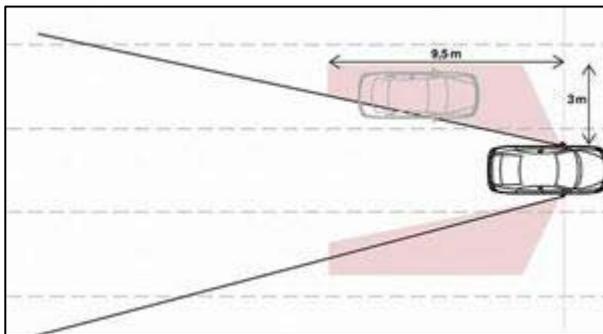


Abbildung 19: Erfassungsbereich des Spurwechselassistenten „BLIS“
[www.autosieger.de]

Bei anderen Herstellern, wie beispielsweise Mercedes, Audi, BMW, soll der Fahrer nur bei einer drohenden Kollision gewarnt werden. Daher setzen diese auf radarbasierte Systeme. So ist es dem Assistenten möglich, die Geschwindigkeitsdifferenz zu messen und zu berechnen, ob die Gefahr einer Kollision besteht. Der Spurwechselwunsch wird dem System durch Betätigung des Blinkers mitgeteilt. Ein weiterer Vorteil der Radarsensoren ist die hohe Reichweite von ca. 60 Metern (Abbildung 20). Herstellerspezifisch wird optisch, haptisch und/oder akustisch auf die Gefahr hingewiesen.

4.5 Kreuzungsassistent (KAS) in der Literatur

4.5.1 Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation

Unter Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation, bzw. Car to Car Communication oder kurz C2CC, versteht man die Kommunikation zwischen Fahrzeugen mit Hilfe von Funksystemen ähnlich dem WLAN, welches als Wireless Lokal Area Network für kurze Entfernungen bis ca. 100m gedacht ist (Abbildung 21). Anwendung sollen derartige Systeme im Unterhaltungsbereich und im Bereich der Fahrerassistenzsysteme finden. Beispiele für Sicherheitsanwendungen sind u.a. Warnung der folgenden Fahrzeuge bei einem Unfall, Ankündigung eines Staus, oder die Ankündigung eines sich von hinten nähernden Rettungsfahrzeugs („Rettungsgasse räumen“).

Offene Punkte gibt es bei der Festlegung eines Standards für die Kommunikation und bei der Sicherung des Netzes gegen das Eindringen von unberechtigten Nutzern [Wallentowitz, 2006].

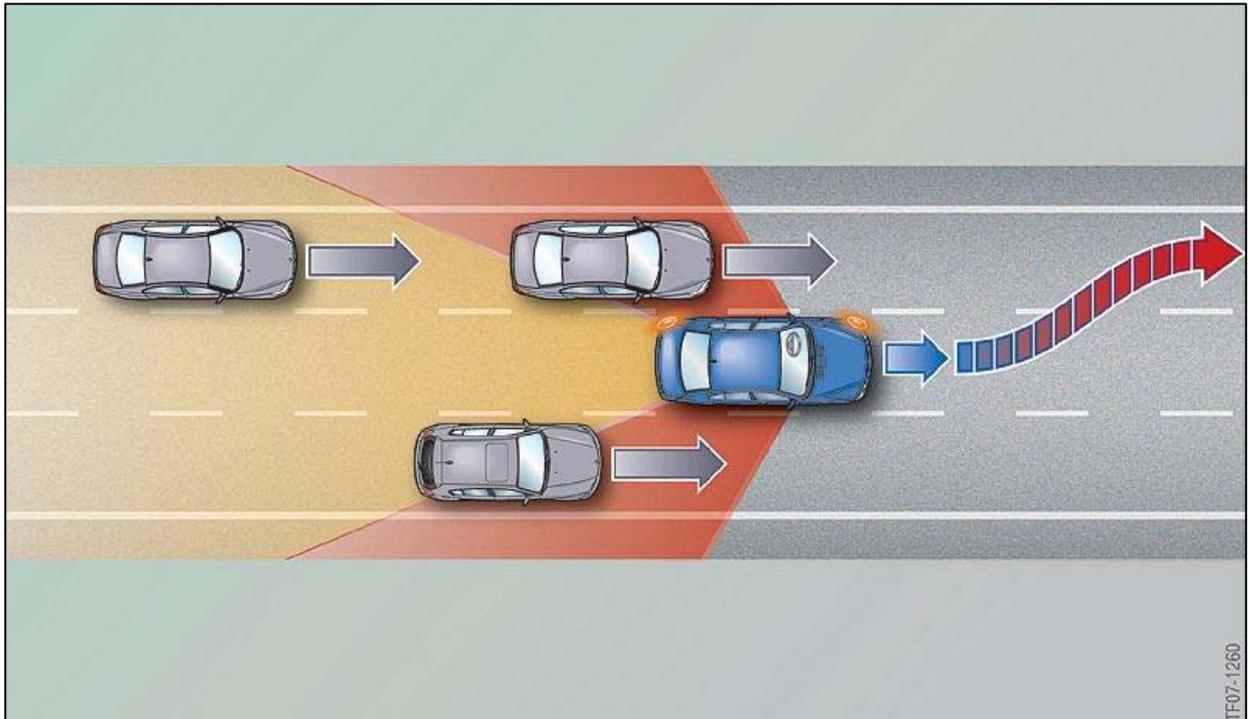


Abbildung 20: Erfassungsbereich des radarbasierter Spurwechselasistenten [Automobil Produktion, 2008]

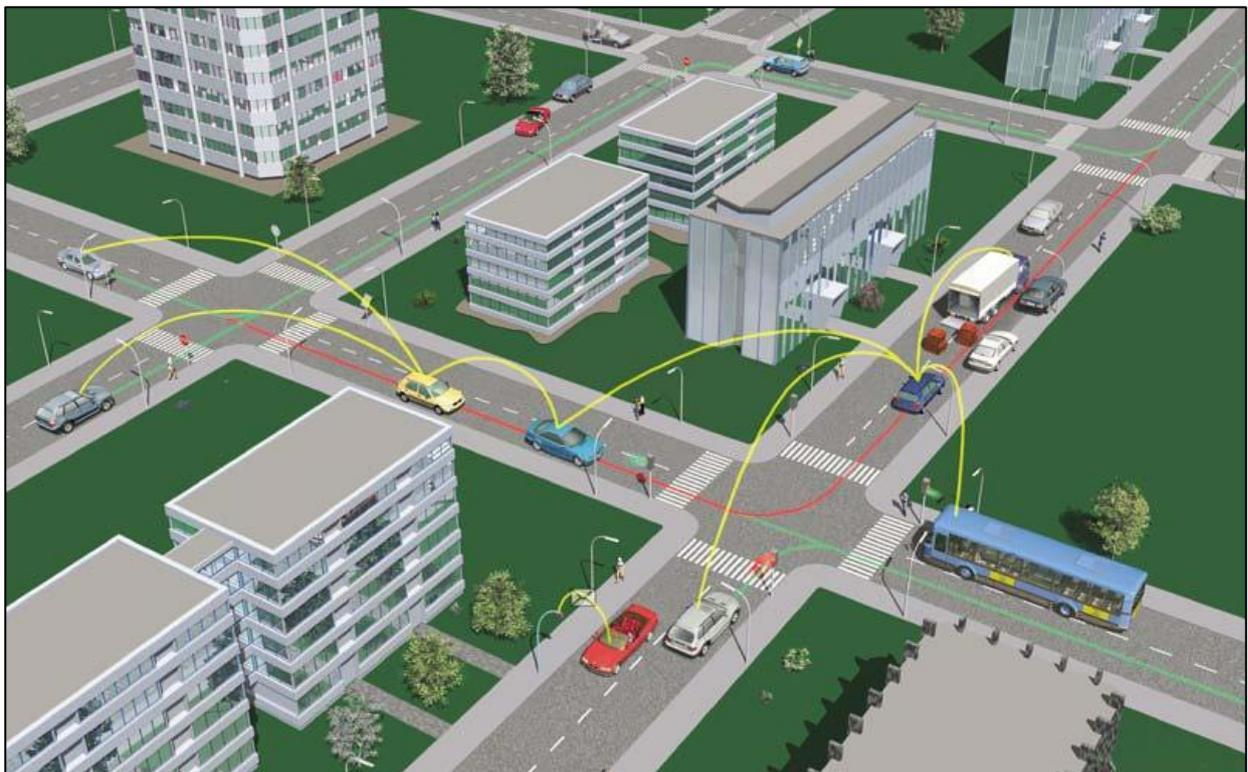


Abbildung 21: Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation [www.atzonline.de]

4.5.2 Kreuzungsassistent

Nach [Weller, 2008] unterstützt ein Kreuzungsassistent den Fahrer an Einmündungen und Kreuzungen bei der Beurteilung der Verkehrssituation durch bedarfsweise ausgegebene Warnmeldungen auf Basis der funktechnisch übermittelten Geschwindigkeiten und Positionen aller in der Nähe des Knotens befindlichen Fahrzeuge.

Durch die raschen Fortschritte in der Sensorik und der Netzwerktechnik ist eine Realisierung eines Kreuzungsassistenten inzwischen technologisch möglich. Daher ist der Kreuzungsassistent verstärkt Thema in Forschungsprojekten der jüngeren Vergangenheit. Darunter in den Forschungsprojekten INVENT, INTERSAFE und dem im Januar 2008 beendeten Projekt PReVENT, wo bereits erste Prototypen realisiert werden konnten.

5 Die Allianz Unfalldatenbank (AZT-Datenbank)

Die bei der Allianz archivierten Schadenakten stellen die Grundgesamtheit der verfügbaren Fälle dar. Dieser Datenpool wird als „Allianz-Datenbank“ („AZ-Datenbank“) bezeichnet. Im vorliegenden Kapitel wird die im Rahmen des AKTIV-Projektes aus der AZ-Datenbank extrahierte Unfalldatenbank beschrieben (im Folgenden als „AZT-Datenbank“ bezeichnet). Sie dient als Basis für die Beantwortung der Fragen zur Analyse des Wirkpotentials der Fahrerassistenzsysteme AGB, SFR, IQF und KAS für Pkw.

5.1 Informationsquellen in den Schadenakten

Nahezu alle Schadenakten enthielten den Allianz-Schadenmeldebogen. Hieraus konnten erste Informationen über den Unfallhergang gewonnen werden. Weiterhin waren in den häufigsten Fällen Schadengutachten für das aus Sicht der Versicherung relevante Kraftfahrzeug zu finden, die jedoch nicht in allen Fällen mit Bildmaterial versehen waren. Die höchste Informationsdichte hatten allerdings Akten, welche eine polizeiliche Unfallmeldung enthielten. In diesem Fall konnte auf Verkehrsunfallanzeigen (siehe Anhang IV) und Zeugenaussagen zurückgegriffen werden, was sehr häufig der Fall war. Ergänzt wurden diese Informationen in vielen Fällen durch medizinische Berichte bzw. Gutachten von Ärzten. In einigen Fällen konnten zusätzliche Informationen zum Unfall auch aus Rechtsanwältsschreiben, Unfallrekonstruktionen oder Gerichtsurteilen gewonnen werden.

5.2 Selektionskriterien und Auswahl der Stichprobe

Die neu erstellte AZT-Datenbank soll das gesamte Aufkommen von Unfällen mit Personenschäden für Deutschland bestmöglich repräsentieren, d.h. insbesondere mit der existierenden Bundesstatistik vergleichbar sein. Erst dann lassen sich die sich darauf stützenden Schlüsse und Aussagen zum Wirkpotential der untersuchten Fahrerassistenzsysteme auf das gesamte Unfallgeschehen in Deutschland übertragen (vgl. Kapitel 5.6 und 5.7).

Bei der Allianz Bayern (Betriebs-/Verwaltungsgemeinschaft 7) wurden im Jahr 2004 105.305 Dokumente zu Haftpflichtschäden aller Fahrzeugarten bearbeitet (vgl. Tabelle 4). Die nachfolgende Übersicht zeigt, nach welchen Selektionskriterien die Stichprobe bestimmt und ausgewählt wurde.

- Ereignisjahr 2004 (projektorganisatorischer Grund)
- Schadenart: 610, 620, 710, 720 (Schadenart-Nummer nach Tabelle 2, Haftpflichtunfälle mit Personenschaden)
→ 11.890 Fälle
- Fahrzeugart Pkw („Objekt ID 1“ als Identifikationsmerkmal in der Allianz-Datenbank, relevant für das Untersuchungsziel „Wirkpotentialanalyse“)
→ 8.918 Fälle
- DG Südost (Allianz Bayern, auswertungstechnischer Grund)
→ 2.410 Fälle
- Schadenbereich 10 (Archiv Unterföhring, auswertungstechnischer Grund)
→ 2.027 Fälle

- Unfallort: Deutschland (Vergleichbarkeit)
- Unfallart und -typ ersichtlich (relevant für das Untersuchungsziel „Wirkpotentialanalyse“)
 → 1.731 Fälle (Zufallsstichprobe)

Dies ergibt eine zufällige Auswahl ohne Verfälschungen z. B. bei der Verteilung der Jahreszeiten, des Kundenkreises oder der Region. Während des Auswahlprozesses wurde geprüft, ob die selektierten Unfälle in ihrer Verteilung dem Gesamtunfallgeschehen in Deutschland ähnlich sind. Diese Forderung ist durch die zufällige Stichprobe gewährleistet (vgl. Kapitel 5.6 und 5.7).

Nummer	Haftpflicht-Schadenarten
500	Passives Beteiligungsgeschäft Haftpflicht
501	Aktives Beteiligungsgeschäft Haftpflicht
502	Sammelabrechnung
510	Kfz-Schaden mit/ohne sonst. Schaden
520	Sachschaden ohne Kfz-Schaden
580	Ladungsschaden Fernverkehr
590	Ladungsschaden Nahverkehr
610	Todesfall mit Kfz- und Sachschaden
620	Todesfall ohne Kfz- und Sachschaden
710	Verletzungsfall mit Kfz- und Sachschaden
720	Verletzungsfall ohne Kfz- jedoch mit Sachschaden

Tabelle 2: Bezeichnung der Allianz-Schadenart bei Haftpflichtschäden

5.3 Allianz Datenpool (AZ-Datenbank) und ausgewertete Unfallakten (AZT-Datenbank)

Die untersuchten Unfälle stammen aus dem Archiv der Allianz Hauptverwaltung in Unterföhring. Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2004 ca. 3,5 Millionen Kraft-Haftpflicht-Schäden registriert (GDV, 2005). Die Allianz hat mit ca. 580.000 Schäden einen Anteil am Gesamtschadensaufkommen von 16,3% (Tabelle 3).

Haftpflichtschäden	Anzahl	%
GDV	3.552.183	100,0
Allianz Versicherung (SGD)	578.826	16,3

Tabelle 3: Anzahl der Haftpflichtschäden des GDV und der Allianz im Jahr 2004

Für die elektronische Selektion wurden Akten der Allianz aus dem „Dienstleistungsgebiet Südost“ (DG Südost), auch als „Allianz Bayern“ bezeichnet, verwendet. Das DG Südost hat auf den Gesamtbestand der Allianz Versicherung in Deutschland (SGD = Schadengruppe Deutschland) bezogen auf alle Fahrzeugarten (Pkw, Lkw, Motorrad, usw.) im Jahr 2004 einen Anteil von jeweils 18,2 % bei Personen- sowie Sachschäden (Tabelle 4).

Haftpflichtschäden	SGD		Allianz Bayern	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Sachschaden	513.613	100,0	93.415	18,2
Personenschaden	65.213	100,0	11.890	18,2
Insgesamt	578.826	100,0	105.305	18,2

Tabelle 4: Anzahl der Personen- und Sachschäden aller Fahrzeugarten der Allianz in Deutschland und Bayern im Jahr 2004

Daraus ergibt sich der Anteil der ausgewerteten Unfallakten (Stichprobe) am gesamten KH-Personenschadenaufkommen in Deutschland wie folgt:

Gemäß Tabelle 3 liegt ein Anteil von 16,3% der Allianz (SGD) am gesamten Schadenaufkommen der Haftpflichtversicherungen in Deutschland vor, was folgendem Anteilssatz entspricht:

$$\rightarrow p_1 = \frac{16,3\%}{100\%} = 0,163$$

Das DG Südost hat einen Anteil an der Allianz SGD von 18,2% (Tabelle 4).

$$\rightarrow p_2 = 0,182$$

Der Pkw-Anteil (8.918 Fälle) an den KH-Schäden mit Personenschaden aller Fahrzeugarten (11.890 Fälle) im DG Südost liegt bei 75,0%.

$$\rightarrow p_3 = 0,750$$

Von den Pkw-Unfällen mit Personenschaden der DG Südost (8.918 Fälle) wurden aus auswertetechnischen Gründen nur Akten aus dem Archiv in Unterföhring (Schadenbereich 10, 2.027 Fälle) ausgewählt, was einem Anteil von 22,7% entspricht.

$$\rightarrow p_4 = 0,227$$

1.731 Fälle konnten aus der Stichprobe in Unterföhring (2.027 Fälle) ausgewertet werden, was einem Anteil von 85,4% aller Pkw-Haftpflicht Personenschäden im Allianz-Archiv in Unterföhring entspricht.

$$\rightarrow p_5 = 0,854$$

Aus den vorstehenden Anteilssätzen ergibt sich durch Multiplikation der gesamte Anteilssatz:

$$\rightarrow p_{AZT-DB} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 = 0,163 \cdot 0,182 \cdot 0,750 \cdot 0,227 \cdot 0,854 = 0,004$$

Somit beträgt das resultierende Perzentil $P_{AZT-DB}=0,4\%$, welches den Anteil der in der aufgebauten AZT-Datenbank enthaltenen Haftpflichtunfälle mit Personenschaden an der Grundgesamtheit aller in Deutschland für das Bezugsjahr 2004 registrierten Fälle quantifiziert.

Der Pkw-Anteil am Haftpflichtaufkommen mit Personenschaden im DG Südost liegt bei ca. 75,0 % (vergleiche Anteilssatz $p_3=0,750$). Auf die Grundgesamtheit extrapoliert entspricht dies

einer Anzahl von $3.552.183 \cdot \frac{11.890}{105.305} \cdot p_3 = 300.808$ Pkw-Haftpflichtschäden bundesweit (vgl. Tabelle 3 und Tabelle 4).

Daraus lässt sich der Anteilssatz der in der AZT-Datenbank erfassten Pkw-Haftpflichtunfälle mit Personenschaden in Relation zu allen in Deutschland registrierten Fällen bestimmen:

$$\rightarrow p_{Pkw-KH} = \frac{1.731}{300.808} = 0,0057$$

Die in der AZT-Datenbank erfassten und aufbereiteten Unfallakten repräsentieren einen Anteil von ca. 0,57% aller im Jahr 2004 registrierten Haftpflichtunfälle von Pkw mit Personenschaden in Deutschland.

5.4 Definition der Merkmale und deren Merkmalsausprägungen

Im Rahmen der vorliegenden Auswertung wurden über 50 Merkmale mit ca. 250 Merkmalsausprägungen berücksichtigt (Tabelle 5). Die Merkmale wurden Datenbankfeldern zugeordnet. Diese unterteilen sich in allgemeine Daten, die für die am Unfall beteiligten Fahrzeuge gleichermaßen gültig sind und in Fahrer-, Orts-, Fahrzeug- und Kollisionsdaten, die jeweils für alle am Unfall beteiligten Fahrzeuge bestimmt wurden.

Die Gruppe „Sonstiges“ enthält u.a. das Merkmal „FAS-Relevanz“, welches unter Würdigung der gesamten Unfallsituation nach Aktenlage eine mögliche Einflussnahme auf den Unfallablauf durch ein FAS mit der Merkmalsausprägung „ja“ oder „nein“ bewertet. Diese Einschätzung ergibt später das sog. Wirkfeld der betrachteten FAS (vgl. Kapitel 6.11). Darauf gestützt erfolgen die In-Depth-Analysen und Vermeidbarkeitsbetrachtungen für die einzelnen Fahrerassistenzsysteme AGB, SFR, IQF und KAS (Kapitel 7 bis 10).

Feld	Ausprägung
Allgemeine Daten	
Fallnummer	Unfalljahr + 4-stellige fortlaufende Nummer (z.B. 40001)
Schadentag	Datum
Polizeilich gemeldet	ja, nein, unbekannt
Unfallzeit	hh:mm
Lichtverhältnisse	Tag, Nacht, Dämmerung, Nacht mit Straßenbeleuchtung, ...
Straßenoberfläche	trocken, nass, winterglatt, andere, unbekannt
Unfallort	Klarschriftangabe des Ortes
Ortslage	innerorts, außerorts, BAB, unbekannt
Unfallstelle im Straßennetz	Gerade, Kurve, Einmündung, Kreisverkehr, Parkplatz, ...
Unfalltyp	1 – 7 in 3-stelliger Angabe
Unfallart	1 – 10
Unfallursache	1 – 89 (nach StBA)
Beteiligte Fahrzeuge	Anzahl der Fahrzeuge, unbekannt
Schadenaufwand	Betrag in €
Art der Schadenregulierung	nach Rechnung, fiktiv, Mischform, SFR-Rückkauf, ...
Kurzbeschreibung	Kurzbeschreibung, Besonderheiten in Klarschrift
Fahrerdaten	
Geschlecht	weiblich, männlich, unbekannt
Geburtsjahr	4-stellig
Reaktion Lenken	entfällt, Ausweichversuch o. n. A., kein Ausweichversuch, ...
Reaktion Bremsen	entfällt, gebremst, nicht gebremst, nur Motorbremse, ...
Ortsdaten	
Zul. Höchstgeschwindigkeit	Zul. Höchstgeschwindigkeit am Unfallort
Fahrzeugdaten	
Fahrzeugart des GES	Pkw, Lkw, Bus, Landwirtschaftliche Zugmaschine, ...
Jahr der Erstzulassung	4-stellig
Hersteller	Fahrzeughersteller in Klarschrift
Modell	Fahrzeugmodell des Geschädigten in Klarschrift
HSN/TSN	Schlüsselnummern des VN-Fahrzeuges
Fahrzeug-Front beschädigt	ja, aber ohne nähere Angaben, leicht, mäßig, schwer, unbekannt
Seite links beschädigt	ja, aber ohne nähere Angaben, leicht, mäßig, schwer, unbekannt
Seite rechts beschädigt	ja, aber ohne nähere Angaben, leicht, mäßig, schwer, unbekannt
Fahrzeug-Heck beschädigt	ja, aber ohne nähere Angaben, leicht, mäßig, schwer, unbekannt
Besonderheiten	in Klarschrift, z. B. Vorschäden, massive Umbauten, ...

Tabelle 5: Fortsetzung auf nächster Seite

Feld	Ausprägung
Kollisionsdaten	
Unfalltyp (fahrzeugbezogen)	Auslöser, Kontrahent/Bevorrechtigter, weiterer Beteiligter
Anzahl der Kollisionen	n = 1, 2, ...
Ausgangsgeschwindigkeit	in km/h: 0, 1-20, ... , 101-120, >120, rückwärts, unbekannt
CDC Richtung	
Sonstiges	
FAS-Relevanz	AGB, ACC, ESP, LDW, PDC, Nightvision, ...
Art der Reparaturwerkstatt	„Freie“ oder die jeweilige Marke in Klarschrift
Personenschaden	Anzahl insgesamt, LV, SV und Get nach VN und GES
Automatikgetriebe	ja, nein, unbekannt

Tabelle 5: Für AKTIV ausgewertete Merkmale (Felder) und deren Merkmalsausprägungen

5.5 Füllungsgrad der Datenbankfelder

Einen Überblick zur Informationsstruktur der ausgewerteten Akten zeigen die Tabellen 6 bis 8. Die Anteile der zu den betrachteten Merkmalen (Feldern) verfügbaren Informationen in den ausgewerteten Unfallakten sind in Prozent angegeben. Im Folgenden werden diese Anteile als „Füllungsgrad“ des jeweiligen Feldes bezeichnet.

Zum Beispiel konnte in 92,2% aller Fälle festgestellt werden, ob der Unfall polizeilich gemeldet wurde oder nicht und in 90,9% konnte die Unfallzeit exakt bestimmt werden. Der Füllungsgrad liegt für das Merkmal „Unfalltyp“ bei 100%, da dieses als Selektionskriterium festgelegt wurde (Kapitel 5.2).

Bei den einzelnen in der Datenbank enthaltenen Feldern wird zwischen den allgemeinen Unfalldaten (wie Ortslage, Unfallzeit) und den fahrzeugbezogenen Unfalldaten (wie Fahrergeschlecht, -alter oder Geschwindigkeit) unterschieden. Bei den fahrzeugbezogenen Unfällen wird in Versicherungsnehmer (VN) und Geschädigter (GES) unterteilt, wobei häufig zum Unfallzeitpunkt der VN nicht selbst gefahren ist. Die personenbezogenen Daten beziehen sich somit auf den Fahrer des VN-Fahrzeuges, werden aber der Einfachheit halber mit VN bezeichnet.

Ausgewertete Akten	1.731	
Alleinunfälle	30	
Unfälle mit mindestens 2 Kfz	1701	
Feldname	Gefüllt	
	Anzahl	Prozent
Polizeilich gemeldet	1.596	92,2
Unfallzeit	1.573	90,9
Lichtverhältnisse	1.569	90,6
Straßenoberfläche	753	43,5
Unfallort	1.697	98,0
Ortslage des Unfalls	1.552	89,7
Unfallstelle im Straßennetz	1.487	85,9
Unfalltyp	1.731	100,0
Unfallart	1.719	99,3
Unfallursache	1.615	93,3
Anzahl der Beteiligten	3.689	

Tabelle 6: Füllungsgrad der allgemeinen Unfalldaten

Ausgewertete Akten	1.731	
Alleinunfälle	30	
Unfälle mit mindestens 2 Kfz	1701	
Feldname	Gefüllt	
	Anzahl	Prozent
VN 01		
Geschlecht des Fahrers	1.681	97,1
Geburtsdatum des Fahrers	1.002	57,9
Reaktion Lenken	878	50,7
Reaktion Bremsen	804	46,4
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	256	14,8
Erstzulassung	815	47,1
HSN und TSN	1.731	100,0
Fahrzeug Beschädigt	1.454	84,0
Besonderheiten	374	21,6
CDC Richtung	1.425	82,3
Ausgangsgeschwindigkeit	523	30,2
Grobe Ausgangsgeschwindigkeit	1.189	68,7

Tabelle 7: Füllungsgrad der fahrzeugbezogenen Unfalldaten des VN

Ausgewertete Akten	1.731	
Alleinunfälle	30	
Unfälle mit mindestens 2 Kfz	1701	
Feldname	Gefüllt	
	Anzahl	Prozent
GES 02		
Geschlecht	1.668	96,4
Geburtsdatum	1.335	77,1
Reaktion Lenken	1.080	62,4
Reaktion Bremsen	1.035	59,8
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	222	12,8
Erstzulassung	1.249	72,2
Hersteller	1.456	84,1
Modell	1.414	81,7
Fahrzeug Beschädigt	1.562	90,2
Besonderheiten	995	57,5
CDC Richtung	1.460	84,3
Ausgangsgeschwindigkeit	645	37,3
Grobe Ausgangsgeschwindigkeit	1.103	63,7

Tabelle 8: Füllungsgrad der fahrzeugbezogenen Unfalldaten des GES

5.6 Unterschiede zur Bundesstatistik

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Unfalldatenbank (AZT-Datenbank) enthält Daten und Informationen aus den Unfallakten der Allianz Versicherungs-AG (AZ-Datenbank). In Abbildung 22 wird die „Entstehung“ der Bundesstatistik und der AZT-Datenbank schematisch in den wesentlichen Schritten als Ablaufdiagramm gegenüber gestellt. Aus der skizzierten Vorgehensweise resultieren verschiedene Eigenschaften der AZT-Datenbank, die im Vergleich zu den Unfalldaten der Bundesstatistik zu Abweichungen führen und nachfolgend kurz beschrieben werden (vgl. auch Kapitel 6).

5.6.1 Unfalltyp und Ortslage

- **Höherer Innerorts-Anteil:**
 Dieser begründet sich durch einen bei den Versicherungen geltend gemachten relativ hohen Anteil von Park-, Rangier- oder sonstigen kleineren Unfällen mit geringem Sachschaden. Auch das Fehlen der Alleinunfälle spielt hier eine Rolle, da sich diese meist außerhalb von Ortschaften ereignen. Abbildung 26 zeigt, dass selbst bei Unfällen mit Personenschäden in 29,3% der Unfälle keine polizeiliche Meldung erfolgt. Diese sind somit auch nicht in der Bundesstatistik erfasst. Hierbei handelt es sich häufig um kleinere Auffahrunfälle und Kollisionen im Kreuzungsbereich, bei denen der Geschädigte erst im Nachhinein einen Arzt konsultiert und meist ein HWS-Syndrom diagnostiziert wird.
- **Geringerer Anteil des Fahrnfall/Alleinunfall:**
 Dieser ist bei Versicherern generell stark unterrepräsentiert. Bei Alleinunfällen entsteht meist relativ geringer Sachschaden bei Dritten, wodurch dieser in einer Haftpflichtversicherung i.d.R. nicht erfasst wird. Diese Art von Unfall wird nur in einer Fahrzeugversicherung („Vollkaskoversicherung“) erfasst.

- Höherer Anteil der **Unfälle im Längsverkehr**:
 Dieser ergibt sich aus kleineren Auffahrunfällen mit geringem Sachschaden. Hierbei handelt es sich häufig um Kollisionen im Kreuzungsbereich und Stop-and-Go-Verkehr. Dabei erleiden die beteiligten Personen nur leichte Verletzungen, welche sie im ersten Moment unmittelbar nach dem Unfall nicht wahrnehmen oder die sich erst später einstellen (meist HWS-Syndrom). Oftmals werden vor Ort auch die Beschädigungen der Fahrzeuge falsch eingeschätzt bzw. übersehen. Diese Fehleinschätzungen erklären, warum die polizeiliche Meldung oft ausbleibt und der Unterschied zur Bundesstatistik zustande kommt.

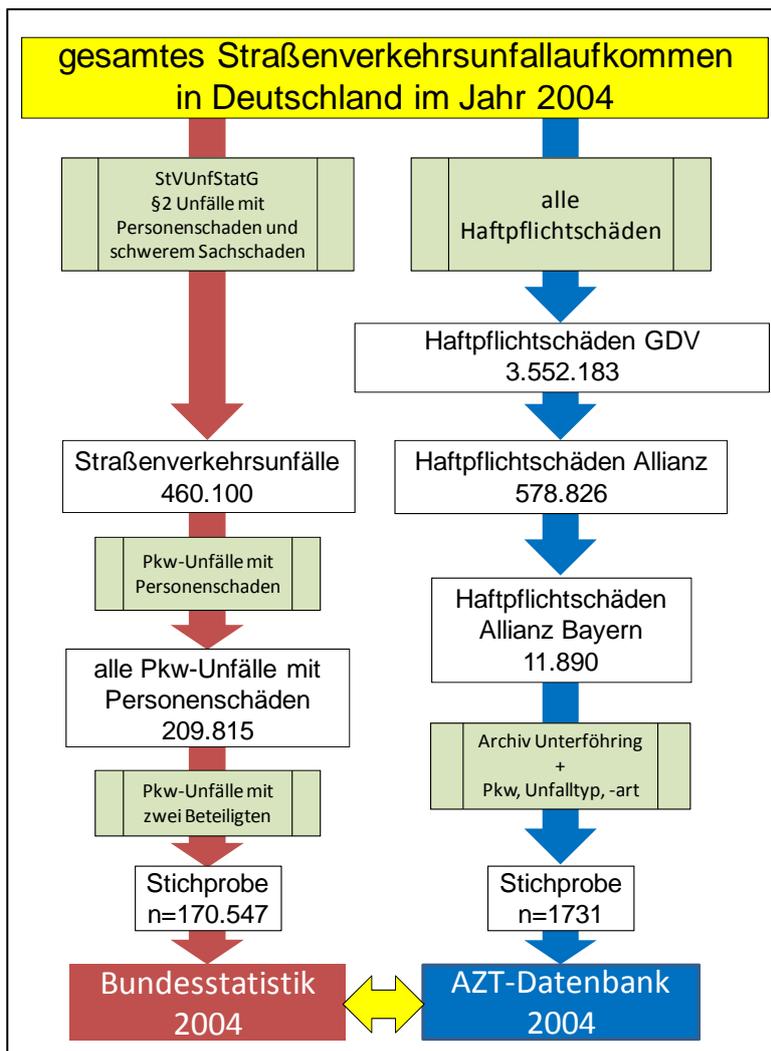


Abbildung 22: Pkw-Unfälle mit Personenschaden: Vergleich zwischen der verwendeten Allianz-Unfalldatenbank (AZT-Datenbank) und der Bundesstatistik für das Jahr 2004

Ein Vergleich mit dem Datenbestand des Statistischen Bundesamtes [StBA, 2005] bestätigt den höheren Innerorts-Anteils in der AZT-Datenbank (Tabelle 9). Der Anteil der Unfälle mit Personenschaden innerorts, bei denen ein Pkw der Hauptverursacher ist, beträgt 63,6%. Zieht man aus dieser Menge die Alleinunfälle, deren Anteil in der AZ-Datenbank 2% beträgt, ab und

stellt nur die Unfälle mit zwei Beteiligten nach ihrer Ortslage dar, so erhöht sich der Innerorts-Anteil auf 73,1%. Die verbleibende Abweichung lässt sich durch die 29,3% polizeilich nicht gemeldeter Unfälle der Allianz Datenbank erklären. Wie bereits erwähnt handelt es sich bei diesen Unfällen um solche mit geringem Sachschaden, bei denen erst im Nachhinein der Arzt eine leichte Verletzung (meist HWS-Syndrom) diagnostiziert. Solche Unfälle ereignen sich überwiegend innerhalb von Ortschaften.

Ortslage	alle Unfälle		nur Alleinunfälle		nur Unfälle mit zwei Beteiligten		AZT-Datenbank	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
innerorts	133.391	63,6	8.705	22,2	124.686	73,1	1.206	74,9
außerorts	64.130	30,6	25.566	65,1	38.564	22,6	302	18,8
BAB	12.294	5,8	4.997	12,7	7.297	4,3	101	6,3
Summe	209.815	100,0	39.268	100,0	170.547	100,0	1.609	100,0

Tabelle 9: Vergleich der Ortslage aus Unfällen von Pkw als Hauptverursacher mit Personenschäden [StBA, 2005] und der AZT-Datenbank

Tabelle 10 zeigt die anteilig geringere Zahl der Fahrnunfälle und das höhere Aufkommen der Unfälle im Längsverkehr der AZT-Datenbank gegenüber den von der Bundesanstalt für Straßenwesen angegebenen Daten [BASt, 2006]. So liegt eine Differenz beim Fahrnunfall von -12,3% und bei Unfällen im Längsverkehr von +15,6% vor. Diese lassen sich durch die unterschiedlichen Eigenschaften der in den Datenbanken repräsentierten Unfallpopulationen inkl. der 29,3% polizeilich nicht gemeldeter Unfälle der AZT-Datenbank erklären.

Zusammenfassend stellen sich die Unterschiede zwischen den Unfalldaten der Bundesstatistik und der AZT-Datenbank bei den Verteilungen der Unfalltypen und der Ortslage wie folgt dar:

- Weniger Alleinunfälle in der AZT-Datenbank, da per Definition ein KH-Personenschaden einen verletzten Dritten zur Folge haben muss.
- Über 1/4 der KH-Versicherungsschäden werden polizeilich nicht gemeldet
- Über die Hälfte der polizeilich nicht gemeldeten KH-Schäden sind Unfälle im Längsverkehr
- Über 1/3 aller HWS-Fälle sind polizeilich nicht gemeldet
- Über 80 % polizeilich nicht gemeldeter KH-Schäden ereignen sich innerorts

Unfalltyp	StBA		AZT-Datenbank	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Fahrnunfall	41.515	18,5	108	6,3
Abbiege-Unfall	35.368	15,7	336	19,4
Einbiegen/Kreuzen	56.817	25,3	398	23,0
Überschreiten	8.148	3,6	47	2,7
Ruhender Verkehr	6.909	3,1	42	2,4
Längsverkehr	55.624	24,8	699	40,4
Sonstiger	20.215	9,0	101	5,8
Summe	224.596	100	1.731	100

Tabelle 10: Vergleich der Unfalltypen für Pkw-Unfälle mit Personenschäden in Deutschland [BASt, 2006]

Abbildung 23 (Unfalltypenverteilung) und Abbildung 24 (Ortslagenverteilung) geben die vorstehenden Anmerkungen grafisch wieder.

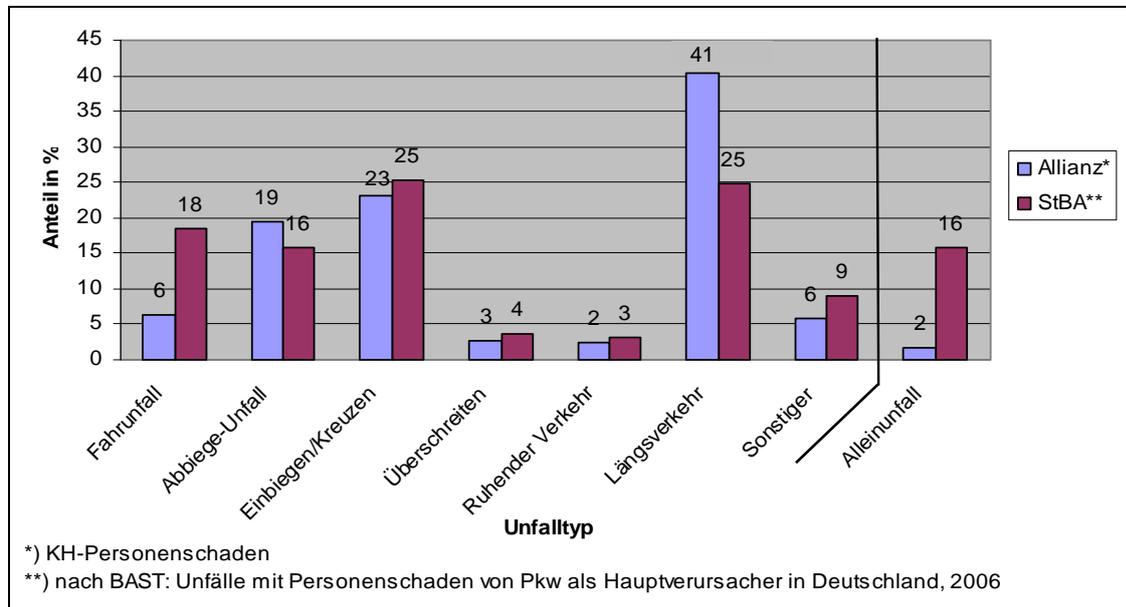


Abbildung 23: Vergleich der Unfalltypenverteilungen zwischen den Unfalldaten der AZT-Datenbank und der Bundesstatistik [BAST, 2006]. Anm.: Werte gerundet.

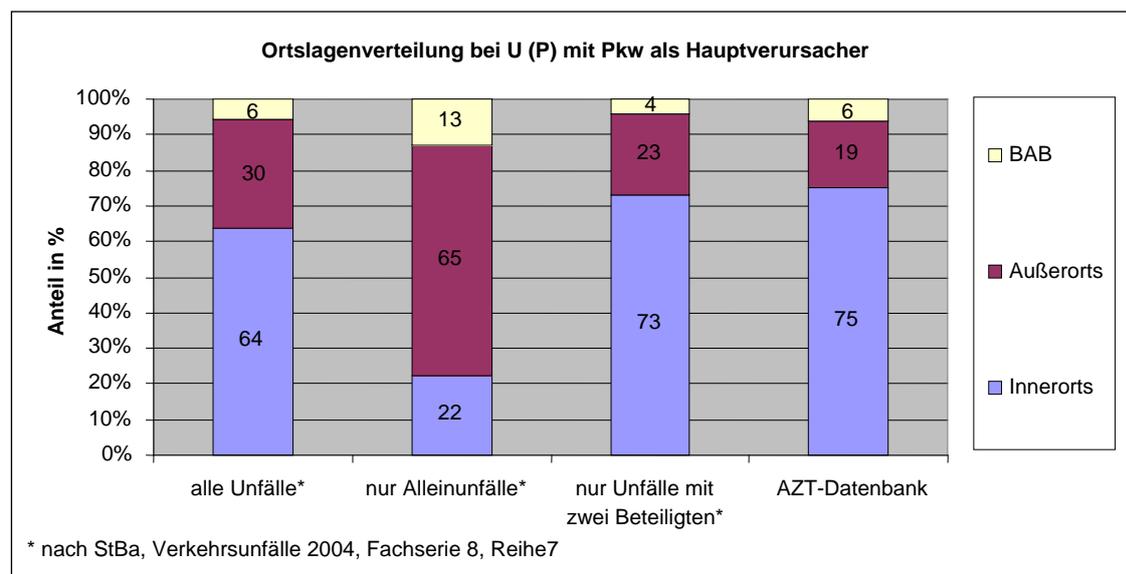


Abbildung 24: Vergleich der Ortslagenverteilung bei Unfällen mit Personenschäden und dem Pkw als Hauptverursacher zwischen den Unfalldaten des StBA und der AZT-Datenbank [StBA, 2004]. Anm.: Werte gerundet.

5.6.2 Unfallbeteiligte

- **Höherer Pkw-Anteil:**

Dieser resultiert aus den 29,3% polizeilich nicht gemeldeter Unfälle, welche somit nicht in der Bundesstatistik erfasst sind. Bei diesen Unfällen handelt es sich meist um sogenannte Bagatellschäden, bei denen der Unfallgegner eine Verletzung bzw. Beschädigung am Fahrzeug am Unfallort falsch einschätzt. In über 3/4 der polizeilich nicht gemeldeten Fälle war der Unfallgegner ein Pkw.

Tabelle 11 zeigt die Verteilung der Unfallbeteiligten der Bundesstatistik gegenüber der AZT-Datenbank. Damit lässt sich die zuvor gegebene Erklärung des höheren Pkw-Anteils bestätigen. Dieser liegt mit 75,8% deutlich über den 52,8% der Bundesstatistik. Im Umkehrschluss dazu sind die Anteile der übrigen Unfallgegner in der AZT-Datenbank geringer.

Gegner	Bundesstatistik		AZT-Datenbank	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Pkw	90.082	52,8	1.283	75,8
Lkw	6.720	3,9	29	1,7
Bus	1.821	1,1	1	0,1
Fahrrad	32.804	19,2	190	11,2
Motorisiertes Zweirad	20.218	11,9	122	7,2
Fußgänger	16.742	9,8	58	3,4
Sonstige	2.160	1,3	10	0,6
Summe	170.547	100,0	1.693	100,0

Tabelle 11: Vergleich der Unfallbeteiligten aus Unfällen mit Personenschaden und dem Pkw als Hauptverursacher in Deutschland [StBA, 2004]

Die Unterschiede zwischen den Unfalldaten der Bundesstatistik und der AZT-Datenbank bei der Verteilung der Unfallbeteiligten ergeben sich aus folgenden Gründen:

- Über 1/4 der KH-Versicherungsschäden sind polizeilich nicht gemeldet
- Bei knapp 80 % der nicht gemeldeten Fälle war ein Pkw der Konfliktpartner

Abbildung 25 zeigt die Unterschiede grafisch für das Merkmal „Unfallbeteiligte“.

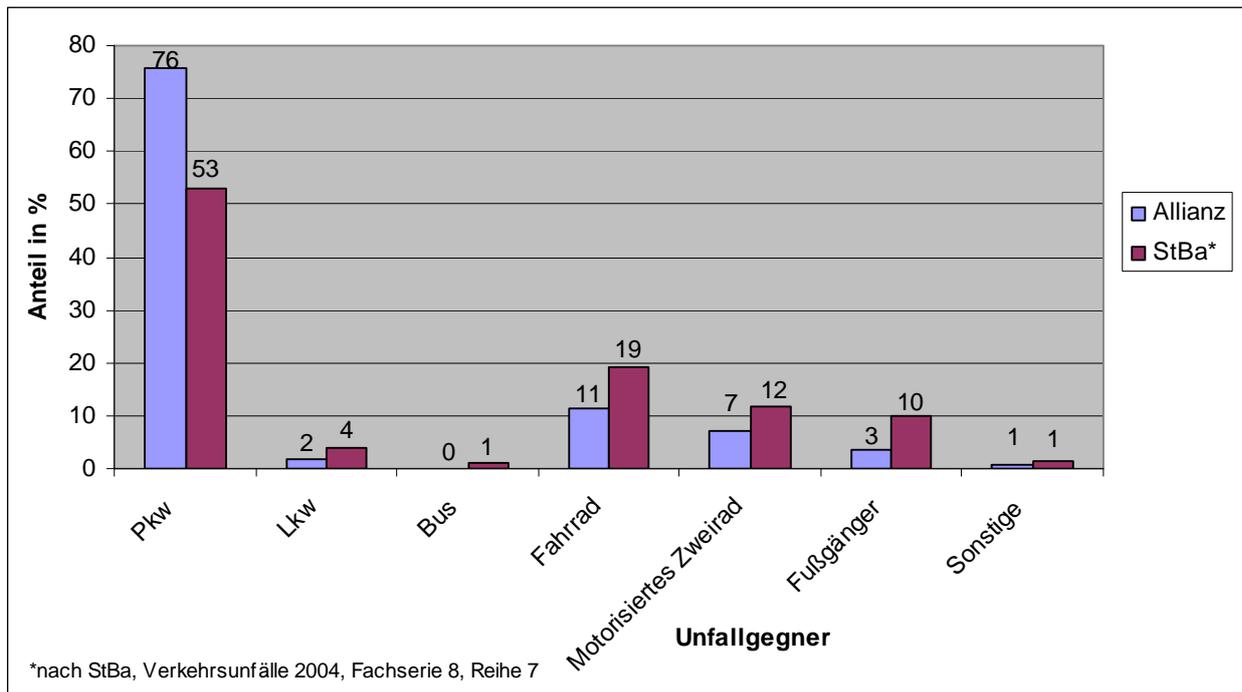


Abbildung 25: Vergleich der Unfallbeteiligten der AZT-Datenbank und der Daten des Statistischen Bundesamtes [StBa, 2004]. Anm.: Werte gerundet.

5.7 Vergleichbarkeit der Infrastruktur-, Bestands- und Unfalldaten

Um die Frage der Vergleichbarkeit der AZT-Datenbank mit dem bundesweiten Unfallgeschehen zu beantworten ist es notwendig, demographische und infrastrukturelle Daten sowie Bestands- und Unfalldaten aus Bayern und Deutschland miteinander zu vergleichen.

Tabelle 12 zeigt diesen Vergleich mit Stand vom 31.12.2004. Es wird deutlich, dass in Bayern, auf 19,3% der Gesamtfläche Deutschlands, 18,0% der überörtlichen Straßen zu finden sind. Die Straßendichte in Bayern ($0,592 \text{ km/km}^2$) ist somit mit der mittleren Straßendichte in Deutschland ($0,633 \text{ km/km}^2$) vergleichbar. Auch stimmt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden (17,0%) und der Anteil der Pkw-Beteiligung (17,0%) sowie der Anteil der Verunglückten (19,0% Getötete und 17,6% Verletzte), mit den Infrastruktur-, Bestands- und demographischen Anteilen überein. Die Unfallsituation in Bayern ist daher in erster Näherung mit der von Gesamtdeutschland vergleichbar.

Vergleich	Deutschland [100 %]	Bayern	%
Fläche [km ²]	365.783	70.554	19,3
Bevölkerung (31.12.2003)	82.531.671	12.423.386	15,1
Straßenlänge des überörtlichen Verkehrs [km]	231.420	41.769	18,0
BAB [km]	12.044	2.299	19,1
Bundesstraßen [km]	41.139	6.780	16,5
Landesstraßen [km]	86.809	13.946	16,1
Kreisstraßen [km]	91.428	18.748	20,5
Bestand an LKW	2.586.329	379.419	14,7
Bestand an PKW	45.022.926	7.195.111	16,0
Kraftfahrzeuge insgesamt	54.082.169	9.053.383	16,7
U (P)	339.310	57.528	17,0
dabei Getötete	5.842	1.112	19,0
dabei Verletzte	440.126	77.341	17,6
An U (P) beteiligte PKW	432.829	73.746	17,0
Getötete Benutzer von PKW	3.238	629	19,4
Verletzte Benutzer von PKW	259.605	48.766	18,8

Tabelle 12: Infrastruktur-, Bestands- und Unfalldaten Bayern - Deutschland im Vergleich, Stand: 31.12.2004 [StBA, 2005], [www.kba.de]

Im **Ergebnis** lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Es wurden 0,57% aller deutschen Pkw-Haftpflichtfälle mit Personenschaden untersucht, welche sich überwiegend in Bayern ereignet haben.
- Der Marktanteil der Allianz an Kraftfahrtversicherungsverträgen liegt für das Jahr 2004 in Deutschland wie auch in Bayern bei 18,2%. Der Anteil am Schadenaufkommen in Deutschland liegt bei 16,3%: Die Datengrundlage der Stichprobe kann als repräsentativ erachtet werden.
- Infrastruktur-, Bestands- und Unfalldaten aus Bayern stimmen mit denjenigen aus Deutschland gut überein.
- Abweichungen zwischen dem Datenpool der AZT-Datenbank und der Bundesstatistik lassen sich plausibel erklären. Nötige Gewichtungsfaktoren könnten ggf. über einen Vergleich der Unfalltypenverteilung errechnet werden.
- Somit ist eine Übertragung der zu ziehenden Schlüsse aus der verfügbaren Datenbasis auf ganz Deutschland möglich.

6 Strukturanalyse der Pkw-Unfälle mit Personenschaden

Der Strukturanalyse der Unfälle von Pkw liegt eine Stichprobe von 1.731 Unfällen mit Personenschaden (AZT-Datenbank) aus dem Archiv des Dienstleistungsgebietes Südost der Allianz (vormals Bayerische Versicherungsbank) in Unterföhring zugrunde (Details siehe Kapitel 5). Im vorliegenden Kapitel werden die Merkmalsausprägungen des allgemeinen Unfallhergangs beschrieben (vgl. Tabelle 6).

Ziel ist es, die Bedeutung der verschiedenen Merkmale anhand ihrer Häufigkeit zu identifizieren. Es werden die absoluten Häufigkeiten eines Merkmals auf die Gesamtzahl der Beobachtungsfälle (Stichprobenumfang n) bezogen und die resultierenden relativen Häufigkeiten und deren Verteilung dargestellt. Oft werden die verschiedenen Merkmale in Kreuztabellen mit einem zweiten Merkmal verknüpft, um Auffälligkeiten besser erkennen zu können. Für die Erstellung der Diagramme wurde aber, aus Gründen der besseren Übersicht, jeweils nur ein Merkmal verwendet.

Aus der Kombination zweier Merkmale ergibt sich i.d.R. ein geringerer Stichprobenumfang, da für jeden Beobachtungsfall beide Merkmale gleichzeitig bekannt sein müssen (Schnittmenge). Dies ist bei den angegebenen Stichprobenumfängen n in den Diagrammen und Tabellen zu beachten. Aus den Tabellen kann durch Hinzurechnen der nicht ersichtlichen Merkmalsausprägungen („n. e.“-Fälle) zur angegebenen Summe der absoluten Häufigkeiten auf die in den Diagrammen angegebenen Stichprobenumfänge n geschlossen werden. Dann weichen bei unterschiedlich großen Stichproben die in den Histogrammen dargestellten relativen Häufigkeiten von den Tabellenwerten ab.

6.1 Polizeiliche Meldung des Unfalls

70,7 % aller im Rahmen der AZT-Datenbank betrachteten Unfälle wurden polizeilich gemeldet und fließen somit in die Bundesstatistik ein (Abbildung 26). Bei knapp einem Fünftel handelt es sich um Unfälle mit Personenschaden (meist Leichtverletzte), die nicht den zuständigen Behörden gemeldet wurden. Speziell innerorts werden der Polizei weniger Unfälle gemeldet. Dies weist auf viele kleinere Unfälle innerorts hin, die auf Bundesebene statistisch nicht erfasst werden (Tabelle 13). Zwischen Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften und Bundesautobahnen ist kein wesentlicher Unterschied erkennbar.

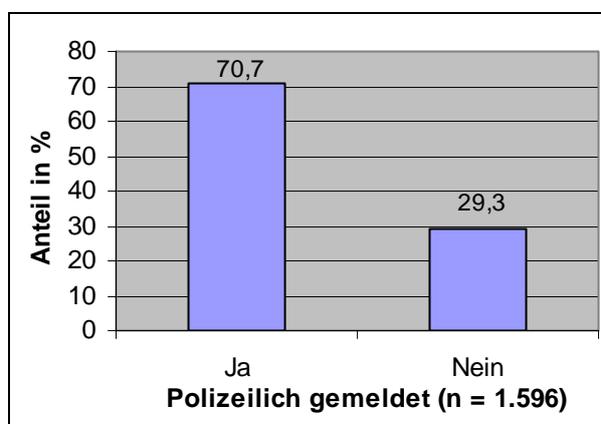


Abbildung 26: Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle

Ortslage \ Polizei	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Ja	759	68,4	226	78,7	78	80,4	1.063	71,2	66
Nein	351	31,6	61	21,3	19	19,6	431	28,8	36
Summe	1.110	100,0	287	100,0	97	100,0	1.494	100,0	
n. e.	96		15		4				

Tabelle 13: Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle nach Ortslage

6.2 Fahrgeschlecht

In 66,6 % aller untersuchten Unfälle waren die Männer die Verursacher (Abbildung 27).

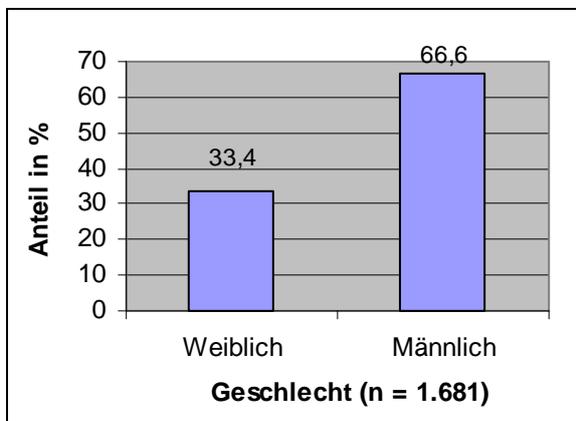


Abbildung 27: Anteil des Fahrgeschlechts der ausgewerteten Unfälle

Relativer Anteil bezogen auf die Zahl der Fahrerlaubnisinhaber:

Bezogen auf die Zahl der Fahrerlaubnisinhaber im Jahr 2003 zeigt sich eine Verteilung nach Abbildung 28. Demnach besaßen 72,7% der Frauen und 89,1% der Männer eine Fahrerlaubnis für Pkw. Hierzu wurde der bekannte prozentuale Anteil der Führerscheinbesitzer je Altersklasse in Deutschland [BMVBW, 2006] auf die Bevölkerung in Bayern übertragen.

Betrachtet man den relativen Anteil des Geschlechts in Abbildung 28, so nähern sich beide Anteile leicht einander an, jedoch ist ein männlicher Fahrer häufiger Verursacher eines Unfalles als eine Frau. Einschränkend ist hier zu erwähnen, dass aus dem Besitz einer Fahrerlaubnis nicht darauf geschlossen werden kann, welche Fahrleistung (in Personenkilometer) erbracht wird.

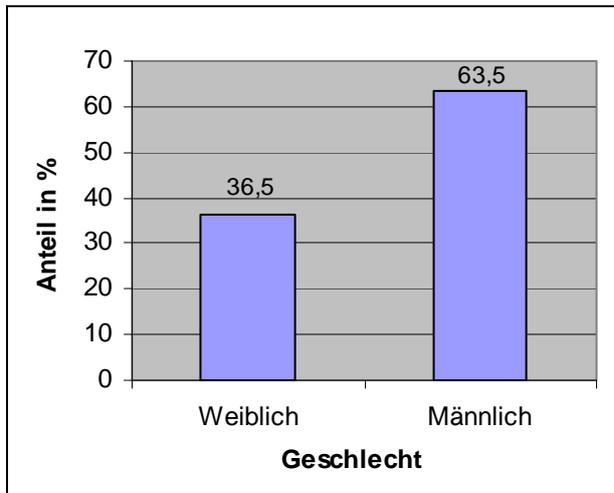


Abbildung 28: Relativer Anteil des Fahrer- geschlechts unter Berücksichtigung der Fahrerlaubnisverteilung

Relativer Anteil bezogen auf die erbrachte Fahrleistung:

Aus [BASt, 2005] ist die jährliche Inländerfahrleistung von Pkw mit privatem Halter in Deutschland für das Jahr 2002 mit 496.340 Mio. Kilometer bekannt. Diese verteilt sich zu ca. 36 % auf Frauen und ca. 64 % auf Männer.

Betrachtet man nun die Anzahl der Unfälle bezogen auf die durch das jeweilige Geschlecht erbrachte Fahrleistung, so sinkt der Unterschied, Verursacher von Unfällen zu sein, zwischen beiden Geschlechtern. Männer zeigen gegenüber Frauen bei gleicher Fahrleistung ein geringfügig höheres Risiko, einen Verkehrsunfall zu verursachen.

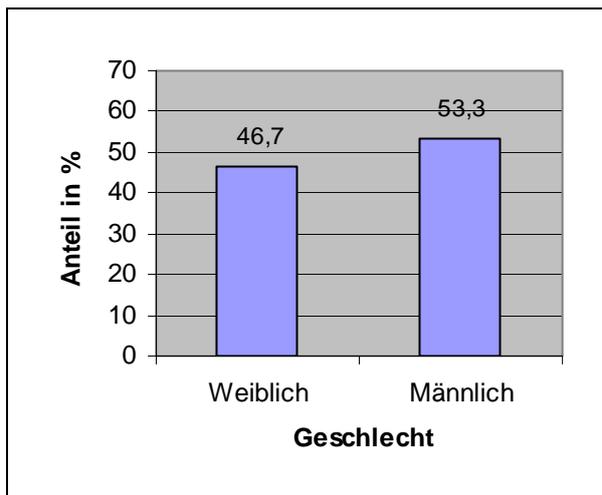


Abbildung 29: Relativer Anteil des Fahrer- geschlechts unter Berücksichtigung der Fahrleistung in Personenkilometer

6.3 Fahreralter

Zur Darstellung der Unfallverteilung nach dem Alter des Fahrers wurden in Anlehnung an die Bundesstatistik Altersklassen gebildet. Abbildung 30 zeigt die Altersstruktur der untersuchten Unfälle. Am häufigsten werden Unfälle von 25- bis 44-jährigen Personen verursacht, der Gruppe, die die höchsten Fahrleistungen erbringt. Bezogen auf die Fahrleistung ergibt sich ein anderes Bild, wie weiter unten in diesem Kapitel dargestellt ist.

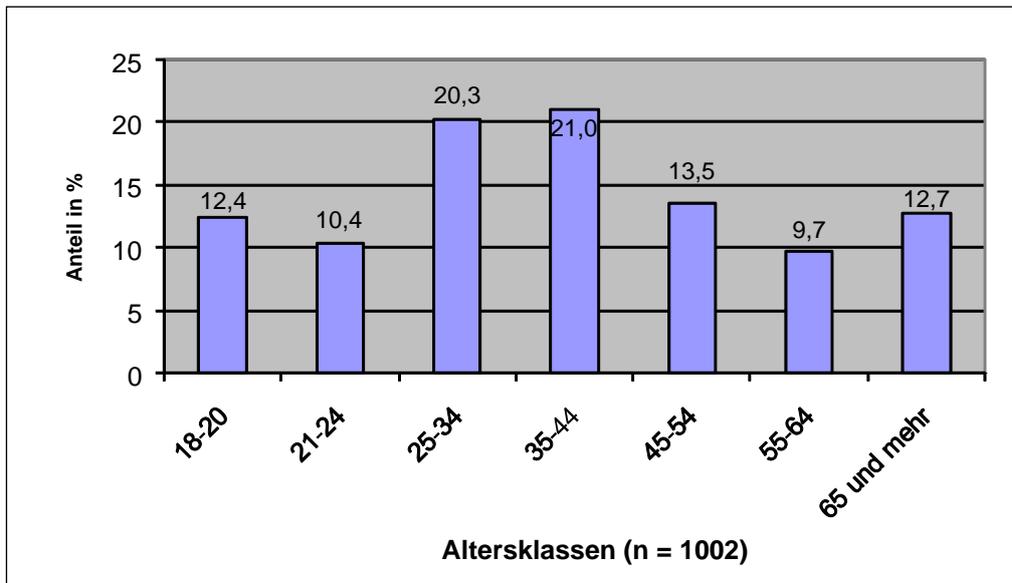


Abbildung 30: Anteil des Fahreralters aller ausgewerteten Unfälle

Tabelle 14 zeigt die jeweiligen Altersklassen unterteilt nach Geschlecht. Während in der Klasse der Fahranfänger proportional mehr Männer Unfälle verursachen, kehrt sich dieser Trend bei den 25- bis 34-Jährigen um. Hier ist bei den Frauen ein deutlich höherer Anteil erkennbar. Ab einem Alter von 45 Jahren sind allerdings wieder mehr Männer am Unfallgeschehen beteiligt.

Alter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich		Insgesamt		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
18-20	42	11,9	82	12,7	124	12,4	0
21-24	35	10,0	69	10,6	104	10,4	1
25-34	80	22,7	123	19,0	203	20,3	1
35-44	77	21,9	133	20,5	210	21,0	0
45-54	38	10,8	97	15,0	135	13,5	0
55-64	32	9,1	65	10,0	97	9,7	0
65 und mehr	48	13,6	79	12,2	127	12,7	0
Summe	352	100,0	648	100,0	1.000	100,0	
n. e.	209		472				

Tabelle 14: Anteil des Fahreralters nach Geschlecht

Da nicht immer davon auszugehen ist, dass der VN auch der zum Unfallzeitpunkt im Fahrzeug sitzende Fahrer war, ist es nicht möglich, die bei der Allianz abgeschlossenen Kraftfahrtversi-

cherungsverträge als Grundlage für eine Risikobetrachtung auf der Basis der Unfallhäufung nach dem Alter heranzuziehen. Deshalb wird, wie bereits auch bei der Unterscheidung nach dem Geschlecht, als Bezugsgröße auf den Besitz einer Fahrerlaubnis und auf die erbrachte Fahrleistung zurückgegriffen.

Relativer Anteil bezogen auf die Zahl der Fahrerlaubnisinhaber:

Analog zur Vorgehensweise beim Fahrgeschlecht wurden auch hier Relativanteile zur Darstellung des Risikos verwendet. Als Grundlage werden alle Personen in Bayern mit einer gültigen Pkw-Fahrerlaubnis für das Jahr 2003 herangezogen (Abbildung 31). Um bezüglich des Geschlechts relative Anteile deutlicher herauszustellen, wurde die Klassenbreite angepasst.

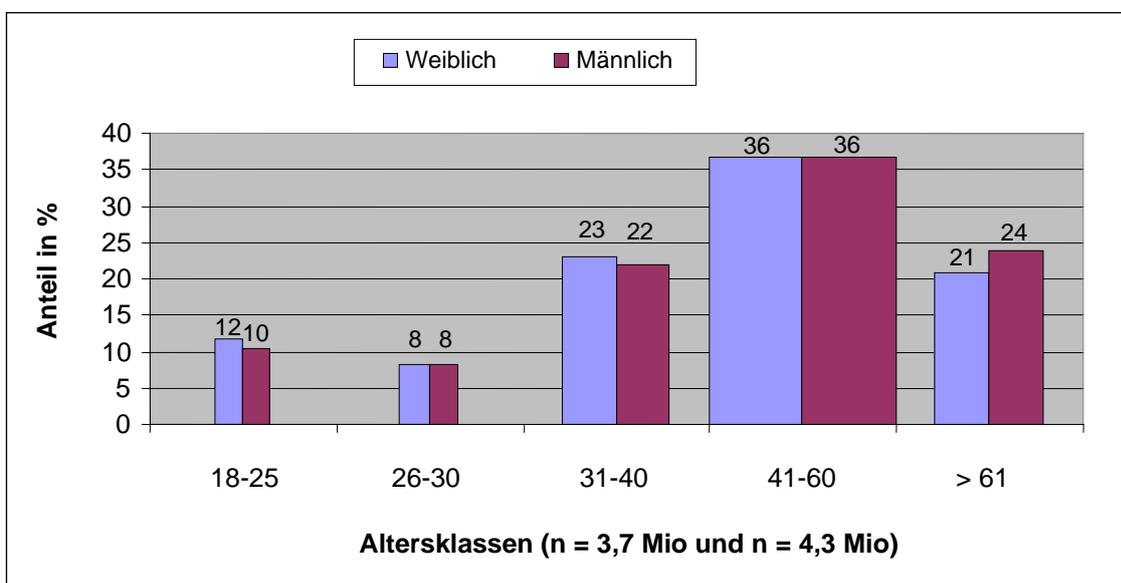


Abbildung 31: Altersstruktur der Personen mit gültiger Pkw-Fahrerlaubnis nach Geschlecht in Bayern [BMVBW, 2006]

Aus dem Diagramm in Abbildung 32 ergibt sich für eine weibliche Person zwischen 18 und 25 Jahren eine dreimal so hohe Wahrscheinlichkeit einen Unfall zu verursachen, wie dies bei 41- bis 60-jährigen Frauen der Fall ist. Bei Männern zwischen 18 und 25 Jahren liegt das Risiko etwa dreimal so hoch wie bei Männern zwischen 41 und 60 Jahren. Die Haupteinsicht aus den Anteilen der Altersklassen bezogen auf den Besitz einer Pkw-Fahrerlaubnis ist, dass das Risiko für ältere Fahrer, einen Unfall zu verursachen, sinkt.

Relativer Anteil bezogen auf die erbrachten Fahrleistungen:

Abbildung 33 zeigt die durch deutsche Bürger im Inland erbrachten Fahrleistungen, aufgeteilt nach Alter und Geschlecht des Fahrers.

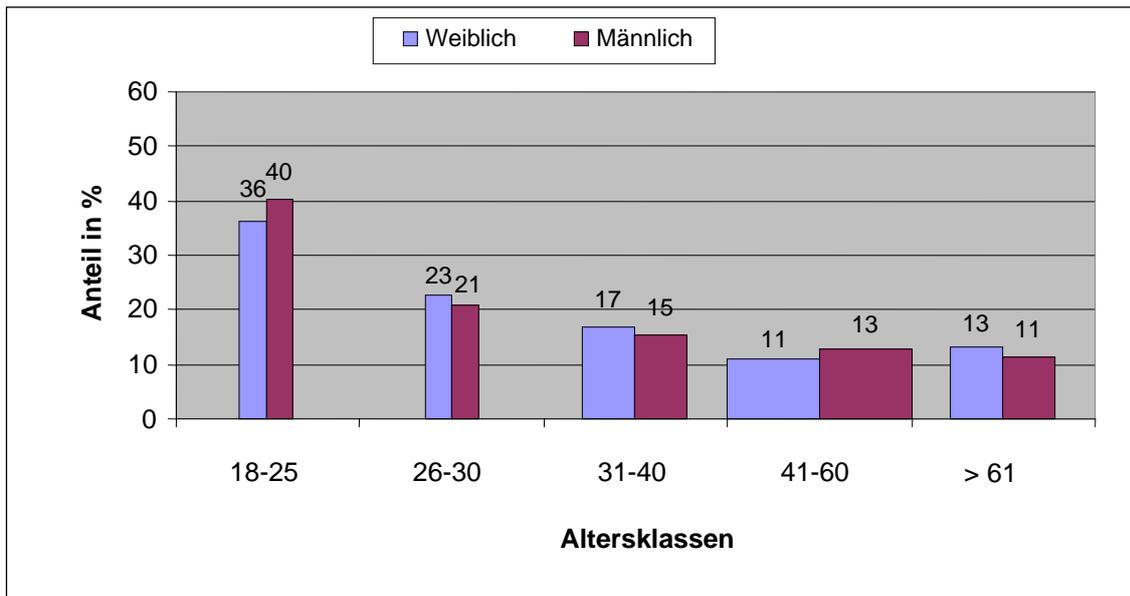


Abbildung 32: Relativer Anteil des Fahreralters unter Berücksichtigung der Fahrerlaubnisverteilung

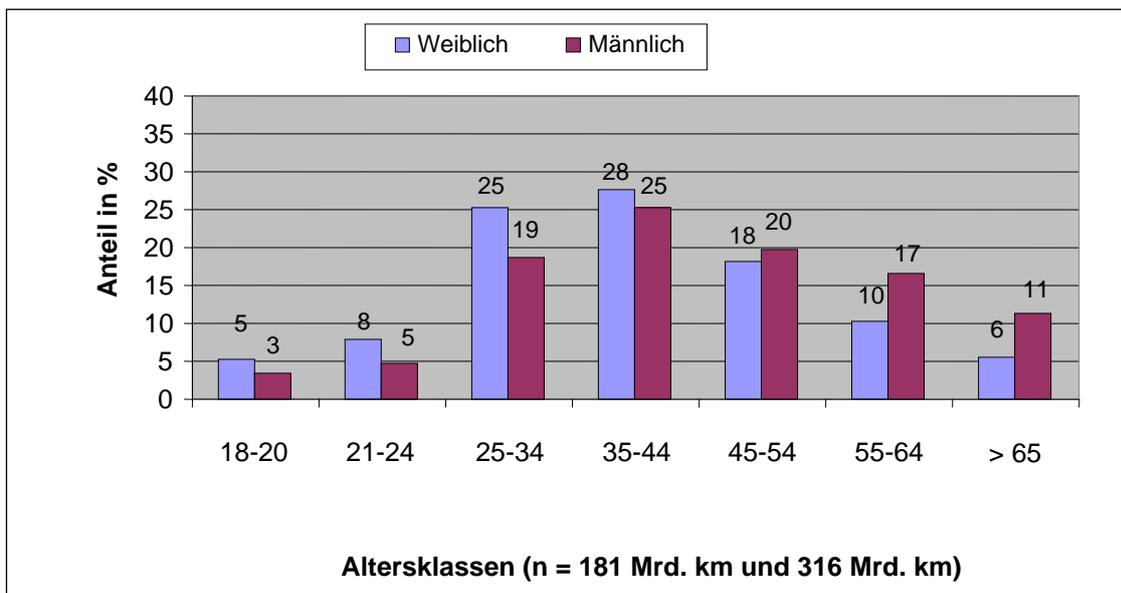


Abbildung 33: Inländer-Fahrleistung von Pkw privater Halter nach Alter und Geschlecht des Fahrers [BASt, 2005]

Berücksichtigt man bei der Unfallverteilung auch die durch die jeweilige Altersklasse erbrachte Fahrleistung, ergibt sich eine völlig andere Verteilung (Abbildung 34). Die Fahrer in den Altersklassen zwischen 25 und 54 Jahren erbringen den größten Teil der Fahrleistung. Daher ist das auf die Fahrleistung bezogene Risiko, einen Unfall zu verursachen, am geringsten. Je jünger und älter Fahrer sind, desto höher ist deren Anteil an der Unfallverursachung.

Interessant ist auch die Betrachtung der Altersklassen nach Geschlecht. Bei den Männern ist ein deutlich höheres Risiko bei den 18- bis 24-Jährigen zu beobachten. Ab einem Alter von 55 Jahren dreht sich dieser Effekt um. Hier zeigen die weiblichen Fahrer wesentlich höhere Anteile als Männer. Bei jungen Männern bis 20 Jahre ist ein über dreifach höherer Anteil zu erkennen als dies bei den über 65-Jährigen der Fall ist. Im Gegensatz zeigen Frauen bis 20 Jahre nahezu ein identisches Risiko, einen Verkehrsunfall zu verursachen, wie die über 65-jährigen Fahrerinnen.

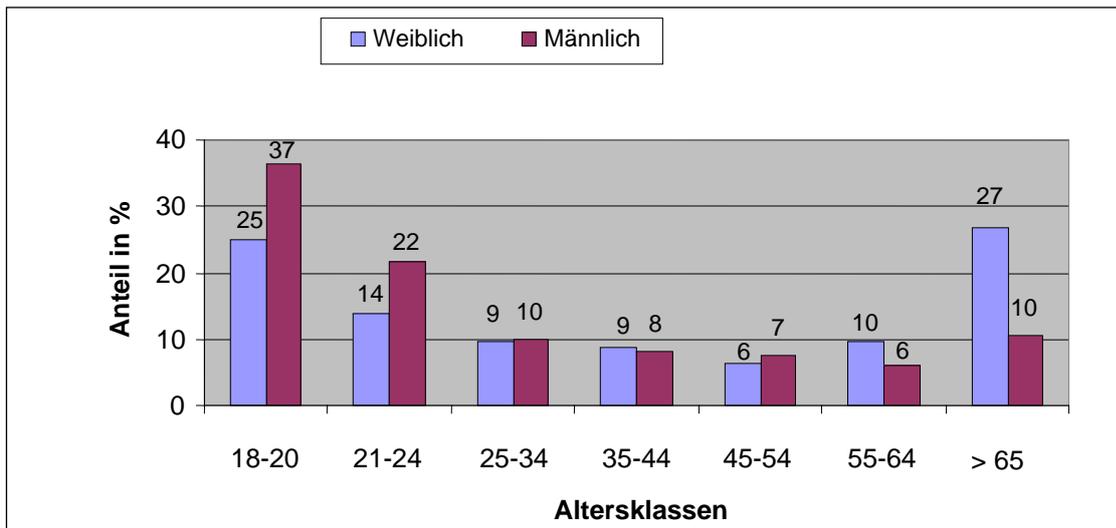


Abbildung 34: Relativer Anteil des Fahreralters unter Berücksichtigung der Fahrleistung

6.4 Ortslage und Lichtverhältnisse

75% aller Unfälle ereignen sich innerhalb von Ortschaften, 18,8% außerhalb von Ortschaften und 6,3% auf Autobahnen. Ähnlich eindeutig ist die Verteilung bei den zum Unfallzeitpunkt herrschenden Lichtverhältnissen. Der Großteil der Unfälle ereignete sich bei Tageslicht (77,6%), nachts waren es 15,7% und bei Dämmerung 6,6% (Abbildung 35). Auffällig ist in Tabelle 15, dass sich außerorts geringfügig mehr Unfälle bei Nacht ereigneten. Für Unfälle auf Autobahnen nimmt dieser Anteil weiter zu. Gleiches gilt für Unfälle in der Dämmerung. Grundsätzlich zeigt sich der Trend, dass sich Unfälle innerorts sehr häufig bei Tag zutragen, während außerorts der Anteil von Nachtunfällen im Vergleich zu Innerorts-Unfällen eine geringfügig größere Rolle spielt.

Licht / Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Tag	869	78,7	219	76,6	65	69,2	1.153	77,6	65
Nacht	167	15,1	48	16,8	19	20,2	234	15,8	13
Dämmerung	69	6,2	19	6,6	10	10,6	98	6,6	6
Summe	1.105	100,0	286	100,0	94	100,0	1.485	100,0	
n. e.	101		16		7				

Tabelle 15: Anteil der Ortslage nach Lichtverhältnissen

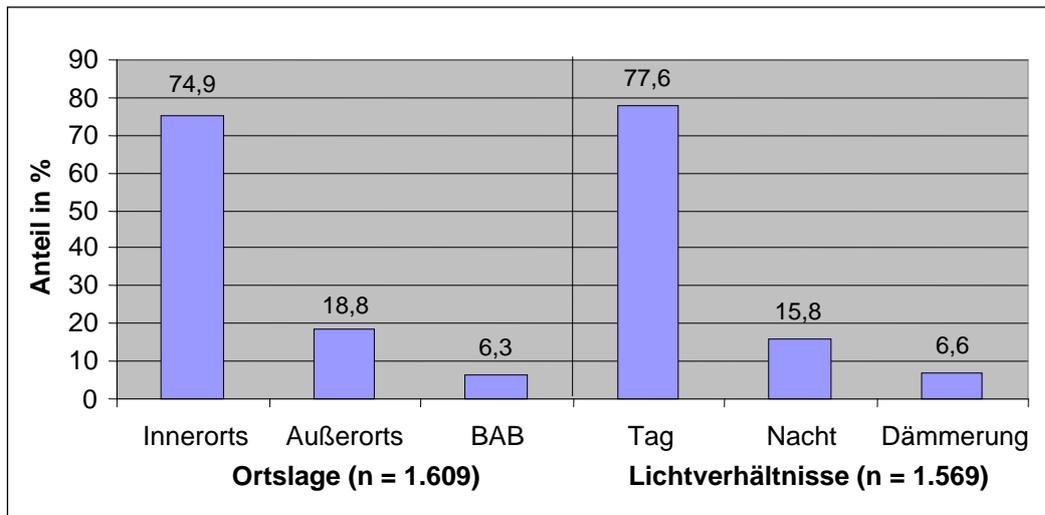


Abbildung 35: Verteilung der Ortslage und der Lichtverhältnisse

6.5 Unfallart

Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer [StBA, 2006]. Im Anhang I sind die Unfallarten ausführlich dargestellt.

Die Auswertung zeigt zwei dominierende Unfallarten (Abbildung 36 und Tabelle 16): zum einen den Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet (43,6%), und zum anderen den Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt (34,2%). Innerhalb von Ortschaften handelt es sich meist um einen Zusammenstoß mit einem vorausfahrenden oder verkehrsbedingt wartenden Fahrzeug. Zweithäufigste Unfallart innerorts ist eine Kollision mit einem einbiegenden oder kreuzenden Fahrzeug, gefolgt vom Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das entgegenkommt. Einen ähnlich hohen Anteil weist die Unfallart Aufeinandertreffen eines Fußgängers mit einem Fahrzeug auf. Außerorts sind statt der Unfälle mit Fußgängern die Zusammenstöße mit dem Begegnungsverkehr und das Abkommen von der Fahrbahn von Bedeutung. Auf Bundesautobahnen ereignen sich hauptsächlich Kollisionen mit vorausfahrenden oder wartenden Fahrzeugen und seitlich in gleicher Richtung fahrenden Fahrzeugen.

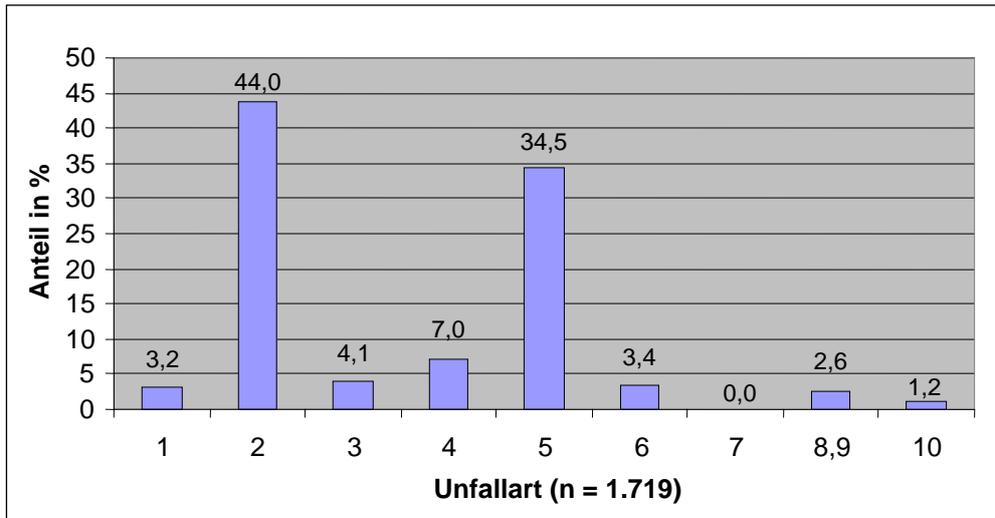


Abbildung 36: Verteilung der Unfälle nach Unfallart

Unfallart	Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht	52	4,3	1	0,3	0	0,0	53	3,3	2
2	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet	488	40,6	127	42,1	78	77,2	693	43,2	63
3	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt	44	3,7	9	3,0	15	14,8	68	4,3	2
4	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegen kommt	62	5,2	52	17,2	0	0,0	114	7,1	7
5	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt	473	39,4	84	27,8	0	0,0	557	34,7	36
6	Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger	59	4,9	0	0,0	0	0,0	59	3,7	0
7	Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
8,9	Abkommen von der Fahrbahn	11	0,9	26	8,6	5	5,0	42	2,6	3
10	Unfall anderer Art	12	1,0	3	1,0	3	3,0	18	1,1	2
Summe		1.201	100,0	302	100,0	101	100,0	1.604	100,0	
n. e.		5		0		0				

Tabelle 16: Anteil der Unfallart nach Ortslage

6.6 Unfalltyp

Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte, d.h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte [ISK, 1998]. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der tatsächlichen Kollision, sondern um die Art der Konfliktauslösung, die zum Unfallereignis führte. Weitere Details und die Aufteilung der Unfalluntertypen sind im Anhang II erläutert. Abbildung 37 gibt einen Überblick über die Häufigkeit der einzelnen Unfalltypen. Demnach ist der häufigste Unfalltyp mit 40,1% der Unfall im Längsverkehr (Unfalltyp 6). Hierzu zählen im Wesentlichen Unfälle mit Fahrzeugen, die in die gleiche oder entgegengesetzte Richtung fahren und nicht im direkten Zusammenhang mit abbiegenden Verkehrsteilnehmern stehen. Zweithäufigster Unfalltyp ist der Einbiegen/Kreuzen-Unfall (Unfalltyp 3) mit einem Anteil von 23,3%. Hier sind Unfälle zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtsberechtigten zu finden. Der Abbiege-Unfall (Unfalltyp 2) stellt mit 19,5% den dritthäufigsten Unfalltyp dar. Dieser Unfalltyp beinhaltet Unfälle zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer.

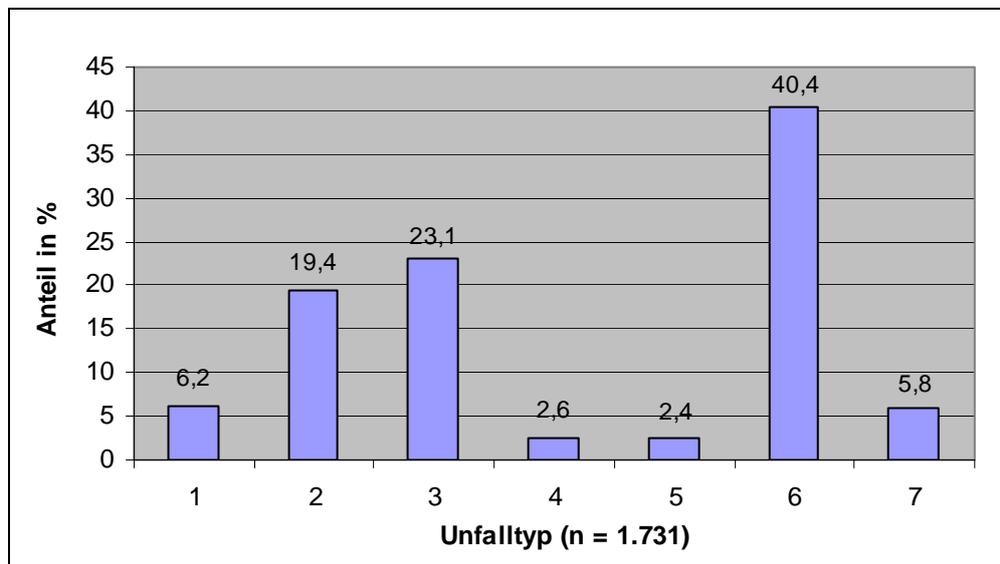


Abbildung 37: Verteilung der Unfälle nach Unfalltypen

Während der Fahrnfall (Typ 1) insgesamt mit 6,2% eine eher untergeordnete Rolle spielt, ist dessen Anteil auf Autobahnen (11,9%) und vor allem außerorts mit 16,9% von größerer Bedeutung. Der Überschreiten-Unfall eines Fußgängers (Typ 4) ereignete sich mit 3,7% ausschließlich innerorts. Bezogen auf die gesamte Stichprobe (n=1609) sind das 2,8%. Der relativ geringe Anteil des Unfalls durch ruhenden Verkehr (Typ 5) geschah ebenfalls nur innerhalb geschlossener Ortschaften. Hier hat dieser Unfalltyp einen Anteil von 3,5% und bezogen auf die gesamte Stichprobe 2,6%. Der Unfall im Längsverkehr (Typ 6) stellt speziell auf Autobahnen mit immerhin 82,2% einen auffallend hohen Anteil dar und stellt somit ein hohes Nutzenpotential für Längsführungssysteme in Aussicht. Unter sonstigen Unfällen sind hier Unfälle zwischen Parkern, beim Rückwärtsfahren oder Wenden, durch technischen Defekt oder vergessene Handbremsbetätigung (Typ 7) erfasst. Diese Art von Unfällen ist meist innerorts zu finden und stellt hier einen Anteil von insgesamt 6,1% (Tabelle 17).

Unfalltyp	Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1	Fahrunfall	36	3,0	51	16,9	12	11,9	99	6,2	9
2	Abbiege-Unfall	252	20,9	61	20,2	0	0,0	313	19,4	23
3	Einbiegen/Kreuzen-Unfall	313	25,9	62	20,5	0	0,0	375	23,3	25
4	Überschreiten-Unfall	45	3,7	0	0,0	0	0,0	45	2,8	0
5	Unfall durch ruhenden Verkehr	42	3,5	0	0,0	0	0,0	42	2,6	0
6	Unfall im Längsverkehr	445	36,9	117	38,8	83	82,2	645	40,1	54
7	Sonstiger Unfall	73	6,1	11	3,6	6	5,9	90	5,6	11
Summe		1.206	100,0	302	100,0	101	100,0	1.609	100,0	
n. e.		0		0		0				

Tabelle 17: Anteil des Unfalltyps nach Ortslage

Bei genauerer Unterteilung der drei häufigsten Unfalltypen in deren Untertypen zeigt Tabelle 18, dass es sich bei den Abbiege-Unfällen meist um Linksabbiegerunfälle handelt. Beim Einbiegen/Kreuzen kommt das bevorrechtigte Fahrzeug deutlich häufiger von links als von rechts. Im Längsverkehr wurde meist auf einen Vorfahrenden aufgefahren. Vorfahrend bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Fahrzeug verkehrsbedingt bis zum Stillstand abgebremst haben kann, jedoch nicht wegen einer verkehrsrechtlichen Wartepflicht (z.B. an Knotenpunkten). Das Auffahren auf einen Wartepflichtigen ist der zweithäufigste Unfall im Längsverkehr.

Unfalltyp (mit Untertypen)		Anzahl	%
Abbiege-Unfall	Linksabbieger (20, 21, 22)	241	13,9
	Rechtsabbieger (23, 24)	77	4,5
	Abknickende Vorfahrt (25, 26, 27, 28)	18	1,0
Einbiegen/Kreuzen	Bevorrechtigtes Fahrzeug von links (30,31)	205	11,8
	Bevorrechtigtes Fahrzeug von rechts (32,33)	124	7,2
	Einbiegen/Kreuzen – Sonstige (34,35,36,37)	71	4,1
Unfall im Längsverkehr	Auffahren auf Vorfahrenden (60)	342	19,8
	Auffahren auf Stau (61)	60	3,5
	Auffahren auf Wartepflichtigen (62)	168	9,7
	Auffahren auf Spurwechsler (63, 64)	48	2,7
	Nebeneinanderfahren (65)	8	0,5
	Begegnungsverkehr (68)	46	2,6
Anzahl / Anteil der ausgewählten Unfälle an der Gesamtzahl der Unfälle		1.408	81,3

Tabelle 18: Anteil ausgewählter Unfalluntertypen

6.7 Unfallursache

In diesem Kapitel werden die dem Unfall zugrunde liegenden Unfallursachen dargestellt. Die verwendete Aufschlüsselung der Unfallursachen entspricht der des Statistischen Bundesamtes [StBA, 2006]. Eine vollständige Auflistung des Ursachenverzeichnis ist in Anhang III abgedruckt. Nach Abbildung 38 haben mit 45,5% den größten Anteil die so genannten „anderen Fehler beim Fahrzeugführer“ (Nr. 49). Hierunter fallen Fehler des Fahrzeuglenkers, die nicht näher bekannt sind oder den anderen Punkten nicht zuzuordnen sind, wie z.B. Unaufmerksamkeit oder Ablenkung. Das Nichtbeachten einer Vorfahrtsregelung (Nr. 27 - 32) stellt mit 15,2% die zweithäufigste Unfallursache dar, gefolgt vom Fehler beim Abbiegen (Nr. 35) mit 8,2% und ungenügendem Sicherheitsabstand (Nr. 14 /15) mit 6,0%.

In Tabelle 19 wird bei den ermittelten Unfallursachen zusätzlich zwischen weiblichen und männlichen Unfallverursachern unterschieden. Erwähnenswert ist, dass Männer mehr Fehler beim Fahrstreifenwechsel machen und mit unangepasster Geschwindigkeit fahren. Frauen hingegen fahren vermehrt mit ungenügendem Sicherheitsabstand und zeigen einen deutlich höheren Anteil beim Nichtbeachten der Vorfahrtsregelung.

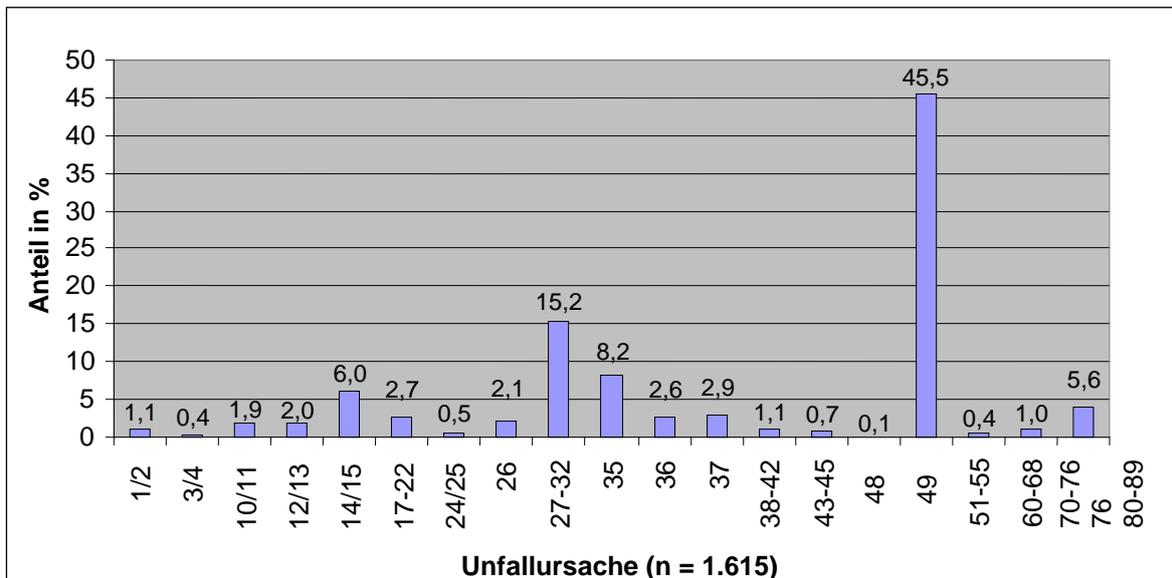


Abbildung 38: Verteilung der Unfälle nach Unfallursachen

Geschlecht		Weiblich		Männlich		Insgesamt		n. e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1/2	Berausende Mittel	2	0,4	15	1,4	17	1,1	0
3/4	Sonstige körperliche oder geistige Mängel	2	0,4	4	0,4	6	0,4	0
10/11	Fehler bei der Straßenseitenbenutzung	14	2,6	17	1,6	31	2,0	0
12/13	Nicht angepasste Geschwindigkeit	7	1,3	25	2,4	32	2,0	0
14/15	Ungenügender Sicherheitsabstand	36	6,8	56	5,4	92	5,8	5
17-22	Fehler beim Überholen	9	1,7	35	3,3	44	2,8	0
24/25	Fehler beim Vorbeifahren (z.B. an Hindernissen, Fahrzeugen)	1	0,2	7	0,7	8	0,5	0
26	Fehlerhaftes Wechseln des Fahrstreifens	4	0,8	27	2,6	31	2,0	3
27-32	Vorfahrt/Vorrang missachtet	103	19,5	140	13,3	243	15,4	3
35	Fehler beim Abbiegen	52	9,8	79	7,5	131	8,3	1
36	Fehler beim Wenden	13	2,5	28	2,7	41	2,6	1
37	Fehler beim Einfahren in den fließenden Verkehr	14	2,6	33	3,1	47	3,0	0
38-42	Falsches Verhalten ggü. Fußgänger	7	1,3	11	1,0	18	1,2	0
43-45	Ruhender Verkehr	1	0,2	9	0,9	10	0,6	1
48	Fehler bei der Ladungssicherung	1	0,2	1	0,1	2	0,1	0
49	Andere Fehler beim Fahrzeugführer	225	42,5	488	46,5	713	45,2	22
51-55	Technische Mängel	3	0,6	4	0,4	7	0,4	0
60-68	Falsches Verhalten von Fußgängern	7	1,3	9	0,9	16	1,0	0
70-76	Straßenverhältnisse	20	3,8	43	4,1	63	4,0	1
80-89	Witterungseinflüsse	8	1,5	18	1,7	26	1,6	0
Summe		529	100,0	1.049	100,0	1.578	100,0	
n. e.		32		71				

Tabelle 19: Anteil der Unfallursachen nach Geschlecht des Unfallverursachers

6.8 Unfallgegner

Der am häufigsten auftretende Unfallgegner (d.h. Fahrzeugart des Geschädigten) der in dieser Strukturanalyse untersuchten Unfälle mit Personenschäden von Pkw ist ebenfalls ein Pkw (Abbildung 39). Fahrradfahrer stellen mit 11,4% die zweithäufigste Gruppe, gefolgt von den motorisierten Zweirädern, welche mit 7,2% vertreten sind. Unter „andere“ Unfallgegner fallen z.B. Krankenrollstühle, aber auch Hindernisse bei Alleinunfällen, wie z.B. eine Mauer oder ein Gartenzaun. Aus Tabelle 20 ist erkennbar, dass der Lkw vor allem außerorts und hier wiederum auf Autobahnen an Unfällen beteiligt ist.

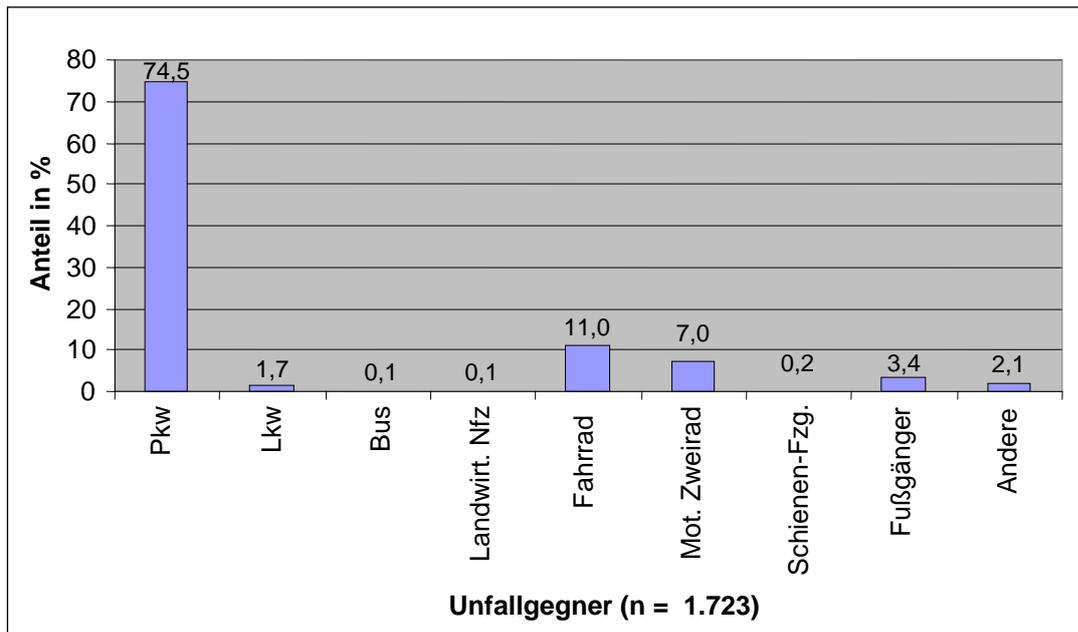


Abbildung 39: Verteilung der Unfälle nach Unfallgegner (Fahrzeugart des Geschädigten)

Gegner	Ortslage		Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Pkw	845	70,4	248	82,4	88	88,0	1.181	73,7	102		
Lkw	12	1,0	10	3,3	5	5,0	27	1,7	2		
Bus	1	0,1	0	0,0	0	0,0	1	0,1	0		
Landwirtschaftliche Nfz	0	0,0	1	0,3	0	0,0	1	0,1	0		
Fahrrad	173	14,4	10	3,3	0	0,0	183	11,4	7		
Motorisiertes Zweirad	98	8,2	16	5,4	1	1,0	115	7,1	7		
Schienenfahrzeug	3	0,2	0	0,0	0	0,0	3	0,2	0		
Fußgänger	59	4,9	0	0,0	0	0,0	59	3,7	0		
Andere	10	0,8	16	5,3	6	6,0	32	2,0	3		
Summe	1.201	100,0	301	100,0	100	100,0	1.602	100,0	121		
n. e.	5		1		1		7				

Tabelle 20: Anteil der Unfallgegner (Fahrzeugart des Geschädigten) nach Ortslage

6.9 CDC-Richtung

Unter CDC (Collision Deformation Classifikation)-Richtung ist die Richtung der Krafteinwirkung auf das Fahrzeug zu verstehen, die den vorliegenden Schaden verursacht hat. Diese Richtung wird analog zu einem Ziffernblatt angegeben. Erfolgt also eine Frontalkollision zweier Fahrzeuge, bei der der Stoß von vorne parallel zur Fahrzeuginnenachse wirkt, ergibt sich für beide Fahrzeuge eine CDC-Richtung von 12 Uhr.

Beim Fahrzeug des Versicherungsnehmers handelt es sich in drei Viertel der Fälle (74,7%) um Frontkollisionen, in 9,6% um eine seitliche Kollision von links und in 9,8% um eine seitliche Kollision von rechts (vgl. Abbildung 40 und Tabelle 21). Heckschäden sind beim VN-Fahrzeug erwartungsgemäß selten anzutreffen, da meist die Schuld beim Auffahrenden liegt, außer bei Rangier- und Einparkmanövern des VN. Auf der Seite des Geschädigten überwiegen folgerich-

tig die Heckschäden, gefolgt vom Frontschaden, welche durch Frontal- und Querverkehrsunfälle verursacht wurden.

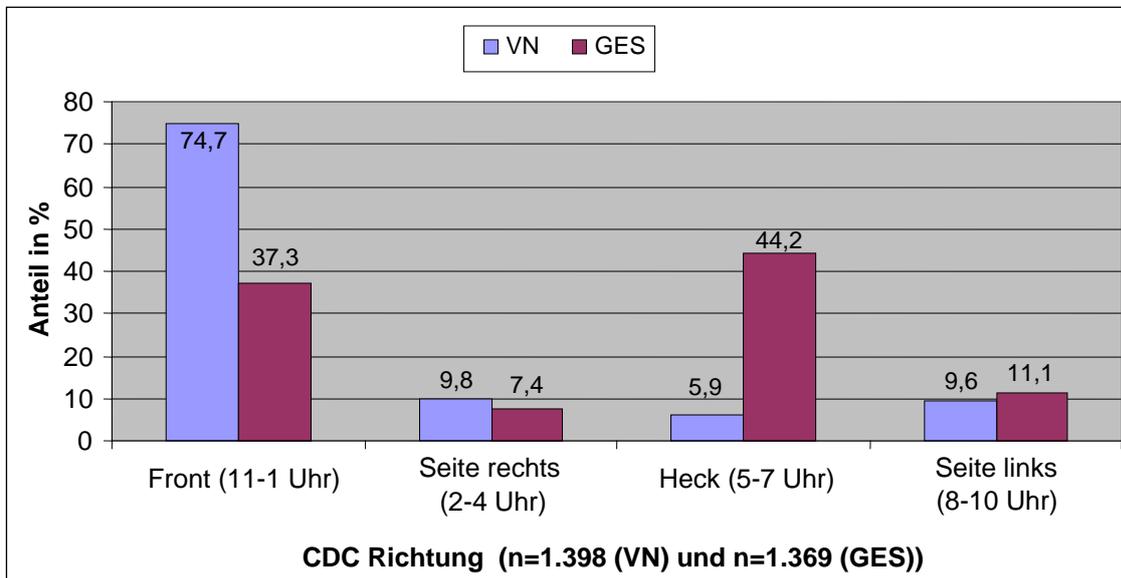


Abbildung 40: Verteilung der CDC-Richtung nach VN- und GES-Fahrzeug

CDC-Richtung	VN		GES	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Front (11-1 Uhr)	1.044	74,7	510	37,3
Seite rechts (2-4 Uhr)	137	9,8	102	7,4
Heck (5-7 Uhr)	83	5,9	605	44,2
Seite links (8-10 Uhr)	134	9,6	152	11,1
Summe	1.398	100,0	1.369	100,0
n. e.	333		362	

Tabelle 21: Verteilung der CDC-Richtung nach VN- und GES-Fahrzeug

6.10 Unfallfolgen

Bei den in dieser Arbeit analysierten 1.731 Unfällen mit Personenschaden wurden insgesamt 12 Personen tödlich, 101 schwer und 1.901 leicht verletzt. Von den 1.901 leicht verletzten Personen erlitten 1.076 ein Halswirbelsäulen-Syndrom (HWS-Syndrom). Bezieht man die HWS-Fälle auf alle Verletzten, ergibt dies einen Anteil von 53,4% (Tabelle 22).

Bei der Betrachtung der Unfallfolgen auf der Seite des Geschädigten ergibt sich ein HWS-Anteil von 57,2%. Es wurden somit 96,1% der verletzten Geschädigten leicht und 3,7% schwer verletzt (Abbildung 41).

Anzahl der Unfälle	1731					
	VN		GES		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Getötete (Get)	8	3,5	4	0,2	12	0,6
Schwerverletzte (SV)	35	15,2	66	3,7	101	5,0
HWS-Syndrom	55	23,9	1.021	57,2	1.076	53,4
Sonst. Leichtverletzte (LV)	132	57,4	693	38,9	825	41,0
Summe	230	100,0	1.784	100,0	2.014	100,0

Tabelle 22: Unfallfolgen nach VN und GES

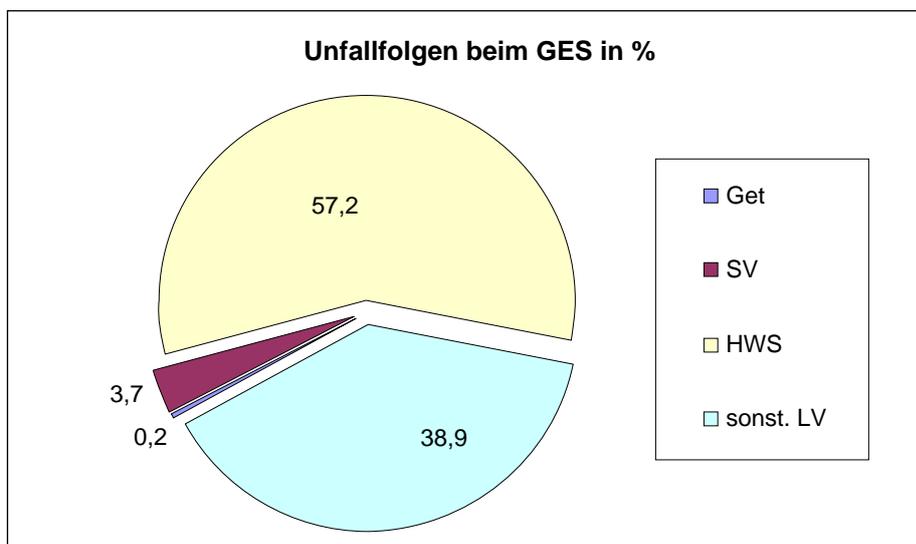


Abbildung 41: Unfallfolgen beim GES

6.11 Fahrerassistenzsystem-Relevanz

In diesem Abschnitt wird eine Einschätzung des Wirkungsfeldes der verschiedenen Applikationen gegeben, welche aus den der Unfalldokumentation der ausgewerteten Schadenakten entnommenen situativen Merkmalen der einzelnen Realunfälle resultiert. Es handelt sich hierbei um eine Schätzung der maximalen Relevanz ohne Berücksichtigung von detaillierten funktionalen Systemspezifikationen bzw. -ausprägungen. Die Systemausprägungen werden den Vermeidbarkeitsberechnungen zugrunde gelegt und variiert. Die Berechnungsergebnisse sind im jeweiligen Kapitel „Vermeidbarkeitsbetrachtung“ der einzelnen Applikationen dargestellt (vgl. Kapitel 7, 8, 9 und 10).

Das Rechercheergebnis zeigen Tabelle 23 und Abbildung 42. Danach könnte ein System der Aktiven Gefahrenbremsung (AGB) Einfluss auf knapp 44,6% der Unfälle nehmen. Ein Assistent, der auf die Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer (SFR) ausgerichtet ist, spricht 14,4% der Unfälle an. Ein Kreuzungsassistent (KAS) könnte in 33,3% eine Beeinflussung des Unfallhergangs bewirken, eine Integrierte Querführung (IQF) in 6,4%. Die Merkmalsverteilung in Abbildung 42 enthält Mehrfachnennungen (die Summenbildung der absoluten sowie relativen An-

teile ist daher unzulässig), d.h. einige Unfälle ließen sich von zwei oder mehr der betrachteten FAS positiv im Sinne einer Vermeidung beeinflussen.

Der geringe Anteil an IQF-relevanten Unfällen lässt sich dadurch erklären, dass in der Datenbank nur KH-Unfälle mit Personenschaden aufgeführt sind. Bei diesen Unfällen muss es per Definition eine Verletzung eines Dritten geben. Somit sind viele IQF-Unfälle, bei denen es sich vermehrt um Alleinunfälle handelt, in der Datenbank nicht berücksichtigt.

Bei der Applikation des Kreuzungsassistenten wurden alle Unfälle an Kreuzungen, Einfahrten oder Einmündungen mit Längs- und Querverkehr betrachtet.

Anzahl der Unfälle	1731	
FAS	für das einzelne System als relevant eingestufte Unfälle	
	Anzahl	%
AGB	772	44,6
SFR	249	14,4
IQF	110	6,4
KAS	577	33,3

Tabelle 23: Aus den Schadenakten der AZT-Datenbank extrahierte und für eine FAS-Funktion als relevant einzustufende Fälle

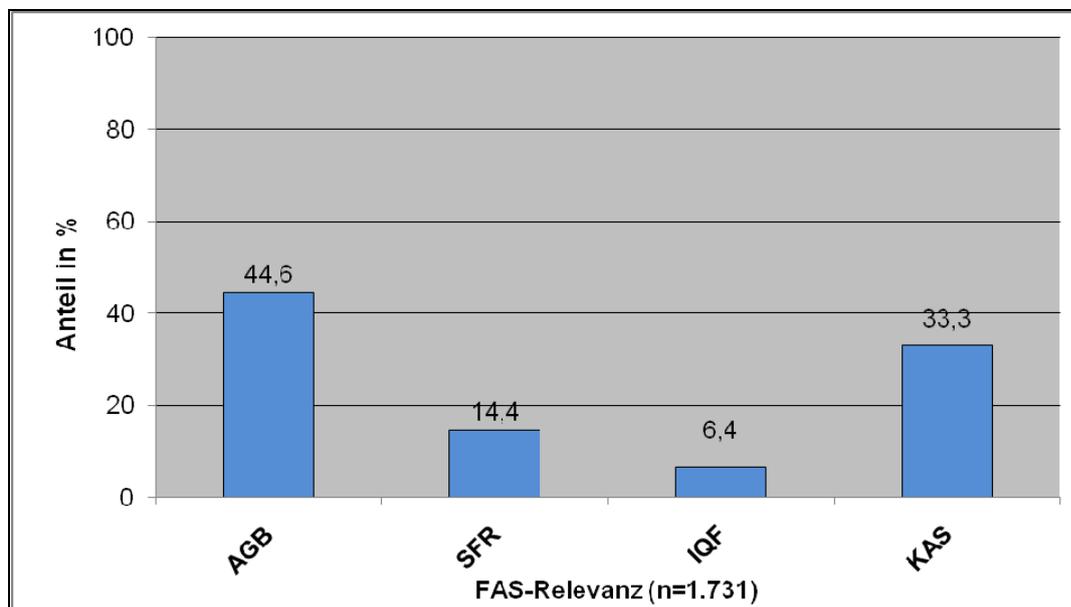


Abbildung 42: Relevanz der Aktiv-Applikationen

7 Aktive Gefahrenbremsung - AGB

7.1 Applikationsbeschreibung

Unter einer Aktiven Gefahrenbremsung (AGB) wird im Rahmen dieser Arbeit ein System zur Kollisionsvermeidung durch eine automatische Bremsung mit situationsangepasster Bremskraft und zeitlicher Vorverlegung des Bremsbeginns gegenüber bestehenden Notbremsystemen verstanden. Dieses System zielt hauptsächlich auf die Vermeidung von Auffahr- und Frontalkollisionen ab und ist kein permanent regelndes System wie z. B. ACC. Abbildung 43 zeigt den Active Brake Assist von Daimler im Einsatz, der aufgrund der Auslegung nur bei Optimalbedingungen einen Unfall verhindern kann. Primär bewirkt er eine Reduktion der Unfallschwere.



Abbildung 43: Active Brake Assist für Lkw im Einsatz (Darstellung angepasst [Daimler, 2006])

Nachfolgend wird die in AKTIV geplante Auslegung der Aktiven Gefahrenbremsung beschrieben.

Einsatzbereich:

- Autobahnen, Landstraßen und Stadtbereich
- Erfassung von Lkw, Pkw und Motorrädern. Auch stationäre Objekte sollen situationsabhängig berücksichtigt werden
- Kollisionen im Längsverkehr

Eingriffsstrategie:

Vorgesehen ist eine mehrstufige Warn- und Eingriffsstrategie. Im Vorfeld einer drohenden Kollision soll der Fahrer durch angepasste Warnhinweise auf die Gefährlichkeit der Situation hingewiesen werden. Dies erfolgt situationsadaptiv und berücksichtigt den Aufmerksamkeitsgrad des Fahrers. Dabei wird die Warnung entsprechend frühzeitig ausgegeben, um dem Fahrer die Möglichkeit zu geben, die Systemempfehlungen zur Bewältigung der Fahrsituation zu befolgen. Sollte der Fahrer dazu nicht in der Lage sein, wird das System durch einen autonomen Bremseneingriff eine Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung anstreben. In eindeutig interpretierbaren Fahrsituationen soll das System in die Fahrzeuglängsdynamik eingreifen.

Der Eingriff umfasst die Ansteuerung des Motors und der Bremssysteme. Alle benötigten Informationen werden im Fahrzeug selbst generiert. Das System entscheidet auf Basis von Fahrzeugdaten, Umfelddaten und Fahrerdaten.

Eine Übersteuerungsmöglichkeit durch den Fahrer ist vorgesehen und wird durch das Abschalten des Systems, die Betätigung des Fahr- oder Bremspedals oder durch einen Lenkeingriff initiiert.

Verfügbare Informationen:

Dem System stehen Informationen durch die im Fahrzeug integrierten Sensoren (z.B. Radar- und Videosensorik) über die Fahrzeugumgebung, den Fahrzeugzustand und die Fahrzeugbedienung zur Verfügung. Der Konzentrationsgrad des Fahrers wird über das Fahrerverhalten und/oder Fahrdynamikdaten abgeschätzt. Eine Kommunikationseinrichtung (Car2X) ist nicht vorgesehen.

Systemgrenzen:

Extreme Witterungs- und Lichtverhältnisse können zur Beeinträchtigung der Systemleistung führen. Damit einhergehende Funktionsstörungen sollen erkannt werden und ggf. zur Systemabschaltung führen.

Missbrauchswahrscheinlichkeit:

Unter Missbrauch oder Fehlgebrauch des Systems ist nach heutiger Interpretation des Wiener Weltabkommens die Nutzung als autonomes Kollisionsvermeidungssystem zu verstehen. In diesem Fall würde der Fahrer bewusst anderen Fahrzeugen in deutlich zu geringem Abstand folgen und auf einen stets rechtzeitigen Systemeingriff zur Kollisionsvermeidung vertrauen. Dies ist mit der vorgesehenen Systemauslegung prinzipiell denkbar. Da das System aber nicht permanent eingreift, wird eine Abstandsunterschreitung durch das System nicht gegengeregelt. Das System greift nur in kritischen Situationen ein. Aufgrund des hohen Risikos, dem sich der Fahrer dabei aussetzt, ist ein Systemmissbrauch durch den Fahrer eher unwahrscheinlich. Gegebenenfalls ließe sich der Systemeingriff derart unkomfortabel auslegen, dass ein Fahrer diesen nicht als normales Fahrverhalten wünscht.

7.2 In-Depth-Analyse

In diesem Kapitel werden die 772 in der Strukturanalyse als AGB-relevant bezeichneten Fälle (Tabelle 23) detaillierter untersucht. Ziel dieser In-Depth-Analyse ist es, möglichst viele Kriterien herauszufiltern, die bei AGB-relevanten Unfällen eine Rolle spielen. Durch die gewonnenen Informationen kann bereits im Vorfeld der Systementwicklung entschieden werden, welche Funktionsausprägung eine Aktive Gefahrenbremsung aufweisen sollte, um den gewünschten Nutzen zu erzielen. Zum Beispiel wird ersichtlich, ob auf stehende oder entgegenkommende Fahrzeuge reagiert werden muss oder nicht. Dies ergibt sich aus dem Verhältnis des nötigen Aufwandes zum erreichbaren Nutzen.

Ziel ist es, die Bedeutung der verschiedenen Merkmale anhand ihrer Häufigkeit zu identifizieren. Es wird, wie bereits auch bei der vorangehenden Strukturanalyse, die Häufigkeit eines Merkmals auf die Anzahl der insgesamt ausgewerteten Unfälle bezogen. Meist werden die verschiedenen Merkmale in Kreuztabellen mit einem zweiten Merkmal verknüpft, um Auffälligkeiten besser erkennen zu können. Für die Erstellung der Diagramme wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit jeweils nur ein Merkmal verwendet.

7.2.1 Geschlecht und Alter des Fahrers

69 % aller AGB-relevanten Unfälle, bei denen es sich meist um Auffahrunfälle handelt, wurden von Männern verursacht (Abbildung 44). Dieser Anteil ist somit etwas höher als dies bei der gesamten Stichprobe der Fall ist.

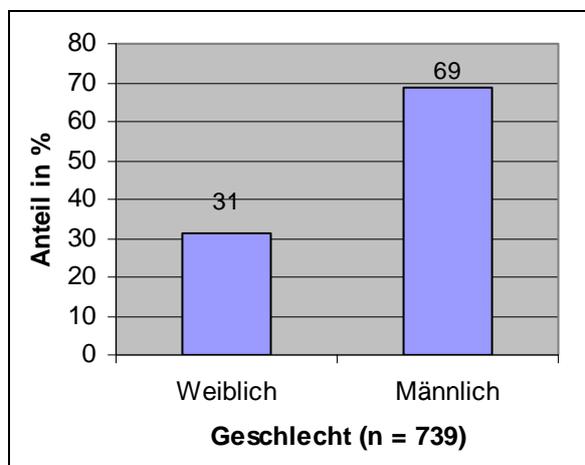


Abbildung 44: AGB-relevante Unfälle nach Fahrgeschlecht

Den größten Anteil bezogen auf das Alter des Fahrzeuglenkers zum Unfallzeitpunkt hat die Klasse der 25 bis 44-Jährigen (Abbildung 45). Auffallend beim Vergleich mit Abbildung 30 ist der leichte Anstieg bei den Fahrern ab 65 Jahren, deren Anteil bei AGB-relevanten Unfällen größer ist, als auf alle Unfälle bezogen.

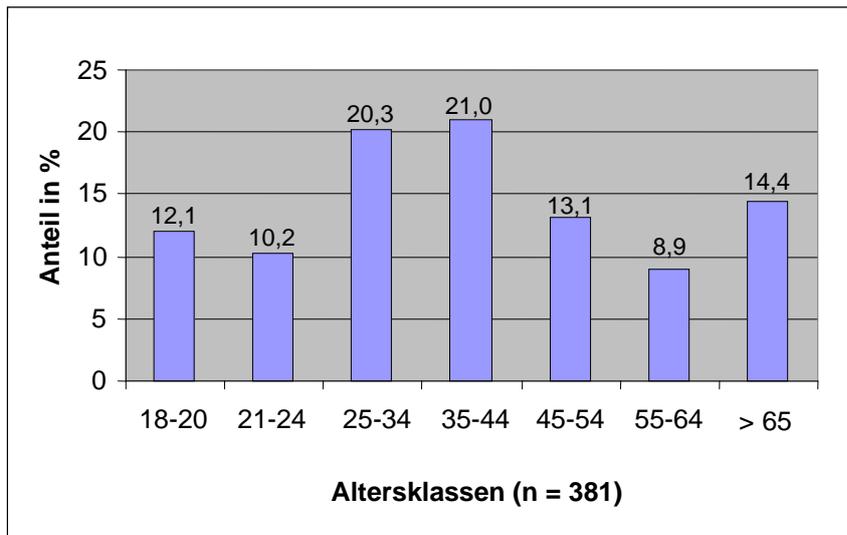


Abbildung 45: AGB-relevante Unfälle nach Fahreralter

Bei den AGB-relevanten Unfällen weicht die Aufteilung des Geschlechts nach Fahreralter von der aller Unfälle ab (vgl. Tabelle 14). Bei einem Alter bis zu 34 Jahren hat sich der Anteil der Frauen erhöht und liegt somit prozentual höher als bei den Männern. Dagegen kehrt sich dieser Trend bei den Frauen ab 35 Jahren um, hier ist eine niedrigere Beteiligung an AGB-relevanten Unfällen als am gesamten Unfallgeschehen zu beobachten. Bei den Männern fallen hingegen keine größeren Abweichungen im Vergleich mit der Unfallsituation insgesamt auf, nur die ab 65-Jährigen weisen einen leicht höheren Anteil auf.

Alter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich		Insgesamt		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
18-20	17	13,4	29	11,4	46	12,1	0
21-24	15	11,8	24	9,4	39	10,2	0
25-34	32	25,2	45	17,7	77	20,3	0
35-44	26	20,5	54	21,3	80	21,0	0
45-54	13	10,2	37	14,6	50	13,1	0
55-64	5	3,9	29	11,4	34	8,9	0
65 und mehr	19	15,0	36	14,2	55	14,4	0
Summe	127	100,0	254	100,0	381	100,0	0
n. e.	105		253				

Tabelle 24: AGB-relevante Unfälle nach Fahreralter und Geschlecht

Auch beim Vergleich der auf die erbrachte Fahrleistungen bezogenen Relativanteile der AGB-relevanten Unfälle (Abbildung 46) mit den entsprechenden Relativanteilen aller Unfälle (Abbildung 34) fallen Abweichungen auf. Beide Geschlechter weisen in der Altersklasse über 65 Jahre einen etwas erhöhten Anteil an AGB-relevanten Unfällen auf. Die Altersklasse der 55-64-Jährigen zeigt den größten Unterschied zwischen den Geschlechtern. Hier haben die Frauen ein Minus von 6% während der Anteil der Männer relativ konstant bleibt.

Grundsätzlich lässt sich im Vergleich zur gesamten Unfallsituation folgern, dass Frauen bis 24 Jahre ein etwas höheres Risiko aufweisen einen Auffahrunfall zu verursachen. Bei Männern

sind AGB-relevante Unfälle in dieser Altersklasse eher in geringerer Zahl vorhanden, wobei das Ergebnis nicht als signifikant einzustufen ist. Dieser Trend ist mit zunehmenden Alter (55-64) nicht mehr erkennbar. Zwischen 25 und 54 Jahren zeigen sich keine signifikanten Abweichungen zur Unfallsituation insgesamt.

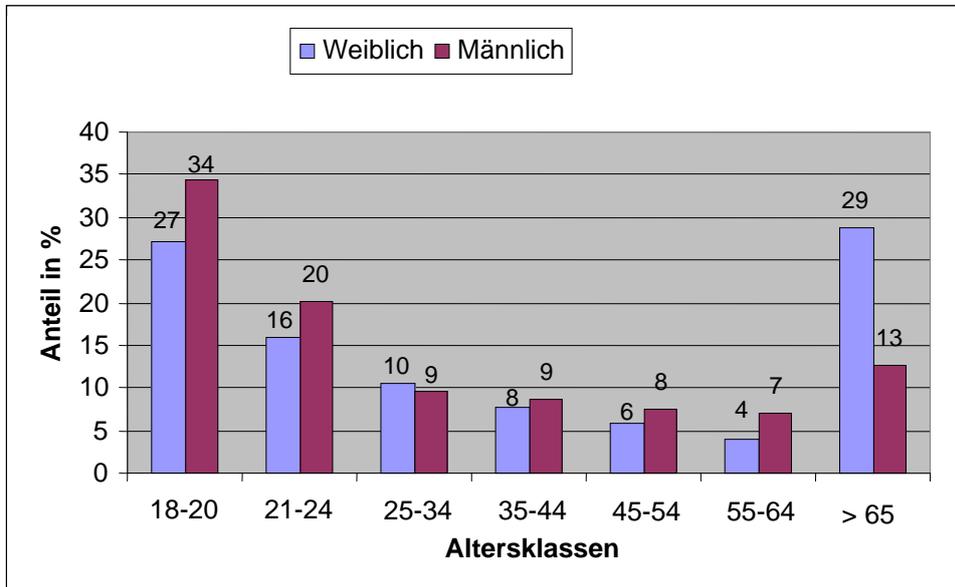


Abbildung 46: Relativer Anteil des Fahreralters bei AGB-relevanten unter Berücksichtigung der Fahrleistung

7.2.2 Ortslage und Lichtverhältnisse

Etwa 70,8% aller AGB-relevanten Unfälle ereignen sich innerhalb von Ortschaften, 20,0% außerhalb und 9,2% auf Bundesautobahnen (Abbildung 47). Somit zeigt sich bei der Gegenüberstellung mit der Gesamtunfallsituation (Abbildung 35) eine leichte Abnahme des Innerorts-Anteils und Zunahme des BAB-Anteils um ca. 3%. Die zum Unfallzeitpunkt vorherrschenden Lichtverhältnisse zeigen keine nennenswerten Unterschiede zu allen anderen Unfallsituationen. 78,3% aller AGB-relevanten Unfälle ereignen sich bei Tageslicht. Tabelle 25 zeigt die Lichtverhältnisse dargestellt nach der Ortslage. Es ist ersichtlich, dass sich der Großteil der Unfälle bzgl. der verschiedenen Ortslagen tagsüber ereignet, nur auf Autobahnen lässt sich im Vergleich zu den anderen Ortslagen ein höherer Nachtanteil erkennen.

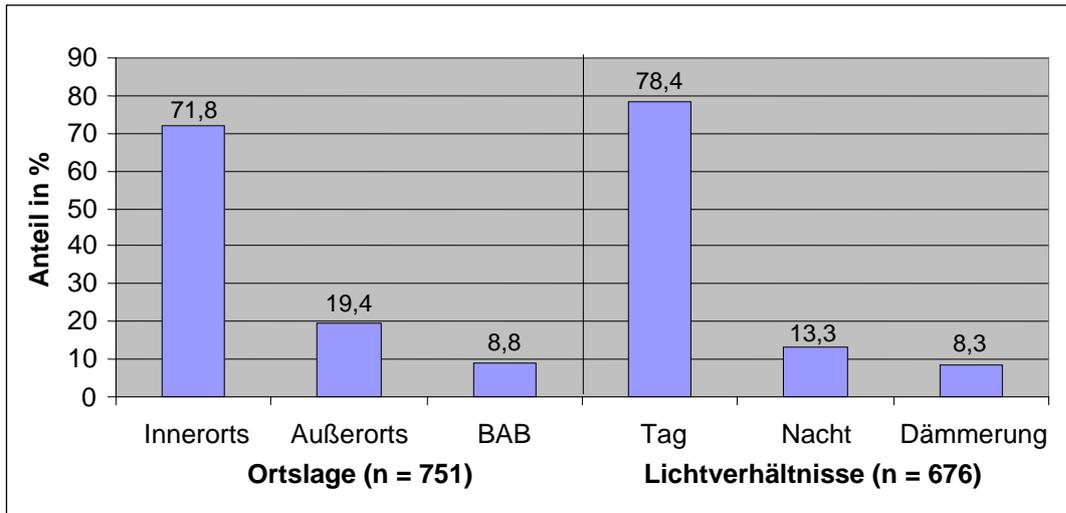


Abbildung 47: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen

Licht \ Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Tag	369	78,5	108	81,2	43	70,5	520	78,3	10
Nacht	63	13,4	13	9,8	12	19,7	88	13,3	2
Dämmerung	38	8,1	12	9,0	6	9,8	56	8,4	0
Summe	470	100,0	133	100,0	61	100,0	664	100,0	
n. e.	69		13		5				

Tabelle 25: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen

7.2.3 Unfallstelle im Straßennetz

Unter Unfallstelle im Straßennetz wird in der vorliegenden Untersuchung die Straßenführung an der Unfallstelle verstanden, z. B. ein gerader Streckenabschnitt, eine Kurve (Kreis- und Übergangsbogen) oder ein Knotenpunkt (Kreuzung, Einmündung). In 56,6% aller AGB-relevanten Unfälle ereignete sich der Unfall auf einem geraden Straßenabschnitt, in 3,9% ereignen sich die Unfälle beim Durchfahren einer Kurve. Einen Anteil von 36,9% haben Kreuzungen und Einmündungen, wobei es sich hier ebenfalls meist um einen geraden Verlauf der übergeordneten Fahrbahn handelt. In diese Kategorie fallen alle Unfälle bei denen der VN auf ein vor ihm abbiegendes Fahrzeug aufgefahren ist (vgl. Abbildung 48 und Tabelle 26).

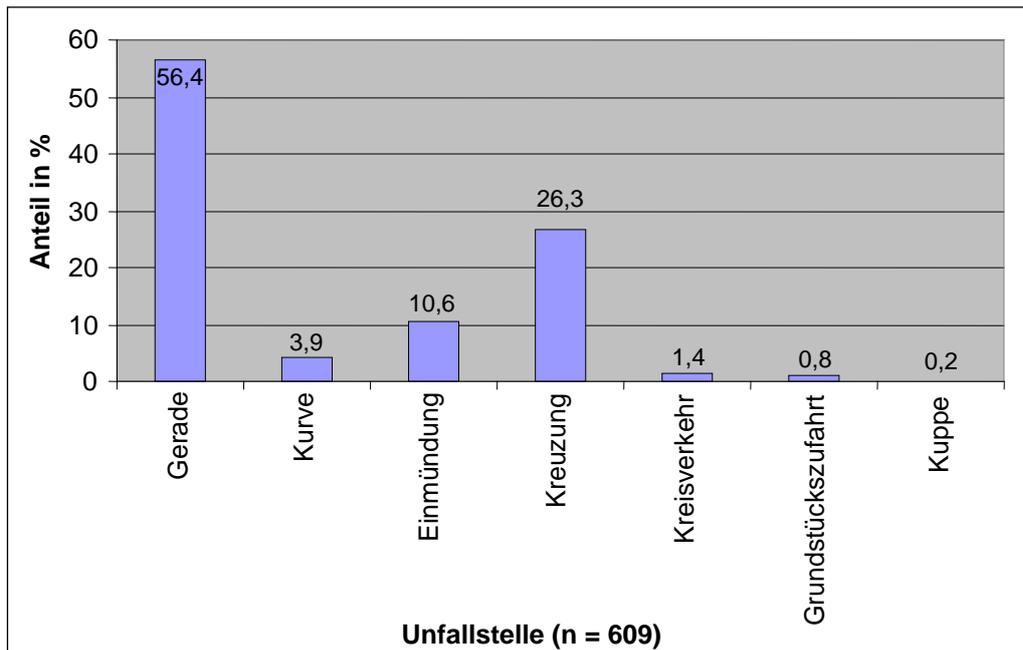


Abbildung 48: AGB-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz

Kreisverkehre, Grundstückszufahrten und Kuppen haben eine untergeordnete Bedeutung. Bei der Darstellung der Unfallstelle nach der Ortslage (Tabelle 26) zeigt sich mit 88,0% die Gerade als häufigstes Linienelement auf Autobahnen. Unter Einmündung ist in diesem Fall eine Anschlußstelle der BAB zu verstehen. Innerorts erweisen sich das gerade Straßenelement mit 56,6% und Kreuzungen mit 31,8% als häufigste Unfallstelle im Straßennetz.

Ortslage \ Unfallstelle	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Gerade	239	56,6	54	44,6	44	88,0	337	56,8	6
Kurve	8	1,9	12	9,9	3	6,0	23	3,9	2
Einmündung	30	7,1	30	24,8	3	6,0	63	10,6	1
Kreuzung	134	31,8	22	18,2	0	0,0	156	26,3	6
Kreisel	6	1,4	2	1,7	0	0,0	8	1,4	0
Grundstückszufahrt	5	1,2	0	0,0	0	0,0	5	0,8	1
Kuppe	0	0,0	1	0,8	0	0,0	1	0,2	0
Summe	422	100,0	121	100,0	50	100,0	593	100,0	
n. e.	117		25		16				

Tabelle 26: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Unfallstelle im Straßennetz

7.2.4 Unfallart

Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer. Weitere Ausführungen zu den einzelnen Unfallarten sind im Anhang I dargestellt.

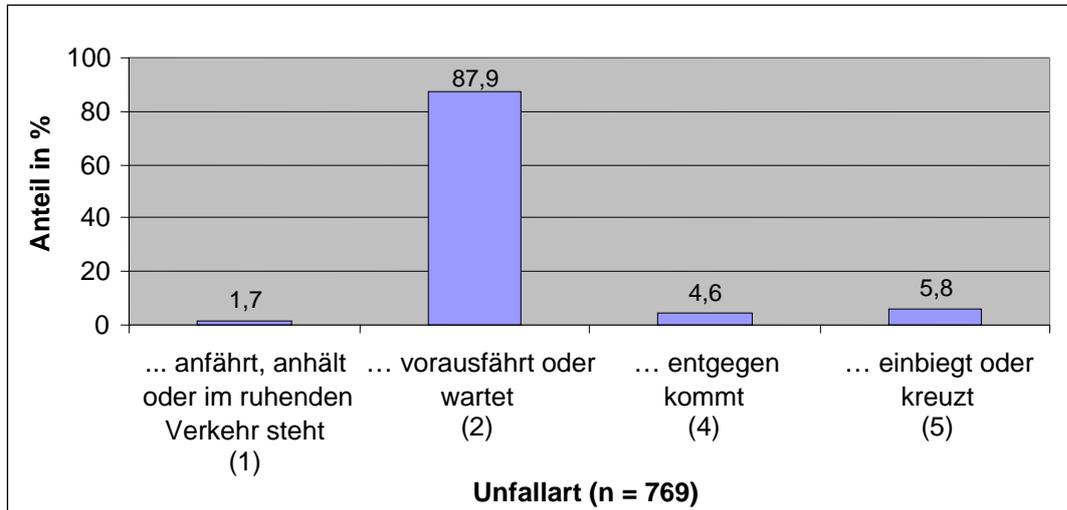


Abbildung 49: AGB-relevante Unfälle nach Unfallart

Erwartungsgemäß stellt die Unfallart 2 „Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“ mit 88,2% die am häufigsten auftretende Unfallart dar. Unter die Unfallart 5 „Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ fallen Kollisionen mit dem Gegenverkehr, die im Zuge eines Abbiegevorganges zustande kamen. Unter die Unfallart 1 fallen Unfälle im Zusammenhang mit einer gewollten Fahrtunterbrechung wie z. B. Ein-/Ausparken oder Halten am Straßenrand. Bei Unfällen der Art 4 handelt es sich um Kollisionen mit dem Gegenverkehr, bei denen der VN unbeabsichtigt auf die Gegenfahrbahn geriet ohne sich dabei mit seinem Fahrzeug bereits in einem unkontrollierten Fahrmanöver zu befinden. Aus Tabelle 27 können die Anteile der Unfallarten nach den einzelnen Ortslagen entnommen werden.

Unfallart	Ortslage		Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%			
1 Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht	11	2,0	1	0,7	0	0,0	12	1,6	1		
2 Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet	469	87,2	125	86,8	66	100,0	660	88,2	16		
4 Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegen kommt	22	4,1	12	8,3	0	0,0	34	4,6	1		
5 Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt	36	6,7	6	4,2	0	0,0	42	5,6	3		
Summe	538	100,0	144	100,0	66	100,0	748	100,0			
n. e.	1		2		0						

Tabelle 27: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Unfallart

7.2.5 Unfalltyp

Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte. D.h. er stellt die Phase des Verkehrsgeschehens dar, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf unkontrollierbar machte. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Verkehrssituation unmittelbar vor dem eigentlichen Unfall. Weitere Details und die Aufteilung in die verschiedenen Unfalluntertypen werden in Anhang II erläutert.

Im Wesentlichen sind für AGB-relevante Unfälle zwei Unfalltypen von Bedeutung (Abbildung 50): mit einem Anteil von 75,0% der Unfall im Längsverkehr (Typ 6) und mit 22,9% der Abbiege-Unfall (Typ 2). Der Unfall durch ruhenden Verkehr (Typ 5) mit 1,6% und die sonstigen Unfälle (z.B. Unfall durch körperliches Unvermögen, usw.) spielen hier eine untergeordnete Rolle.

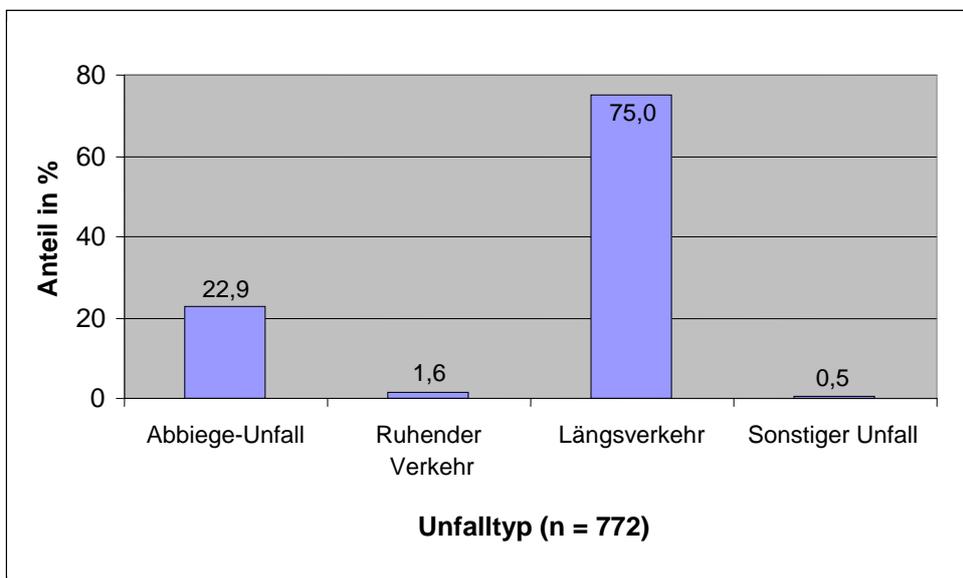
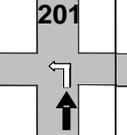
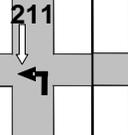
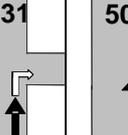
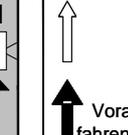
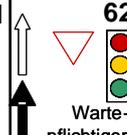
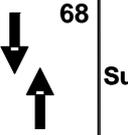


Abbildung 50: AGB-relevante Unfälle nach Unfalltyp

In Tabelle 28 werden die Anteile der häufigsten Unfalluntertypen dargestellt. Acht Unfallfeintypen repräsentieren 93,6% aller AGB-relevanten Unfälle. Der am häufigsten vorkommende Unfalluntertyp ist mit 41,3% der „Unfall im Längsverkehr – Auffahren auf einen Vorfahrenden“ (Typ 60) gefolgt mit 20,5% vom „Auffahren auf einen Wartepflichtigen“ (Typ 62) und mit 9,1% vom „Abbiege-Unfall eines Linkabbiegers mit einem Nachfolgenden“ (201).

Unfallfeintyp	201	211	231	501	60	61	62	68	Summe
									
Anteil in %	9,1	6,3	5,9	0,8	41,3	6,7	20,8	2,7	93,6*

*) 6,4% verteilen sich auf die verbleibenden Unfallfeintypen: 511, 551, 581, 63x, 661, 71x, 751, 763

Tabelle 28: Häufigste Unfalluntertypen der AGB-relevanten Unfälle

Eine ausführliche Auflistung der einzelnen Unfalluntertypen nach Ortslage zeigt Tabelle 29. Das „Auffahren auf einen Vorfahrenden“ stellt bei allen Ortslagen den häufigsten Untertyp dar, vor allem auf Autobahnen mit 63,7%. Neben diesem Untertyp findet man auf Autobahnen noch das „Auffahren auf einen Stau“ mit 31,8% und „Auffahren auf einen Wartepflichtigen“ (3,0%). Darunter sind Auffahrunfälle auf dem Beschleunigungsstreifen (Verflechtungsstrecken) einer BAB zu verstehen. Innerorts kommen zum „Auffahren auf einen Vorfahrenden“ mit 40,4% noch das „Auffahren auf einen Wartepflichtigen“ mit 24,8% und die „Abbiege-Unfälle“ mit 22,0% hinzu.

Unfalltyp	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
AU - Linksabbieger/Nachfolgender	48	8,9	20	13,7	0	0	68	9,1	6
AU - Linksabbieger/Gegenverkehr	40	7,4	7	4,8	0	0	47	6,3	3
AU - Rechtsabbieger/Nachfolgender	30	5,5	14	9,6	0	0	44	5,9	3
AU - ohne nähere Angaben	1	0,2	5	3,4	0	0	6	0,8	0
RV - Auffahren	6	1,1	0	0	0	0	6	0,8	0
RV - Ausweichen & Gegenverkehr	1	0,2	0	0	0	0	1	0,1	0
RV - Ausparken/Einparken	2	0,4	0	0	0	0	2	0,2	0
RV - Ein-/Aussteigen	3	0,6	0	0	0	0	3	0,4	0
LV - Auffahren auf Vorfahrenden	218	40,4	50	34,2	42	63,7	310	41,3	0
LV - Auffahren auf Stau	21	3,9	8	5,5	21	31,8	50	6,7	0
LV - Auffahren auf Wartepflichtigen	134	24,8	20	13,7	2	3,0	156	20,8	6
LV - Auffahren auf Spurwechsler n. li.	3	0,6	0	0	1	1,5	4	0,5	0
LV - Überholer und Gegenverkehr	0	0	7	4,8	0	0	7	0,9	0
LV - Begegnende Fahrzeuge	13	2,4	7	4,8	0	0	20	2,7	1
LV - ohne nähere Angaben	15	2,8	8	5,5	0	0	23	3,1	2
SO - Rückwärtsfahren	1	0,2	0	0	0	0	1	0,1	0
SO - Tier	1	0,2	0	0	0	0	1	0,1	0
SO - Körperliches Unvermögen	2	0,4	0	0	0	0	2	0,2	0
Summe	539	100	146	100	66	100	751	100	21
n. e.	0		0		0				

Tabelle 29: AGB-relevante Unfälle nach Ortslage und Unfalluntertyp

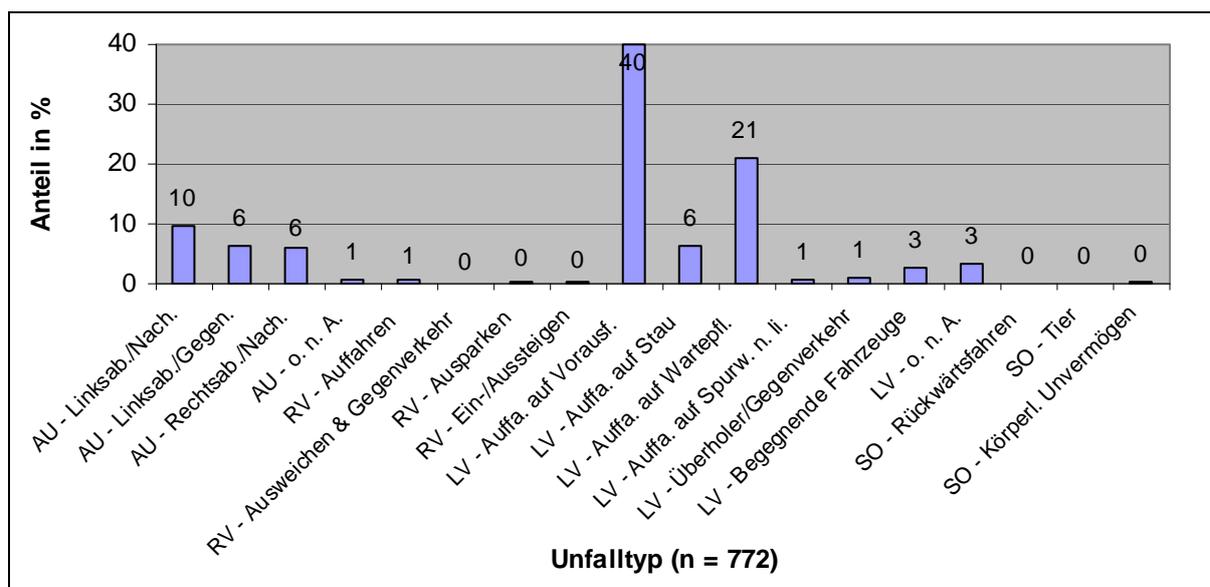


Abbildung 51: AGB-relevante Unfälle nach Unfalluntertyp. Anm.: Dargestellte Anteilswerte gerundet.

7.2.6 Unfallgegner

Beim überwiegenden Teil der AGB-relevanten Unfälle war mit 94,8% der Kontrahent des Pkw ebenfalls ein Pkw. Lkw haben insgesamt einen Anteil von 1,5%, wobei sich für Autobahnen ein höherer Anteil von 4,5% ergibt. In 2,0% der Fälle handelt es sich um Zweiräder, die vor allem innerorts als Unfallgegner bei AGB-relevanten Unfällen vorkommen (Abbildung 52 und Tabelle 30).

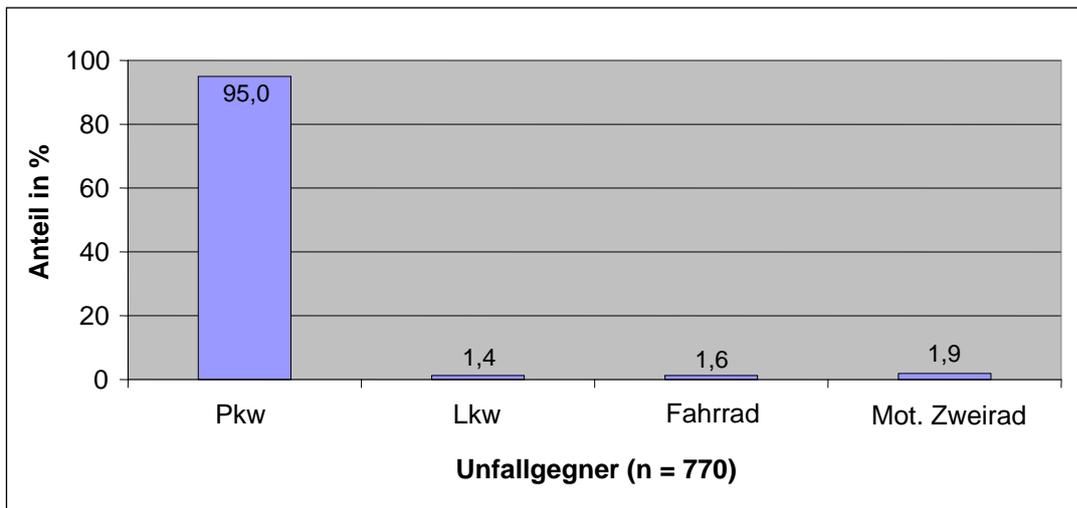


Abbildung 52: AGB-relevante Unfälle nach Unfallgegner. Anm.: ohne „Andere“

Gegner \ Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Pkw	508	94,6	140	95,9	62	93,9	710	94,8	21
Lkw	5	0,9	3	2,1	3	4,5	11	1,5	0
Fahrrad	11	2,0	1	0,7	0	0,0	12	1,6	0
Motorisiertes Zweirad	13	2,4	1	0,7	1	1,5	15	2,0	0
Andere	0	0,0	1	0,7	0	0,0	1	0,1	0
Summe	537	100,0	146	100,0	66	100,0	749	100,0	
n. e.	2		0		0				

Tabelle 30: AGB-relevante Unfälle nach Unfallgegner und Ortslage

7.2.7 CDC-Richtung

Die vorliegende Auswertung beschränkt sich auf die Hauptrichtung der eingeleiteten Kraft, die den Schaden am Fahrzeug verursacht hat. Die Richtungsangabe erfolgt im Uhrensistem.

Wie aus Abbildung 53 ersichtlich, ergibt sich beim Fahrzeug des Versicherungsnehmers (VN) erwartungsgemäß in ca. 98% eine Beschädigung an der Fahrzeugfront (Bereich von 11 bis 1 Uhr), die restlichen Fälle weisen einen Kollisionsbereich mit dem Geschädigten (GES) auf der rechten Fahrzeugseite (entspricht einem Anteil von ca. 1%) und lediglich in zwei Fällen auf der linken Seite auf. Als Unfallsituation konnte das Linksabbiegen des VN bei gleichzeitigem Übersehen des GES sowie ein Ausweichversuch des VN mit einer seitlichen Berührung des GES identifiziert werden.

In 87% der ABG-relevanten Unfälle lag die Anstoßrichtung des GES im Heck- und in 11% der Fälle im Frontbereich. Lediglich in 2% der Fälle lag der Anstoß auf der Fahrerseite des GES-Fahrzeuges.

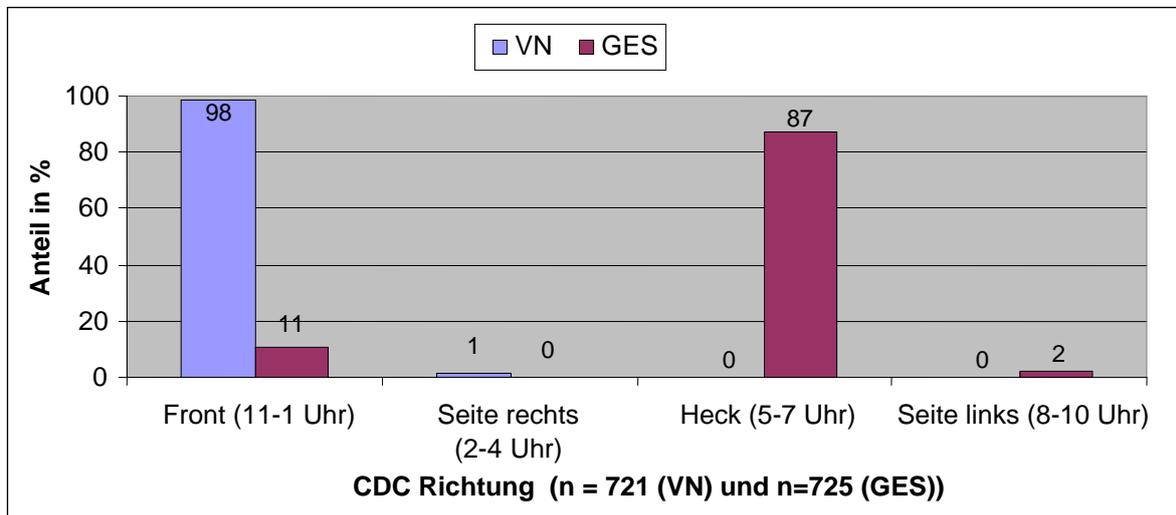


Abbildung 53: AGB-relevante Unfälle nach Anstoß-Richtung für VN und GES

7.2.8 Geschwindigkeit

Als Ausgangsgeschwindigkeit wird die Geschwindigkeit unmittelbar vor dem schädigenden Ereignis definiert. Um in möglichst vielen Fällen die Ausgangsgeschwindigkeit des Versicherungsnehmers (VN) und des Geschädigten (GES) abschätzen zu können, erfolgt zunächst eine Einteilung in relativ grobe Geschwindigkeitsklassen (50km/h-Intervalle, n=470 für die VN und n=566 für die GES). Eine Einteilung in 20km/h-Intervalle ist in deutlich weniger der aktenkundigen Fällen möglich, da die selektierbaren Informationen keine genauere Aussage zulassen (n=126 für die VN und n=410 für die GES).

Demnach wies das Fahrzeug des VN in 88% eine Geschwindigkeit von <50 km/h auf, in 9% zwischen 51 und 100 km/h und in 3% eine Geschwindigkeit >100 km/h. Über die Hälfte der GES (57%) standen vor dem Unfall bereits still und weitere 37% fuhren 50 km/h oder weniger. Ca. 5% waren mit 51 bis 100 km/h und ca. 3% mit über 100 km/h unterwegs (Abbildung 54).

Die Kategorie „stehend“ sagt aus, dass das Fahrzeug zum Zeitpunkt der Kollision die Geschwindigkeit Null hatte. Es kann nicht angegeben werden, wie lange sich das Fahrzeug schon im Stillstand befand. Auf die sich ergebende Problematik der erkennbaren Fahrzeugbewegung des GES kurz vor einer drohenden Auffahrkollision wird im Kapitel 7.3 Vermeidbarkeitsbetrachtung näher eingegangen.

Da die Grundlage der Analyse Unfälle aus der Haftpflichtversicherung darstellen, sind die Informationen bezüglich des VN in den Akten relativ kurz gehalten. Daraus ergibt sich, dass die Ausgangsgeschwindigkeit des VN oft nicht eindeutig klassifiziert werden konnte. Auch beim GES stellte es sich als schwierig heraus, die Ausgangsgeschwindigkeit einer Klasse im 20 km/h-Intervall eindeutig zuzuordnen. War dies nicht möglich, wurde auch keine Einteilung vorgenommen, was den Stichprobenumfang entsprechend verringerte. Zwangsläufig ergibt sich

somit in Abbildung 55 eine überrepräsentierte Klasse der stehenden Fahrzeuge im Vergleich zur groben Einteilung (Abbildung 54).

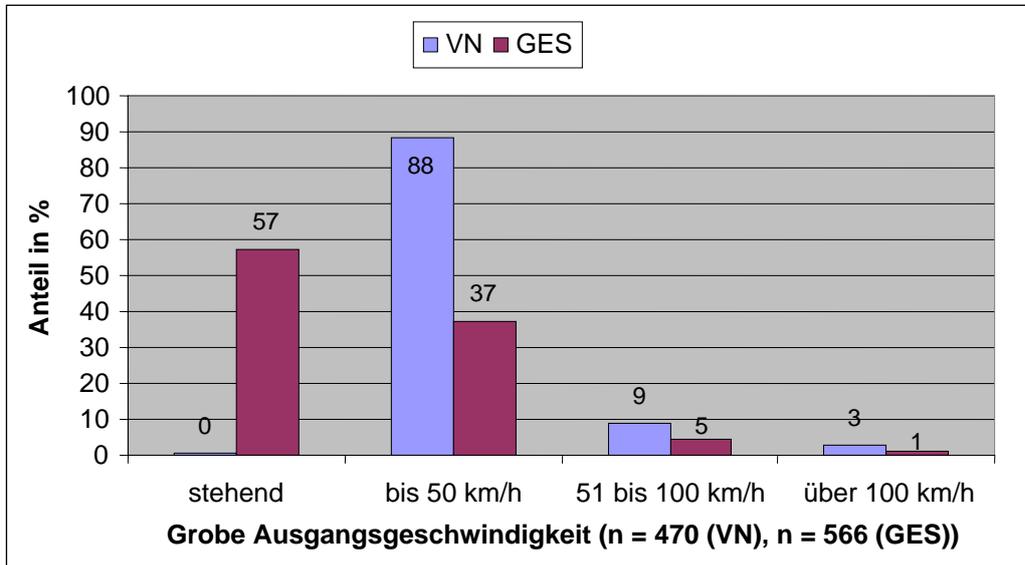


Abbildung 54: Grobe Einteilung der Ausgangsgeschwindigkeit

Der VN fuhr kurz vor der Kollision in ca. 86% der Fälle nicht schneller als 60 km/h, während der GES in ca. 98% der Fälle ebenfalls nicht schneller als 60 km/h fuhr.

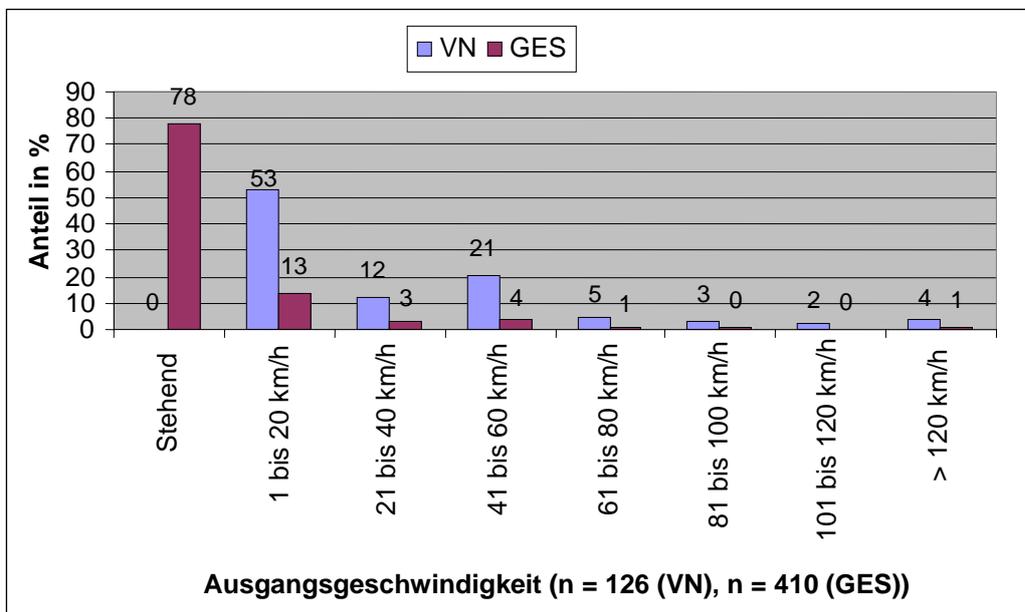


Abbildung 55: Einteilung der Ausgangsgeschwindigkeit

7.2.9 Fahrerreaktion

In diesem Abschnitt wird untersucht, wie die Fahrer der VN- und GES-Fahrzeuge sich in der unmittelbaren Pre-Crash-Phase verhalten haben. Für beide Fahrer kategorien wurde deren Bremsreaktion (Abbildung 56) und für die VN-Fahrer auch deren Lenkreaktion (Tabelle 31) betrachtet.

Der Unfallverursacher (VN) hat in knapp zwei Drittel der Unfälle noch eine Bremsung eingeleitet und bei einem Drittel nicht mehr gebremst. Unter der Reaktion „andere“ sind Fälle erfasst, bei denen der VN nach eigener Aussage vom Bremspedal gerutscht ist und dadurch die Kollision nicht mehr verhindern konnte.

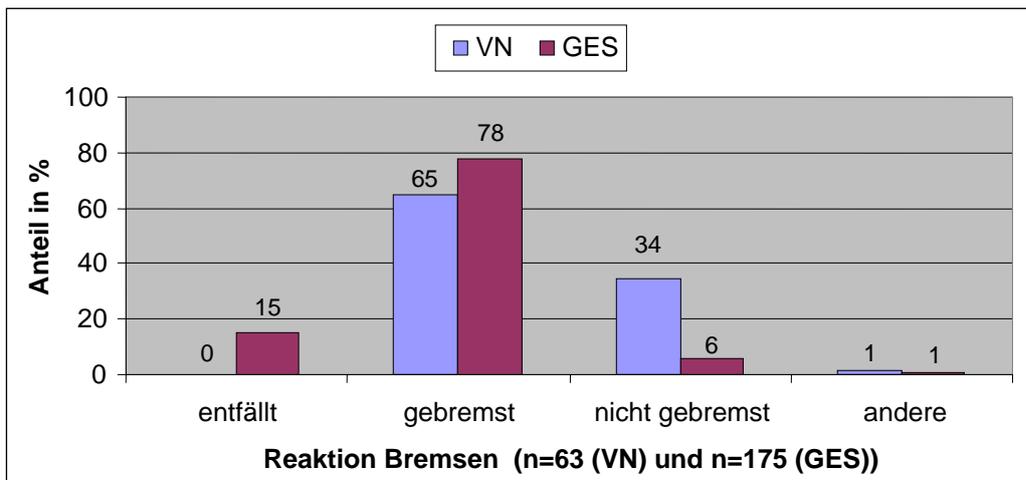


Abbildung 56: Bremsverhalten des VN und GES in der Pre-Crash-Phase

Der Geschädigte hatte in knapp 80% der Fälle verzögert und in ca. 6% nicht gebremst. Unter „nicht gebremst“ ist zu verstehen, dass der VN im Falle eines Auffahrunfalls auf das konstant oder maximal mit dem Motorschleppmoment verzögernde GES-Fahrzeug aufgefahren ist. In gut 15% entfiel die Reaktion Bremsen beim GES, da dieser bereits schon länger still stand, also die Bremsung auf den eigentlichen Unfallablauf keinen Einfluss hatte.

Das Lenkverhalten zeigt, ob der VN noch versucht hat, den Unfall durch ein Ausweichmanöver zu verhindern. In gut 92% wurde vom Fahrer des VN-Fahrzeuges kein Ausweichversuch und in knapp 8% ein vergeblicher Ausweichversuch unternommen.

Reaktion Lenken	VN	
	Anzahl	%
kein Ausweichversuch	300	92,3
vergeblicher Ausweichversuch	25	7,7
Summe	325	100,0
n. e.	447	

Tabelle 31: Lenkverhalten des VN in der Pre-Crash-Phase

7.2.10 Unfallfolgen

Die Anzahl der Verletzten auf Seiten des VN wird sicherlich höher liegen als in dieser Studie erfasst, was auf das Wesen der Schadenregulierung der Haftpflichtschäden zurückzuführen ist. Wie bereits erwähnt, sind im Haftpflichtfall oftmals wenige Informationen bezüglich des VN enthalten. Zum Geschädigten jedoch liegen sehr ausführliche Informationen vor. Bei 98% der Verletzten in AGB-relevanten Unfällen handelt es sich um Leichtverletzte, wovon 71% der Fälle als Verletzung ein HWS-Syndrom ausweisen (Tabelle 32).

Betrachtet man die auf Seiten der GES in allen ausgewerteten Unfällen aufgetretenen HWS-Verletzungen von 1021 (Tabelle 22) und die bei AGB-relevanten Unfällen aufgetretenen 608 HWS-Fälle, so ergibt sich ein Anteil von 71% an allen AGB-relevanten Unfällen (Tabelle 32).

Unfallfolgen	VN		GES		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Getötete (Get)	2	3	1	0	3	0
Schwerverletzte (SV)	5	8	14	2	19	2
HWS-Syndrom	18	28	608	74	626	71
Sonst. Leichtverletzte (LV)	39	61	199	24	238	27
Summe	64	100	822	100	886	100

Tabelle 32: Unfallfolgen des VN und GES bei AGB-relevante Unfälle

7.3 Vermeidbarkeitsbetrachtung

Ziel dieses Kapitels ist es, von dem im Kapitel 6.11 dargestellten Wirkfeld eines AGB-Systems (Tabelle 23 und Abbildung 42) auf das maximal mögliche Vermeidbarkeitspotential eines definierten Notbremsystems (AGB-System) schließen zu können.

7.3.1 System - Szenarien

Da zu Beginn dieser Arbeit noch keine detaillierten Systemauslegungskriterien bekannt waren, wurden zuerst die grundlegenden Eigenschaften eines zukünftigen AGB-Systems betrachtet (Kapitel 7.1). Zur Bestimmung des Vermeidbarkeitspotentials wurden verschiedene Szenarien definiert (Tabelle 33). Mit steigender Szenarien-Nr. steigen auch die situativen Anforderungen an die AGB-Systemkonfiguration. Im Folgenden werden diese Szenarien als „Entwicklungsstufen“ bezeichnet und in Tabelle 33 beschrieben.

Auslegungskriterien*	Szenario	0	1	2	3
Reaktion auf fahrende zweispurige Fzge in gleicher Spur und Richtung		X	X	X	X
Reaktion auf stehende Hindernisse			X	X	X
Reaktion auf Zweiräder				X	X
Reaktion auf Begegnungsverkehr					X
* zusätzlich für alle Szenarien: System ist nicht abschaltbar, Geschwindigkeitsbereich 0-200 km/h, Maximal mögliche Verzögerung im Regelbereich					

Tabelle 33: Einteilung der Szenarien zur Vermeidbarkeitsbestimmung

7.3.2 AGB-Unfallkonfigurationen

Mit Hilfe der Software PC-Crash und der Methode der Rückrechnung (vgl. Kapitel 3.8) werden typische Realunfälle aus den ausgewerteten Schadenakten rekonstruiert. Nachdem so der Unfallablauf kinematisch bekannt ist, kann mit Hilfe der Methode der Vorwärtsrechnung und der simulierten FAS-Funktion die Vermeidbarkeit des betrachteten Unfalls überprüft werden. Durch die Variation von Systemparametern, entsprechend den verschiedenen Szenarien nach Tabelle 33, lassen sich z.B. Wertebereiche für einen späteren FAS-Eingriff eingrenzen.

Vor einer Simulation mit PC-Crash hinsichtlich der Vermeidbarkeit eines Unfalls mit einer Aktiven Gefahrenbremse werden alle AGB-relevanten Unfälle in Kategorien eingeteilt (Tabelle 34). Diese Kategorien entsprechen ähnlichen Unfallkonfigurationen, wobei es sich um Unfälle mit identischen Konfliktsituationen und Unfallgegnern bzgl. der Klassenzugehörigkeit in der AZT-Datenbank handelt. Innerhalb dieser Kategorien gibt es im Wesentlichen nur Variationen bezüglich der Ausgangsgeschwindigkeiten.

Bis zum Stillstand bremsende Fahrzeuge werden als verzögernde Fahrzeuge betrachtet, auch wenn sie zum Zeitpunkt der Kollision schon standen. Bereits „längere“ Zeit vor der Kollision stehende Fahrzeuge werden als stehende angesehen.

Um den Eingabeaufwand der Fälle in PC-Crash zu reduzieren, wurden ähnliche Unfallkonfigurationen zusammengefasst (Tabelle 35). Es ergeben sich acht Gruppen, die sich von ihrer Rekonstruktions- und Simulationsmethode her nur in den gefahrenen Geschwindigkeiten und den Straßengeometrien unterscheiden. Weiterhin bietet diese Einteilung die Möglichkeit einer Be-

wertung der Fälle ohne nähere Informationen zur Geschwindigkeit. Durch die Annahme einer homogenen Verteilung innerhalb der einzelnen Kategorien kann von den rekonstruierten Fällen auf die als „nicht ersichtliche“ (n.e.) bezeichneten Fälle geschlossen werden.

Unfallkonfiguration		PC-Crash Konfiguration	Anzahl	%	
Abbiege-Unfall	eines stehenden Links-/Rechtsabb. mit nachfolgendem Fzg.	1	15	1,9	
	eines verzögernden Links-/Rechtsabb. mit nachfolgendem Fzg.	2	110	14,2	
	eines Linksabbiegers mit entgegenkommendem Fahrzeug	7	35	4,5	
	mit einem entgegenkommenden Zweirad	7	14	1,8	
Ruhender Verkehr	Ausparkender und fließender Verkehr	4	1	0,1	
	Auffahren auf ein stehendes Fahrzeug	1	5	0,6	
Unfall im Längsverkehr	Auffahren auf	ein vorausfahrendes, bereits stehendes Fahrzeug	1	46	6,0
		ein vorausfahrendes, anfahrendes oder konstant fahrendes Fahrzeug	3	27	3,5
		ein vorausfahrendes, verzögerndes Fahrzeug	2	309	40,0
		einen bereits stehenden Wartepflichtigen	1	37	4,8
		einen anfahrenden Wartepflichtigen	3	2	0,3
		einen verzögernden Wartepflichtigen	2	115	14,9
		einen verzögernden Spurwechsler	5	4	0,5
		einen verzögernden Motorradfahrer	2	8	1,0
		ein stehendes Motorrad	1	1	0,1
		einen konstant vorausfahrenden Radfahrer	3	3	0,4
	Überholer - Gegenverkehr	6	8	1,0	
Begegnende	6	24	3,1		
Sonderfälle (Bedienungsfehler Bremse - Gaspedal, unachtsames Öffnen der Tür, Rückwärtsfahrender GES)		8	8	1,0	
Summe			772	100,0	

Tabelle 34: Überblick über die Unfallkonfigurationen aller AGB-relevanten Unfälle und deren Häufigkeit

7.3.3 Simulation und Berechnung

Ausgehend von dem im Kapitel 6.11 identifizierten Wirkfeld wird auf eine tatsächliche Vermeidbarkeit von Unfällen mit Hilfe des betrachteten FAS unter verschiedenen Annahmen und Auslegungskriterien geschlossen. Unter Wirkfeld ist der Anteil der ausgewerteten Unfälle zu verstehen, der bei Einsatz des jeweiligen Fahrerassistenzsystems hätte voraussichtlich vermieden werden können.

Mit Hilfe der Unfallrekonstruktions-Software PC-Crash wird zuerst der Unfall ohne ein AGB-System an Bord des VN simuliert. Dies dient zum Einen einer Plausibilitätsprüfung der Informationen aus der Schadenakte und zum Anderen einer Rückwärtssimulation um evtl. fehlende Informationen, wie z. B. die Ausgangsgeschwindigkeit, berechnen zu können. Dann folgt, für die acht verschiedenen Unfallkonfigurationen gemäß, zur Überprüfung der Vermeidbarkeit eine Vorwärtsrechnung mit Hilfe von PC-Crash.

Unfallkonfiguration für PC-Crash Simulation			Anzahl	%
1		Kollision mit einem stehenden Fahrzeug	104	13,5
2		Kollision mit einem verzögernden Fahrzeug	542	70,2
3		Kollision mit einem mit konstanter Geschwindigkeit fahrenden Fahrzeug	32	4,1
4		Kollision mit einem ausparkenden Fahrzeug	1	0,1
5		Kollision mit einem Spurwechsler	4	0,5
6		Kollision im Begegnungsverkehr	32	4,1
7		Kollision eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr	49	6,3
8	Mutwilliges Auffahren	Sonderfall	8	1,0
Summe			772	100,0

Tabelle 35: Überblick über die verwendeten Unfallkonfigurationen zur PC-Crash Simulation und deren Häufigkeit

Bei der Auswahl der Berechnungsbeispiele wurden die jeweils größten Geschwindigkeitsunterschiede zwischen dem VN und dem GES herangezogen. Im Falle einer Vermeidbarkeit eines Unfalles führt dies zwangsläufig auch zu einer Vermeidbarkeit aller Fälle dieser Unfallkonfiguration mit niedrigerem Geschwindigkeitsunterschied.

War in der Unfallakte eine Geschwindigkeitsspanne angegeben, wurde beim VN der höhere Wert und beim GES der niedrigere Wert für Berechnungen berücksichtigt. Dies führt zu einer Betrachtung des „worst case“, also des größten Geschwindigkeitsunterschiedes beider Fahrzeuge.

Die zur Situationsdarstellung verwendeten Abbildungen wurden in PC-Crash erstellt. Die Darstellung der einzelnen Fahrzeugpositionen erfolgte in konstanten Zeitabständen, so dass sich eine Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit in sich ändernden Positionsabständen der Bildsequenzen niederschlägt.

Für die Simulation der FAS-Eigenschaften der AGB werden folgende Annahmen zu Grunde gelegt:

- Fernbereich-Radar mit einer Sichtweite von 120 m (Stand der Technik: 120 bis 150 m) und einem Öffnungswinkel von 12° (Stand der Technik: 8 bis 16°).
- Nahbereich-Radar mit einer Sichtweite von 20 m (Stand der Technik: bis 40 m) und einem Öffnungswinkel von 50° (Stand der Technik: bis 60°).
- Berücksichtigung einer Schwellzeit von 0,2 s bei allen Verzögerungen (Systemreaktionszeit bis zum vollständigen Aufbau der Bremswirkung).
- Nach dem Erfassen eines Fahrzeuges im Radarkegel wird eine Reaktionszeit des Systems von 0,5 s angesetzt. Diese Zeit dient zur Plausibilitätsprüfung. Bei sehr hohen Geschwindigkeitsunterschieden ($\Delta V \geq 100 \text{ km/h}$) und bei stehenden Zielen werden 2 s angesetzt.
- Maximale Verzögerungen auf trockener Straße werden mit 8 m/s^2 und bei Nässe mit 6 m/s^2 angenommen [Hugemann, 2007].

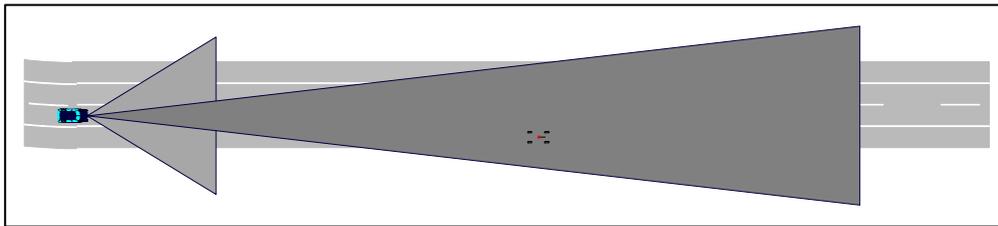


Abbildung 57: AGB-Fahrzeug mit Sensorkegel

Verwendete Nomenklatur:

t_R = Reaktionszeit des Systems (Plausibilitätsprüfung)

t_S = Schwellzeit in s

a = Verzögerung in m/s^2

7.3.3.1 Kollision mit einem bereits stehenden Fahrzeug

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 45646 aus der AZT-Datenbank dargestellt. Dieser Fall weist von allen betrachteten Fällen die höchste Geschwindigkeitsdifferenz auf, so dass alle anderen dieser Kategorie ebenfalls abgedeckt sind.

Unfallsituation:

Der VN fuhr auf gerader, trockener BAB bei Tag mit 100 km/h. Aufgrund blendender Sonne und auf der Windschutzscheibe gefrierender Scheibenwaschflüssigkeit erkannte der VN das stehende Stauende vor sich zu spät. Er leitete zwar noch eine Notbremsung ein, prallte aber mit ca. 40 km/h auf den GES auf (Abbildung 58).

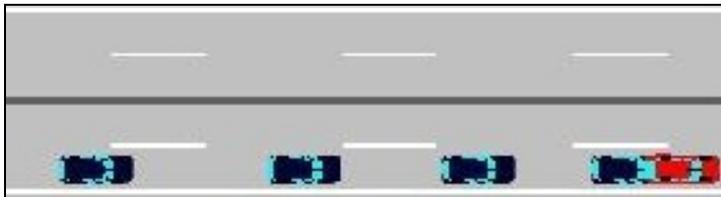


Abbildung 58: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein stehendes Fahrzeug" in PC-Crash

Vermeidbarkeitsberechnung:

Für eine Vermeidbarkeit ist vom Erkennen des stehenden Fahrzeuges bis zum Stillstand ein Anhalteweg von 106 m erforderlich (vgl. Abbildung 59). Der Sensor hat eine Reichweite von 120 m. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_R = 2 \text{ s}; t_S = 0,2 \text{ s}, a = 8 \frac{m}{s^2}$$

➡ Unfall ist vermeidbar

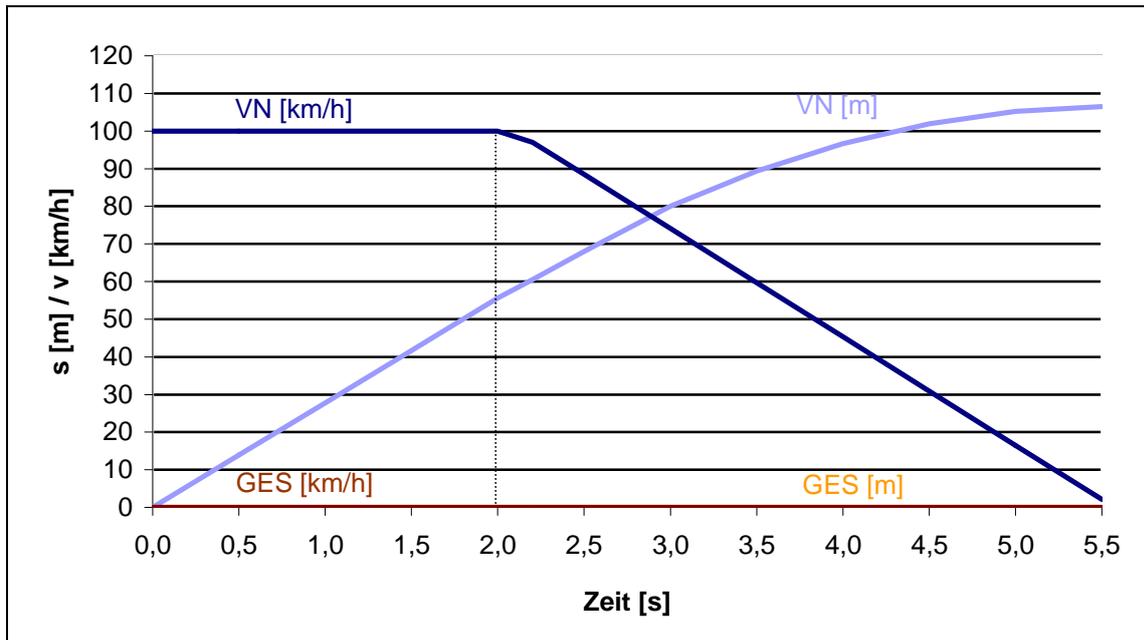


Abbildung 59: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation Fall Nr. 45646 mit AGB

7.3.3.2 Kollision mit einem verzögernden Fahrzeug

a) Vollverzögerung des Vorfahrenden

Exemplarisch für die Unfallkonstellation mit Vollverzögerung des GES wird Fall Nr. 45180 betrachtet.

Unfallsituation:

Der VN fuhr auf gerader, nasser Fahrbahn auf dem rechten Fahrstreifen einer BAB bei Tag mit einer Geschwindigkeit von 40 bis 50 km/h hinter GES 04. Der GES 04 musste verkehrsbedingt bremsen (Vollbremsung), was VN zu spät bemerkte. VN leitete eine Bremsung ein, fuhr aber auf GES 04 auf. Auf das Fahrzeug des VN fuhr GES 01, auf diesen GES 02 und auf diesen wiederum GES 03 auf (Abbildung 60). Als Ursache gab die Polizei einen ungenügenden Sicherheitsabstand an. Es bestand auf dem Streckenabschnitt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 60 km/h.

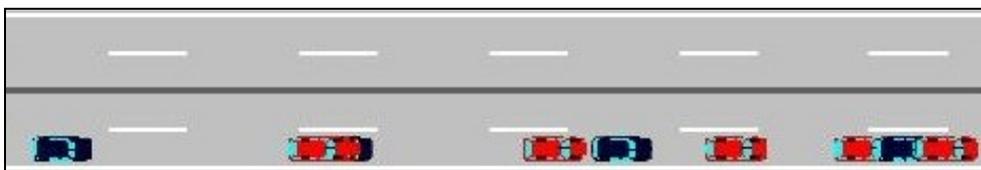


Abbildung 60: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein verzögerndes Fahrzeug" in PC-Crash

Vermeidbarkeitsberechnung:

Zur Unfallvermeidung ist für das Abbremsen des VN bis zum Stillstand eine Zeit von 2,87 s und für den GES 2,28 s erforderlich. Der zurückgelegte Weg ist für den VN 23,15 m und für den GES 16,70 m (Abbildung 61). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_R = 0,5 \text{ s}; t_S = 0,2 \text{ s}, a = 6 \frac{m}{s^2}$$

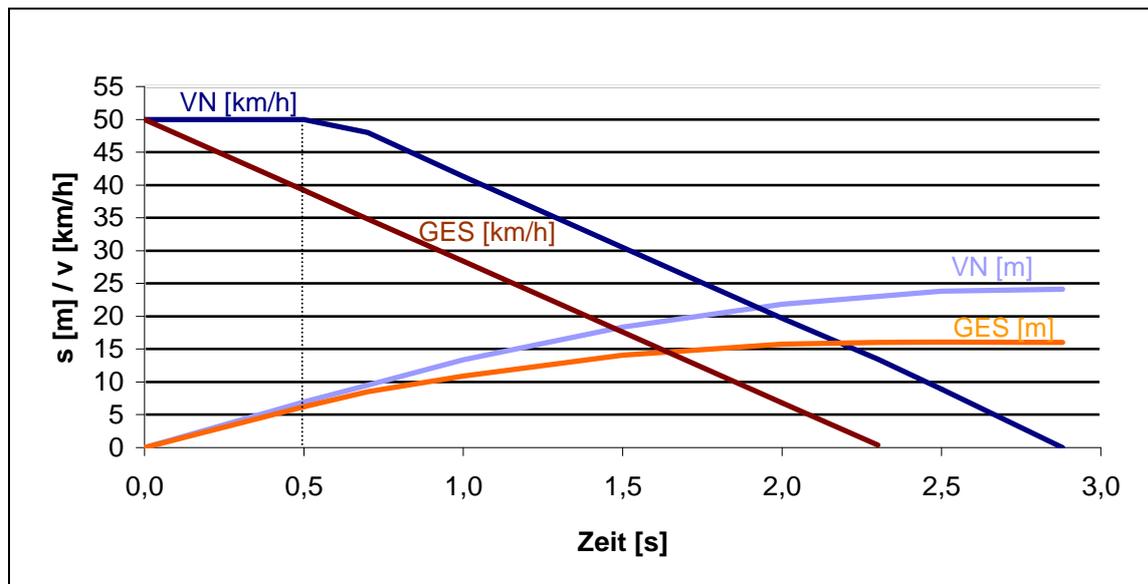


Abbildung 61: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 45180 mit AGB

Der Abstand des VN zum GES, bei dem das System den verzögernden GES sicher erkannt haben muss, ist somit $23,15 \text{ m} - 16,70 \text{ m} = 6,45 \text{ m}$, was bei einer Folgefahrt als sehr wahrscheinlich gilt.

➡ Unfall ist vermeidbar

b) Teilverzögerung des Vorfahrenden

Exemplarisch für die Unfallkonstellation mit Teilverzögerung des GES wird Fall Nr. 45642 herangezogen.

Unfallsituation:

Der VN fuhr auf gerader Strecke auf dem rechten Fahrstreifen einer BAB bei Tag mit ca. 140 km/h hinter dem GES her. Als vor dem GES aus einem Parkplatz ein weiterer Pkw über den Beschleunigungsstreifen auf die BAB auffuhr, musste der GES leicht abbremsen. Dies bemerkte der VN nicht und fuhr auf ($\Delta V \approx 30$ bis 40 km/h aus Schadensbild mittels EES).

Vermeidbarkeitsberechnung:

Das System benötigt inkl. der Systemreaktionszeit 2,4 s um auf die Geschwindigkeit des voraufahrenden GES ($V_{GES} = 100 \text{ km/h}$) abzubremsen (Abbildung 62). Da der GES nur mit $2,5 \text{ m/s}^2$ (Teilbremsung) verzögert und die AGB des VN mit 6 m/s^2 (Vollbremsung bei Nässe) erfolgt, hat der VN bereits ca. 0,5 s nach Bremsbeginn die Geschwindigkeit des GES unter-

schritten, wodurch ein Unfall vermieden wäre. Zu diesem Zeitpunkt (1 s nach Bremsbeginn GES) hat der VN 39,21 m und der GES 38,47 m (Abbildung 62) zurückgelegt. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_R = 0,5 \text{ s}; t_S = 0,2 \text{ s}; a_1 = 6 \frac{m}{s^2}; a_2 = 2,5 \frac{m}{s^2}$$

Der Abstand des VN zum GES, bei dem das System den GES erkannt haben muss, liegt somit bei $39,21 \text{ m} - 38,47 \text{ m} = 0,74 \text{ m}$.

➡ Unfall ist vermeidbar

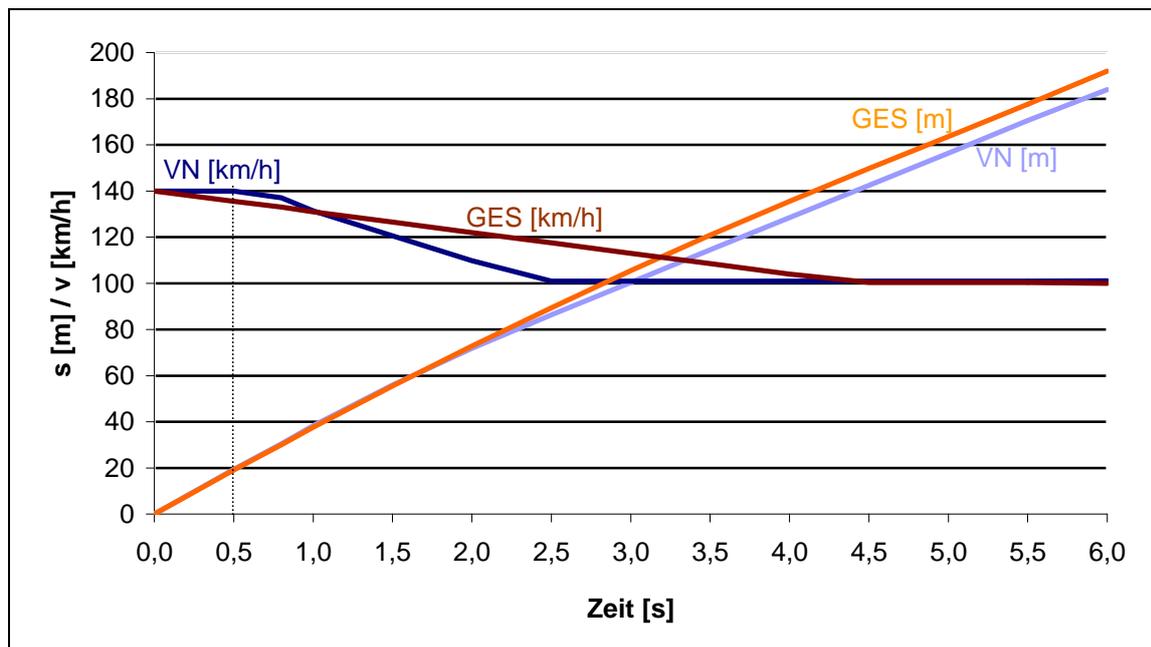


Abbildung 62: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45642 mit AGB

7.3.3.3 Kollision mit einem mit konstanter Geschwindigkeit fahrenden Fahrzeug

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 46045 aus der AZT-Datenbank selektiert. Dieser Fall weist die höchste Geschwindigkeitsdifferenz auf, so dass alle anderen dieser Kategorie ebenfalls abgedeckt sind.

Unfallsituation:

VN fuhr bei Nacht und Schneetreiben auf geradem Streckenabschnitt einer BAB auf dem rechten Fahrstreifen mit $V_{VN}=100 \text{ km/h}$ (eigene Aussage). Der GES fuhr aufgrund des Schneetreibens sehr langsam auf dem rechten Fahrstreifen ($V_{GES}\approx 50 \text{ km/h}$). Als der VN dies erkannte, leitete er noch eine Bremsung ein und fuhr auf (Abbildung 63). Zum Unfallzeitpunkt war die Fahrbahn nicht mit Schnee bedeckt.

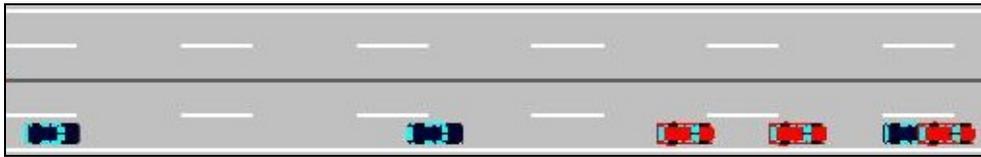


Abbildung 63: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein mit konstanter Geschwindigkeit fahrendes Fahrzeug" in PC-Crash

Vermeidbarkeitsberechnung:

Für die Vermeidbarkeit der Kollision ist für die Geschwindigkeitsanpassung des VN auf $V_{GES}=50\text{km/h}$ des GES eine Zeit von 2,93 s erforderlich (Abbildung 64). Der in dieser Zeit zurückgelegte Weg beträgt für den VN 65,35 m und für den GES 41,01 m. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_R = 0,5 \text{ s}; t_S = 0,2 \text{ s}, a = 6 \frac{m}{s^2}$$

Der Abstand des VN zum GES, bei dem das System den GES erkannt haben muss, beträgt $65,35 \text{ m} - 41,01 \text{ m} = 24,34 \text{ m}$.

➡ Unfall ist vermeidbar

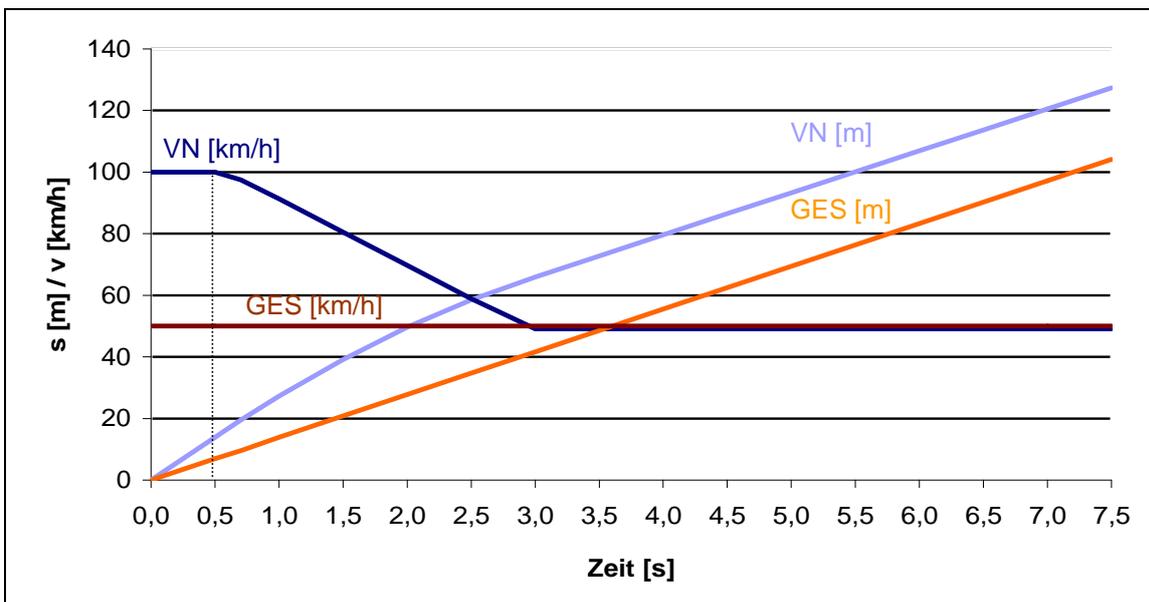


Abbildung 64: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 46045 mit AGB

7.3.3.4 Kollision mit einem ausparkenden Fahrzeug

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 45029 der AZT-Datenbank entnommen.

Unfallsituation:

Der VN fuhr innerorts tagsüber auf trockener, gerader Fahrbahn mit einer Geschwindigkeit von unter 50 km/h. Als der GES, in Längsstellung parkend, aus der seitlichen Parklücke ausfuhr und sich bereits mit ca. 20 km/h fahrend auf der Fahrbahn befand, fuhr der VN hinten auf. Polizeilich festgestellte Unfallursache war: Fehler beim Einfahren in den fließenden Verkehr. VN haftete jedoch, da er mit der Fahrzeugfront das Fahrzeugheck des GES getroffen hat.



Abbildung 65: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein ausparkendes Fahrzeug" in PC-Crash

Rekonstruktion ohne ein AGB-System:

Um auf den zeitlichen Abstand des VN zum ausparkenden GES schließen zu können, wurde zunächst eine Rekonstruktion des Unfalls mit den vorliegenden Angaben vorgenommen. Während der Lenkbewegung nach links wurde mit einer Beschleunigung von $0,8 \text{ m/s}^2$ und während der Rechtslenkung zur Geradeausfahrt mit 1 m/s^2 gerechnet. Ab dem Zeitpunkt der Geradeausfahrt wurde eine Beschleunigung des GES von $1,2 \text{ m/s}^2$ zugrunde gelegt. 5,9 s nach Ausparkbeginn hat der GES eine Geschwindigkeit von 20 km/h erreicht. Dies stellt gleichzeitig den Kollisionszeitpunkt dar. Bei ca. 4 s bis 4,2 s befand sich das Fahrzeug des GES mit allen vier Rädern auf der Fahrbahn und wäre somit vom Radarkegel sicher erfasst worden. Dies bedeutet, dass spätestens 1,7 s ($5,9 \text{ s} - 4,2 \text{ s}$) vor der Kollision ein vorhandenes AGB-System den GES detektiert hätte (Abbildung 66).

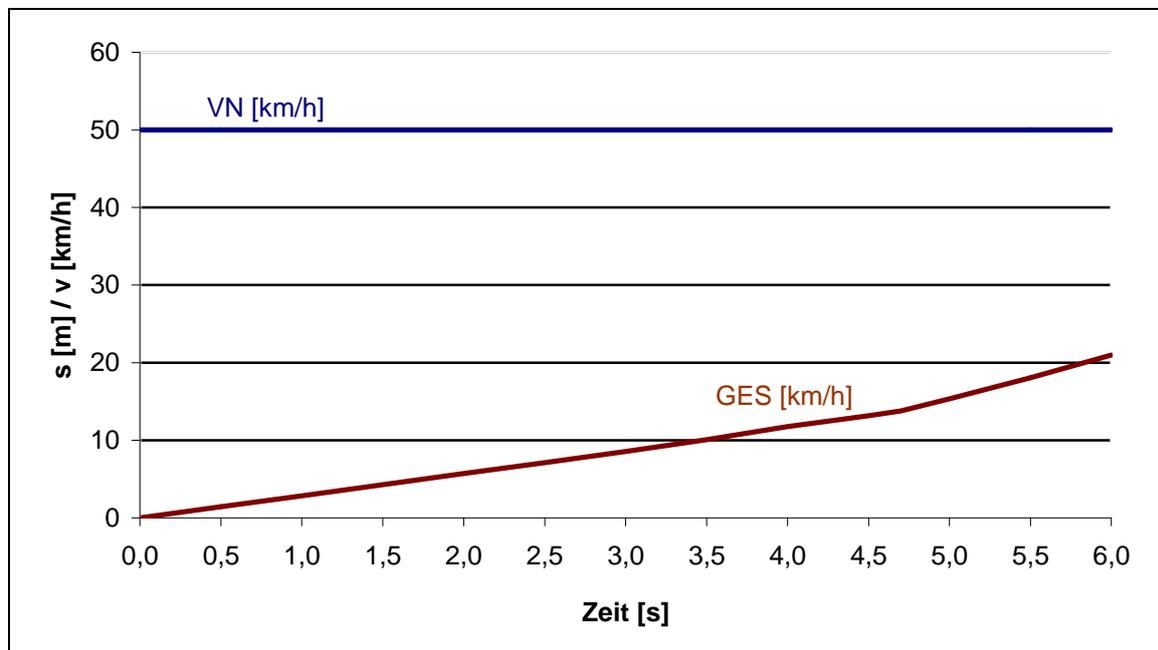


Abbildung 66: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation ohne AGB-System zu Fall Nr. 45029

Vermeidbarkeitsberechnung:

Für die Unfallvermeidung muss der VN innerhalb der oben berechneten 1,7 s seine Geschwindigkeit auf max. $V_N=20$ km/h reduziert haben. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_R = 0,5 \text{ s}; t_S = 0,2 \text{ s}, a = 8 \frac{m}{s^2}$$

Abbildung 67 zeigt, dass hierfür knapp 1,18 s zuzüglich der Systemreaktionszeit von $t_R=0,5$ s nötig sind. In diesen 1,68 s legt der VN einen Weg von 18,44 m und der GES 7,21 m zurück. Die gestrichelte grüne Linie markiert den Zeitpunkt, ab dem der GES sich mit allen vier Rädern auf der Fahrspur des VN befand.

Der Abstand des VN zum GES, bei dem das System den GES erkannt haben muss, ist somit $18,44 \text{ m} - 7,21 \text{ m} = 11,23 \text{ m}$.

➔ Unfall ist vermeidbar

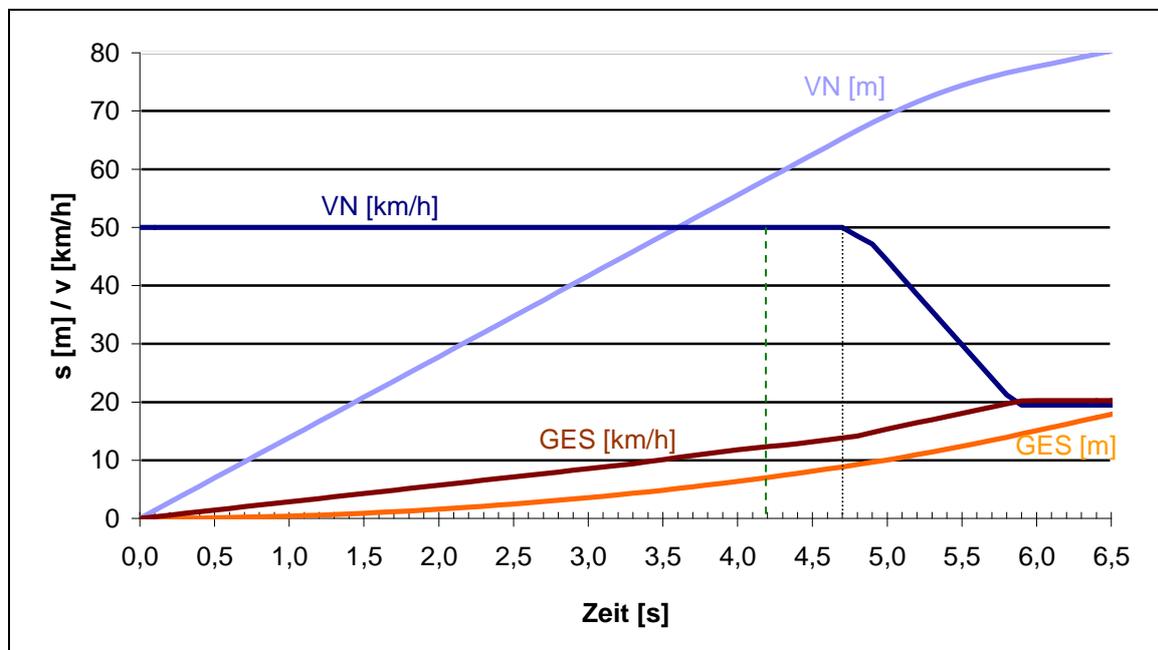


Abbildung 67: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation mit AGB-System zu Fall Nr. 45029 mit AGB

7.3.3.5 Kollision mit einem Spurwechsler

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 45107 dargestellt. Dieser Fall weist die höchste Geschwindigkeitsdifferenz auf, so dass alle anderen dieser Kategorie ebenfalls abgedeckt werden.

Unfallsituation:

Der VN fuhr innerhalb einer geschlossenen Ortschaft auf gerader Fahrbahn zwischen 41 und 60 km/h. Als der GES von der rechten Spur nach links auf die Spur des VN wechselte und stark abbremsen musste, fuhr der VN trotz eingeleiteter Notbremsung auf den GES auf (Abbildung 68).



Abbildung 68: Situationsdarstellung "Auffahren auf ein spurwechselndes Fahrzeug" in PC-Crash

Vermeidbarkeitsberechnung:

Für die Unfallvermeidung ist für das Abbremsen bis zum Stillstand des VN eine Zeit von 3,34 s (einschl. Systemreaktionszeit) erforderlich (Abbildung 69). Der zurückgelegte Weg ist für den VN 29,74 m und für den GES 24,63 m. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_R = 0,5 \text{ s}; t_S = 0,2 \text{ s}; a_{VN} = 6 \frac{m}{s^2}; a_{GES} = 6 \frac{m}{s^2}$$

Der Abstand des VN zum GES, bei dem das AGB-System den GES erkannt haben muss, beträgt $29,74 \text{ m} - 24,63 \text{ m} = 5,11 \text{ m}$.

➡ Unfall ist vermeidbar

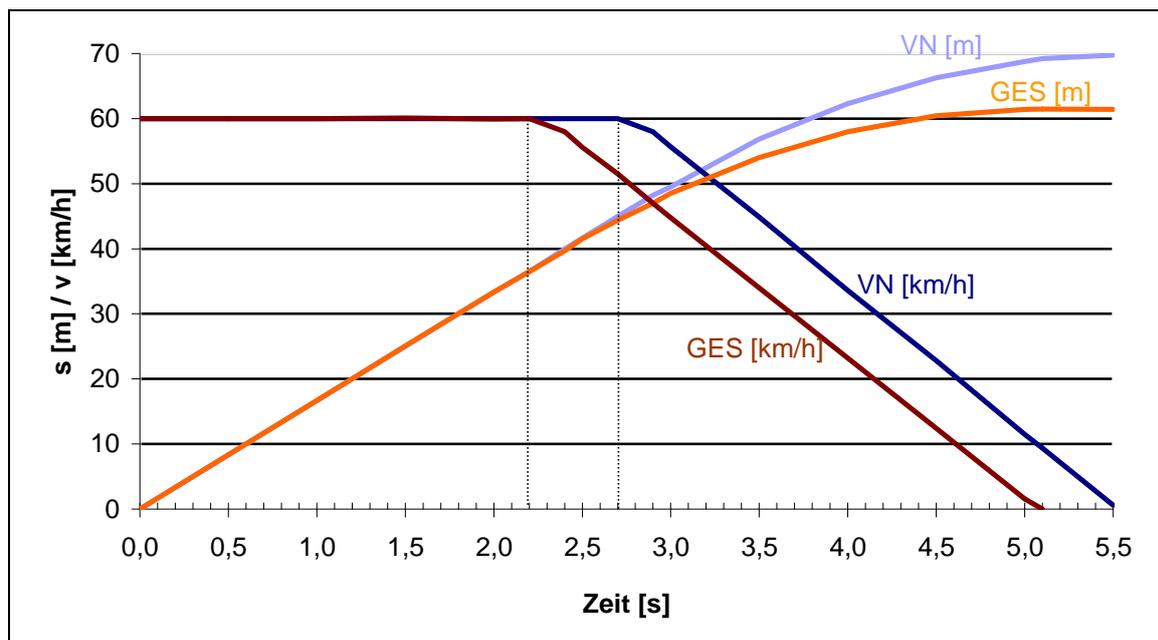


Abbildung 69: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 45107 mit AGB

7.3.3.6 Kollision im Begegnungsverkehr

In diese Kategorie fallen drei Unfälle ohne Angabe der gefahrenen Geschwindigkeit und des genauen Straßenverlaufs. Eine Simulation macht unter diesen Umständen wenig Sinn. Zudem dürfte die Wahrscheinlichkeit der Unfallvermeidung bei dieser Kategorie sehr gering sein, da ein AGB-System nur auf Bremsungen, nicht aber auf Lenkbewegungen Einfluss nehmen kann. Denkbar ist hier lediglich eine Verminderung der Unfallschwere durch einen vom AGB initiiert-

ten Geschwindigkeitsabbau. Dieser kann jedoch bei einem Überholvorgang erst sehr spät erfolgen, um dem Fahrer die Möglichkeit des Einschlerens oder Ausweichens nicht zu verwehren.

Nach Rücksprache mit dem AGB-Teilprojektleiter von AKTIV kann davon ausgegangen werden, dass diese Unfallkonstellation von keinem Hersteller eines AGB-Systems berücksichtigt wird.

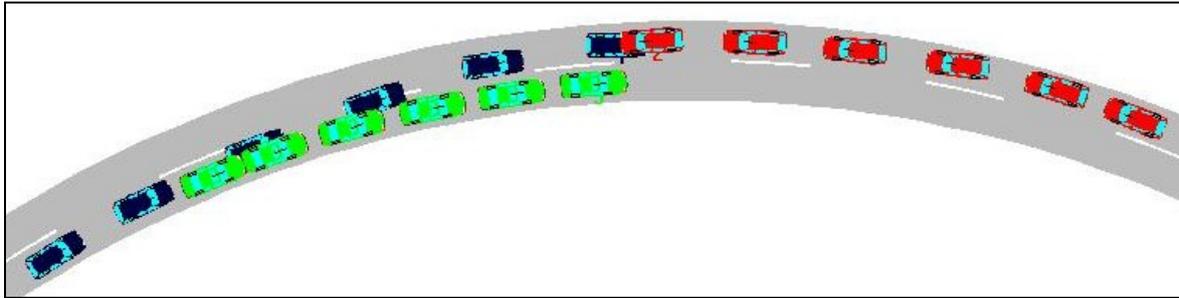


Abbildung 70: Situationsdarstellung "Kollision eines Überholenden mit Gegenverkehr" in PC-Crash

7.3.3.7 Kollision eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 46134 betrachtet.

Unfallsituation:

VN fuhr innerorts tagsüber mit einer Geschwindigkeit von $V_N < 50$ km/h an eine Kreuzung mit Lichtzeichenanlage. An der Einmündung wollte der VN links abbiegen und übersah den entgegenkommenden GES (VN war durch einen rechts fahrenden Radfahrer abgelenkt). Es kam zur Kollision (Abbildung 71). Dem GES wird eine Geschwindigkeit von $V_{GES} = 50$ km/h unterstellt.

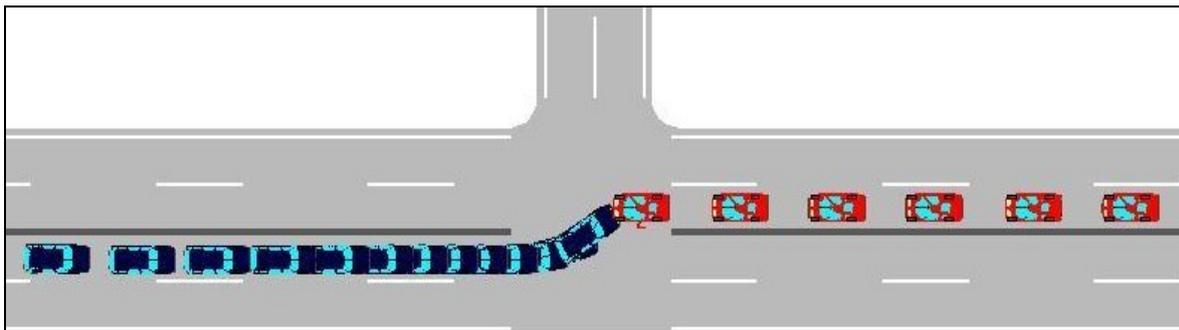


Abbildung 71: Situationsdarstellung "Kollision eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr" in PC-Crash

Abbildung 72 zeigt das Weg-/Geschwindigkeit-Zeitdiagramm des Unfalls ohne AGB-System. Der Verlauf des Unfalls entspricht dem der Fallbeschreibung. Aus dieser Simulation konnte der Zeitpunkt des Lenkbeginns (grüne Linie im Diagramm) ermittelt werden.

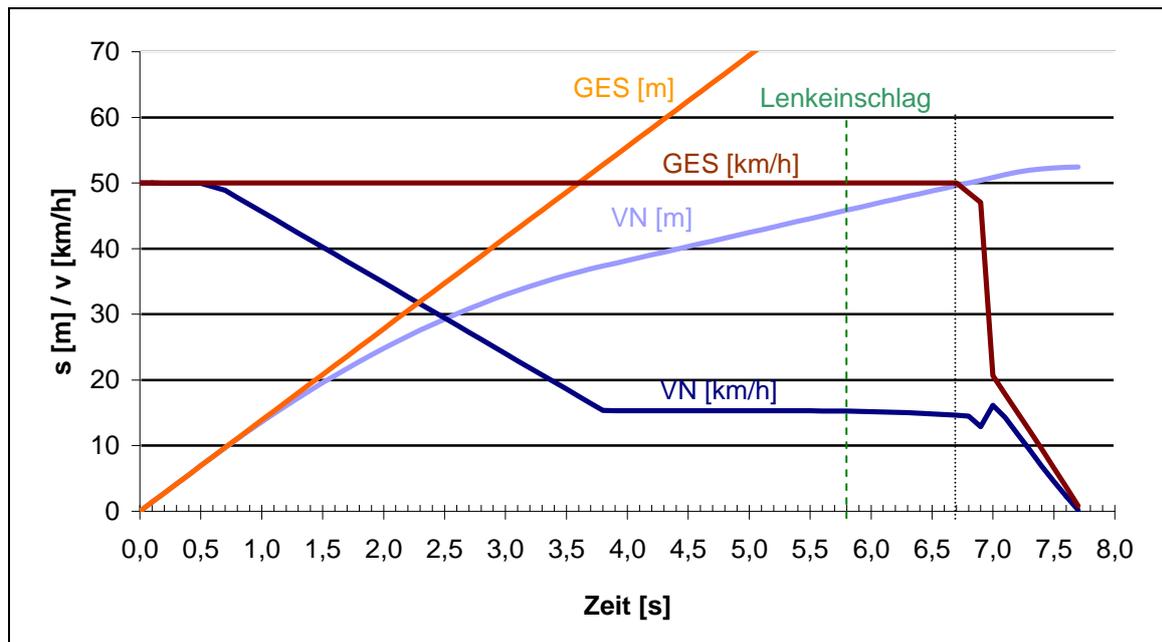


Abbildung 72: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 46134 ohne AGB

Vermeidbarkeitsberechnung:

Annahme zur Systemauslegung: Das System reagiert bei eingeschaltetem Fahrtrichtungsanzeiger und erfolgtem Lenkeinschlag, wenn gleichzeitig im Radarkegel ein entgegenkommendes Fahrzeug erkannt wird. Es sei erwähnt, dass evtl. vorhandene aber aus den Fallbeschreibungen nicht ersichtliche Hindernisse zwischen den Richtungsfahrbahnen, wie z. B. Straßenbahnhaltestellen oder bauliche Abgrenzungen, zur Irritation oder Wirkungslosigkeit des Systems führen können. Abbildung 73 zeigt die Situation schematisch.

Nach dem Lenkeinschlagbeginn des VN bei 5,3 s leitet dieser nach weiteren 0,5 s eine Vollbremsung ein, d.h. nach 5,8 s verzögert das Fahrzeug des VN voll. Um auf Stillstand abzubremesen, benötigt der VN 1,5 m (Abbildung 74). Dies reicht aus, um den Ort der Kollision gar nicht mehr zu erreichen. Mit einem AGB-System wäre dieser Unfall räumlich vermeidbar. Abbildung 73 zeigt die Endstellung des VN (blaues Fahrzeug) und dessen Radarkegel. Das Fahrzeug des GES befindet sich zu jedem Zeitpunkt im Erfassungsbereich des Radars.

➡ Unfall ist vermeidbar

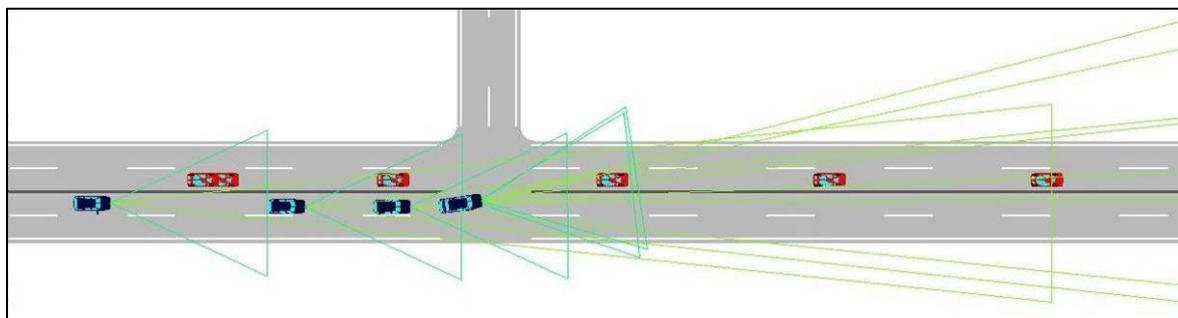


Abbildung 73: Situationsdarstellung "Kollision eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr" in PC-Crash mit AGB

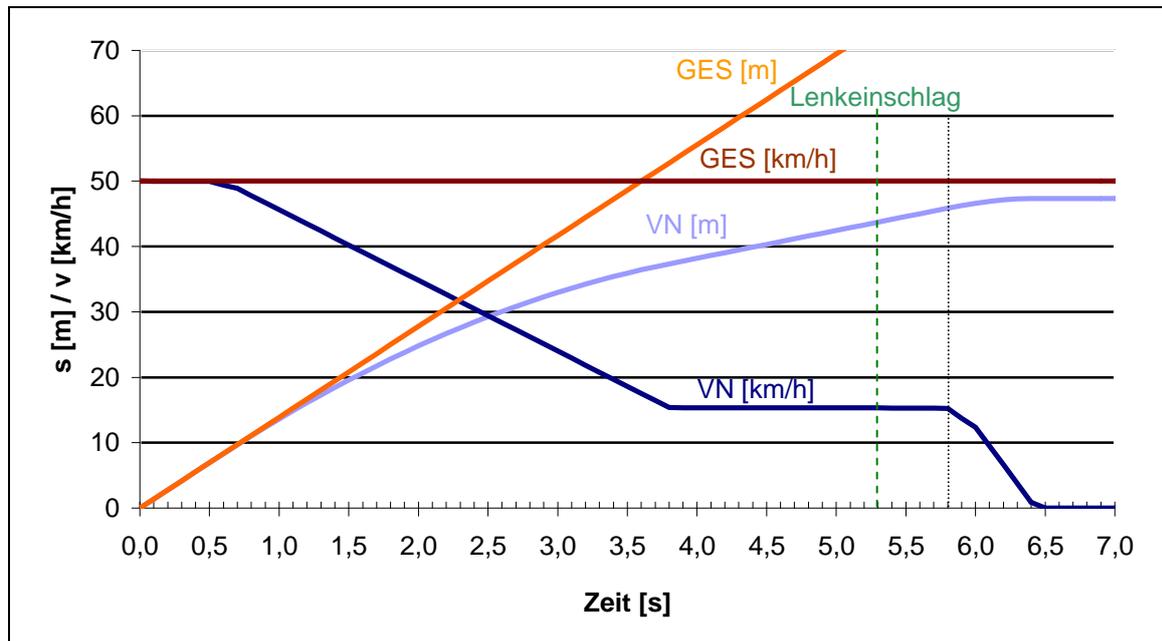


Abbildung 74: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash-Simulation zu Fall Nr. 46134 mit AGB

7.3.3.8 Sonderfälle

Für den anschließend beschriebenen Fall wird keine Simulation durchgeführt, da dies aufgrund der vorsätzlichen Handlung des GES keinen Sinn macht. Weiterhin ist nicht bekannt, wie ein System auf eine derartige Situation reagieren würde oder ob es aus produkt haftungsrechtlichen Gründen überhaupt reagieren darf.

Dieser Fall wird für die Vermeidbarkeitsbetrachtung als nicht vermeidbar gewertet.

Unfallsituation zur Fallnummer Nr. 46181:

VN fuhr innerhalb einer geschlossener Ortschaft bei Nacht (mit Straßenbeleuchtung) und trockener Fahrbahn hinter dem GES her. Der GES blieb am Straßenrand stehen, um auf einen Bekannten zu warten. Auch der VN hielt hinter dem GES. VN machte durch mehrmaliges Hupen darauf aufmerksam, dass GES weiterfahren solle und er hier nicht anhalten dürfe. Als der GES nicht reagierte, fuhr er dem GES-Fahrzeug auf und setzte wieder zurück. Der GES stieg aus seinem Fahrzeug aus. Dabei soll der VN an das Bein des GES gefahren sein. Für das absichtliche Auffahren des VN auf den GES gibt es Zeugen, für die Beinverletzung nicht.

7.4 Nutzen einer Aktiven Gefahrenbremsung

7.4.1 Maximal möglicher Nutzen

Der in Tabelle 36 dargestellte erwartete Nutzen der einzelnen Entwicklungsstufen eines virtuellen Notbremssystems AGB basiert auf den PC-Crash-Berechnungen im Kapitel 7.3.3 (zur Übertragbarkeit der Ergebnisse von der zugrunde liegenden Stichprobe auf das Unfallgeschehen in Deutschland vgl. Kapitel 5.7).

Ein System, das auf zweispurige Fahrzeuge (Pkw, Lkw, Bus, Traktor) reagiert, die sich im gleichen Fahrstreifen und in gleicher Richtung bewegen (Szenario 0), könnte 32,5% aller Haftpflichtunfälle mit Personenschäden vermeiden (Tabelle 35). Wird zusätzlich auf bereits länger stehende zweispurige Fahrzeuge reagiert (Szenario 1), erhöht sich der Nutzen auf 38,8%. Ein Notbremssystem mit zusätzlicher Erkennung von Zweirädern (Motorrad, Fahrrad, usw.) könnte 39,5% aller ausgewerteten Unfälle vermeiden. Szenario 3 reagiert auch auf den Begegnungsverkehr (meist Kollisionen eines Linksabbiegers mit Gegenverkehr) und weist einen maximal möglichen Nutzen von 42,3% auf. Der auf den Wirkfeldanteil bezogene geringe Anstieg von 88,5% auf 94,8% bei Inklusion des Szenario 3 dürfte, ob des geringen zahlenmäßigen Anstiegs, einen erheblichen Mehrwert des Systems bewirken, da nun vermehrt auch schwere und tödliche Unfälle vermeidbar wären. Abbildung 75 zeigt das Vermeidbarkeitspotential grafisch.

Der tatsächlich erwartete Nutzen der jeweiligen Szenarien wird unter Berücksichtigung möglicher Einschränkungen (siehe Kapitel 7.4.4) geringer ausfallen. Die Höhe dieser Reduktion kann im Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig geklärt werden.

Szenario	Kurzbeschreibung*	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 772)	alle Unfälle (n = 1.731)
0	Reaktion auf fahrende zweispurige Fahrzeuge in gleicher Spur und Richtung	562	72,8	32,5
1	zusätzliche Reaktion auf stehende Hindernisse	671	86,9	38,8
2	zusätzliche Reaktion auf Zweiräder	683	88,5	39,5
3	zusätzliche Reaktion auf Begegnungsverkehr	732	94,8	42,3

* zusätzlich für alle Szenarien: System ist nicht abschaltbar, Geschwindigkeitsbereich 0-200 km/h, Maximal mögliche Verzögerung im Regelbereich

Tabelle 36: Maximale Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgenminderung) gemäß der in den Szenarien definierten Auslegungskriterien bezogen auf alle AGB-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

7.4.2 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Es interessieren aus gesellschaftspolitischer Sicht insbesondere die durch ein AGB-System in Deutschland vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten. Ziel des vorliegenden Kapitels ist es, diese abzuschätzen.

Grundlage der Berechnungen sind die in der Bundesstatistik aus dem Jahr 2004 ausgewiesenen Verunglücktenzahlen durch Unfälle zweier Beteiligter, bei denen der Hauptverursacher ein Pkw war. Hierbei sind keine Alleinunfälle enthalten, was in etwa der Situation der Versicherungs-Haftpflichtschäden mit Personenschaden entspricht. Der im Kapitel 7.4.1 ermittelte Nut-

zen der einzelnen Szenarien wurde nun auf die Anzahl der Verunglückten hochgerechnet. Danach wurden mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Kostensätze [BASt, 2006] die in Deutschland durch den Einsatz des Systems AGB vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten bestimmt.

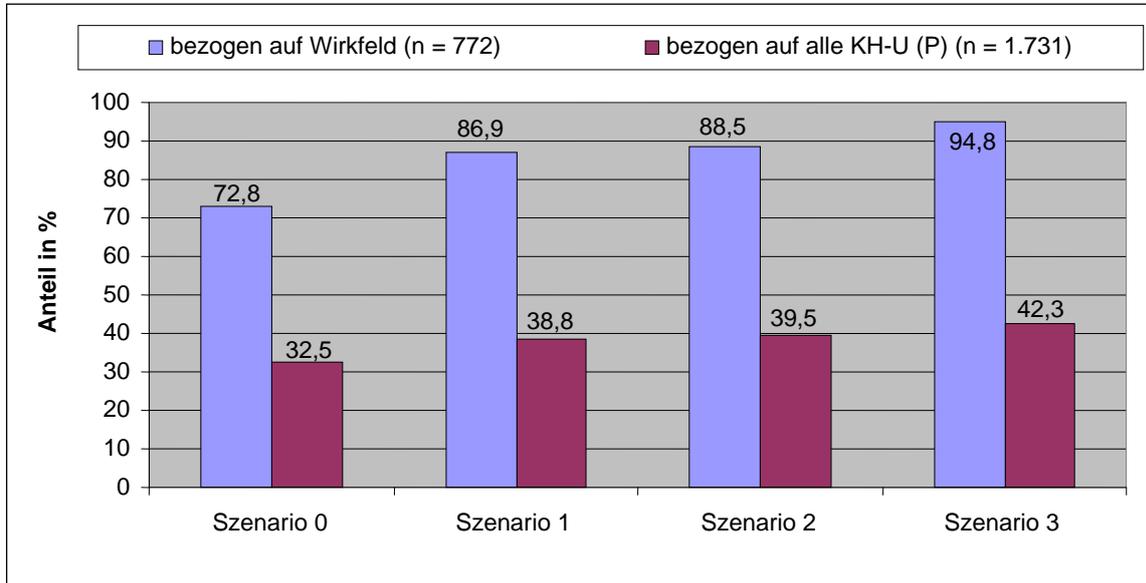


Abbildung 75: Maximale Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgenminderung) gemäß der in den Szenarien definierten Auslegungskriterien bezogen auf alle AGB-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

Außerdem wird eine Nutzensteigerung im Falle eines unfallbedingten Aufpralls durch Verringerung der Aufprallgeschwindigkeit bewirkt. Die einhergehende Unfallfolgenminderung (geringere Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten) trägt zur Steigerung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei. Allerdings lassen die in den Unfallakten extrahierten Daten keine Aussage über eine mögliche Verletzungsschwerereduktion zu, so dass eine quantitative Nutzenabschätzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung diesbezüglich nicht möglich war.

Neben den vermeidbaren Personen- und Sachschäden sind auch Kosten durch die bei Unfällen einhergehenden Verkehrsbehinderungen (Stau) für die Bestimmung des volkswirtschaftlichen Nutzens relevant. Hier bietet sich der Einsatz eines generischen Verfahrens zur Ermittlung der Zeitdauer und Rückstaulänge bis zur vollständigen Stauauflösung an. Für eine brauchbare Abschätzung der Zeitdauer und Rückstaulänge sind weitere Verkehrskenngrößen für die Unfallortslagen im Straßennetz und die Unfallzeitpunkte erforderlich. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war eine diesbezügliche Datenerhebung nicht realisierbar.

7.4.2.1 Volkswirtschaftliche Kostensätze gemäß BASt

Das Berechnungsmodell der BASt ermittelt Unfallkosten, die nach dem Schweregrad der Personenschäden unterteilt sind. Die Unfallfolgekosten werden von der BASt wie folgt gegliedert:

- Reproduktionskosten umfassen Kosten, die aufgewendet werden, um durch den Einsatz medizinischer, juristischer, verwaltungstechnischer und anderer Maßnahmen eine äquivalente Situation wie vor dem Unfall herzustellen.

- Ressourcenausfallkosten erfassen die Minderungen an wirtschaftlicher Wertschöpfung, die entstehen, dass durch den Unfall Verletzte oder Getötete nicht mehr in der Lage sind, am Produktionsprozess teilzunehmen.

Eine ausführliche Beschreibung des Berechnungsmodells und der Einflussfaktoren enthält [BASt, 1999].

Die aktuellen volkswirtschaftlichen Kostensätze zur Bewertung von Personen- und Sachschäden wurden aus [BASt, 2006] entnommen. Für das Jahr 2004 ergeben sich die in Tabelle 37 zusammengestellten Werte.

Personenschadenkosten je verunglückte Person für:	Betrag in €
Getötete	1.161.885
Schwerverletzte	87.269
Leichtverletzte	3.885
Sachschadenkosten je:	
Unfall mit Getöteten	28.450
Unfall mit Schwerverletzten	13.808
Unfall mit Leichtverletzten	10.038

Tabelle 37: Volkswirtschaftliche Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006]

7.4.2.2 Ermittlung des vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens durch das AGB-System

Für die Darstellung des durch AGB-Systeme vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens in Deutschland wurden die Personenschäden aus der Bundesstatistik herangezogen. Hierbei handelt es sich um durch Pkw verursachte Unfälle (Pkw ist Hauptverursacher) und die dabei entstandene Anzahl von Personenschäden (Tabelle 38).

Unfälle zweier Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher	170.547
Verunglückte bei Unfällen zweier Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher	225.293
davon	
Getötete	1.815
Schwerverletzte	31.168
Leichtverletzte	192.310

Tabelle 38: Verunglückte bei Unfällen von zwei Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher im Jahr 2004 [StBA, 2005]

Die in Kapitel 7.4.1 ermittelte Vermeidbarkeit der einzelnen Szenarien wurde nun auf die Anzahl der in Tabelle 38 ausgewiesenen Personenschäden angewandt. Multipliziert mit den aus Tabelle 37 bekannten volkswirtschaftlichen Kostensätzen ergeben sich die durch ein AGB-

System vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten je Szenario gemäß Tabelle 39. Da aufgrund der zur Verfügung stehenden statistischen Daten keine Unterscheidung zwischen der Anzahl der Verunglückten und der Zahl der Unfälle möglich ist, wurde die Anzahl der Verunglückten zur Berechnung sowohl des Personenschadenkostenanteils als auch des Sachschadenkostenanteils nach Tabelle 37 herangezogen. Hieraus ergeben sich leicht erhöhte Kosten, denn die Anzahl der Verunglückten ist höher als die Anzahl der Unfälle.

Vermeidbare Kosten durch	Get		SV		LV		Summe
	Anzahl	Mio. €	Anzahl	Mio. €	Anzahl	Mio. €	Mio. €
Szenario 0	590	702,3	10.130	1.023,9	62.501	870,2	2.596,4
Szenario 1	704	838,0	12.093	1.222,3	74.616	1.038,9	3.099,2
Szenario 2	717	853,5	12.311	1.244,4	75.962	1.057,6	3.155,5
Szenario 3	768	914,2	13.184	1.332,6	81.347	1.132,6	3.379,4

Tabelle 39: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) je Szenario in Deutschland im Jahre 2004

Diskussion:

Der vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden basiert auf dem in Kapitel 7.4.1 zu erwartenden tatsächlichen Nutzen von AGB-Systemen gemäß der vier Szenarien. Außerdem muss, um diesen Nutzen zu erreichen, jeder Pkw in Deutschland mit einem nicht ausschaltbaren Notbremsssystem ausgerüstet sein. Ferner wird eine stabile und zuverlässige Systemfunktion auch bei extremen Witterungsverhältnissen vorausgesetzt. Fehlauslösungen werden für die Berechnung ausgeschlossen, so dass keine Folgeschäden (Nutzeneinschränkungen) auftreten.

7.4.3 Nutzen für den Fahrzeughalter

7.4.3.1 Allgemeines

Anhand der direkten und indirekten Unfallfolgekosten soll veranschaulicht werden, welche unmittelbaren Kosten für den Fahrzeughalter ein Unfall wirklich verursacht. Im Folgenden wurden die Kosten nach [Gwehenberger et al., 2005] aufgelistet.

7.4.3.2 Unfallfolgekosten

Unter den direkten Unfallfolgekosten für den Fahrzeughalter versteht man die Kosten, die einem Unfallereignis unmittelbar zuzurechnen sind und die nicht vom Versicherer getragen werden. Diese Kosten sind im Wesentlichen davon abhängig, wer den Unfall verursacht hat und welche Versicherungsdeckung für das betreffende Fahrzeug zum Unfallzeitpunkt besteht. Zu den häufigsten Aufwendungen gehören:

Direkte Unfallfolgekosten:

→ Selbstbeteiligungskosten in der Teil- und Vollkasko

Die meisten Teil- und Vollkaskoverträge werden mit Selbstbeteiligungen abgeschlossen. Im Falle eines Schadens muss der Versicherer die Kosten für die Beseitigung des Schadens, abzüglich der Selbstbeteiligung bezahlen. Die Selbstbeteiligung für die Teilkasko beträgt i. d. R. 150 € und, je nach Fahrzeugart, für die Vollkasko 150 bis 2500 €

→ Reparaturkosten am eigenen Fahrzeug

Aus wirtschaftlichen Gründen werden für alte Fahrzeuge häufig keine Voll- oder Teilkaskoversicherungen abgeschlossen. Besteht bei selbstverschuldetem Unfall keine Vollkasko- oder Teilkaskodeckung, gehen die Reparaturkosten voll zu Lasten des Fahrzeugbetreibers.

→ Schadenersatz zur Rettung des Schadenfreiheitsrabattes

Bei Verträgen mit Schadenfreiheitsrabatt (SFR) lohnt sich nicht immer die Inanspruchnahme der Haftpflicht- oder Vollkaskoversicherung. Gerade bei kleineren Schäden ist es ratsam, den Schaden aus eigener Tasche zu bezahlen, um den günstigen Schadenfreiheitsrabatt zu behalten.

→ Höhere Versicherungsbeiträge durch Rückstufung

Wird die Haftpflicht- oder Vollkaskoversicherung ein oder mehrmals im Jahr in Anspruch genommen, erfolgt nach den Tarifbedingungen der Versicherungen eine Rückstufung in der Schadenfreiheitsklasse. Der Fahrzeugbetreiber muss für die folgenden Jahre höhere Prämien in Kauf nehmen, bis er wieder die SF-Klasse erreicht, die er vor dem Unfall hatte. Aufaddiert können sich Summen im vierstelligen Euro-Bereich ergeben.

→ Mietwagenkosten

Bei Ausfall von Nutzfahrzeugen muss häufig ein Ersatzfahrzeug gemietet werden. Die entstehenden Mehraufwendungen, die abhängig sind von der Fahrzeugart, Zeit der Inanspruchnahme und der Kilometerleistung des Mietwagens, belasten den Betreiber nach einem selbstverschuldeten Unfall direkt. In der Voll- und Teilkaskoversicherung werden Mietwagenkosten i.d.R. nicht übernommen, außer bei besonderen Versicherungsverträgen.

→ Sonstige direkte Kosten, die zusätzlich berücksichtigt werden müssen:

- Anwaltskosten (Rechts- und Beratungskosten)
- Bergungs- und Abschleppkosten
- Finanzierungskosten bei hohen Reparaturaufwendungen
- Sachverständigenkosten, soweit nicht von der Versicherung übernommen
- Taxikosten
- Gebühr für Fahrzeugabmeldung bei Totalschaden

Indirekte Folgekosten:

→ Wertminderung

Trotz sachgemäßer Unfallreparatur und technisch einwandfreier Wiederherstellung fällt bei neueren Fahrzeugen ein merkantiler Minderwert an („Unfallwagen“). Das betreffende Fahrzeug könnte nur mit einem Preisnachlass verkauft werden. Es entsteht also eine Wertminderung am Fahrzeug, die bei Selbstverschulden indirekt den Unfallkosten zuzuordnen ist. Im Allgemeinen werden diese direkten und indirekten Folgekosten bei nicht verschuldetem Unfall von der gegnerischen Haftpflichtversicherung getragen. Bei selbstverschuldetem Unfall können diese Ausgaben jedoch größere Summen betragen. In Tabelle 40 sind durchschnittliche Beträge für nicht von einer Versicherung abgedeckte Kosten bei einem selbstverschuldeten Unfall für verschiedene Fahrzeugarten zusammengefasst [GSV, 1995].

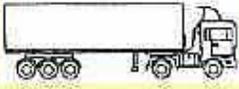
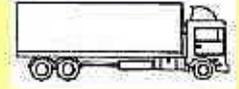
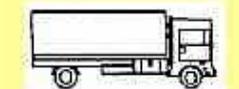
Fahrzeuggruppe	Einsatzart	Kosten pro Schaden in €
Gruppe 1 	Fernverkehr	ca. 2.900
	Nahverkehr	ca. 2.550
	Werkverkehr	ca. 2.400
Gruppe 2 	Fernverkehr	ca. 2.500
	Nahverkehr	ca. 2.150
	Werkverkehr	ca. 2.050
Gruppe 3 	Fernverkehr	ca. 2.200
	Nahverkehr	ca. 1.900
	Werkverkehr	ca. 1.800
Gruppe 4 	Pkw - Kombi	ca. 1.650

Tabelle 40: Nicht von der Versicherung abgedeckte mittlere schadenbedingte Kosten pro Unfall für verschiedene Fahrzeugarten [GSV, 1995]

7.4.4 Einschränkung des Nutzens

7.4.4.1 Systemgrenzen

Anhand der nachfolgend dargestellten Fallkonstellationen werden mögliche Nutzeneinschränkungen diskutiert. Eine quantifizierbare Aussage ist nicht möglich.

- Einschränkend zu dem in dieser Arbeit prognostizierten Vermeidbarkeitspotential eines AGB-Systems ist anzumerken, dass es auch Fälle gibt, in denen ein AGB-System den Unfall nicht vermeiden kann. Hierbei handelt es sich um Unfälle, die in der Allianz-Unfalldatenbank nicht aufgetreten sind, aber trotzdem den hier verwendeten Unfallkonfigurationen zugeordnet werden können.

Beispielhaft fällt in die für die Vermeidbarkeitsbetrachtung mit PC-Crash definierte Unfallkonfiguration 1 „Kollision mit einem stehenden Fahrzeug“ (Tabelle 35) auch der folgende, konstruierte Unfall: Der blaue Pkw fährt hinter dem roten Van auf ein stehendes Stauende zu (Abbildung 76). Der rote Van wechselt unmittelbar vor dem Stauende (gelber Pkw) auf den linken Fahrstreifen, auf dem der Verkehr noch fließt.

Der Radarsensor kann das stehende Fahrzeug (gelbe Pkw) erst sicher erfassen, wenn der rote Van den Fahrstreifen frei gibt. Diese Situation bedingt eine sehr kurze Zeit für die Detektion und den Systemeingriff.

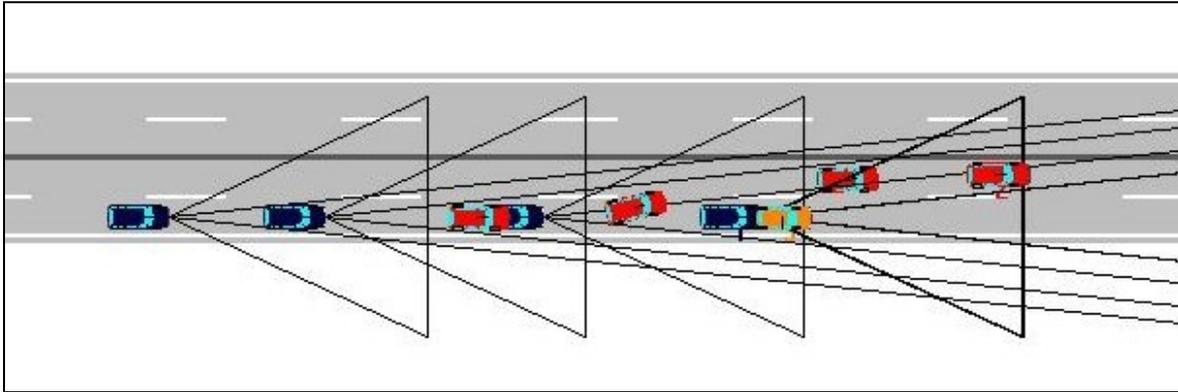


Abbildung 76: Darstellung einer AGB-Systemgrenze in PC-Crash

- Hindernisse im Erfassungsbereich des Radarkegels können das berechnete Vermeidbarkeitspotential ebenso einschränken. Speziell bei der Unfallkonfiguration 6 und 7 aus Tabelle 35 (Begegnungsverkehr) kann den Daten aus der Unfallakte nicht entnommen werden, ob z. B. die Fahrbahnen baulich voneinander getrennt sind oder ob sich zwischen den Fahrbahnen z. B. eine Straßenbahnhaltestelle befand. Solche „Hindernisse“ würden den Detektionsbereich des Sensors einschränken und evtl. die Identifikation einer Gefahrensituation verhindern.
- Auch extreme Wetterverhältnisse, wie starker Regen oder Schneefall, können bei Radarsensoren zu einer Einschränkung der Funktion führen. Aus den Unfallakten konnte meist jedoch kein Rückschluss über die Intensität des Niederschlages (Regen, Schneefall) gezogen werden.

7.4.4.2 Missbrauch, Ablenkung und Kompensation

Auch bei modernen Kraftfahrzeugtechnologien, die der Erhöhung der Sicherheit dienen, muss geprüft werden, ob sie nicht auch Quelle neuerlicher Gefährdungen sein können. Bekannte Missbräuche sind unerlaubte Bedienungstätigkeiten während der Fahrt (z.B. Bedienung des Navigationsgerätes) oder Nutzung frei werdender mentaler Kapazitäten für Sekundäraufgaben durch den Fahrer (z.B. Cruise Control- oder ACC-Fahrten). Häufigstes Ablenkungsproblem sind lange Blickabwendungszeiten (z.B. Display). Zu den Kompensationsphänomenen gehören die Risikoanpassung oder -homöostase (z.B. zu dichtes Auffahren bei ABS-, ESP-Funktionen) oder zu großes Vertrauen mit Funktions- bzw. Kontrolldelegation (Gewohnheitsbildung, „sich auf das System verlassen“).

Diskutiert wird die Tendenz, mit ACC höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten zu erreichen bei einer gleichzeitig späteren Bremsreaktion auf langsamere Vorfahrende. In diesem Zusammenhang spielt vor allem die Fahrerpersönlichkeit eine große Rolle. Ebenso kann eine verminderte Aufmerksamkeit in Gefahrensituationen (hazard perception) problematisch sein. Die bei ACC beschriebene Verminderung der Fahrerbeanspruchung (geringerer „workload“) und der dadurch scheinbar „frei“ werdende Teil der Fahreraufmerksamkeit, kann zur Beschäftigung mit Sekundäraufgaben führen. Sportlich ambitionierte Fahrer neigen dann evtl. auch zur Abschaltung des Assistenzsystems.

Das Wissen um systembedingte Grenzen oder Gefährdungsmomente ist für die Vermeidung von Unfällen maßgeblich. Mangelndes Risikobewusstsein sowie ungenügende Einweisung der Nutzer in die Systemfunktion können eine höhere systembedingte Schadenereigniswahrscheinlichkeit zur Folge haben.

7.4.4.3 Wartungsmängel und Reparaturfehler

Sensorverschmutzungen können zu Fehlfunktionen oder zum Ausfall des Systems führen. Im Falle einer notwendigen Instandsetzung nach einem Unfall im Frontbereich eines mit ACC ausgestatteten Fahrzeuges ist eine exakte Justage des Radarsensors unabdingbar. Bereits geringe Abweichungen von den vorgeschriebenen Einstellwerten können zu frühzeitigen Zielobjektverlusten oder zu verspäteten Zielerkennungen und somit zu unvorhergesehenen Gefahrensituationen führen.

7.5 Zusammenfassung AGB

Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen auf Analysen der Allianz-Unfalldatenbank mit einem Umfang von 1.731 Fällen. Dies entspricht einem Anteil von 0,57% aller Pkw Haftpflichtunfälle mit Personenschaden im Jahr 2004 in Deutschland. Die wichtigsten Merkmale der Datenbank sind nachfolgend kurz aufgelistet (vgl. Kapitel 5):

- Der Unfall ereignete sich im Jahr 2004.
- Es wurde mindestens eine Person verletzt oder getötet.
- Der Haftpflichtschaden wurde von einem Pkw verursacht.
- Schadenakten aus dem Dienstleistungsgebiet Südost der Allianz (Schadenbereich Allianz Bayern)
- Schadenakten aus dem Archiv in Unterföhring (Teil des Dienstleistungsgebietes SO)
- Der Unfallort lag in Deutschland.
- Der Unfalltyp war ersichtlich.

Der In-Depth-Analyse (Kapitel 7.2) können detaillierte Informationen zum Unfallhergang aller AGB-relevanten Unfälle entnommen werden. Es folgt eine Zusammenfassung der wichtigsten Merkmale der 772 für ein Notbremssystem relevanten Unfälle:

- Gut zwei Drittel der Unfälle wurden von männlichen Verkehrsteilnehmern verursacht, wobei der höhere Anteil durch die größere Fahrleistung der männlichen Fahrer erklärbar ist. Bei Berücksichtigung der Fahrleistung ist das Risiko einen Unfall zu verursachen pro gefahrenen Kilometer für Männer unwesentlich höher als für Frauen. Bezogen auf die Fahrleistung werden ca. 53% der Unfälle von Männern und 47% von Frauen verursacht.
- Fahrer im Alter zwischen 25 und 44 Jahren verursachen 41% aller AGB-relevanten Unfälle. Auf die Fahrleistung bezogen ergibt sich für diese Klasse ein relativer Anteil von 36%. Auffallend ist bei den Relativanteilen der Unterschied nach Geschlecht. Männliche Fahranfänger bis 20 Jahre verursachen bereits 34 % aller Unfälle und weisen somit ein höheres Risiko auf als ihre weiblichen Altersgenossen (27%). Ab einem Alter von 65 Jahren ist dies umgekehrt. Hier haben Frauen mit 29% einen deutlich höheren Anteil als Männer (13%) an einen Auffahrunfall beteiligt zu sein.
- Der Großteil der Auffahrunfälle ereignete sich innerorts (71,8%) und bei Tageslicht (78,4%).
- Über die Hälfte der für ein Notbremssystem relevanten Unfälle ereigneten sich an Stellen mit geradem Straßenverlauf.
- In knapp 90% der Fälle stellt der „Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“ (2) die dominierende Unfallart dar.
- Drei Viertel der Unfälle sind dem Unfalltyp „Unfall im Längsverkehr“ (Typ 6) und knapp ein Viertel dem „Abbiege-Unfall“ (Typ 2) zuzuordnen.
- Die wichtigsten Unfallfeintypen sind das „Auffahren auf einen Vorausfahrenden“ (Typ 60) mit 40%, das „Auffahren auf einen Wartepflichtigen“ (Typ 62) mit 21% und der „Abbiegeunfall eines Linksabbiegers mit einem Nachfolgendem“ (Typ 201) mit 10% Anteil an allen AGB-relevanten Unfällen.
- In 95% der relevanten Fälle war ein Pkw der zweite Unfallbeteiligte.
- Meist ereigneten sich AGB-relevante Unfälle im Geschwindigkeitsbereich <50 km/h des Versicherungsnehmers (88%). Über die Hälfte aller Geschädigten hatten bereits kurz vor dem Unfall bis zum Stillstand abgebremst.

→ 65% der Unfallverursacher leiteten kurz vor dem Unfall noch eine Bremsung ein. In 34% der Fälle bremsen sie nicht. 78% der Geschädigten bremsen im Vorfeld des Unfalls, 6% verzögerten nicht, 15% standen bereits längere Zeit vor der Kollision.

In den Vermeidbarkeitsbetrachtungen (Kapitel 7.3) wird für vier verschiedene Szenarien das Nutzenpotential bestimmt. Unter Szenarien sind verschiedene Entwicklungs- oder Ausbaustufen eines Notbremssystems zu verstehen. Alle Szenarien basieren auf Radarsensoren und unterscheiden sich nur in der Objekterkennungsleistung.

- Szenario 0 ist ein Notbremssystem, das auf zweispurige Fahrzeuge (Pkw, Lkw, Traktor, usw.) reagiert, die sich auf dem gleichen Fahrstreifen in gleicher Richtung bewegen. Das System arbeitet im Geschwindigkeitsbereich von null bis 200 km/h und bremst mit maximal möglicher Verzögerung (trocken $a=8\text{m/s}^2$, nass $a=6\text{m/s}^2$). Dieses Notbremssystem ist vom Fahrer nicht abschaltbar.
- Szenario 1, wie Szenario 0, reagiert jedoch zusätzlich auf stehende Hindernisse.
- Szenario 2, wie Szenario 1, reagiert jedoch zusätzlich auf Zweiräder, wie Fahr- und Motorräder.
- Szenario 3, wie Szenario 2, reagiert jedoch zusätzlich auf entgegenkommende Fahrzeuge bei Abbiegevorgängen. Hierzu wird eine Auswertung des Lenkwinkels und der Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers nötig.

Das mit Hilfe der PC-Crash-Simulation ermittelte Vermeidbarkeitspotential der oben beschriebenen Notbremssystem-Szenarien zeigt Tabelle 41.

Szenario	Kurzbeschreibung*	Vermeidbarkeit	
		Anzahl	% (n = 1.731)
0	Reaktion auf in gleichem Fahrstreifen und Richtung fahrender zweispuriger Fahrzeuge	562	32,5
1	zusätzliche Reaktion auf stehende Hindernisse	671	38,8
2	zusätzliche Reaktion auf Zweiräder	683	39,5
3	zusätzliche Reaktion auf Begegnungsverkehr	732	42,3

* zusätzlich für alle Szenarien: System ist nicht abschaltbar, Geschwindigkeitsbereich 0-200 km/h, Maximal mögliche Verzögerung im Regelbereich

Tabelle 41: Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgendminderung) gemäß der in den Szenarien definierten Auslegungskriterien bezogen auf alle AGB-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

Der mit einem System der Aktiven Gefahrenbremsung vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden, beläuft sich auf ca. 2,6 Mrd. EURO für eine Systemauslegung nach Szenario 0 bis auf ca. 3,4 Mrd. Euro für eine Systemauslegung nach Szenario 3.

Zusätzlich zu einer flächendeckenden Ausrüstung von Pkw mit einem AGB-System wird zur Realisierung des Vermeidbarkeitspotentials sowie des Nutzens vorausgesetzt, dass die Systeme vom Fahrer verantwortungsvoll genutzt werden. Besondere Voraussetzungen von Seiten der Automobilhersteller sind Zuverlässigkeit, Fehlertoleranz, Qualität und eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle, die einfach zu bedienen ist, kein „Gefühl scheinbarer Sicher-

heit“ erweckt und vom Fahrer akzeptiert wird. Nur dann könnte der Nutzen voll ausgeschöpft werden.

8 Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer - SFR

8.1 Applikationsbeschreibung

8.1.1 Grundlegende Systemspezifikationen

Innerhalb der Applikation SFR werden von den beteiligten Firmen verschiedene Systeme zum Schutz von Fußgängern und Radfahrern entwickelt. Hierbei weisen die Konzepte Ähnlichkeiten auf, die zusammen mit den im Arbeitspaket 1000 (AKTIV SFR, 2007) erarbeiteten Ziel-Szenarien (Abbildung 77) eine grundlegende Basis für die allgemeine Systembeschreibung schaffen.

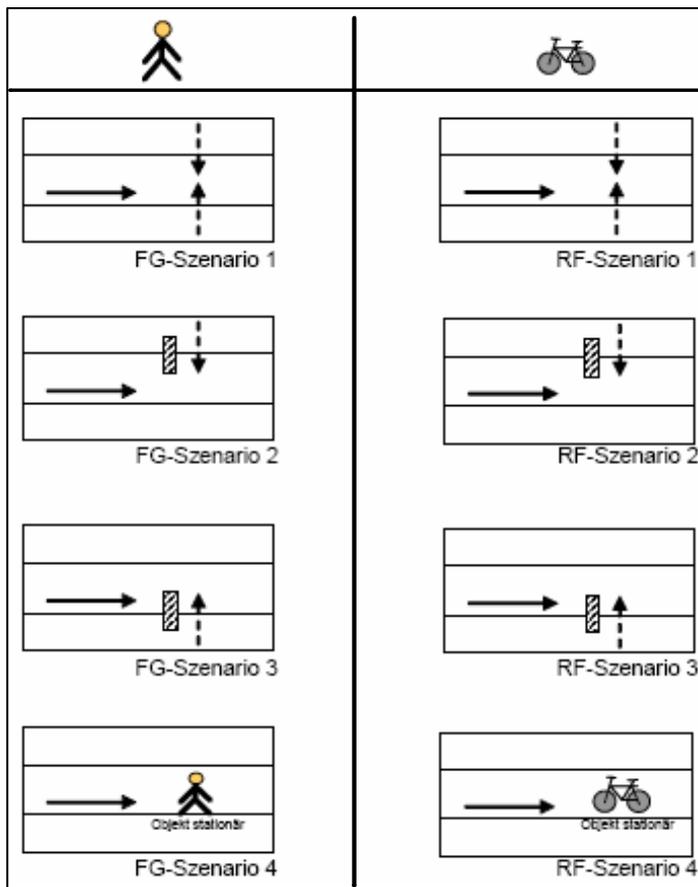


Abbildung 77: Aktiv-Zielszenarien (AKTIV SFR, 2007)

Dabei haben sich die Firmen darauf verständigt, dass eine Person, die eine Fahrerlaubnis besitzt, die Assistenzsysteme intuitiv bedienen können muss. So sollen Fehlinterpretationen der von den Systemen eingeleiteten Warnungen und eingreifende Reaktionen ausgeschlossen werden. Ferner werden keine über das Mittelmaß der Bevölkerung hinausgehende Voraussetzungen (z.B. Erfahrung beim Führen eines Fahrzeuges, Geschlecht, Alter) erforderlich sein. Allerdings sollte der Fahrzeugführer nicht an sensorischen, mentalen oder physikalischen Krankheiten oder Behinderungen leiden, die es ihm unmöglich machen, ein Serienfahrzeug sicher zu führen.

Ausgelegt sind die Systeme speziell für den Innenstadtbereich, wo von einer maximalen Geschwindigkeit von 50 km/h ausgegangen wird. Abbiegesituationen werden wegen der einge-

schränkten Detektierbarkeit im Kurvenbereich ausgeschlossen. Daraus ergibt sich das Augenmerk auf Geradeausfahrten.

Alle Entwicklungen arbeiten mit einer Sensorkombination, bestehend aus Sensoren zur exakten Positionsbestimmung von Objekten und kamerabasierten Sensoren zur Objektklassifizierung. Durch Sensordatenfusion ist es möglich, das Fahrzeugumfeld genau zu beschreiben. Daraus lassen sich Aussagen zu kritischen Situationen und zeitlichen Weiterentwicklungen ableiten, die dann zu Fahrerwarnungen oder Systemeingriffen weiter verarbeitet werden können.

8.1.2 Systemspezifikation der OEM

Da es bei den einzelnen Konzepten Abweichungen und Besonderheiten gibt, werden die Systeme in der folgenden Darstellung kurz beschrieben. Für weitere Informationen wird auf den Bericht AP1000 AKTIV-SFR Version 1.10 (AKTIV SFR, 2007) verwiesen. Die verschiedenen Systemausprägungen werden zum Zwecke der Modellierung für die Unfallsimulation in ein gemeinsames „virtuelles“ Systemkonzept zusammengeführt, was funktional den „kleinsten gemeinsamen Nenner“ bzw. „mittlere Funktionalitäten“ repräsentiert (siehe Kapitel 8.1.3).

8.1.2.1 Systemspezifikation Bosch

Dieses Konzept sieht einen Einsatz des Systems sowohl im innerstädtischen als auch außerorts bis maximal 50km/h vor. Dabei ist es auf Tageslichtbedingungen ausgelegt und reagiert auch noch bei Sichtbehinderung durch Regen oder Nebel. Die Eingriffstrategie ist in zwei Stufen eingeteilt. Der Fahrer wird optisch gewarnt, falls nur eine geringe Gefahr vom detektierten Fußgänger oder Radfahrer ausgeht. In der zweiten Stufe wird der Fahrer zusätzlich akustisch und haptisch (kurzer Bremsruck, Fahrzeugnicken) gewarnt, wenn das System eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Kollision prädiziert. Eine voll autonome Bremsung in einer potentiellen dritten Stufe wird im Versuchsträger erprobt. Um Fehlwarnungen durch "Geisterobjekte" (erkannte Fußgänger oder Radfahrer, die nicht vorhanden sind, auch "False Positives" genannt) möglichst auszuschließen, wird das Fahrzeugumfeld in weniger als 100ms permanent zyklisch analysiert.

8.1.2.2 Systemspezifikation Daimler

Auch das Konzept von Daimler arbeitet mit einem dreistufigen Handlungsplan. Dabei ist für die erste Stufe eine Kombination aus optischer und akustischer Fahrerwarnung, mit TTC- (Time-To-Collision) Werten von ca. 1,5 bis 2 Sekunden angedacht. Stufe zwei, eine automatische Teilbremsung, wird bei TTC von 1 bis 1,5 Sekunden eingeleitet. Eine Vollbremsung, autonom oder durch den Fahrer bestätigt, ist für TTC-Werte von 0,5 bis 1 Sekunde vorgesehen. Ob das System die Vollbremsung im späteren Serienfahrzeug selbstständig ausführen kann, wird durch Dauer und Stärke des Systemeingriffs in Fahrversuchen ermittelt. Abbildung 78 zeigt den mit Video- und 24GHz-Nahbereichs-Radar-Sensor angestrebten Erfassungsbereich. In diesem findet die Detektion von 3 m bis 30 m und das Tracking (Klassifikation der Fußgänger oder Radfahrer) im Bereich von 1 m bis 25 m statt. Weiterhin ist der Sensorbereich durch den Öffnungswinkel, welcher ca. 41° horizontal und 27° vertikal beträgt, abgegrenzt. Das System ist vorerst für einen Einsatzbereich ab 10 km/h bis zu einer Geschwindigkeit von 50 km/h ausgelegt. Die Latenzzeit des Systems wird mit max. 300ms und die Taktrate mit mindestens 10 Hz angegeben. Bei schlechten Witterungsverhältnissen und Dunkelheit wird es zu Sichteinschränkungen kommen, vergleichbar wie beim menschlichen Auge.

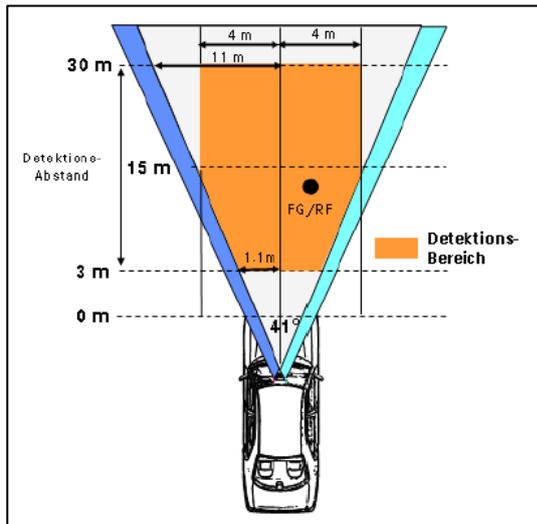


Abbildung 78: Angestrebter Detektionsbereich des Daimler Konzeptes [AKTIV SFR, 2007]

8.1.2.3 Systemspezifikation Continental Safety Engineering GmbH (CSE)

Der Handlungsplan weist auch bei diesem System drei Stufen auf. Anders als bei den zwei vorhergehenden Konzepten wird der Fahrer hier nicht durch eine Warnung zum Eingreifen in die Gefahrensituation animiert. Es wird eine Bremsung mit max. Stärke eingeleitet, welche bei einem nicht erfolgten Aufprall autonom zurückgenommen wird. In den nächsten Stufen wird das ausgerüstete Fahrzeug auf den Anprall des Fußgängers bzw. Radfahrers vorbereitet. Stufe zwei beinhaltet dabei das Auslösen der reversiblen Frontend-Aktuatorik (Verschieben der Fahrzeugfront mit Anhebung der Motorhaube). Durch zusätzliche Kontaktsensoren wird ein Außenairbag im Frontscheibenbereich ausgelöst, womit die dritte nicht reversible Stufe dann abgeschlossen wäre. Für den Kopfschutz des ungeschützten Unfallbeteiligten ist im Bereich der A-Säulen und des unteren Scheibenbereichs ein Airbag angedacht. Des Weiteren fließen folgende Systemeckdaten in das Konzept ein: Monokameradaten fusioniert mit Radar- oder Lidarsensordaten zur Detektion im Bereich von 30 m bis 40 m Entfernung. Das System arbeitet dann in einem Geschwindigkeitsbereich von 15 km/h bis 60 km/h und ist nachts auf den von den Scheinwerfern ausgeleuchteten Fahrraum beschränkt.

8.1.2.4 Systemspezifikation A.D.C. GmbH

Der Handlungsplan umfasst neben der akustischen und optischen Warnung des Fahrers auch eine akustische Warnung des Fußgängers/Radfahrers, sowie eine Bremsaufforderung an den Fahrer. Siemens VDO schließt beim Warnzeitpunkt auch die Aufmerksamkeitszuwendung des Fahrers, mittels Blickrichtungserkennung über die Erfassung der Fahrerkopfposition, mit ein. So wird ein aufmerksamer Fahrer das erste Mal ca. 1,5 bis 1,8 Sekunden vor einer drohenden Kollision gewarnt. Ein unaufmerksamer Fahrer (abgewendeter Blick) dagegen ca. 2,5 Sekunden. Wenn keine Reaktion erfolgt wird versucht, die Aufmerksamkeit des Fahrers mit stärkeren Signalen auf die Verkehrssituation zu lenken. Ein Bremsengriff ist im Handlungsplan nicht vorgesehen. Jedoch geht Siemens VDO davon aus, dass eine Kopplung zu den Systemen AGB bzw. das SFR-Konzept von Siemens Restraint Systems im Serienbetrieb realisiert wird. So wird eine Komfortbremsung ($\sim 0,3g$) bei TTC-Werten von 0,9 bis 1,2 Sekunden und eine Gefahrenbremsung ($\sim 1g$) bei etwa 0,5 Sekunden TTC einsetzen. Für eine sichere Lokalisierung

rung sind ca. drei Zyklen und ein Updaterate von 100ms vorgesehen. Sollte die Detektion der Monokamera (Öffnungswinkel 43°, Reichweite 40 m) durch Sichteinschränkungen wie Nebel, Schnee, Regen oder parkende Fahrzeuge nicht rechtzeitig erfolgen, so werden Stufen im Handlungsplan übersprungen.

8.1.2.5 Systemspezifikation VW / Audi / Audi Electronics Venture

Das Gemeinschaftskonzept von VW und Audi sieht eine Fahrerwarnung nicht vor. Vielmehr wird das Augenmerk auf Eingriffe in die Fahrdynamik gelegt. Wird im Straßenverkehr eine Kollision als wahrscheinlich eingestuft, erfolgt abhängig von der Situation und der TTC eine abgestufte Bremsung. Wenn der Fahrer zu diesem Zeitpunkt selbst zu bremsen beginnt, wird der Bremsdruck derart verstärkt, dass eine Zielbremsung realisiert wird. Ist eine Kollision zweifelsfrei unvermeidbar, wird eine Gefahrenbremsung eingeleitet. Neben den Bremsmanövern ist dieses System in der Lage, im Bereich von einigen Dezimetern Fahrzeugseitenversatz, aktiv Lenkeingriffe vorzunehmen, um Fußgänger- und Radfahrer-Kollisionen mit der linken oder rechten Fahrzeugecke zu vermeiden. Lenkeingriffe werden mit Hilfe des Spurwechsel-Assistenten unter Berücksichtigung des Gegenverkehrs und des benutzten Fahrstreifens mehrstreifiger Fahrbahnen als „Ausweichempfehlung“ realisiert. Um für diese Fahrmanöver eine sichere und aussagekräftige Umfeldbeschreibung zu erhalten, werden verschiedene Sensoren mit unterschiedlichen Messverfahren eingesetzt (siehe Tabelle 42). Hierbei sind die beiden Kameras und der 77GHz-Radarsensor zur Detektion im Frontbereich und die 24GHz-Radarsensoren im Heckbereich sowie zur Abdeckung der toten Winkel vorgesehen. Sichteinschränkungen durch schlechte Witterung sollten möglichst nicht eintreten.

Sensorik	77 GHz Radar	PMD-Kamera	Stereo-Kamera	24 GHz Radar
Minimale Reichweite	1 m	0 m	0 m	0,5 m
Maximale Reichweite	200 m	ca. 35 m objektspezifisch	50 m	70 m
Messverfahren	FMCW	modulationsbasiertes Time-of-Flight	Dichte-Stereo	LFMSK
Öffnungswinkel	20°	55°	55°	75°
Orientierung	0°	0°	0°	180°

Tabelle 42: Spezifikationen der Sensorik für den Versuchsträger von VW / Audi [AKTIV SFR, 2007]

Im Versuchsträger von Volkswagen und Audi werden also zwei Funktionen dargestellt:

- Bremsung zur Unfallfolgenminderung
- Ausweichempfehlung zur Unfallvermeidung

8.1.3 Zusammenführung zu einem Systemkonzept

Obwohl die Konzepte Ähnlichkeiten aufweisen, zeigt sich dennoch eine große Vielfalt von Systemansätzen und -lösungen. Um für die Vermeidbarkeitsbetrachtung in Kapitel 8.3 auf ein einheitliches „virtuelles“ Systemkonzept zurückgreifen zu können, werden die unterschiedlichen Applikationen hier zusammengeführt. Dabei wurde bei den Applikationseckdaten wie z.B. Reichweite, Geschwindigkeit und Handlungskonzept entweder die Mehrheit oder ein angemessenes Mittelmaß für die Zusammenführung zu Grunde gelegt. Damit ergibt sich die folgende Systemauslegung:

- Geschwindigkeitsbereich von 5 km/h bis 50 km/h
- Detektionsbereich des prädiktiven Sensors bis 40 m Reichweite mit einem Öffnungswinkel von 50°
- 3 stufiges Handlungskonzept
 - 1. Stufe: Fahrerwarnung bei einem TTC von 1,8 s
 - 2. Stufe: Teilbremsung bei einem TTC von 1,2 s mit $a_{TB}=3m/s^2$
 - 3. Stufe: Vollbremsung bei einem TTC von 0,7 s mit $a_{VB}=8m/s^2$ (trockene Fahrbahn)
mit $a_{VB}=6m/s^2$ (nasse Fahrbahn)
- Zyklische Analyse zur sicheren Objekterkennung (Detektion mit Plausibilitätsprüfung) in 3 Durchläufen á 100ms

Eine Betrachtung der Funktion „Ausweichempfehlung zur Unfallvermeidung“ (vgl. Kapitel 8.1.2.5) wurde im Rahmen der durchgeführten Unfallrekonstruktions- und Unfallsimulationsrechnungen nicht explizit berücksichtigt. Der sich real ergebende Nutzen wird daher größer sein. Ebenso berücksichtigt die Vermeidbarkeitsberechnung eines Unfalls keine Nutzenpotentiale, die sich aus der Unfallfolgeminde rung durch geringere Aufprallgeschwindigkeiten ergeben. Die extrahierten Daten aus den zugrundeliegenden Unfallakten lassen keine Aussage über eine mögliche Verletzungsschwerereduktion zu, so dass eine quantitative Nutzenabschätzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht möglich ist.

8.2 In-Depth-Analyse

In diesem Kapitel werden die 249 in der Strukturanalyse als SFR-relevant identifizierten Fälle (Tabelle 23) detaillierter untersucht. Ziel dieser In-Depth-Analyse ist es, möglichst viele Kriterien herauszufinden, die bei SFR-relevanten Unfällen eine Rolle spielen. Durch die gewonnenen Informationen kann bereits im Vorfeld der Systementwicklung entschieden werden, welche Anforderungen ein System zum Schutz von Fußgängern und Radfahrern erfüllen muss, um den gewünschten Nutzen zu erzielen.

Die Bedeutung der verschiedenen Merkmale für den Systemnutzen wird anhand deren Häufigkeit identifiziert. Es wird die Häufigkeit eines Merkmals auf die Anzahl aller ausgewerteten Unfälle bezogen. Meist werden die verschiedenen Merkmale in Kreuztabellen mit einem zweiten Merkmal verknüpft, um Auffälligkeiten besser erkennen zu können. Für die Erstellung der Diagramme wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit jeweils nur ein Merkmal verwendet.

8.2.1 Geschlecht und Alter des VN-Fahrers

Knapp zwei Drittel der SFR-relevanten Unfälle wurden von Männern verursacht (siehe Abbildung 79). Damit liegt der männliche Anteil 1,2% unter dem der gesamten Stichprobe.

Den größten Anteil bezogen auf das Alter des Fahrzeugführers zum Unfallzeitpunkt stellt die Gruppe der 35- bis 44-Jährigen (siehe Abbildung 80). Auffallend ist, dass gegenüber Abbildung 30 der Anteil der Fahrergruppen bis 34 Jahren teils deutlich geringer und ab 35 Jahren höher ist.

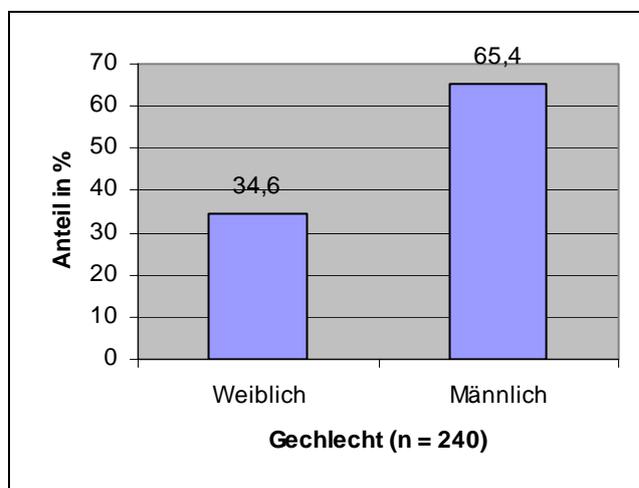


Abbildung 79: SFR-relevante Unfälle nach Fahrgeschlecht

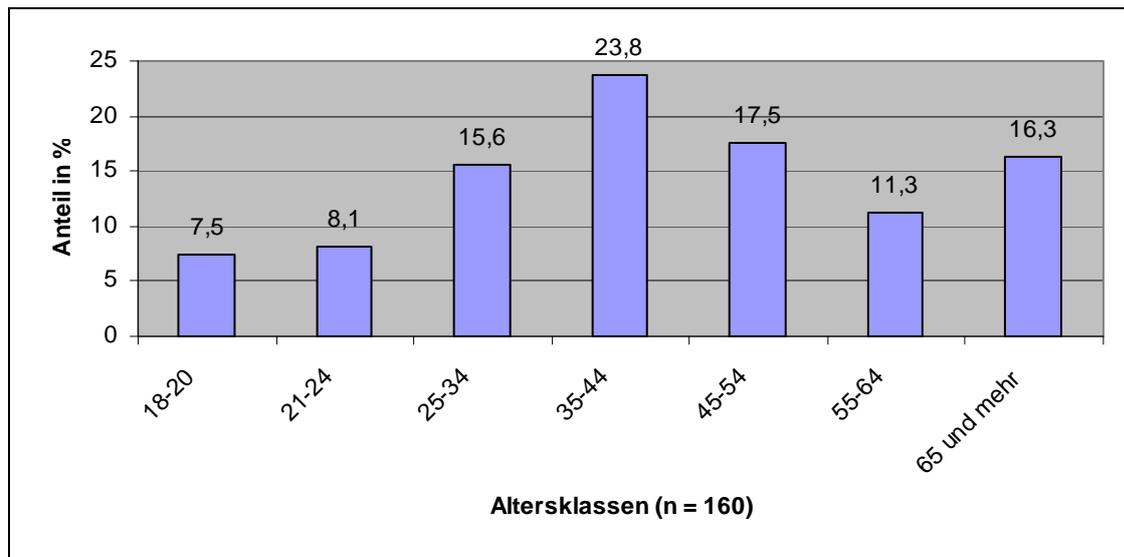


Abbildung 80: SFR-relevante Unfälle nach Fahreralter

Bei den SFR-relevanten Unfällen weicht die Verteilung des Geschlechts und des Alters von der Unfälle ab (vgl. Tabelle 14). So haben Frauen bis 34 Jahre einen geringeren Anteil. Ab 35 Jahren fällt ein wesentlich höherer Anteil und in der Altersgruppe der 45- bis 54-Jährigen eine beinahe Verdopplung auf. Eine Angleichung der Anteile ist erst bei den über 65-Jährigen zu verzeichnen. Auffällig bei den Männern ab 65 ist der Anstieg von gut 5% gegenüber allen Unfällen.

Alter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich		Insgesamt		n.e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
18-20	0	0,0	12	11,5	12	7,5	0
21-24	4	7,3	9	8,7	13	8,2	0
25-34	6	10,9	18	17,3	24	15,1	1
35-44	19	34,6	19	18,3	38	23,9	0
45-54	11	20,0	17	16,3	28	17,6	0
55-64	7	12,7	11	10,6	18	11,3	0
65 und mehr	8	14,5	18	17,3	26	16,4	0
Summe	55	100,0	104	100,0	159	100,0	0
n. e.	28		53				

Tabelle 43: SFR-relevante Unfälle nach Fahreralter und Geschlecht

Vergleicht man die Relativanteile bezüglich der erbrachten Fahrleistung der SFR-relevanten Unfälle (Abbildung 81) mit den Relativanteilen aller Unfälle (siehe Abbildung 34), so lassen sich auch hier Unterschiede feststellen. Auffällig ist, dass bei den Frauen bis 34 Jahren der Anteil teilweise stark gesunken ist. Genau der gegenteilige Effekt zeigt sich ab der Altersgruppe 35 bis 44 Jahre. Ab dieser Gruppe sind die Anteile stark gestiegen. Dies unterstreicht der Vergleich der Gruppe 45- bis 54-jährigen Frauen, wobei sich der Anteil aller Unfälle auf 14,5% mehr als verdoppelt hat. Ein nennenswerter Unterschied beim männlichen Geschlecht ist in

der Gruppe der „65 und mehr“ aufgetreten. Die ansteigende Abweichung beträgt hier 5,5% gegenüber allen in der Datenbank erfassten Unfälle.

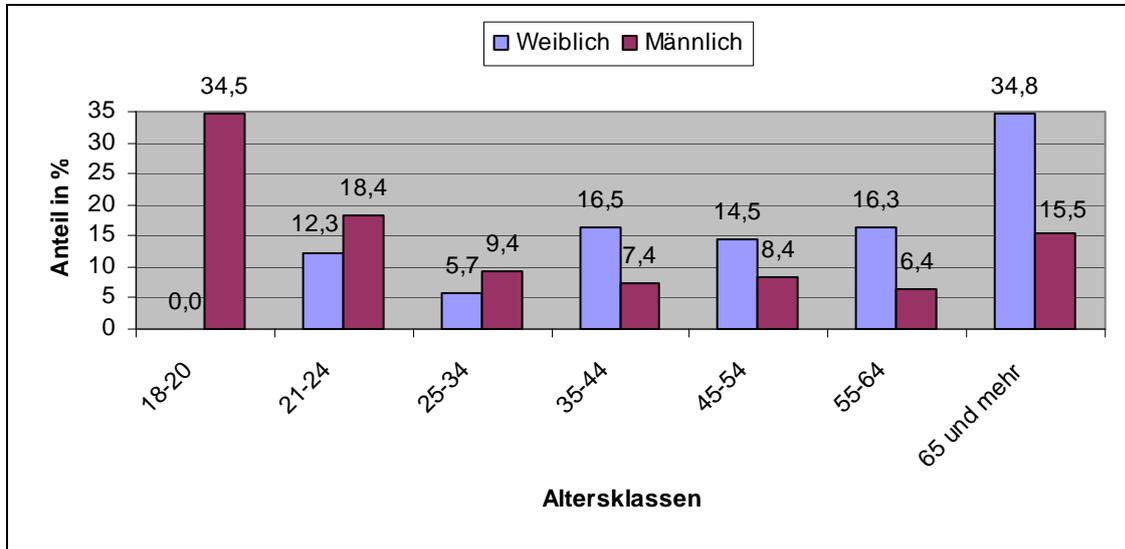


Abbildung 81: Relativer Anteil des Fahreralters bei SFR-relevanten Unfällen unter Berücksichtigung der Fahrleistung

8.2.2 Geschlecht und Alter des GES

Bei der Betrachtung der Abbildung 82 fällt auf, dass das weibliche Geschlecht bei den Fußgängern über 2/3 des Unfallaufkommens mit Fußgängerbeteiligung stellt. Wird ein Radfahrer in einen Unfall verwickelt, stellt sich im Gegensatz dazu eine ganz andere Verteilung dar. Hier haben die Männer mit 62,2% die Mehrheit. Wie sich diese Verteilung begründet, konnte nicht geklärt werden.

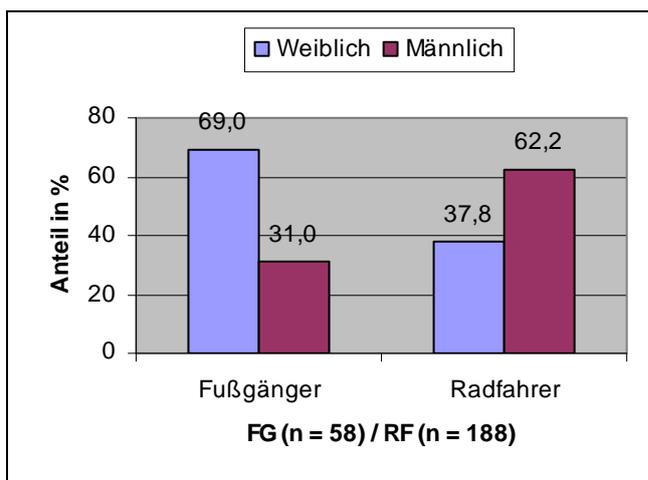


Abbildung 82: SFR-relevante Unfälle nach GES-Geschlecht und Beteiligungsart

Abbildung 83 zeigt die Beteiligung der geschädigten RF und FG, welche in Altersklassen eingeteilt sind. So ist ersichtlich, dass die Klasse der 6 bis 14-Jährigen mit 13% ein erhöhtes Risiko aufweist. Die GES dieser Altersklasse (Schulalter) bewegen sich im Rahmen des Schulweges meist allein im Straßenverkehr. Es fehlt die Erfahrung, Gefahrensituationen richtig einschätzen zu können, was zum erhöhten Risiko in dieser Klasse beiträgt. Die 25 bis 44-Jährigen weisen den größten absoluten Anteil auf.

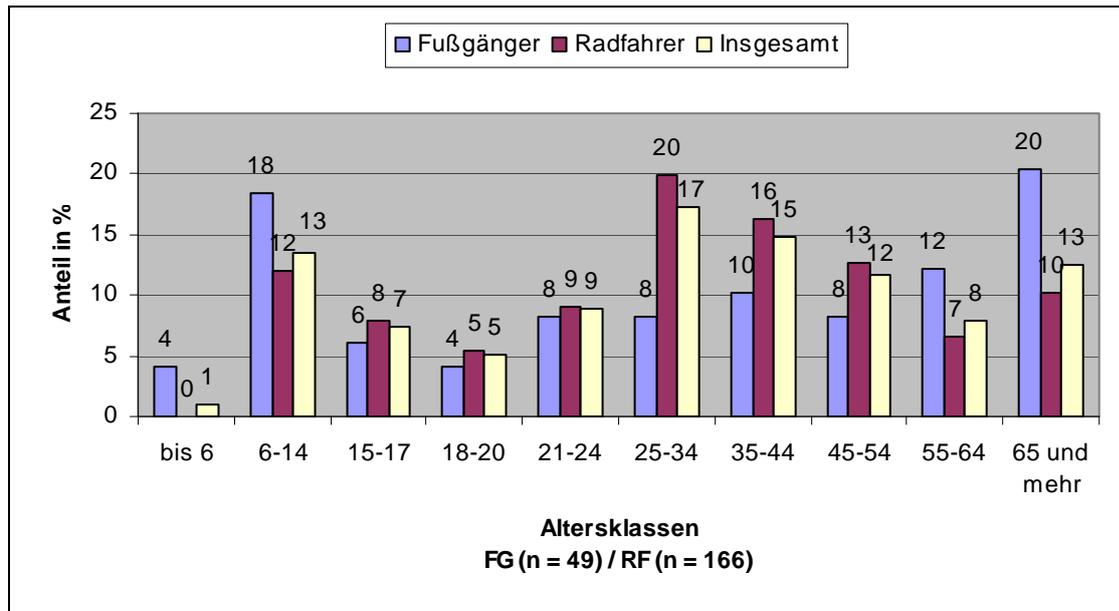


Abbildung 83: SFR-relevante Unfälle nach GES-Alter und Beteiligungsart

8.2.3 Ortslage und Lichtverhältnisse

Knapp 96% der SFR-relevanten Unfälle ereigneten sich innerhalb geschlossener Ortschaften. Der Außerorts-Anteil liegt bei 4,1% und damit um 14,7% niedriger gegenüber allen Unfällen (vgl. Abbildung 35). Wie in Tabelle 44 dargestellt, sind Unfälle mit Fußgänger- und Radfahrer-beteiligung auf Autobahnen nicht aufgetreten, wodurch sich das Fehlen der Örtlichkeit im Diagramm begründet (Abbildung 84). Die Anteile bei den Lichtverhältnissen zeigen ein Maximum für die Merkmalsausprägung „Tag“, wobei der Anteil 95,9% beträgt. Dabei ereigneten sich die 10,2% Nacht- und 4,3% Dämmerungsunfälle ausschließlich innerhalb von Ortschaften. Somit haben sich alle Außerortsunfälle bei Tageslicht ereignet.

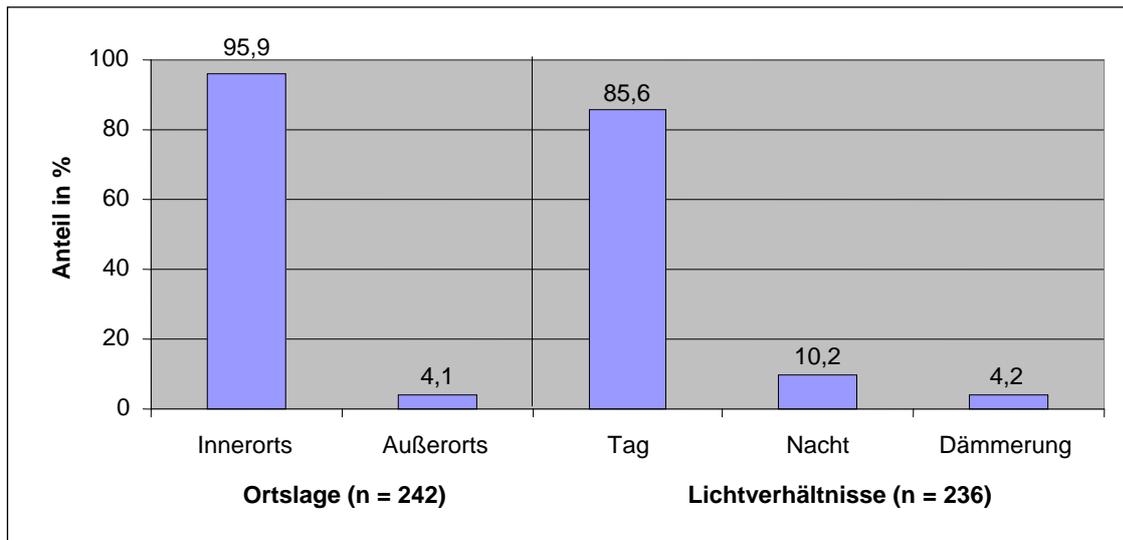


Abbildung 84: SFR-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen

Licht \ Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n.e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Tag	188	85,1	10	100,0	0	0,0	198	85,7	4
Nacht	24	10,8	0	0,0	0	0,0	24	10,4	0
Dämmerung	9	4,1	0	0,0	0	0,0	9	3,9	1
Summe	221	100,0	10	100,0	0	0,0	231	100,0	
n. e.	11		0		0				

Tabelle 44: SFR-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen

8.2.4 Unfallstelle im Straßennetz

Als Unfallstelle im Straßennetz wird die Straßenführung an der Unfallstelle bezeichnet. Die einzelnen Straßenführungen, in welche die SFR-relevanten Fälle eingeteilt wurden, sind aus Abbildung 85 und Tabelle 45 ersichtlich. Dabei sind der Unfallstelle „andere“ überwiegend Betriebsgelände und Fußgängerüberwege (Zebrastreifen) zugeordnet. Da an Kreuzungsbereichen und ähnlichen Straßenführungen ein erhöhtes Konfliktpotential besteht, ist es nicht verwunderlich, dass der größte Anteil mit 30,6% in diese Klasse fällt. Rechnet man dazu die Unfälle im Bereich von Einmündungen, kommt man auf 53,9%. Damit treten über die Hälfte der SFR-relevanten Unfälle an kreuzenden Straßenführungen auf. In diesen Fällen handelt es sich um Abbiegeunfälle, in denen ein Konflikt zwischen dem abbiegenden Fahrer und dem Geschädigten vorlag, sowie Kreuzen-Unfälle, in denen die Konfliktpartner eine gerade Bewegungsrichtung hatten.

Tabelle 45 stellt die jeweilige Unfallstelle über der Ortslage dar und zeigt, dass die Unfallstellen Kurve, Kreisverkehr, und Parkplatz eine eher untergeordnete Rolle spielen. Auf Autobahnen gibt es keine SFR-relevanten Unfälle.

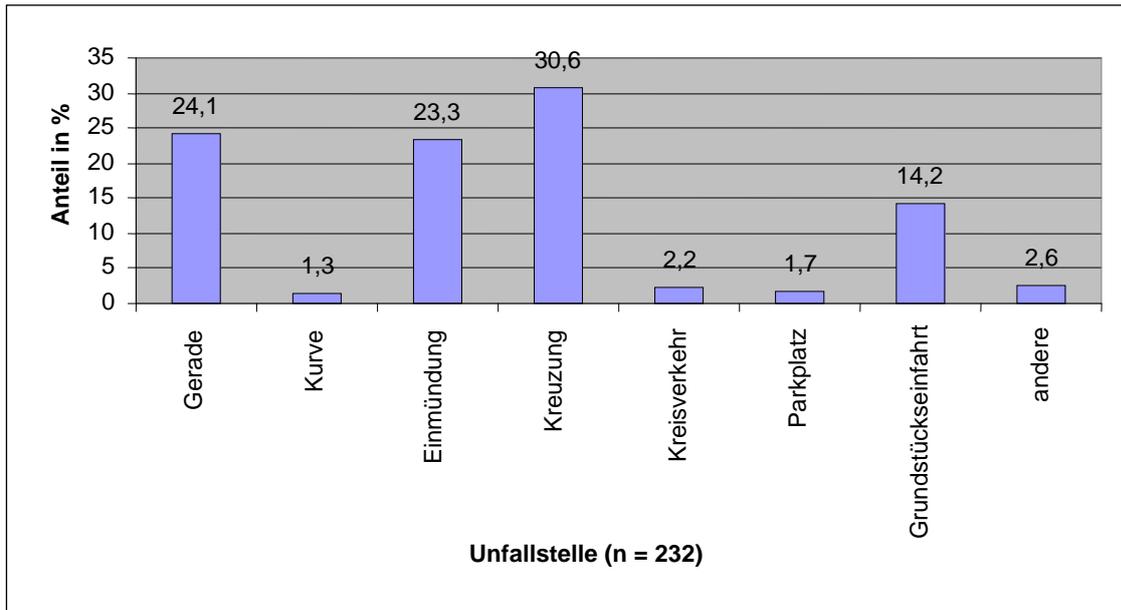


Abbildung 85: SFR-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz

Ortslage / Unfallstelle	Innerorts		Außerorts		Summe		n.e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Gerade	53	24,2	3	37,5	56	24,7	0
Kurve	1	0,5	2	25,0	3	1,3	0
Einmündung	50	22,8	3	37,5	53	23,3	1
Kreuzung	68	31,1	0	0,0	68	30,0	3
Kreisel	4	1,8	0	0,0	4	1,8	1
Parkplatz	4	1,8	0	0,0	4	1,8	0
Grundstückseinfahrt	33	15,1	0	0,0	33	14,5	0
andere	6	2,7	0	0,0	6	2,6	0
Summe	219	100,0	8	100,0	227	100,0	
n. e.	13		2				

Tabelle 45: SFR-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz und Ortslage

8.2.5 Unfallart

Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer [StBA, 2006]. Weitere Ausführungen zu den einzelnen Unfallarten sind in Anhang I dargestellt.

Die Unfallart 5 „Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ stellt mit 59,8 % weit über die Hälfte des Anteils und stellt die häufigste Unfallart dar (Abbildung 86). Einen erwartungsgemäß hohen Anteil weist auch die Unfallart 6 „Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger“ mit 23,7% auf. Bei der Unfallart 1 „Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht“ handelt es sich in den meisten Fällen um sorgloses Öffnen der Fahrzeurtür, mit der dann der Radfahrer kollidiert. Einen

Überblick über die Aufteilung der Unfallarten bzgl. der Ortslage gibt Tabelle 46. Da kein BAB-Anteil vorliegt wurde dieser nicht dargestellt.

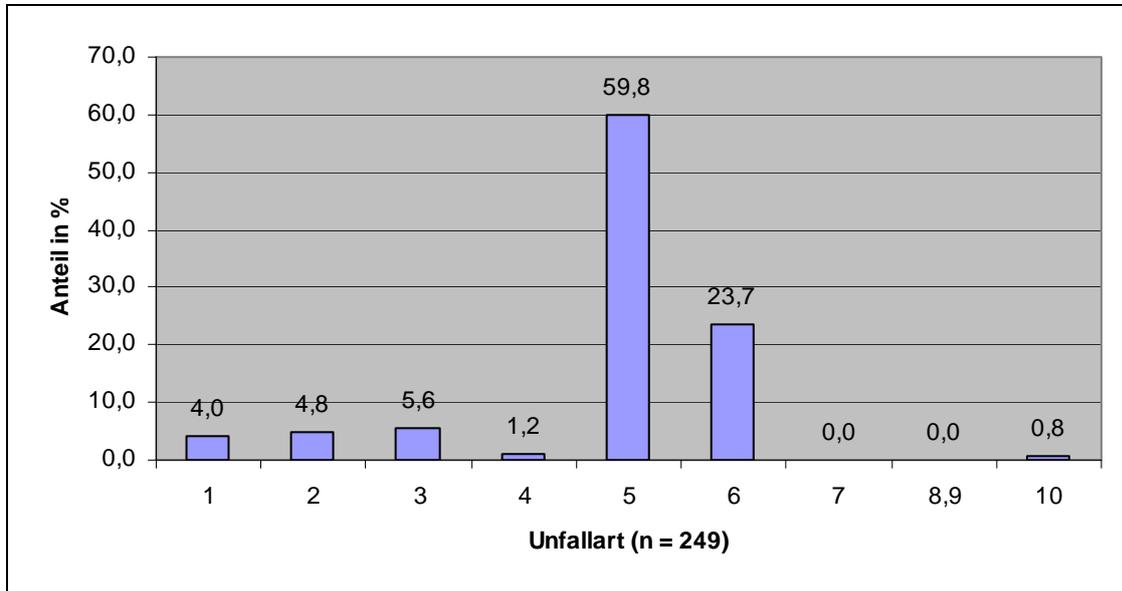


Abbildung 86: SFR-relevante Unfälle nach Unfallart

Unfallart \ Ortslage		Innerorts		Außerorts		Summe		n. e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht	10	4,3	0	0,0	10	4,1	0
2	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet	9	3,9	3	30,0	12	5,0	0
3	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt	13	5,6	0	0,0	13	5,4	1
4	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegen kommt	2	0,9	1	10,0	3	1,2	0
5	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt	137	59,0	6	60,0	143	59,1	6
6	Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger	59	25,4	0	0,0	59	24,4	0
7	Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
8,9	Abkommen von der Fahrbahn	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
10	Unfall anderer Art	2	0,9	0	0,0	2	0,8	0
Summe		232	100,0	10	100,0	242	100,0	7
n. e.		0		0				

Tabelle 46: SFR-relevante Unfälle nach Unfallart bzgl. der Ortslage

8.2.6 Unfalltyp

Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte, d.h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte [ISK, 1998]. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Art der Konfliktauflösung vor dem Schadenereignis. Weitere Details und die Aufteilung der Unfalluntertypen sind in Anhang II erläutert.

Die drei häufigsten Unfalltypen sind der Unfalltyp 2 „Abbiege-Unfall“ (25,3%), Typ 3 „Einbiegen/Kreuzen-Unfall“ (37,3%) und erwartungsgemäß der Typ 4 „Überschreiten-Unfall“ (18,1%). Wie in Abbildung 87 ersichtlich ist, haben die Typen 1 „Fahrerunfall“ und 7 „Sonstiger Unfall“ ein nur geringes Aufkommen. Die Tabelle 47 zeigt eine Übersicht der Unfalltypen nach Ortslagenverteilung. Hier ist zu erkennen, dass der Unfalltyp 5 „Unfall durch ruhenden Verkehr“ mit 6,5% ausschließlich innerorts auftritt. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um sorgloses Öffnen der Fahrertür, mit der der Geschädigte dann kollidiert.

Unfälle auf der Autobahn sind nicht aufgetreten.

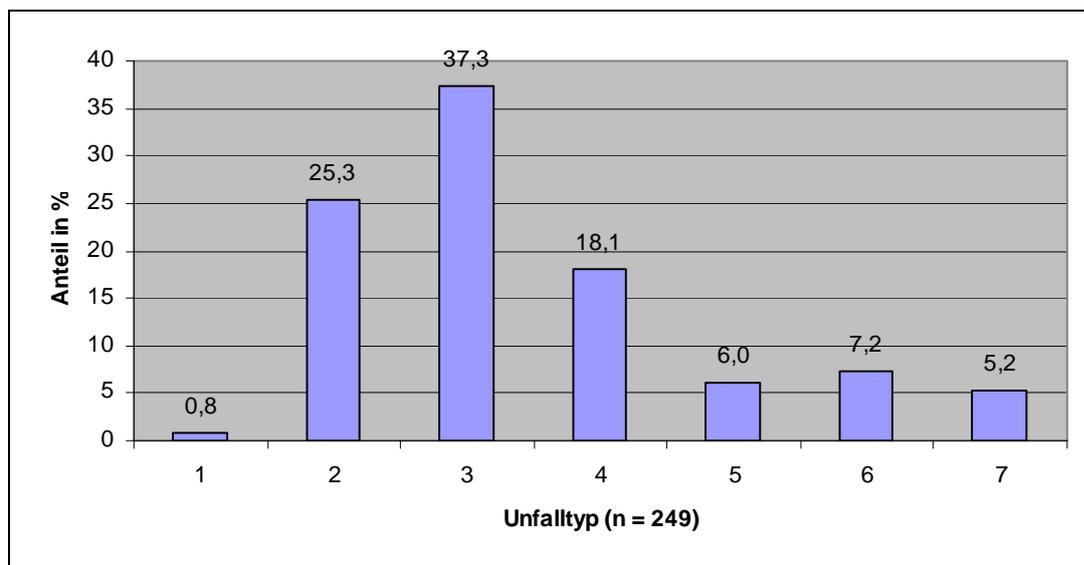


Abbildung 87: SFR-relevante Unfälle nach Unfalltyp

Unfalltyp	Ortslage	Innerorts		Außerorts		Summe		n.e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1	Fahrerunfall	2	0,9	0	0,0	2	0,8	0
2	Abbiege-Unfall	61	26,3	1	10,0	62	25,6	1
3	Einbiegen/Kreuzen-Unfall	82	35,3	6	60,0	88	36,4	5
4	Überschreiten-Unfall	45	19,4	0	0,0	45	18,6	0
5	Unfall durch ruhenden Verkehr	15	6,5	0	0,0	15	6,2	0
6	Unfall im Längsverkehr	14	6,0	3	30,0	17	7,0	1
7	Sonstiger Unfall	13	5,6	0	0,0	13	5,4	0
Summe		232	100,0	10	100,0	242	100,0	
n. e.		0		0				

Tabelle 47: SFR-relevante Unfälle nach Unfalltyp und Ortslage

In Tabelle 48 wurden die 4 Unfalltypen mit den höchsten Anteilen für eine detailliertere Übersicht in Untertypen aufgeteilt. Damit ist es möglich, die SFR-relevanten Unfälle in häufig auftretende Unfallkonfigurationen einzuteilen, welche in Kapitel 8.3.1 beschrieben sind. Zwischen den Unfällen von Linksabbiegern und Rechtsabbiegern ist eine vernachlässigbar kleine Differenz von 0,8% aufgetreten, woran sich erkennen lässt, dass beide Untertypen von gleicher Bedeutung sind. Bei den Untertypen des Einbiegen/Kreuzen-Unfalles lässt sich dagegen eine deutliche Mehrheit für eine Unfallsituation feststellen, wo der bevorrechtigte Konfliktpartner von rechts kommt. Der Anteil ist mit 21,7% mehr als doppelt so groß, wie der des von links kommenden Bevorrechtigten. Nur bei 2% der Überschreiten-Unfälle war eine Sichtbehinderung für den Fahrzeuglenker vorhanden, wobei die Mehrheit der Fußgänger mit oder ohne vorhandene Sichtbehinderung jeweils von rechts gekommen ist.

Unfalltyp		Anzahl	%
Abbiege Unfall	Abbiegeunfall/Linksabbieger	31	12,4
	Abbiegeunfall/Rechtsabbieger	29	11,6
	Abbiegeunfall/Abknickende	3	1,2
Einbiegen/ Kreuzen-Unfall	Einbiegen/Kreuzen - Bevorrechtigtes Fahrzeug von links	23	9,2
	Einbiegen/Kreuzen - Bevorrechtigtes Fahrzeug von rechts	54	21,7
	Einbiegen/Kreuzen - Sonstige	16	6,4
Überschreiten	Überschreiten - von L ohne Sichtbehinderung	10	4,0
	Überschreiten - von L mit Sichtbehinderung	2	0,8
	Überschreiten - von R ohne Sichtbehinderung	17	6,8
	Überschreiten - von R mit Sichtbehinderung	3	1,2
	Überschreiten - Sonstige	13	5,2
Unfall im Längsverkehr	Unfall im Längsverkehr - Auffahren auf Vorausfahrenden	7	2,8
	Unfall im Längsverkehr - Auffahren auf Spurwechsler	3	1,2
	Unfall im Längsverkehr - Nebeneinanderfahren	3	1,2
	Unfall im Längsverkehr - mit Fußgänger	2	0,8
	Unfall im Längsverkehr - Begegnungsverkehr	1	0,4
	Unfall im Längsverkehr - Sonstige	2	0,8
	Summe	219	88,0

Tabelle 48: SFR-relevante Unfälle nach Unfalluntertyp

8.2.7 Unfallgegner

Mit 76,3% sind Radfahrer über dreimal so häufig in einen Verkehrsunfall verwickelt wie Fußgänger (Abbildung 88). Dies ist u.a. durch die höhere Geschwindigkeit und durch die geringere

Beweglichkeit des Radfahrers zu begründen. Der Fußgänger kann seine Bewegungsrichtung auf geringsten Raum ändern, was bei erkannter Gefahr einen großen Vorteil darstellt.

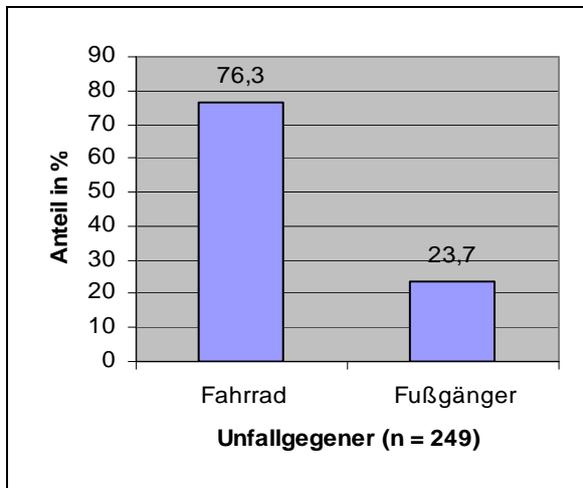


Abbildung 88: SFR-relevante Unfälle nach Unfallgegner

8.2.8 Anstoß-Richtung

Unter der Anstoß-Richtung ist hier die Richtung der Krafteinleitung auf das Fahrzeug bzw. den Fußgänger, die den vorliegenden Schaden bzw. die Verletzung verursacht hat, zu verstehen. Diese Richtung wird analog zu einem Ziffernblatt angegeben. Dabei ist das Gesicht bei gerader Kopfhaltung für Personen (vgl. Kapitel 3.15) und die Frontmitte für Fahrzeuge die 12 Uhr Stellung. Das hohe Aufkommen im 11-1 Uhr Bereich für den Geschädigten ist durch die hohe Fahrradbeteiligung begründet. Der größere Anteil der Stoßrichtung von rechts gegenüber der von links beim Versicherungsnehmer erklärt sich bei Aufteilung in die Untertypen: Der Anteil des Kreuzen-Unfall von rechts ist doppelt so hoch wie der von links (vgl. Tabelle 48).

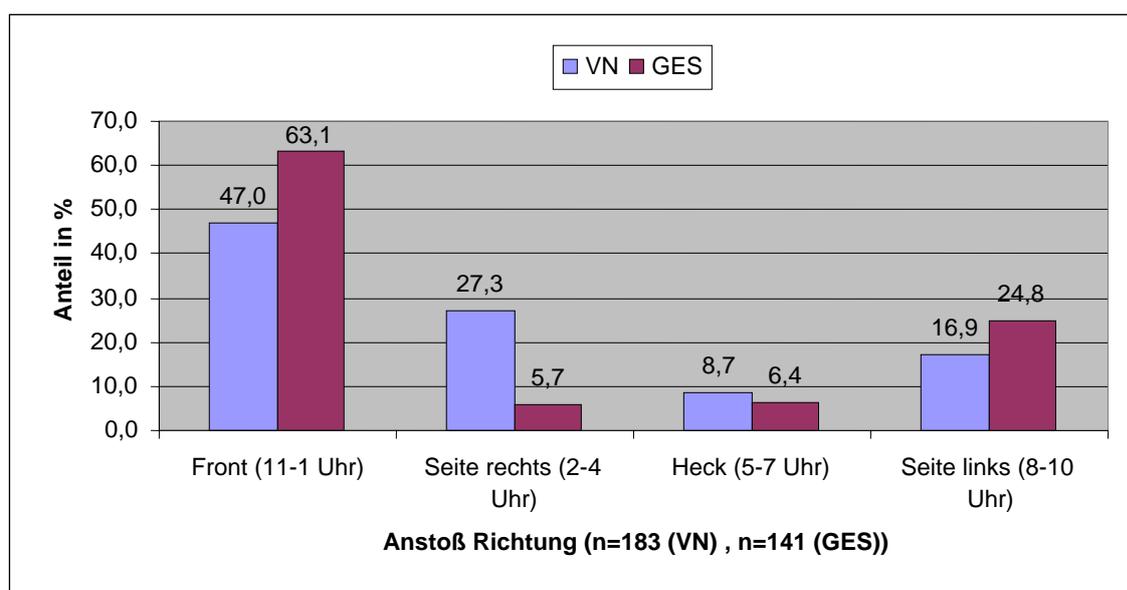


Abbildung 89: SFR-relevante Unfälle nach Anstoß-Richtung für VN und GES

8.2.9 Geschwindigkeit

Da bei der Geschwindigkeitseinteilung für den Fußgänger die Felder fast nie verwertbare Informationen enthielten, werden die wenigen Angaben für die zwei folgenden Diagramme nicht berücksichtigt. Dagegen gibt es eine klare Aussage zur Radfahrer-Geschwindigkeit.

Um möglichst in vielen Fällen die Geschwindigkeit zu erfassen, wurden diese zunächst in relativ große Geschwindigkeitsklassen eingeteilt (Abbildung 90). Demnach war der VN in 82% mit bis zu 50 km/h unterwegs. Die 9,5% stehender VN sind Fälle, in denen die Fahrzeugtür sorglos geöffnet wurde und der GES als Radfahrer mit dieser kollidierte oder der VN zu weit in den Kreuzungsbereich fuhr, darauf stehen blieb um sich nochmals abzusichern, ob frei ist, wobei der kreuzende GES mit dem stehenden VN-Fahrzeug zusammen stieß.

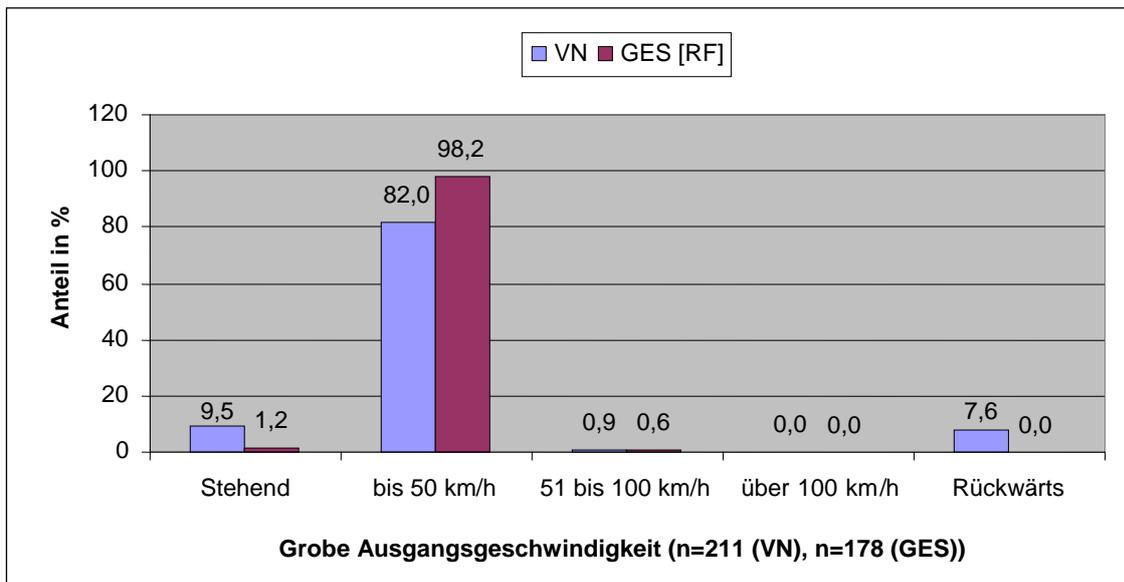


Abbildung 90: SFR-relevante Unfälle nach grober Ausgangsgeschwindigkeit

In Abbildung 91 wurden die Unfälle in Geschwindigkeitsklassen eingeteilt die im 20 km/h-Intervall gestaffelt sind. Die Fälle, in denen keine eindeutige Zuordnung aufgrund geringer Informationen möglich war, wurden nicht berücksichtigt. Zwangsläufig ergibt sich daraus der Anstieg der stehenden VN und GES. Der hohe Anteil in der Klasse bis 20 km/h resultiert aus den vielen kleineren Abbiege- und Kreuzen-Unfällen, in denen der VN langsam aus oder in eine Einmündung bzw. Kreuzung fuhr. Festzuhalten ist weiterhin, dass kein Konfliktpartner über 60 km/h schnell gefahren ist.

8.2.10 Fahrerreaktion

In diesem Kapitel wird die Brems- und Lenkreaktion von VN und GES untersucht. Da für den geschädigten Fußgänger (FG) weder für Ausweichmanöver noch für Geschwindigkeitsänderungen Angaben in den Unfallakten zu finden waren, ist davon auszugehen, dass diese ohne Reaktion ihre ursprüngliche Gehbewegung beibehalten haben. Somit wurden alle FG in die Kategorie „entfällt“ eingestuft. Damit es durch dieses einseitige Ergebnis der FG zu keiner Verzerrung kommt, wurden nur noch Radfahrer berücksichtigt (Abbildung 92).

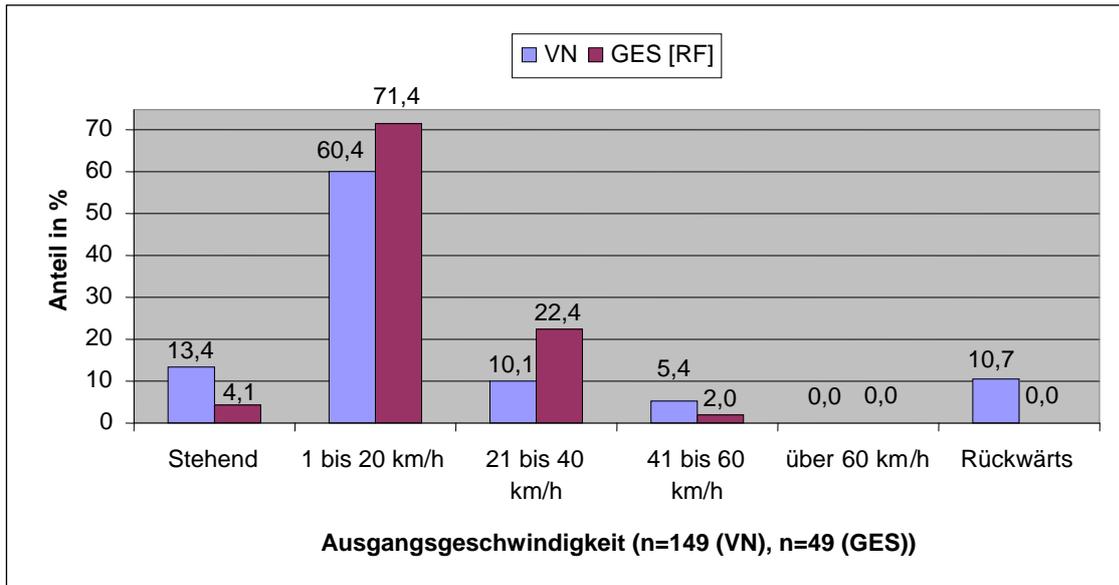


Abbildung 91: SFR-relevante Unfälle nach Ausgangsgeschwindigkeit

In 41,2% hat der VN und in 43,7% hat der RF vor der Kollision noch gebremst. Bei über der Hälfte hat weder der Radfahrer noch der VN eine Bremsung eingeleitet. Bei den 5,4% in der Kategorie „entfällt“ handelt es sich um VN-Fahrzeuge, die schon eine Zeit standen oder geparkt haben. Unter der Reaktion „andere“ sind Fälle zu verstehen, bei denen der Fahrzeugführer vom Pedal gerutscht ist oder dieses verwechselt hat.

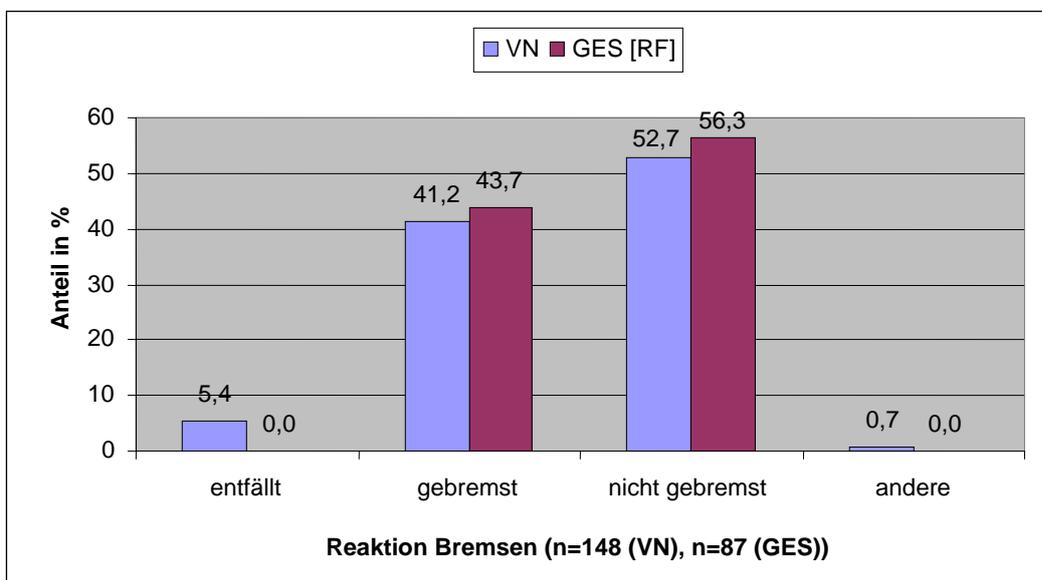


Abbildung 92: SFR-relevante Unfälle nach Bremsreaktion

Tabelle 49 zeigt die Verteilung der Lenkreaktion von VN und GES. Erkennbar ist hier die Einteilung der FG in die Kategorie „entfällt“ und die damit verbundene Verzerrung der Anteile, wenn man FG und RF gemeinsam betrachtet würden. Bei der Lenkreaktion ist auffällig, dass

dieser Anteil wesentlich geringer ist als bei der Bremsreaktion. So haben 86,3% keinen Ausweichversuch unternommen um den Unfall eventuell noch zu vermeiden. Lediglich 5,6% beim VN und 18,6% beim RF haben versucht auszuweichen. Bei den 8,2% RF, bei denen das Ausweichen erfolgreich war, sind diese aber infolge des Ausweichens gestürzt.

Reaktion Lenken	VN		GES					
	Anzahl	%	Radfahrer [RF]		Fußgänger [FG]		RF +FG	
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
entfällt	10	6,2	1	1,1	59	100,0	60	38,5
kein Ausweichversuch	139	86,3	69	71,1	0	0,0	69	44,2
vergeblicher Ausweichversuch	9	5,6	18	18,6	0	0,0	18	11,6
erfolgreicher Ausweichversuch	0	0,0	8	8,2	0	0,0	8	5,1
andere	3	1,9	1	1,0	0	0,0	1	0,6
Summe	161	100,0	97	100,0	59	100,0	156	100,0
n. e.	88		93		0		93	

Tabelle 49: SFR-relevante Unfälle nach Lenkreaktion von VN und GES

8.2.11 Unfallfolgen

Auf der Seite der VN gibt es keine Verletzten. Dies liegt zum einen an den vielen Unfällen im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und an der großen Massendifferenz zwischen den Konfliktpartnern. Zum anderen ist es nicht auszuschließen, dass der VN leicht verletzt wurde und dies nicht aus der Akte ersichtlich war, da im Haftpflichtschadenfall häufig nur regulierungsrelevante Informationen zum GES verfügbar sind. In Tabelle 50 sind die Folgen der geschädigten RF und FG dargestellt. Erwartungsgemäß erhöht sich der Anteil der schwer und leicht verletzten GES stark gegenüber allen Unfällen der ausgewerteten Akten. Dabei wurden 83,1% LV und 9,6% SV Personen ermittelt. Der geringere Anteil an Getöteten begründet sich durch die vielen Unfälle im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und dem geringen Außerorts-Anteil.

Unfallfolgen GES	Radfahrer [RF]		Fußgänger [FG]		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Getötete (Get)	1	0,5	0	0,0	1	0,4
Schwerverletzte (SV)	20	10,5	4	6,8	24	9,6
HWS-Syndrom	11	5,8	6	10,2	17	6,9
Sonst. Leichtverletzte (LV)	158	83,2	49	83,0	207	83,1
Summe	190	100,0	59	100,0	249	100,0

Tabelle 50: SFR-relevante Unfälle nach Unfallfolgen des GES

8.3 Vermeidbarkeitsbetrachtung

Ziel dieses Kapitels ist, von dem im Kapitel 6.11 dargestellten Wirkfeld eines SFR-Systems (Tabelle 23 und Abbildung 42) auf das) auf das maximal mögliche Vermeidbarkeitspotential des Schutzsystems für Fußgänger und Radfahrer zu schließen.

8.3.1 AKTIV- und AZT- Unfallkonfigurationen zu SFR

Vor der Simulation mit PC-Crash zur Klärung des Potentials zur Unfallvermeidung mit einem aktiven SFR-System wurden die relevanten Fälle in häufig auftretende Unfalluntertypen (UTYP) eingeteilt (siehe Tabelle 48). Hierbei wurden für die Einteilung folgende Unfalltypen nicht berücksichtigt:

- Der **Fahrerunfall** (UTYP 1) hat mit 0,8% den kleinsten Anteil und wurde deshalb nicht in Tabelle 48 aufgenommen.
- **Unfall durch ruhenden Verkehr** (UTYP 5) wurde trotz seines Anteils von 6 % nicht aufgenommen, da es sich hier um Situationen handelt, in denen das Fahrzeug des VN schon stand. Hierbei wurden meist Fahrzeurtüren sorglos geöffnet, mit denen der GES im weiteren Verlauf kollidierte.
- Der **Sonstige Unfall** wurde wegen des geringen Anteils (5,2 %) und der speziellen Unfallsituationen dieses Typs nicht berücksichtigt, da eine Einteilung in Unfallkonfigurationen als nicht zweckmäßig angesehen wird.

Um den Eingabeaufwand der Fälle in PC-Crash zu reduzieren, wurden die Untertypen nochmals zu SFR-Unfallkonfigurationen zusammengefasst (Tabelle 51). Die einzelnen Fälle der jeweiligen Konfigurationen unterscheiden sich in den gefahrenen Geschwindigkeiten und im geringen Maße in der Straßengeometrie und im Straßenverlauf. Durch die Einteilung ergeben sich je sieben unterschiedliche Konfliktkonstellationen für Radfahrer und Fußgänger. Hierbei wird die Zusammenfassung der Untertypen zu Sonstige (z.B. Einbiegen/Kreuzen-Sonstige) nicht berücksichtigt, da Fälle mit seltenen Unfallkonstellationen oder Fälle mit geringem Informationsgehalt vertreten sind. Mit dieser Einteilung gelang es, 74,6% aller SFR-relevanten Fälle in aussagefähigen Unfallkonfigurationen zu berücksichtigen. Anzumerken sei, dass die Einbiegen/Kreuzen Unfälle mit Verdeckung nicht aus den Unfalltypen hervorgingen, sondern durch Studium der Kurzbeschreibungen der relevanten Fälle gefunden wurden.

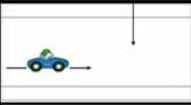
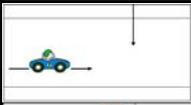
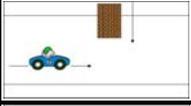
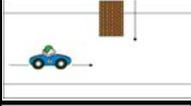
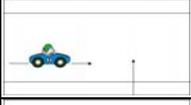
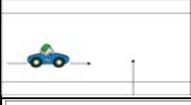
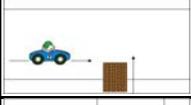
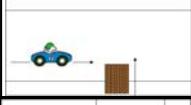
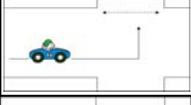
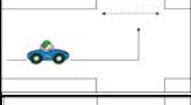
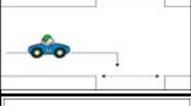
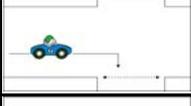
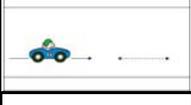
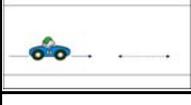
Unfallkonfigurationen	Fußgänger [FG]		Radfahrer [RF]		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Kreuzen von Links / Konfiguration 1 bzw 2	ohne Verdeckung	10 26,3		22 15,0		32 17,3
	mit Verdeckung	2 5,3		1 0,7		3 1,6
Kreuzen von Rechts / Konfiguration 3 bzw 4	ohne Verdeckung	17 44,7		43 29,3		60 32,4
	mit Verdeckung	3 7,9		11 7,5		14 7,6
Linksabbieger / Konfiguration 5	4 10,5		27 18,4		31 16,8	
Rechtsabbieger / Konfiguration 6	0 0,0		29 19,7		29 15,7	
Längsverkehr / Konfiguration 7	2 5,3		14 9,5		16 8,6	
Summe	38	100,0	147	100,0	185	100,0

Tabelle 51: Überblick über SFR-Unfallkonfiguration und ihr Aufkommen

8.3.1.1 Vergleich der AKTIV-Szenarien mit den SFR-Unfallkonfigurationen

Der Vergleich der Szenarien der Aktiv-Partner (Abbildung 93), die auf der GIDAS-Datenbank mit Unfällen von MAIS 2+ beruhen, mit den Szenarien der SFR-Unfallkonfigurationen dieser Arbeit zeigt eine gute Übereinstimmung. 84,2% der SFR-relevanten Unfälle entfallen auf die Situationen „Kreuzen eines FG von links/rechts mit/ohne Sichtverdeckung“. Bei den Aktiv-Szenarien beträgt der Anteil dieser Situationen 86,4%. Bei den RF beträgt der Anteil dieser Situationen in der vorliegenden Arbeit 52,5%, während die Aktiv-Szenarien einen Anteil von 72,7% ausweisen. Der Unterschied erklärt sich durch den Anteil von ca. 38% „Rechts-/ Linksabbieger“, der bei den Aktiv-Szenarien infolge der Systemspezifikation nicht berücksichtigt wurde (vgl. Kapitel 8.1.1).

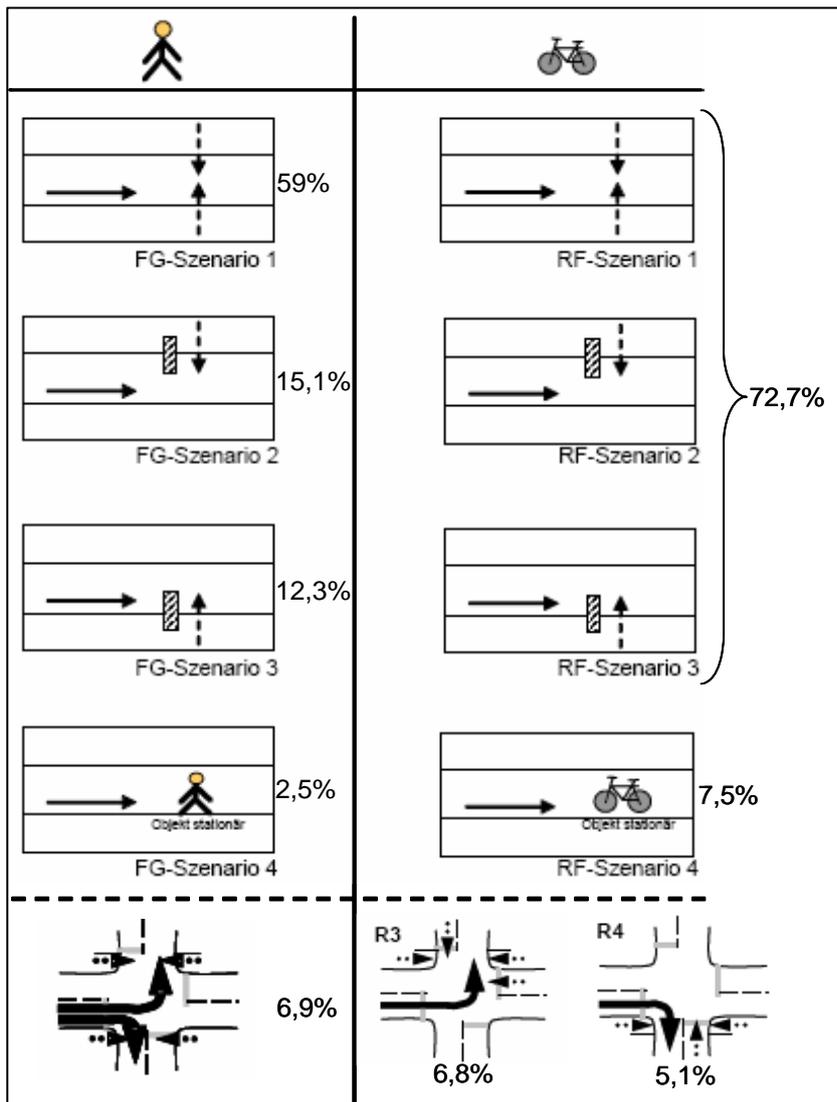


Abbildung 93: AKTIV-Szenarien zur Systemauslegung (AKTIV-SFR V1.10, S. 21, 22, 43, 46)

8.3.2 Simulation und Berechnung

In diesem Abschnitt wird mit Hilfe der Unfallrekonstruktions-Software PC-Crash zuerst der Unfall ohne ein SFR-System an Bord des VN simuliert. Dies dient einer Plausibilitätsprüfung der Unfalldaten aus der Akte und liefert durch die angewandte Methode der Rückwärtsrechnung noch fehlende Informationen zum Unfallablauf, wie z.B. die Ausgangsgeschwindigkeit.

Im Folgenden wird je eine Simulation mit Hilfe von PC-Crash beispielhaft für die verschiedenen Unfallkonfigurationen durchgerechnet. Bei der Auswahl dieser Simulationsbeispiele wurden jeweils die Fälle mit der höchsten VN-Geschwindigkeit bzw. der höchsten Relativgeschwindigkeit herangezogen. Im Falle einer Vermeidbarkeit des Unfalles führt dies zwangsläufig auch zu einer Vermeidbarkeit aller Fälle dieser Konfiguration mit niedrigeren Geschwindigkeiten.

Konnte aus der Unfallakte nur ein Bereich für die aufgetretenen Geschwindigkeitswerte entnommen werden, wurde beim VN der höhere Wert für die Simulation berücksichtigt, was einer „Worst case“-Betrachtung entspricht. Für die Geschwindigkeitsschätzung der sich meist in kreuzender Richtung bewegenden GES wurde auf Tabellen zurückgegriffen, die Geschwindigkeitsangaben für Radfahrer und Fußgänger beinhalten und über Alter oder Geschlecht aufgetragen sind (vgl. Kapitel 3.11 und 3.12). Die zur Situationsdarstellung verwendeten Abbildungen wurden in PC-Crash erstellt. Die Darstellung der einzelnen Fahrzeugpositionen erfolgte in konstanten Zeitabständen.

Grundlegende Anmerkungen zur Durchführung einer Simulation:

- Für die Simulation wird das in Kapitel 8.1.3 beschriebene SFR-Systemkonzept berücksichtigt.
- Liegen geringere TTC-Werte als im Handlungskonzept vorgesehen vor, wird die Fahrerwarnung übersprungen und das System leitet direkt eine Teilbremsung ein.
- Es wird eine Schwellzeit von 0,2s bei Bremsmanövern ohne SFR-System berücksichtigt. Bei Simulationen mit SFR-System wird davon ausgegangen, dass die Bremsanlage parallel zur 300ms dauernden Plausibilisierungsphase konditioniert wird (Anlegen der Bremsbeläge).
- Maximale Verzögerungswerte auf trockener Straße werden mit 8m/s^2 und für nasse Fahrbahnen mit 6m/s^2 angenommen [Hugemann 1, 2007].

Verwendete Nomenklatur:

t_{RS} = Reaktionszeit des Systems (Objektdetektion mit Plausibilitätsprüfung) in [s]

t_{RF} = Reaktionszeit des Fahrers in [s]

t_{TB} = Teilbremszeit in [m/s²]

t_{VB} = Vollbremszeit in [m/s²]

a_{TB} = Verzögerung für Teilbremsung in [m/s²]

a_{VB} = Verzögerung für Vollbremsung in [m/s²]

8.3.2.1 SFR-Unfallkonfiguration 1: „Kreuzen von links ohne Verdeckung“

a) Fußgänger

Exemplarisch für die Unfallkonstellation wird Fall Nr. 45801 dargestellt. Dieser weist die höchste Geschwindigkeit des VN auf, so dass alle anderen dieser Kategorie dadurch ebenfalls abgedeckt sind.

Unfallsituation:

Die VN fuhr gegen 11:00 Uhr auf einer geraden, trockenen Innerortsstraße mit 50 km/h. Plötzlich überquerte ein 6-Jähriger Junge von links die Fahrbahn. Die VN leitete eine Vollbremsung ein, kam aber nicht mehr rechtzeitig zum Stehen. Hierbei wurde der Junge im Bereich des linken Scheinwerfers erfasst, welcher dadurch zerbrach. Der angefahrene Junge wurde leicht verletzt. Das VN-Fahrzeug hinterließ eine Bremsspur von ca. 10 m (Abbildung 94).

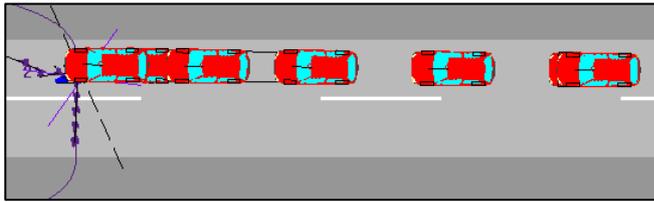


Abbildung 94: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von links ohne Verdeckung“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsberechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff:

Der GES befindet sich bereits während der Objekterkennung vor $TTC = 1,8$ s im Sensorkegel, was zu keiner verspäteten Detektion bzw. Plausibilisierung führt. Da der Fahrer nicht reagiert, greift das System bei $TTC = 1,2$ s, mit einer Teilbremsung ein. Es folgt eine Vollbremsung bis zum Stillstand. Das Fahrzeug erfasst den Fußgänger $1,9$ s nach Beginn der Teilbremsung mit 4 km/h (Abbildung 95). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; \quad t_{TB} = 0,5 \text{ s}; \quad t_{VB} = 1,55 \text{ s bis Stillstand}; \quad a_{TB} = 3 \text{ m/s}^2; \quad a_{VB} = 8 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist nicht vermeidbar

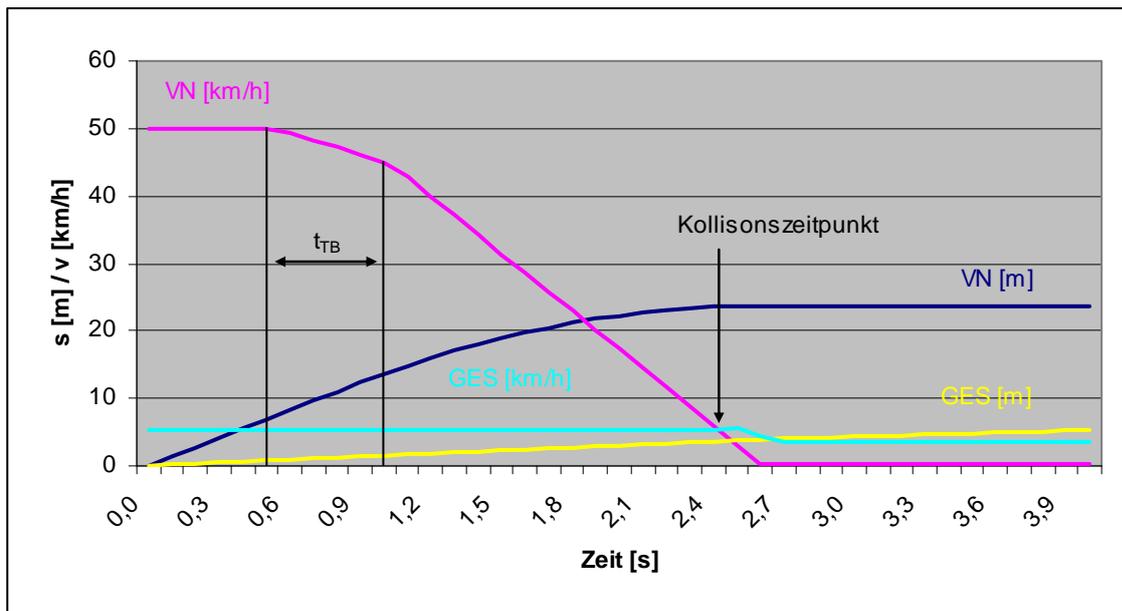


Abbildung 95: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45801 mit SFR ohne Fahrereingriff

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion mit Fahrereingriff:

Der GES befindet sich bereits während der Objekterkennung vor $TTC = 1,8$ s im Sensorkegel, was zu keiner verspäteten Detektion bzw. Plausibilisierung führt. Das System warnt den Fahrer bei $TTC = 1,8$ s, wobei der Fahrer hier eingreift (vgl. das „3-stufige Handlungskonzept“ in Kapitel 8.1.3). Es folgt eine Vollbremsung bis in den Stillstand (Abbildung 96). Das Fahrzeug bleibt $4,2$ m vor dem ursprünglichen Kollisionspunkt stehen. Zugrunde gelegte Werte:

$t_{RS} = 0,3 \text{ s}$; $t_{RF} = 0,6 \text{ s}$; $t_{VB} = 1,8 \text{ s}$ bis Stillstand; $a_{VB} = 8 \text{ m/s}^2$

→ Unfall ist vermeidbar

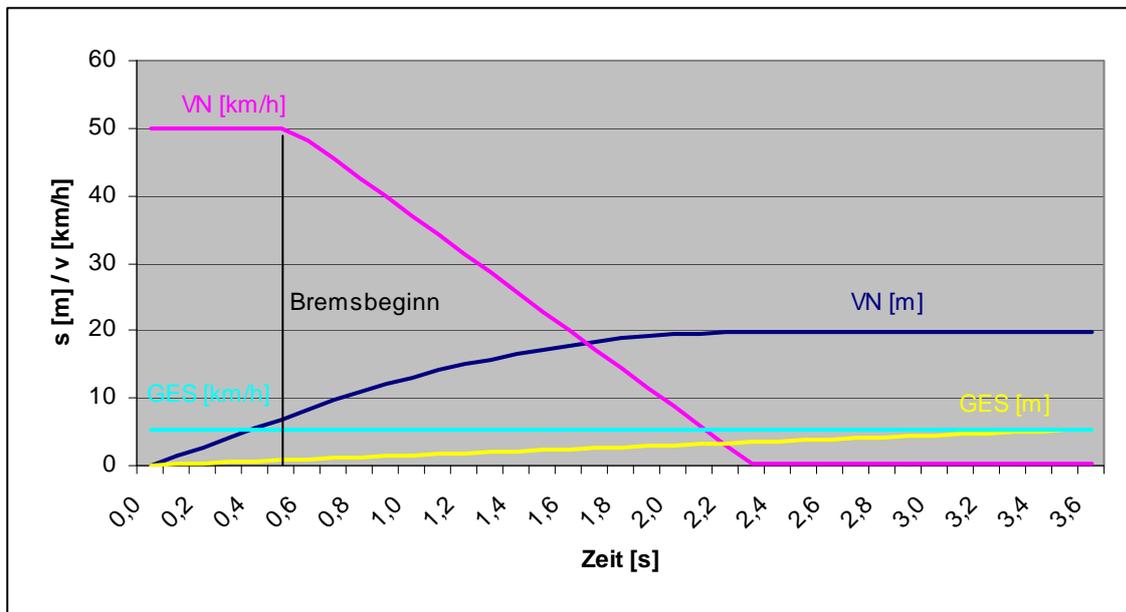


Abbildung 96: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45801 mit SFR und Fahrereingriff

b) Radfahrer

Der Fall Nr. 46107 weist hier die höchste Geschwindigkeit des VN auf. Da diese aber über der Systemgrenze von 50 km/h liegt (vgl. Geschwindigkeitsbereich 5-50km/h im Kapitel 8.1.3), wird dieser Fall nicht mit PC-Crash untersucht.

Exemplarisch für die Unfallkonstellation wird der Fall Nr. 45103 dargestellt. Dieser weist die höchste Geschwindigkeit des VN innerhalb der Systemgrenzen auf, welche aber nicht der Obergrenze von 50 km/h entspricht. Die Geschwindigkeit des Radfahrers (GES) wurde mit $V_{GES}=21\text{km/h}$ angenommen (vgl. hierzu Abbildung 6 in Kapitel 3.12).

Unfallsituation:

Der VN fuhr bei Tageslicht in einer 30km/h-Zone auf nasser Fahrbahn und kollidierte mit den an einer Einmündung von links kommenden Radfahrer (Abbildung 97). Der VN nahm dem GES (Radfahrer) die Vorfahrt und fuhr nach Zeugenaussage schneller als erlaubt, mit angenommenen $V_{VN}\approx 35\text{km/h}$. Er reduzierte bei der Annäherung an den Knotenpunkt die Geschwindigkeit und leitete eine Vollbremsung ein, als er den GES bemerkte.

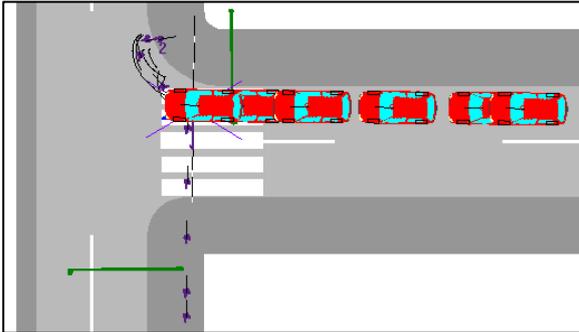


Abbildung 97: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von links ohne Verdeckung“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsrechnung für GES mit $V_{GES}=21\text{ km/h}$:

Der GES ist zu keiner Zeit im Sensorkegel (Abbildung 98) was dazu führt, dass der Unfall genau den gleichen Ablauf hat wie ohne SFR. So bremst der VN vorerst leicht ab und geht, als er den GES bemerkt, in eine Vollbremsung über. Der VN erfasst den GES mit 16 km/h (Abbildung 99). Zugrunde gelegte Werte:

$t_{TB} = 0,6\text{ s}$ (inkl. Schwellzeit); $t_{VB} = 1,3\text{ s}$ bis Stillstand; $a_{TB} = 4,5\text{ m/s}^2$; $a_{VB} = 6\text{ m/s}^2$

→ Unfall ist bei dieser Geschwindigkeit nicht vermeidbar

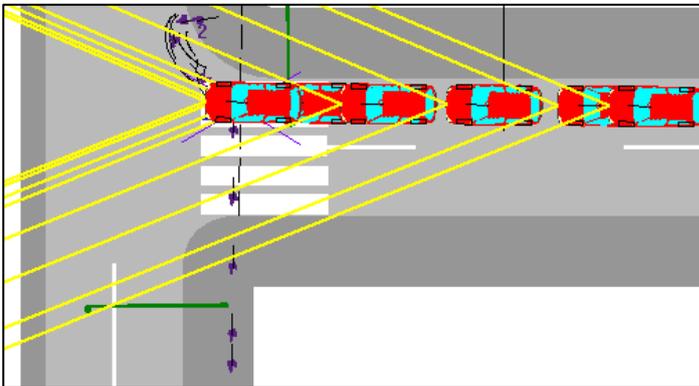


Abbildung 98: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von links ohne Verdeckung“ in PC-Crash, mit schematisch dargestellten Sensorkegel

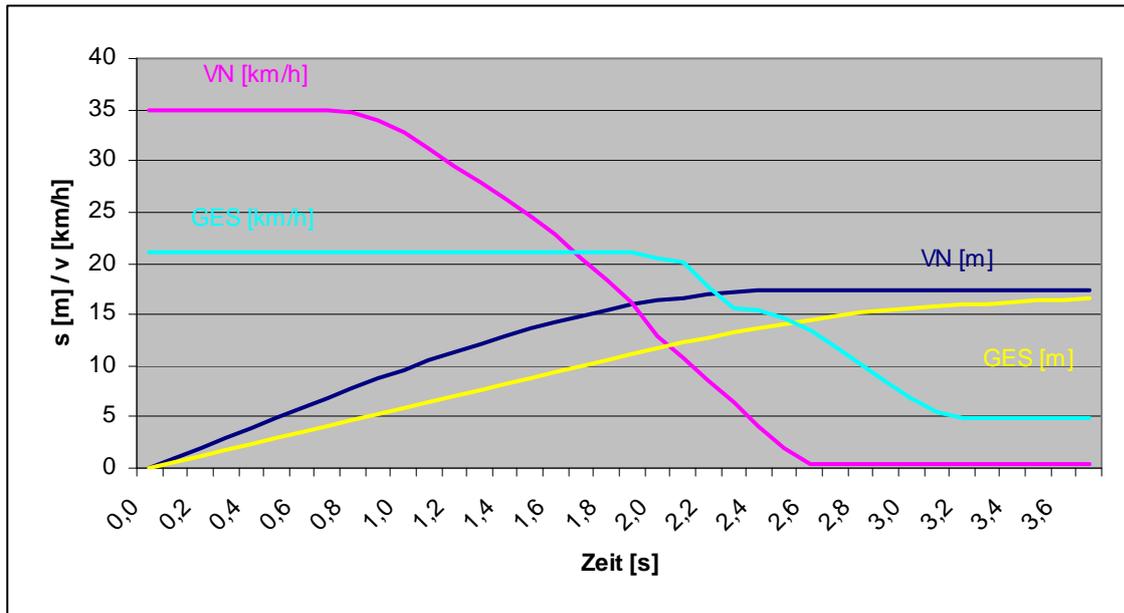


Abbildung 99: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45103 mit SFR und „mittlerer“ Geschwindigkeit des GES

Nachfolgend wird untersucht, ob der Unfall hätte vermieden werden können, wenn der GES nicht mit der geschätzten Geschwindigkeit $V_{VN}=21\text{km/h}$ gefahren wäre. Es werden der Kollisionsort, der Anstoßbereich am Fahrzeug und die für den VN zugrunde gelegten Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte beibehalten. Für den GES ist die am niedrigsten mögliche Geschwindigkeit angesetzt worden, die aus Abbildung 7 (Kapitel 3.12) mit $V_{VN}\approx 13\text{km/h}$ entnommen wird. Der Startpunkt wurde so verschoben, dass der gleiche Kollisionsort erreicht wird.

Vermeidbarkeitsrechnung für GES mit $V_{GES}=13\text{km/h}$:

Unter dieser nachgestellten Konstellation bewegt sich der GES im Grenzbereich des Sensorkegels. So reagiert das System dem Handlungsplan entsprechend mit einer Teilbremsung und geht danach zu einer Vollbremsung über. Das Fahrzeug kommt ohne Fahrereingriff 1,4 m vor dem Kollisionspunkt zum Stehen (Abbildung 100). Daraus ergibt sich eine Unfallvermeidung ohne Fahrereingriff, was bedeutet, dass der Unfall mit Fahrerreaktion auch vermeidbar gewesen wäre. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; \quad t_{TB} = 0,5 \text{ s}; \quad t_{VB} = 1,35 \text{ s bis Stillstand}; \quad a_{TB} = 3 \text{ m/s}^2; \quad a_{VB} = 6 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist bei „minimaler“ Geschwindigkeit $V_{VN}=13\text{km/h}$ vermeidbar

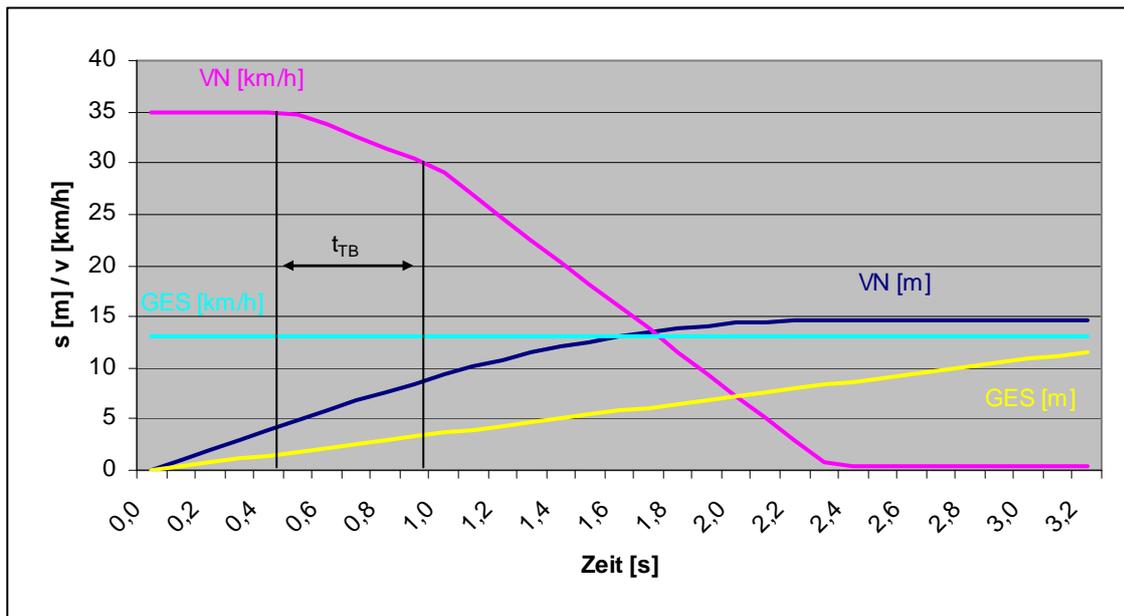


Abbildung 100: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45103 mit SFR und „minimaler“ Geschwindigkeit $V_{VN}=13\text{km/h}$ des GES

8.3.2.2 SFR-Unfallkonfiguration 2: „Kreuzen von links mit Verdeckung“

a) Fußgänger

Exemplarisch für die Unfallkonstellation wird Fall Nr. 45226 betrachtet. Dieser weist die höchste Geschwindigkeit des VN auf, was hier aber nicht der oberen Systemgrenze von 50 km/h entspricht. So kann für diese Konfiguration nur eine Aussage für die vorliegende Geschwindigkeit getroffen werden.

Unfallsituation:

Der VN fuhr auf einer trockenen Innerortsstraße in einer 30er-Zone, als die GES hinter dem Bus, aus dem sie gerade gestiegen war, von links schnell über die Straße ging. Dem VN war durch den Schulbus (keine Warnblinkanlage und Kennzeichnung als Schulbus) die Sicht versperrt, wodurch er trotz Bremsung nicht zum Stehen kommen konnte (Abbildung 101). Aufgrund der Länge der Bremsspur sowie der Zeugenaussagen ist davon auszugehen, dass sich der VN an die geltende zul. Höchstgeschwindigkeit (30km/h) hielt.

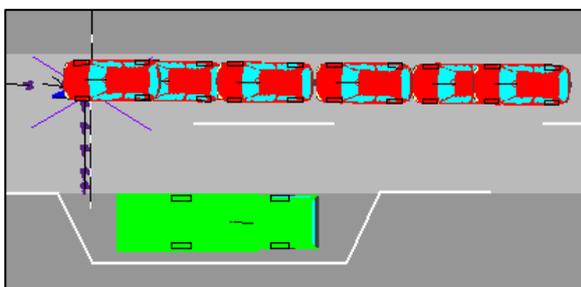


Abbildung 101: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von links mit Verdeckung“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff:

Die GES war bei $TTC=1,2s$ etwa mittig auf dem linken Fahrstreifen und konnte vom SFR-System klar detektiert werden. Das System arbeitet entsprechend dem Handlungsplan und greift zuerst mit einer Teilbremsung und anschließend mit einer Vollbremsung in den Fahrtablauf ein. Dadurch bleibt das Fahrzeug 3,3m vor dem ursprünglichen Kollisionsort stehen (Abbildung 102), d.h. der Unfall kann ohne Fahrereingriff vermieden werden. Somit hätte der Unfall auch mit einem Fahrereingriff nach der Systemwarnung bei $TTC=1,8s$ vermieden werden können. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; t_{TB} = 0,5 \text{ s}; t_{VB} = 0,95 \text{ s bis Stillstand}; a_{TB} = 3 \text{ m/s}^2; a_{VB} = 8 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist vermeidbar

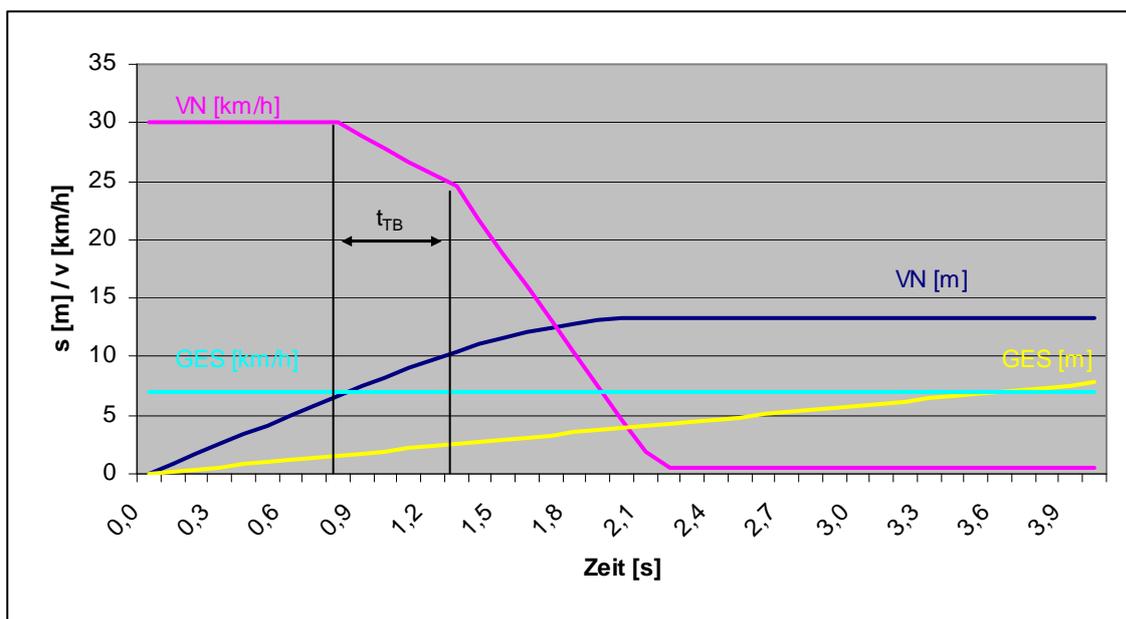


Abbildung 102: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45226 mit SFR ohne Fahrereingriff

b) Radfahrer

Diese Konfiguration wird nicht weiter untersucht, da es sich bei der SFR-Unfallkonfiguration 1 für RF (Kreuzen von links ohne Verdeckung) gezeigt hat, dass eine Vermeidbarkeit nur unter der Voraussetzung einer minimalen Geschwindigkeit ($V_{GES} \approx 13 \text{ km/h}$) realisierbar wäre. Der GES müsste sehr langsam fahren, um sich im Sensorbereich zu befinden (vgl. Abbildung 98). Mit der Verdeckung verschärft sich die Gefahrensituation, wodurch auch die Anforderungen an das System größer werden. Wenn überhaupt, ist dem SFR-System für diese Unfallkonstellation nur ein geringes Wirkpotential zuzusprechen.

8.3.2.3 SFR-Unfallkonfiguration 3: „Kreuzen von rechts ohne Verdeckung“

a) Fußgänger

Der Fall Nr. 45982 weist mit 60 km/h die höchste VN-Geschwindigkeit auf. Da diese aber außerhalb des Systembereiches liegt, wird exemplarisch für die vorliegende Unfallkonstellation

der Fall 46346 untersucht. Dieser Fall ist derjenige mit der höchsten, in den Schadenakten zu findenden und noch im SFR-Funktionsbereich liegenden Geschwindigkeit. Damit sind alle anderen Unfälle dieser Kategorie ebenfalls abgedeckt.

Unfallsituation:

VN fuhr auf einer nassen Fahrbahn mit 50 km/h auf einen Kreuzungsbereich zu. Sobald der VN den querenden Fußgänger (GES) sah, bremste der VN stark ab. Den folgenden Zusammenstoß mit dem querenden GES konnte der VN aber nicht verhindern. Das Fahrzeug hinterließ eine Bremsspur von 11 m bis zum Kollisionsort, welcher sich auf einem Fußgängerüberweg befand (Abbildung 103).

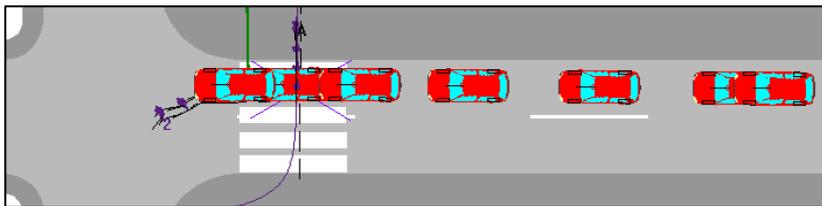


Abbildung 103: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff:

Der GES war bei $TTC=1,2s$ etwa 0,5m vom rechten Fahrbahnrand entfernt und konnte davor klar als potentielle Gefahr detektiert werden. Da hier kein Fahrereingriff berücksichtigt ist, greift das System laut Handlungsplan in die Fahrdynamik ein. Der GES wird noch mit der linken Fahrzeugecke und 20,5km/h erfasst (Abbildung 104). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; \quad t_{TB} = 0,5 \text{ s}; \quad t_{VB} = 2,0 \text{ s bis Stillstand}; \quad a_{TB} = 3 \text{ m/s}^2; \quad a_{VB} = 6 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist nicht vermeidbar

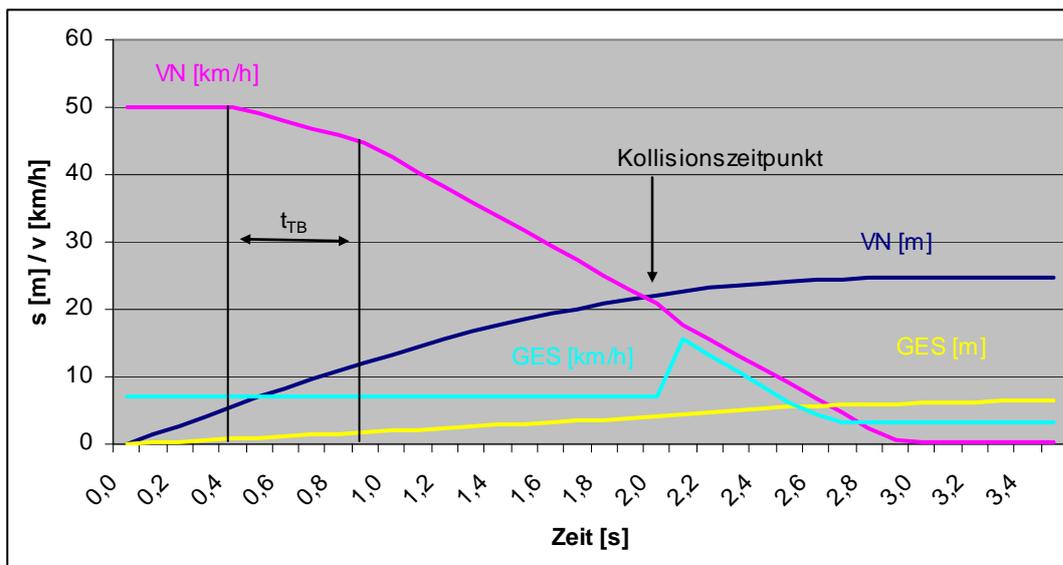


Abbildung 104: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 46346 mit SFR ohne Fahrereingriff

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion mit Fahrereingriff:

Bei dieser Betrachtung greift der Fahrer selbst ein, was dazu führt, dass die Teilbremszeit für eine Vollbremsung mit zur Verfügung steht. Der Fahrer bremst nach der Warnung (bei $TTC=1,8s$) selbst bis zum Fahrzeugstillstand ab, wobei die Bremsanlage noch während der Plausibilisierungsphase (t_{RS}) konditioniert wird. Hierbei kann der Unfall zeitlich (FG ist bereits aus dem Kollisionsbereich) und räumlich (Fahrzeug blieb 0,75m vor dem Kollisionsort stehen) vermieden werden (Abbildung 105). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; t_{RF} = 0,6 \text{ s}; t_{VB} = 2,3 \text{ s bis Stillstand}; a_{VB} = 6 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist vermeidbar

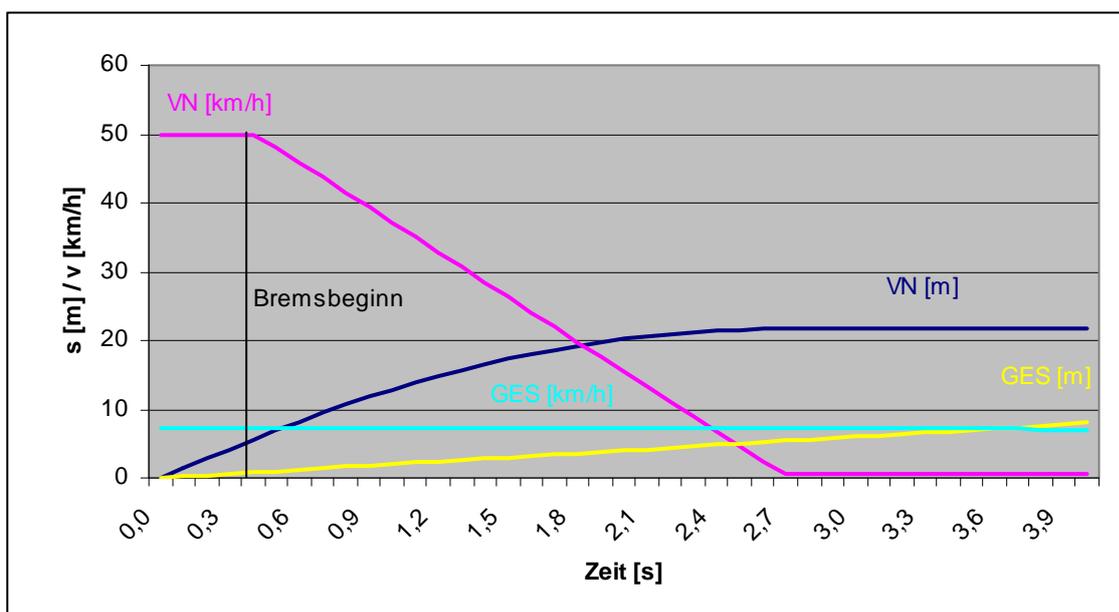


Abbildung 105: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 46346 mit SFR, nasser Fahrbahnoberfläche und Fahrereingriff

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff auf trockener Fahrbahn:

Hier wird die Situation ohne Fahrereingriff, dafür aber bei trockener Fahrbahnoberfläche, dargestellt. Die Unfallkonfiguration ist somit bis auf den ursprünglich nassen Fahrbahnzustand identisch mit der vorherigen. Daraus folgt auch ein identisches Systemverhalten. Bei $TTC=1,2s$ wird eine Teilbremsung und bei $TTC=0,7s$ eine Vollbremsung ausgelöst. Dadurch kommt das VN-Fahrzeug 0,5 m vor dem Kollisionsort zum Stehen und der GES hat bereits den Kollisionsbereich verlassen (Abbildung 106). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; t_{TB} = 0,5 \text{ s}; t_{VB} = 2,0 \text{ s bis Stillstand}; a_{TB} = 3 \text{ m/s}^2; a_{VB} = 8 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist vermeidbar

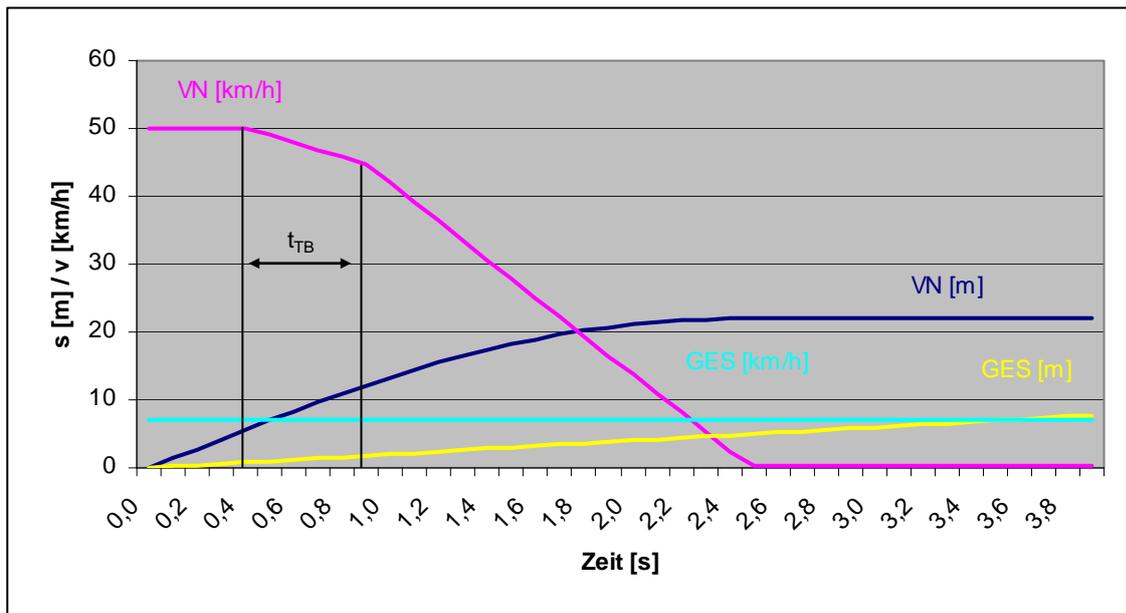


Abbildung 106: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 46346 mit SFR, trockener Fahrbahn und ohne Fahrereingriff

b) Radfahrer

Der Fall Nr. 45546 ist der mit der höchsten Geschwindigkeit, wird aber aufgrund des aus dem Stand beschleunigenden GES als Sonderfall angesehen. Deswegen wird Fall Nr. 47001 zusätzlich behandelt. Aus der Betrachtung beider Fälle wird deutlich, welchen Einfluss die Geschwindigkeit des RF auf die Unfallvermeidung hat, was schon bei der „SFR-Unfallkonfiguration 1“ (Kapitel 8.3.2.1) entscheidend war. Im nachfolgenden werden die Fälle kurz beschrieben.

Unfallsituation Fall Nr. 45546 (Sonderfall):

Der VN fuhr bei Tageslicht auf einer trockenen, geraden Straße, laut Polizeibericht mit 38 km/h. Der GES, ein 12-jähriger Junge, stand am rechten Straßenrand, bevor er anfuhr, um die Straße zu überqueren. Trotz Bremsung konnte der VN den Zusammenstoß nicht verhindern und erfasste den GES (Abbildung 107).

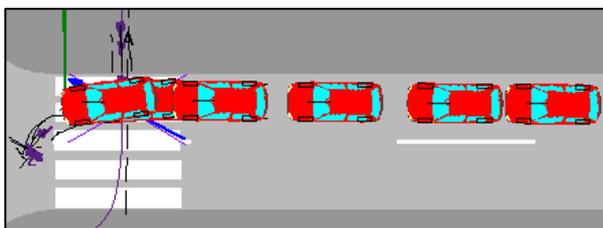


Abbildung 107: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall Nr. 45546

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff:

Der stehende GES ist vor $TTC=1,8s$ detektierbar. Da sich dieser aber nicht in Richtung Fahrbahn bewegt, geht von ihm noch keine Gefahr aus, wodurch auch keine Warnung erfolgt. 0,4s vor $TTC=1,2s$ beginnt der GES zu beschleunigen. Nach 0,2s wird dieser vom System erstmalig als potentiell Kollisionsobjekt erfasst. Nach der Plausibilitätsprüfung werden eine Teilbremsung und dem Handlungsplan folgend eine Vollbremsung eingeleitet. Dadurch ist der Unfall zeitlich (RF ist bereits außerhalb des Kollisionsbereiches) und räumlich (Fahrzeug bleibt 1,3 m vor Kollisionsort stehen) vermeidbar (Abbildung 108). Zugrunde gelegte Werte:

$t_{RS} = 0,3 s$; $t_{TB} = 0,5 s$; $t_{VB} = 1,2 s$ bis Stillstand; $a_{TB} = 3 m/s^2$; $a_{VB} = 8 m/s^2$

→ Unfall ist vermeidbar

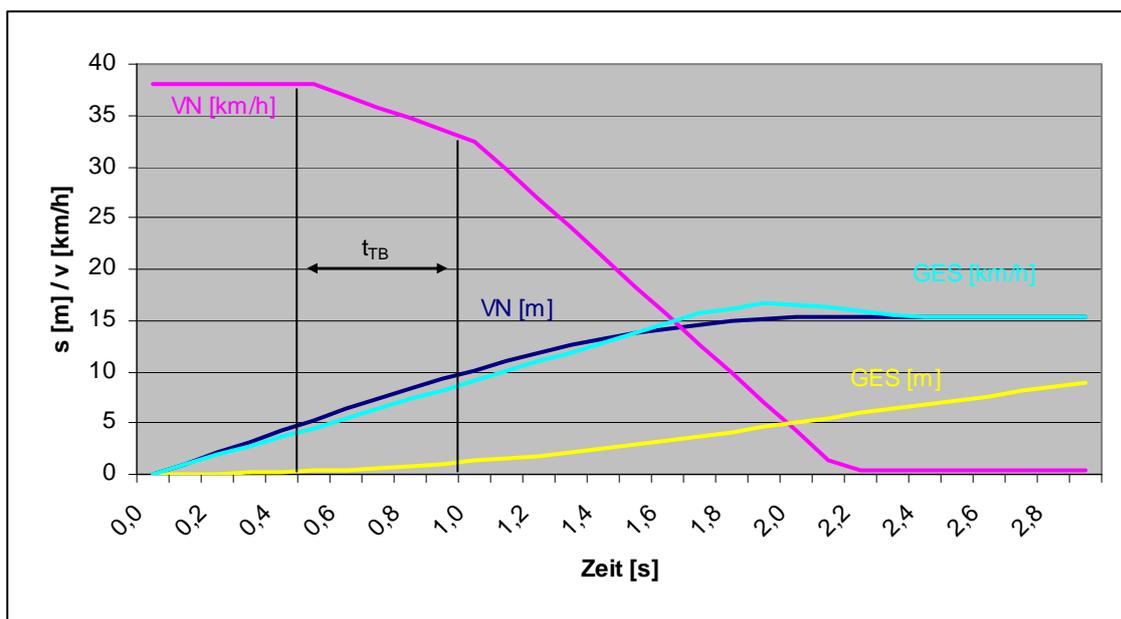


Abbildung 108: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45546 mit SFR ohne Fahrereingriff

Unfallsituation Fall Nr. 47001:

Der VN fuhr gegen 12:00 Uhr bei trockenen Straßenverhältnissen aus der Einfahrt eines Autohauses. Beim Einfahren schaute er nach links und übersah dabei den auf dem Radweg in falscher Richtung fahrenden GES. Der GES wurde frontal von der rechten Fahrzeugecke erfasst, wobei das Fahrrad auf der Fahrbahn zum liegen kam. Das Fahrzeug stand nach der Kollision mit der Front vollständig auf dem Radweg (Abbildung 109).

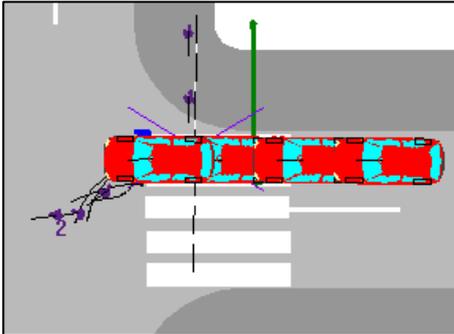


Abbildung 109: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall 47001

Vermeidbarkeitsrechnung für GES mit $V_{GES}=18\text{km/h}$:

Nach Abbildung 7 (siehe Kapitel 3.12) kann als realistische mittlere Geschwindigkeit für Radfahrende Frauen ein Wert von $V_{GES}\approx 18\text{km/h}$ angenommen werden (Schätzwert). Der GES befindet sich zu keiner Zeit im Erfassungsbereich des Sensors (vgl. Abbildung 110) was dazu führt, dass der Unfall genau den gleichen Ablauf hat wie ohne Einsatz eines SFR-Systems. Der VN kollidiert mit dem GES und bremst erst nach dem Zusammenstoß.

→ Unfall ist bei der Geschwindigkeit $V_{GES}=18\text{km/h}$ nicht vermeidbar

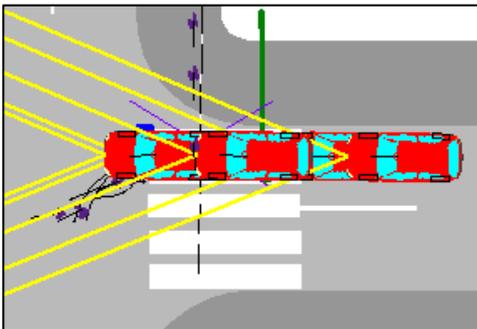


Abbildung 110: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall Nr. 47001, mit Sensorkegel, für mittlere Geschwindigkeit des GES

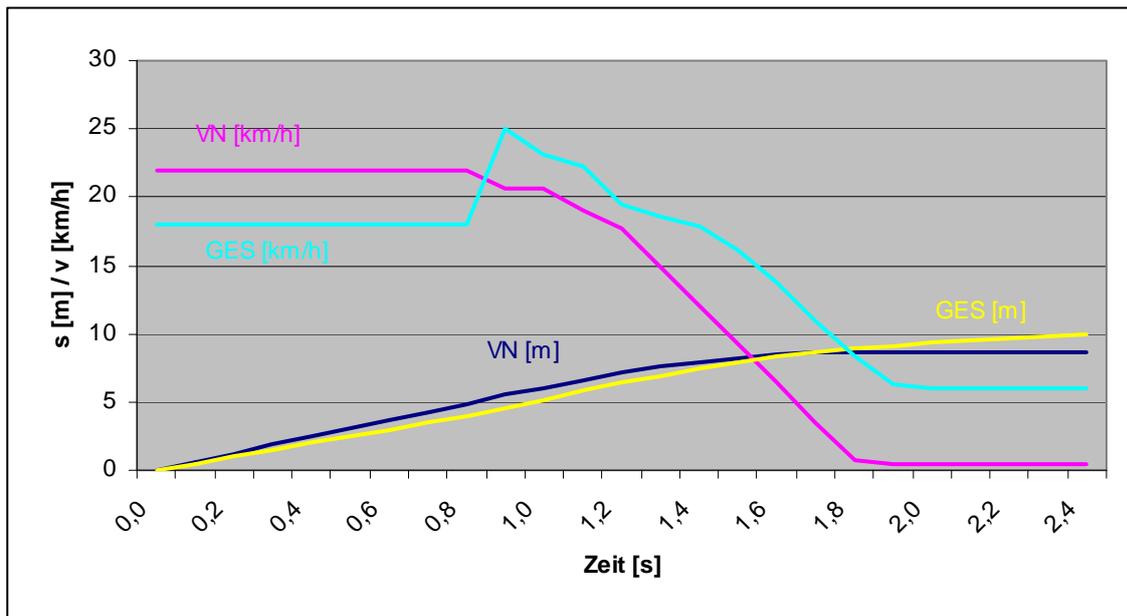


Abbildung 111: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 47001 mit SFR und geschätzter mittlerer Geschwindigkeit des GES

Nachfolgend wird dieselbe Konfliktkonstellation mit einer angenommenen, geringen Fahrradgeschwindigkeit $V_{GES} \approx 13 \text{ km/h}$ (Schätzwert nach Abbildung 7) untersucht. Hierbei wurden der Kollisionsort, der Anstoßbereich am Fahrzeug und die VN-Eckdaten beibehalten. Der Startpunkt der Simulationsrechnung wurde so verändert, dass der gleiche Kollisionsort erreicht wird.

Vermeidbarkeitsrechnung für GES mit $V_{GES} = 13 \text{ km/h}$:

Bei dieser nachgestellten Konstellation bewegt sich der GES mit $V_{GES} = 13 \text{ km/h}$. Der GES fährt im vorliegenden Fall zu keiner Zeit in den Erfassungsbereich des Sensors (vgl. Abbildung 112 und Abbildung 113).

→ Unfall ist bei der Geschwindigkeit $V_{GES} = 13 \text{ km/h}$ nicht vermeidbar

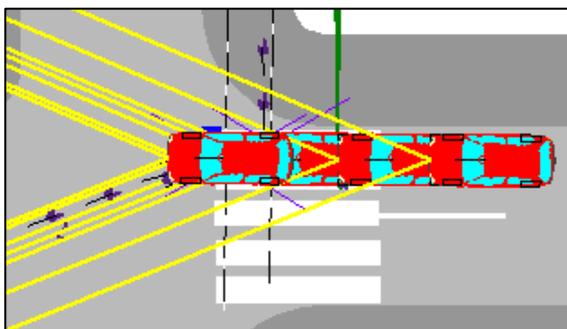


Abbildung 112: Situationsdarstellung „Kreuzender RF von rechts ohne Verdeckung“ in PC-Crash, Fall Nr. 47001, mit Sensorkegel, für minimale Geschwindigkeit des GES

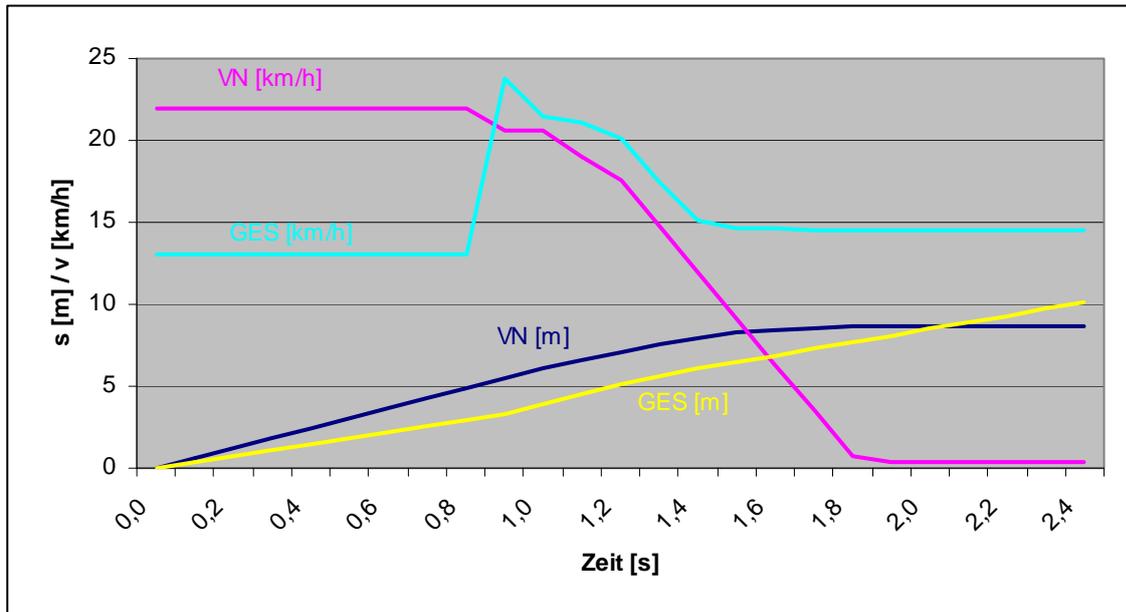


Abbildung 113: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 47001 mit SFR und minimaler Geschwindigkeit des GES

8.3.2.4 SFR-Unfallkonfiguration 4: „Kreuzen von rechts mit Verdeckung“

a) Fußgänger

Exemplarisch wird für diese Unfallkonfiguration Fall Nr. 45622 untersucht. Die aus der Schadenakte ersichtliche Geschwindigkeit der geschädigten Unfallgegnerin liegt im Geschwindigkeitsbereich der SFR-Funktion.

Unfallsituation:

Der VN fuhr bei Tageslicht auf nasser Straße mit max. 40km/h an einem Bus vorbei. Dabei trat plötzlich ein 11-jähriges Mädchen auf die Straße und wollte vor dem Bus über die Fahrbahn gehen. Aufgrund der Verdeckung erkannte der VN die GES zu spät. Trotz Bremsung konnte der Unfall durch den VN nicht vermieden werden (Abbildung 114).

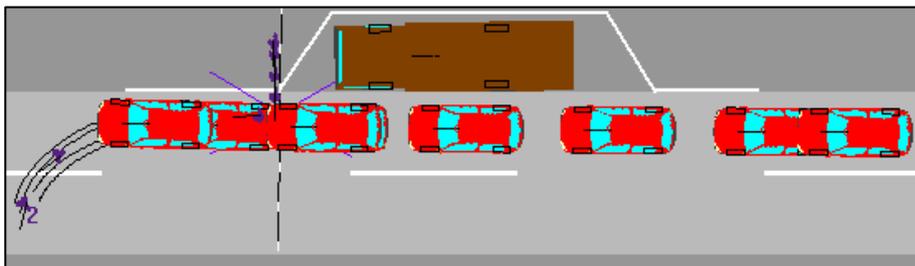


Abbildung 114: Situationsdarstellung „Kreuzender FG von rechts mit Verdeckung“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff auf nasser Fahrbahn:

Bei $TTC=0,83s$ tritt die GES erstmalig in den Erfassungsbereich des Sensors. Das System initiiert innerhalb der folgenden Plausibilisierungsphase das Vorkonditionieren der Bremsanlage. Durch die späte Erfassung springt das System im Handlungsplan sofort in die 3. Stufe und löst eine Vollbremsung aus (vgl. Kapitel 8.1.3). Die GES wird mit $25km/h$ erfasst (Abbildung 115), was aber gegenüber der Ausgangsgeschwindigkeit eine Reduktion um $\Delta V \approx -14km/h$ bedeutet. Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; \quad t_{VB} = 1,8 \text{ s bis Stillstand}; \quad a_{VB} = 6 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist nicht vermeidbar

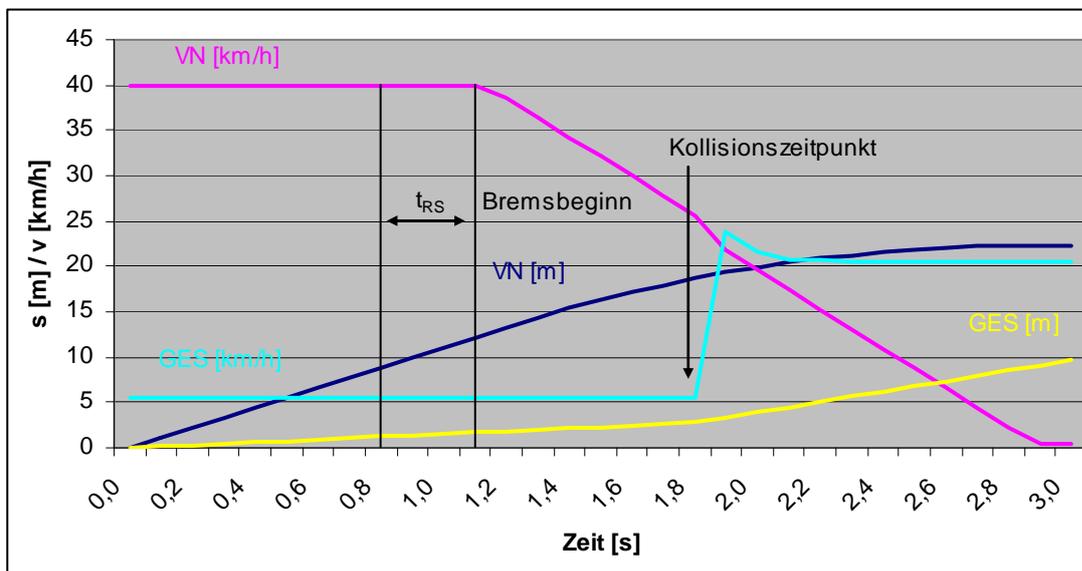


Abbildung 115: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45622 mit SFR ohne Fahrereingriff, nasse Fahrbahnoberfläche

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff auf trockener Fahrbahn:

Hier wurde untersucht, welche Auswirkung die Straßenverhältnisse auf den vorangegangenen Fall haben. Es wurde der Verzögerungswert auf die Werte bei trockener Fahrbahn angepasst; die restliche Unfallkonstellation bleibt identisch zur vorherigen. Durch die höheren Kraftschlusswerte kann die Kollisionsgeschwindigkeit auf $V_{Koll}=19km/h$ reduziert werden (Abbildung 116). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; \quad t_{VB} = 1,2 \text{ s bis Stillstand}; \quad a_{VB} = 8 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist nicht vermeidbar

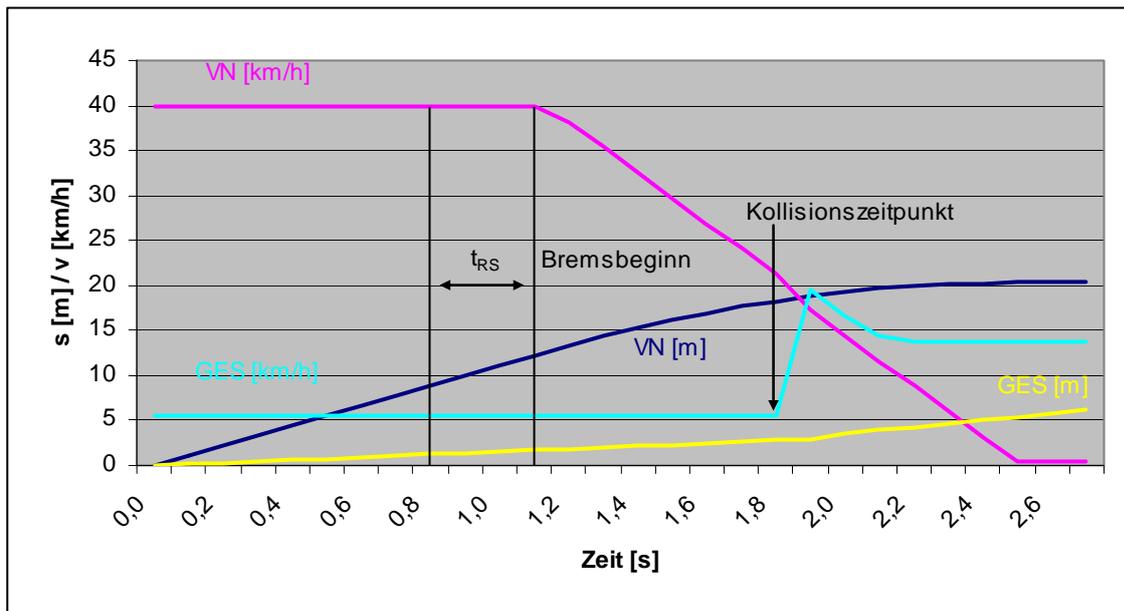


Abbildung 116: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45622 mit SFR ohne Fahrereingriff, trockene Fahrbahn

Eine Betrachtung mit einer zusätzlichen Fahrerreaktion bringt für diese Unfallkonfiguration keine Vorteile, da sich die Bremszeit um die Reaktionszeit des Fahrers verlängern würde. Hieraus entstünden höhere Kollisionsgeschwindigkeiten, die zweifellos negative Unfallfolgen für den ungeschützten Konfliktpartner zur Folge hätten. Dies begründet, warum die Unfallkonstellation mit Fahrereingriff nicht weiter betrachtet wird.

b) Radfahrer

Diese Konfiguration wird nicht weiter untersucht, da es sich bei der „SFR-Unfallkonfiguration 3“ für RF („Kreuzen von rechts ohne Verdeckung“) gezeigt hat, dass eine Vermeidbarkeit nicht sehr wahrscheinlich oder nur unter gewissen Voraussetzungen realisierbar ist. So muss der GES sehr langsam fahren, um in den Erfassungsbereich des Sensors zu gelangen. Mit der Verdeckung verschärft sich die Gefahrensituation, wodurch sich auch die Anforderungen an das SFR-System erhöhen. Daher ist für diese Unfallkonstellation durch den Einsatz des SFR-Systems, wenn überhaupt, ein nur geringes Wirkpotential zu erwarten.

8.3.2.5 SFR-Unfallkonfiguration 5 und 6: „Links- und Rechtsabbieger“

Auf eine Betrachtung dieser SFR-Konfigurationen wurde verzichtet. Die folgenden Ausführungen begründen, warum eine Untersuchung nicht zweckmäßig ist.

Wie schon erwähnt, haben die Aktiv-Partner bei ihren Ziel-Szenarien keine Abbiege-Unfälle berücksichtigt (vgl. Kapitel 8.3.1.1). Das System wurde auf Geradeausfahrt ausgelegt, was den relativ geringen Öffnungswinkel der Sensorik begründet. Dadurch kann keine eindeutige Sensierung für die „SFR-Unfallkonfiguration 5“ und „SFR-Unfallkonfiguration 6“ erfolgen. Bereits „Unfallkonfiguration 1“ und „Unfallkonfiguration 3“ zeigen Probleme bei der Erfassung von

Radfahrern. Käme zu einem kreuzenden Radfahrer noch ein Abbiegevorgang hinzu, wäre dies mit Sicherheit eine der Unfallkonstellationen mit höchsten Anforderungen an ein SFR-System.

Abbildung 117 zeigt eine konstruierte Unfallkonstellation, bei der ein abbiegendes Fahrzeug mit einem Fußgänger kollidiert. Der Fußgänger befindet sich zu keiner Zeit im Erfassungsbereich des Sensors, wodurch auch keine Unfall vermeidende Systemreaktion möglich ist. Kreuzt der GES die Straße vom gegenüber liegenden Gehweg aus, kann wegen des schnell schwenkenden Sensorkegels keine sichere Objekterkennung erfolgen. Hierzu müsste sich der GES im Sensorbereich möglichst lange mit bewegen und das Fahrzeug, bevor der GES den Bereich verlässt, zum Stehen kommen.

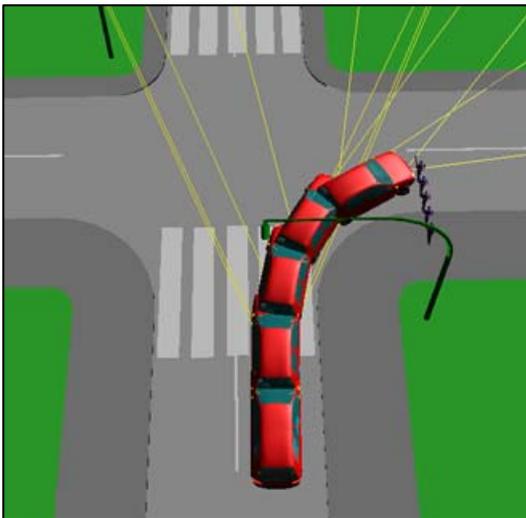


Abbildung 117: Situationsdarstellung eines Abbiege-Unfall in PC-Crash

8.3.2.6 SFR-Unfallkonfiguration 7: „Längsverkehr“

a) Fußgänger

Exemplarisch wird für diese Konstellation Fall Nr. 45783 untersucht. Dieser weist die höchste Geschwindigkeit des VN auf, welche aber nicht das Maximum des Funktionsbereiches darstellt. So kann für diese Unfallkonfiguration nur eine Aussage bis zur betrachteten Geschwindigkeit getroffen werden.

Unfallsituation:

Der VN fuhr bei Tageslicht und trockenen Straßenverhältnissen mit max. $V_{VN}=20$ km/h in einem verkehrsberuhigten Bereich, welcher im Kollisionsabschnitt eine gerade Straßenführung aufweist. Als der VN an einem verengten Straßenquerschnitt am in gleicher Richtung gehenden GES vorbei fuhr, streifte er dessen Ellenbogen (Abbildung 118). Der 17-jährige, männliche GES erlitt leichte Verletzungen.

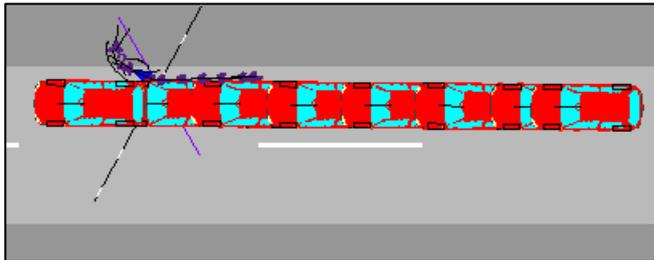


Abbildung 118: Situationsdarstellung „Längsverkehr mit FG“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff:

Der GES kann vor $TTC=1,8s$ klar detektiert werden. Das System greift nach dem Handlungsplan in die Fahrdynamik ein (vgl. Kapitel 8.1.3). Somit wird bei $TTC=1,2s$ eine Teilbremsung und bei $TTC=0,7s$ eine Vollbremsung bis zum Fahrzeugstillstand eingeleitet. Das Fahrzeug kommt nach $1,1s$ zum Stehen (Abbildung 119). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 s; \quad t_{TB} = 0,5 s; \quad t_{VB} = 0,6 s \text{ bis Stillstand}; \quad a_{TB} = 3 m/s^2; \quad a_{VB} = 8 m/s^2$$

→ Unfall ist vermeidbar

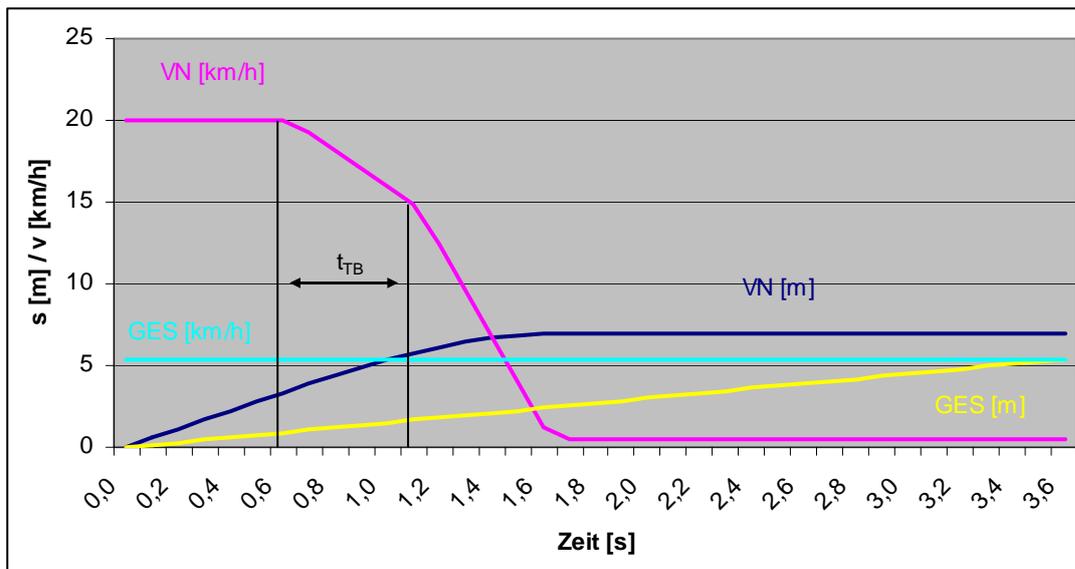


Abbildung 119: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45783 mit SFR ohne Fahrereingriff

b) für Radfahrer

Exemplarisch für diese Konstellation wird Fall Nr. 45008 untersucht. Zugleich weist dieser die höchste in den Unfallakten verzeichnete Geschwindigkeit eines VN auf. Diese entspricht im betrachteten Fall auch dem Geschwindigkeitsmaximum des SFR-Funktionsbereiches. So sind alle anderen Fälle dieser Kategorie dadurch ebenfalls abgedeckt.

Unfallsituation:

Der VN fuhr auf einer geraden Innerortsstraße bei Tageslicht mit $V_{VN}=50\text{km/h}$. Durch die blendende Sonne konnte er die in gleicher Richtung fahrende 32-jährige GES nicht erkennen und zeigte demnach vor dem Zusammenstoß auch keine Reaktion (Abbildung 120).

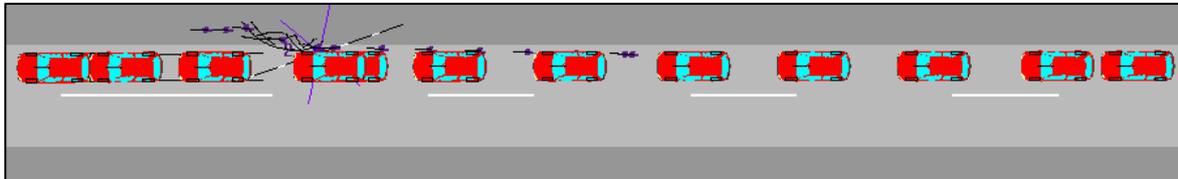


Abbildung 120: Situationsdarstellung „Längsverkehr mit RF“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsrechnung für die Systemreaktion ohne Fahrereingriff:

Das System kann die GES im Vorfeld klar detektieren. Da der Fahrer bei dieser Betrachtung nicht eingreift, wird in die Fahrdynamik des Fahrzeuges gemäß Handlungskonzept des SFR eingegriffen (vgl. Kapitel 8.1.3). Bei $TTC=1,2\text{s}$ wird eine Teilbremsung initiiert, der bei $TTC=0,7\text{s}$ eine Vollbremsung folgt. Das Fahrzeug kommt somit nach 2,2s ab Bremsbeginn zum Stehen (Abbildung 121). Zugrunde gelegte Werte:

$$t_{RS} = 0,3 \text{ s}; t_{TB} = 0,5 \text{ s}; t_{VB} = 1,7 \text{ s bis Stillstand}; a_{TB} = 3 \text{ m/s}^2; a_{VB} = 8 \text{ m/s}^2$$

→ Unfall ist vermeidbar

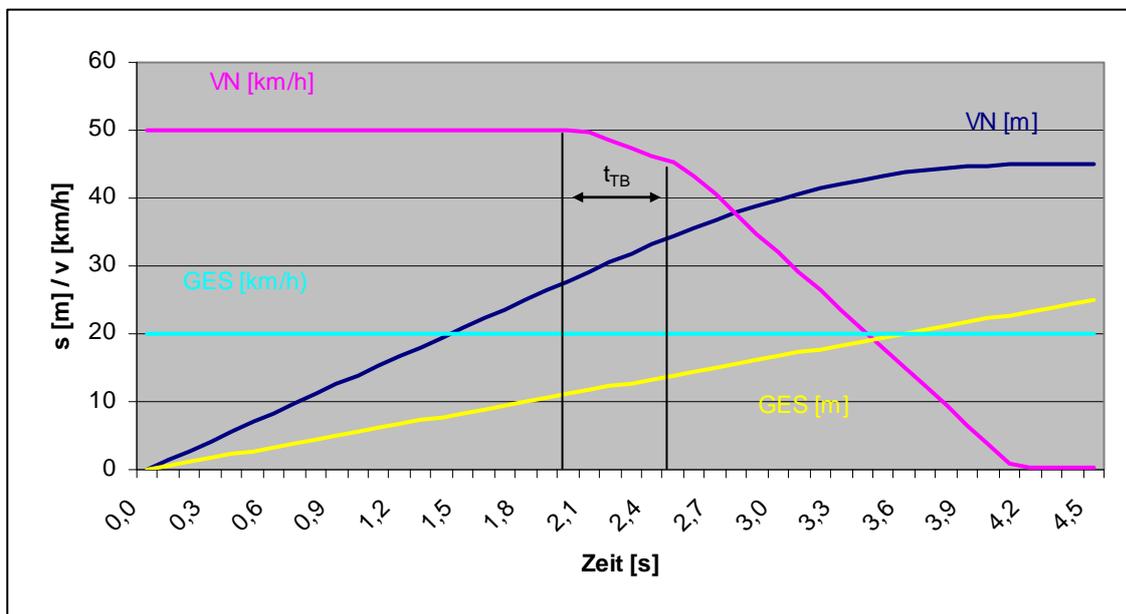


Abbildung 121: s,v-t-Diagramm aus PC-Crash Simulation zu Fall Nr. 45008 mit SFR ohne Fahrereingriff

8.4 Nutzen eines SFR-Systems

8.4.1 Maximal möglicher Nutzen

Ziel dieses Kapitels ist es, den tatsächlichen Nutzen eines SFR-Systems zu ermitteln, wenn alle Fahrzeuge ein System zur Sicherheit von Fußgänger und Radfahrer an Bord hätten. Als Grundlage hierfür dient die Vermeidbarkeitsbetrachtung in Kapitel 8.3.2. Daraus kann ein Nutzenpotential für die den SFR-Unfallkonfigurationen entsprechenden Fällen bestimmt werden (vgl. Tabelle 51). Es werden die vermeidbaren Unfallkonfigurationen mit ihren dazugehörigen Fällen näher betrachtet. Da für die jeweilige Konfiguration der Fall mit der höchsten Relativgeschwindigkeit untersucht wurde, sind dadurch auch die Fälle mit geringerer Geschwindigkeit eingeschlossen.

Das in Tabelle 52 dargestellte Nutzenpotential der einzelnen SFR-Konfigurationen basiert auf den PC-Crash Simulationen in Kapitel 8.3.2. Die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung zeigen in der vorliegenden Untersuchung ein Vermeidbarkeitspotential in Höhe von 47,5% der Fälle bezogen auf das „Wirkfeld“ (vgl. Tabelle 23 und Abbildung 42). Die Problematik der aus den Schadenakten nur eingeschränkt oder nicht ermittelbaren Radfahrer-Geschwindigkeit führt in den Simulationsrechnungen zu allgemeinen Annahmen über die Geschwindigkeitswerte von Radfahrern. Das geringe Vermeidbarkeitspotential von Unfällen mit Radfahrerbeteiligung in Höhe von 15,8% bezogen auf das Wirkfeld ist mit einer großen Unsicherheit behaftet. Dadurch wird das Ergebnis des Gesamtnutzens eines SFR-Systems gemindert, so dass 23,3% der SFR-relevanten Unfälle vermeidbar wären. Abbildung 122 zeigt die errechneten Anteile grafisch.

Unfallkonfiguration	Vermeidbarkeit [FG]			Vermeidbarkeit [RF]			Vermeidbarkeit Summe			
	Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 59)	alle Unfälle (n = 1731)	Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 190)	alle Unfälle (n = 1731)	Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 249)	alle Unfälle (n = 1731)	
Kreuzen von Links / Konfiguration 1 bzw 2	ohne Verdeckung	8	13,6	0,5	16	8,4	0,9	24	9,6	1,4
	mit Verdeckung	2	3,4	0,1	0	0,0	0,0	2	0,8	0,1
Kreuzen von Rechts / Konfiguration 3 bzw 4	ohne Verdeckung	16	27,1	0,9	1	0,5	0,1	17	6,9	1,0
	mit Verdeckung	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Linksabbieger / Konfiguration 5	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	
Rechtsabbieger / Konfiguration 6	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	
Längsverkehr / Konfiguration 7	2	3,4	0,1	13	6,9	0,8	15	6,0	0,9	
Summe	28	47,5	1,6	30	15,8	1,8	58	23,3	3,4	

Tabelle 52: Maximal zu erwartender Nutzen eines SFR-Systems gemäß den spezifizierten Unfallkonfigurationen durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung). Zum Einen bezogen auf alle SFR-relevanten Unfälle und zum Anderen bezogen auf alle Unfälle in der AZT-Datenbank

Der tatsächlich zu erwartende Nutzen der jeweiligen SFR-Unfallkonfigurationen wird unter Berücksichtigung möglicher Einschränkungen (vgl. auch Kapitel 7.4.4) geringer ausfallen. Die Höhe dieser Reduktion kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden.

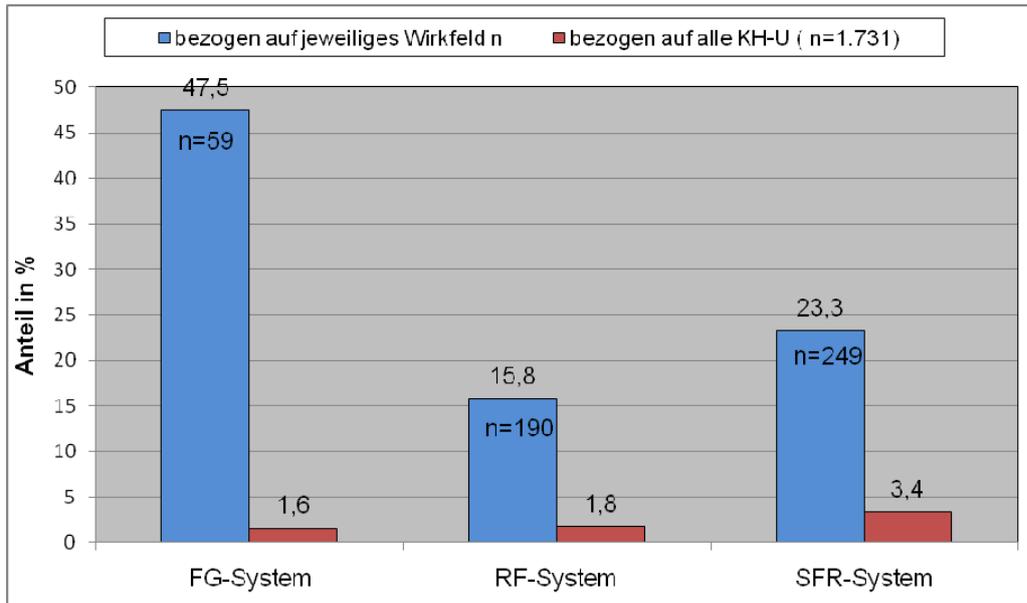


Abbildung 122: Maximal zu erwartender Nutzen eines SFR-Systems durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) bezogen auf alle SFR-relevanten Unfälle und alle Unfälle in der AZT-Datenbank

8.4.2 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Ziel dieses Kapitels ist es, die durch ein SFR-System in Deutschland vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten zu berechnen.

Grundlage dieser Berechnungen sind die in der Bundesstatistik aus dem Jahr 2004 ausgewiesenen Verunglückten bei Unfällen mit zwei Beteiligten, in denen der Hauptverursacher ein Pkw bzw. ein Fußgänger oder Radfahrer war. Es sind keine Alleinunfälle enthalten, was in etwa der Situation der Versicherungs-Haftpflichtschäden mit Personenschaden entspricht. Das im Kapitel 8.3 aufgezeigte Vermeidbarkeitspotential der einzelnen SFR-Unfallkonfigurationen wurde nun auf die Anzahl der Verunglückten übertragen. Mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Kostensätze [BASt, 2006] konnten die in Deutschland vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten hochgerechnet werden.

Außerdem wird eine Nutzensteigerung im Falle eines unfallbedingten Aufpralls durch Verringerung der Aufprallgeschwindigkeit bewirkt. Die einhergehende Unfallfolgenminderung (geringere Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten) trägt zur Steigerung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei. Allerdings lassen die in den Unfallakten extrahierten Daten keine Aussage über eine mögliche Verletzungsschwerereduktion zu, so dass eine quantitative Nutzenabschätzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung diesbezüglich nicht möglich war.

Neben den vermeidbaren Personen- und Sachschäden sind auch Kosten durch die bei Unfällen einhergehenden Verkehrsbehinderungen (Stau) für die Bestimmung des volkswirtschaftlichen Nutzens relevant. Hier bietet sich der Einsatz eines generischen Verfahrens zur Ermittlung der Zeitdauer und Rückstaulänge bis zur vollständigen Stauauflösung an. Für eine brauchbare Abschätzung der Zeitdauer und Rückstaulänge sind weitere Verkehrskenngrößen für die Unfallortslagen im Straßennetz und die Unfallzeitpunkte erforderlich. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war eine diesbezügliche Datenerhebung nicht realisierbar.

Für die Darstellung des durch SFR-Systeme vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens in Deutschland wurden Unfälle mit Personenschäden aus der Bundesstatistik herangezogen. Aufgrund der Gefährdungshaftung (Kapitel 3.16) werden in der Haftpflichtversicherung auch Unfälle erfasst und reguliert, bei denen der Fußgänger bzw. Radfahrer den Unfall verursacht hat. Deshalb ist in Tabelle 53 die Zahl der Verunglückten aus Unfällen berücksichtigt, die durch Pkw oder durch Fußgänger und Radfahrer verursacht wurden.

Unfälle zwischen Pkw und FG/RF	49.546
dabei verunglückte RF und FG	69.607
davon	
Getötete	682
Schwerverletzte	13.808
Leichtverletzte	55.117

Tabelle 53: Verunglückte RF und FG bei Unfällen mit einem Pkw im Jahr 2004 [StBA, 2005]

In Kapitel 8.4.1 (Tabelle 51) wurde das erwartete tatsächliche Nutzenpotential (Vermeidbarkeitspotential) angegeben. Multipliziert mit der Anzahl der in Tabelle 53 ausgewiesenen Personenschäden ergibt sich die Anzahl der vermeidbaren Verunglückten und mit den aus Tabelle 37 bekannten volkswirtschaftlichen Kostensätzen erhält man die durch ein SFR-System vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten (Tabelle 54). Anzumerken ist, dass mehr Verunglückte als Unfälle auftreten. Eine differenzierte Kostenberechnung kann auf Grund der verfügbaren statistischen Daten nicht erfolgen. Hieraus ergibt sich ein zu hoher berechneter volkswirtschaftlicher Schaden. Auswirkung hat dies bei der Multiplikation mit den Sachschadenkosten je Unfall (Tabelle 37), die mit der Anzahl von Verunglückten erfolgt.

Vermeidbare Kosten durch	Get		SV		LV		Summe
	Anzahl	Mio. €	Anzahl	Mio. €	Anzahl	Mio. €	Mio. €
SFR-System	159	189,3	3.217	325,1	12.842	178,8	693,3

Tabelle 54: Maximal durch SFR-Systeme durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgeminderung) vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden in Deutschland für das Jahr 2004

Anmerkung:

Um den vorstehend berechneten vermeidbaren Schaden zu realisieren, muss jeder Pkw in Deutschland mit einem nicht ausschaltbaren SFR-System ausgerüstet sein. Weiterhin muss das System auch bei extremen Witterungsverhältnissen stabil und zuverlässig funktionieren und nicht zu Fehlauslösungen führen, was wiederum Unfälle nach sich ziehen kann.

8.4.3 Nutzen für den Fahrzeughalter

An dieser Stelle wird auf Kapitel 7.4.3 verwiesen, da sich der Nutzen für ein SFR-System in gleicher Weise darstellt.

8.4.4 Einschränkung des Nutzens

Dieses Kapitel stellt Fahrsituationen dar und zeigt Systemgrenzen auf, die den Nutzen eines SFR-Systems mindern können. Gleichzeitig können daraus Anforderungen für die weitere Systementwicklung abgeleitet werden, welche den Nutzen erhöhen.

- Einschränkend ist der schmale Erfassungsbereich des Sensors zu nennen, der eine Detektion von kreuzenden Radfahrern in den betrachteten Fällen nicht gewährleistet (vgl. „SFR-Unfallkonfigurationen 1 und 3“, Tabelle 51). Dies wäre auch bei laufenden Fußgängern der Fall, wenn Geschwindigkeiten bis ca. 18km/h erreicht werden.
- Problematisch hinsichtlich einer Vermeidbarkeit ist auch die Situation, wenn eine Menschentraube an einer roten Fußgängerlichtzeichenanlage steht. Diese wird noch erkannt und kann sogar klassifiziert werden. Doch tritt aus der Menge von Personen eine heraus um die Fahrbahn zu überqueren, ist eine sichere Objekterfassung nicht mehr gewährleistet.
- Da die verschiedenen Systemkonzepte die Objekterkennung nur auf den Fahrraum vor dem Fahrzeug beschränken, ist eine sichere Detektion bei Abbiege-Unfällen nicht gegeben. Der GES wird bei diesem Fahrvorgang nicht vom Sensorbereich erfasst (vgl. Kapitel 8.1.3). Mit Hilfe einer Fahrraumanalyse des Fahrzeugseitenbereiches könnte eine detaillierte Aussage über die Konfliktsituation getroffen werden. Mit dieser Erweiterung wäre auch eine Unterstützung (z.B. in Form einer Warnung) denkbar, die beim Öffnen einer Fahrzeurtür und gleichzeitiger Annäherung eines Radfahrers, die Fahrzeuginsassen warnt. Damit würde sich der Unfallkonfigurations-Katalog um die Konstellation im ruhenden Verkehr erweitern.
- Sichtbehinderungen jeglicher Art schränken die SFR-Systemfunktion ein, indem sie den Detektionsbereich des Sensors oft stark verkleinern und dadurch die Systemreaktionszeit erheblich verlängern sowie die Objekterkennung unsicherer machen.

8.5 Zusammenfassung SFR

Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen auf Analysen der AZT-Unfalldatenbank mit einem Umfang von 1.731 Fällen. Dies entspricht einem Anteil von 0,57% aller Pkw Haftpflichtunfälle mit Personenschaden in Deutschland. Die wichtigsten Merkmale der Datenbank sind nachfolgend dargestellt (vgl. Kapitel 5):

- Der Unfall ereignete sich im Jahr 2004.
- Es wurde mindestens eine Person verletzt oder getötet.
- Der Haftpflichtschaden wurde von einem Pkw verursacht.
- Schadenakten aus dem Dienstleistungsgebiet Südost der Allianz (Schadenbereich Allianz Bayern)
- Schadenakten aus dem Archiv in Unterföhring (Teil des Dienstleistungsgebietes SO)
- Der Unfallort lag in Deutschland.
- Der Unfalltyp war ersichtlich.

Die In-Depth-Analyse (Kapitel 8.2) stellt charakteristische Merkmale der 249 für ein System zur Sicherheit von Fußgänger und Radfahrer relevanten Unfälle dar. Nachfolgend ein Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse:

- 65,4% der SFR-relevanten Unfälle wurden von Männern verursacht.
- Unter Berücksichtigung der Fahrleistung weisen Männer bis 34 Jahren mit 62,3% einen höheren relativen Anteil auf als Frauen (18,0%). Ab 35 Jahren haben Frauen einen höheren Anteil an SFR-relevanten Unfällen.
- Innerorts ereigneten sich 95,9% und bei Tageslicht 86,0% der betrachteten Unfälle.
- 30,6% der Unfälle ereigneten sich an Kreuzungen, 23,3% an Einmündungen und 24,1% auf Straßen mit geradem Streckenverlauf.
- Die häufigste Unfallart stellt mit 59,8% der „Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ (Nr. 5) dar. Der „Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger“ (6) repräsentiert mit 23,7% den zweitgrößten Anteil.
- Der „Einbiegen/Kreuzen-Unfall“ (Typ 3) ist mit 37,3% der häufigste Unfalltyp. Gefolgt wird dieser vom „Abbiege-Unfall“ (Typ 2) mit 25,3%. Auf Position drei liegt der „Überschreiten-Unfall“ (Typ 4) mit 18,1%.
- Bei 76,3% war ein Radfahrer der Unfallgegner in den SFR-relevanten Unfällen, in 23,7% ein Fußgänger.
- In 47,0% der Fälle erfolgte die Krafteinleitung im Frontbereich des Fahrzeugs des Versicherungsnehmers (VN).
- Der VN fuhr in 82,0% der Fälle nicht schneller als 50km/h.
- Keine Bremsung wurde vom VN in 52,7% der Unfälle eingeleitet.
- 0,4% der Geschädigten wurden getötet, 9,6% wurden schwer verletzt, 90,0% wurden leicht verletzt, wobei in 6,9% der Fälle ein HWS-Syndrom vorlag.

Eine Einteilung der häufigsten SFR-Unfallkonfigurationen erfolgte in Kapitel 8.3 (Tabelle 55). Für die Simulation wurde für die jeweilige Konfiguration der Fall mit der höchsten Relativgeschwindigkeit exemplarisch untersucht.

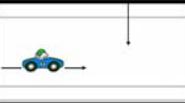
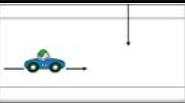
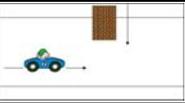
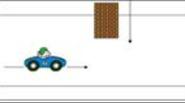
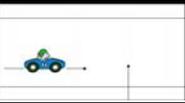
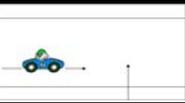
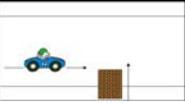
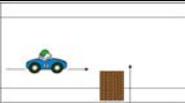
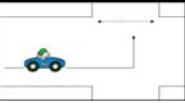
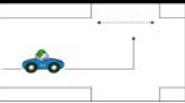
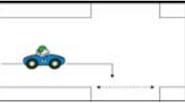
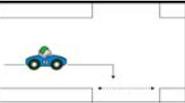
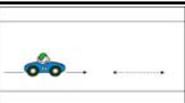
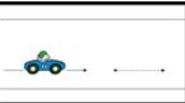
Unfallkonfigurationen	Fußgänger [FG]		Radfahrer [RF]		Summe			
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		
Kreuzen von Links / Konfiguration 1 bzw 2	ohne Verdeckung	10 26,3		22 15,0		32 17,3		
	mit Verdeckung	2 5,3		1 0,7		3 1,6		
Kreuzen von Rechts / Konfiguration 3 bzw 4	ohne Verdeckung	17 44,7		43 29,3		60 32,4		
	mit Verdeckung	3 7,9		11 7,5		14 7,6		
Linksabbieger / Konfiguration 5	4 10,5		27 18,4		31 16,8			
Rechtsabbieger / Konfiguration 6	0 0,0		29 19,7		29 15,7			
Längsverkehr / Konfiguration 7	2 5,3		14 9,5		16 8,6			
Summe	38	100,0		147	100,0		185	100,0

Tabelle 55: Übersicht über SFR-Unfallkonfigurationen und ihr Aufkommen

In Kapitel 8.4.1 wird der tatsächlich zu erwartende Nutzen eines SFR-Systems dargestellt. Das Potential der Unfallvermeidung (der erzielbare Nutzen) quantifiziert sich danach wie folgt (Abbildung 123):

- 47,5% der Unfälle, bei denen ein Fußgänger der Kollisionspartner war, sind vermeidbar.
- 15,8% der Unfälle, bei denen der Unfallgegner ein Radfahrer war, sind vermeidbar.
- Insgesamt können 23,3% der SFR-relevanten Unfälle vermieden werden.
- Der Anteil der vermeidbaren Unfälle bezogen auf alle untersuchten Unfälle (n=1731) beträgt 3,4%.

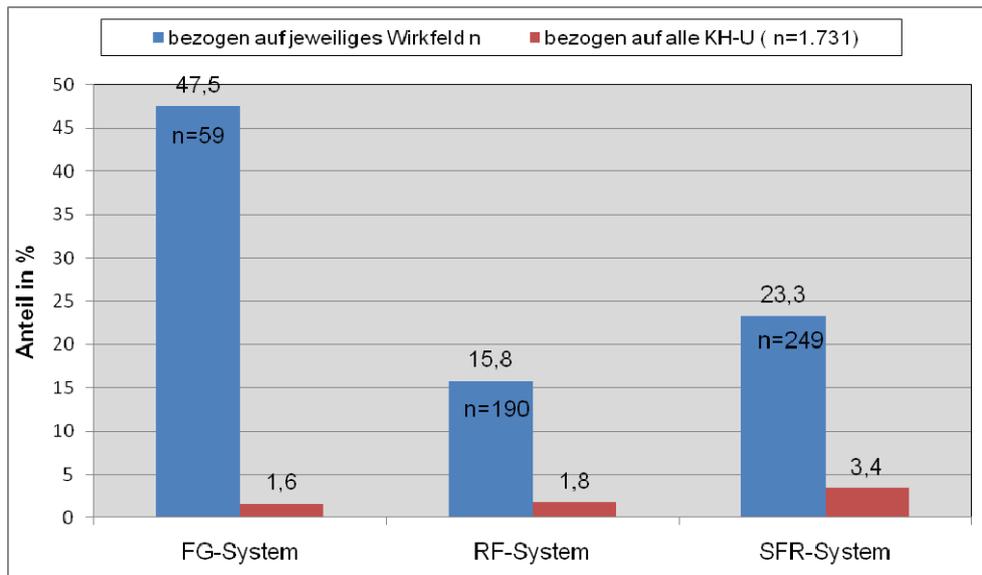


Abbildung 123: Maximaler Nutzen eines SFR-Systems durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) bezogen auf alle SFR-relevanten Unfälle und alle Unfälle in der AZT-Datenbank

9 Integrierte Querführung – IQF

9.1 Applikationsbeschreibung

9.1.1 Grundlegende Systemspezifikationen

Im Teilprojekt Integrierte Querführung wird von den beteiligten Firmen ein aktives System entwickelt, das den Fahrer kontinuierlich bei Spurhaltung und Spurwechsel sowie innerhalb von Baustellen unterstützt. Ziel ist es, eine zuverlässige, teilautonome Spurhaltung und Fahrstreifenwechselunterstützung auch in komplexen Fahrsituationen sicherzustellen. Der Fahrer hat jedoch jederzeit die Möglichkeit einer Übersteuerung bzw. der Deaktivierung des Assistenzsystems.

Die Übersteuerung kann dabei zum einen durch Fahrereingriffe in situationsabhängigen Grenzen, z. B. durch Lenkeingriffe, erfolgen. Zum anderen kann das System auch durch Fahrereingaben an weiteren Bedienelementen (z. B. Blinkerbetätigung) übersteuert, bzw. deaktiviert werden.

Neben der Übersteuerung, bei der die Systemeingriffe für eine begrenzte Zeit unterdrückt werden, ist im System auch eine Deaktivierbarkeit durch Fahrereingriffe oder Fahrereingaben vorgesehen. Dadurch werden alle Systemeingriffe unterdrückt bis der Fahrer das System explizit reaktiviert.

Der Systemeingriff erfolgt über ein überlagertes Lenkmoment. Zudem ist die Integration mit einer ACC-Längsführungsfunktion geplant, bei der standardmäßige Eingriffe in Bremse und Motor durchgeführt werden.



Abbildung 124: IQF [Aktiv 2007]

Das IQF-System basiert auf Umfeldinformationen, die mittels fahrzeugeigener Sensoren generiert und durch Steuergeräte im Fahrzeug weiterverarbeitet werden. Eine Datenübermittlung oder Speicherung steht daher nicht im Fokus der Forschungsarbeiten. Auch die Integration eines GNSS (z.B. GPS) in Kombination mit einer digitalen Karte ist geplant. Hier wird zur Datenübermittlung und Speicherung auf Standardlösungen zurückgegriffen.

Das System wird für einen Geschwindigkeitsbereich von 0 km/h bis 180 km/h ausgelegt. Das Einsatzgebiet der Integrierten Querführung sind Autobahnen, Magistralen und gut ausgebaute Landstraßen. Einige Firmen streben zudem eine Verfügbarkeit in Baustellen und in Staus an.

Generell wird das System so ausgelegt, dass eine Person, die eine Fahrerlaubnis besitzt, das Assistenzsystem intuitiv bedienen können sollte. Dadurch sollen Fehlinterpretationen der vom System eingeleiteten Warnungen und Regeleingriffe verhindert werden. Ferner werden keine über das Mittelmaß der Bevölkerung hinausgehenden Voraussetzungen (z. B. Erfahrung beim Führen eines Fahrzeuges) erforderlich sein.

Um Missbrauch (z.B. freihändiges Fahren) beim Einsatz eines IQF-Assistenten zu vermeiden, sind bereits Standardlösungen bekannt, die grundsätzlich in die Systeme integriert werden

können. Des Weiteren wird geprüft, in wie weit Fahrzeugdaten einen Missbrauch anzeigen könnten.

Zusammenfassung der Eigenschaften eines IQF-Systems:

- Querführungsassistentenfunktion mit kontinuierlicher Lenkmomentüberlagerung, die den Fahrer bei der Lenkaktivität (Querführungsaufgabe) entlastet, jedoch nicht in seiner Kontrollaufgabe. Es ist vorgesehen, dass der Fahrer die Hände am Lenkrad behalten muss.
- Hohe Verfügbarkeit in einem Geschwindigkeitsbereich von 0km/h bis 180km/h; somit soll das System auf Autobahnen, gut ausgebauten Landstraßen, Magistralen, im Stau und in Baustellen funktionieren.
- Umfeldadaptive Systemfunktion basierend auf einer Umfeld-Erfassung mit bildgebender und objekterkennender Sensorik in Kombination mit einer digitalen Karte sowie einem Ortungssystem.

9.1.2 Zu erfüllende Nutzerbedürfnisse

Neben der Vermeidung von Unfällen durch unbeabsichtigtes Verlassen der Fahrspur soll das System durch Entlastung des Fahrers bei der Fahrzeugquerführung zu einer Erhöhung des Fahrkomforts führen und gleichzeitig gewährleisten, dass der Fahrer in allen Fahrsituationen die volle Fahrzeugkontrolle behält.

Die herkömmliche Querführungsfunktion, die durch eine reine Spurmittenführung (eindimensional) charakterisiert ist, wird durch neue Funktionen zu einer situationsadaptiven (mehrdimensionalen) Fahrzeugquerführung erweitert.

In späteren Entwicklungsstufen wird die Integration der Querführung in bereits existierende Assistentenfunktionen, wie beispielsweise ACC, angestrebt.

9.1.3 Systemkonzepte der Hersteller

Bei den Konzepten der einzelnen Hersteller gibt es leichte Unterschiede. Tabelle 56 zeigt die unterschiedlichen Ziele der einzelnen Hersteller. VW ist der einzige Hersteller, der neben einem Spurhalteassistenten auch einen Spurwechselassistenten in sein System integriert.

Die von MAN angestrebte deutlich niedrigere Maximalgeschwindigkeit lässt sich dadurch erklären, dass das IQF-System für den Einsatz in Lkw ausgelegt ist.

	Conti	MAN	R. Bosch	Siemens	VW
Minimalgeschwindigkeit	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Maximalgeschwindigkeit	180 km/h	89 km/h	180 km/h	130 km/h	180 km/h
Verfügbarkeit in Baustellen	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
Verfügbarkeit im Stau	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Integrierte Längsführung	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
Adaptiv bez. Randbebauung	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Adaptiv bez. Fahrzeugen in selber Fahrtrichtung	Vorausfahrende Fahrzeuge	Nein	Vorausfahrende Fahrzeuge	Vorausfahrende Fahrzeuge	Vorausfahrende und seitliche Fahrzeuge (Spurwechselassistent)
Adaptiv bez. Gegenverkehr	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
Beladungsadaptiv	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein

Tabelle 56: Unterschiedliche Konzepte der Hersteller, Stand 17.04.2007

9.2 In-Depth-Analyse

In diesem Kapitel werden die 110 in der Strukturanalyse als IQF-relevant bezeichneten Fälle (Tabelle 23) detaillierter untersucht. Ziel dieser In-Depth-Analyse ist es, möglichst viele Kriterien herauszufiltern, die bei IQF relevanten Unfällen eine Rolle spielen. Mit Hilfe der gewonnenen Informationen ist bereits im Vorfeld der Systementwicklung ersichtlich, welche Funktionen eine Integrierte Querführung beinhalten muss, um den gewünschten Nutzen zu erzielen. Das IQF-System beinhaltet einen Spurhalteassistenten (LDW – Lane Departure Warning) und einen Spurwechselassistenten (SWA).

Die niedrige Anzahl der IQF-relevanten Unfälle ist darauf zurückzuführen, dass in der AZT-Datenbank nur KH-Unfälle mit Personenschaden aufgeführt sind. Dies bedeutet: Es muss bei dem Unfall eine dritte Person Verletzungen davon getragen haben. Da es sich aber bei IQF-relevanten Unfällen häufig um Alleinunfälle handelt – typisches Beispiel ist das Abkommen von der Fahrbahn aufgrund von Müdigkeit – sind viele dieser Unfälle nicht in der Datenbank aufgeführt.

Ziel ist es, die Bedeutung der verschiedenen Merkmale anhand ihrer Häufigkeit zu identifizieren. Wie bei der vorangehenden Strukturanalyse wird auch hier die Häufigkeit eines Merkmals auf die Anzahl der insgesamt vorgefallenen Unfälle bezogen. Meist werden die verschiedenen Merkmale in Kreuztabellen mit einem zweiten Merkmal verknüpft, um Auffälligkeiten besser erkennen zu können. Bei der Erstellung der Diagramme wurde wiederum aus Gründen der Übersichtlichkeit nur ein Merkmal verwendet.

Folgende Merkmale wurden in dieser quantitativen Analyse betrachtet:

- Fahrgeschlecht
- Fahreralter
- Ortslage und Lichtverhältnisse
- Unfallstelle im Straßennetz
- Unfallart
- Unfalltyp
- Unfallgegner
- CDC-Richtung
- Grobe Ausgangsgeschwindigkeit
- Fahrerreaktion
- Unfallfolgen

9.2.1 Fahrgeschlecht

Gut zwei Drittel der IQF-relevanten Unfälle (67,6%) wurden von Männern verursacht (Abbildung 125). Damit liegt die Differenz zum Anteil an männlichen Unfallverursachern der gesamten Stichprobe bei genau einem Prozent.

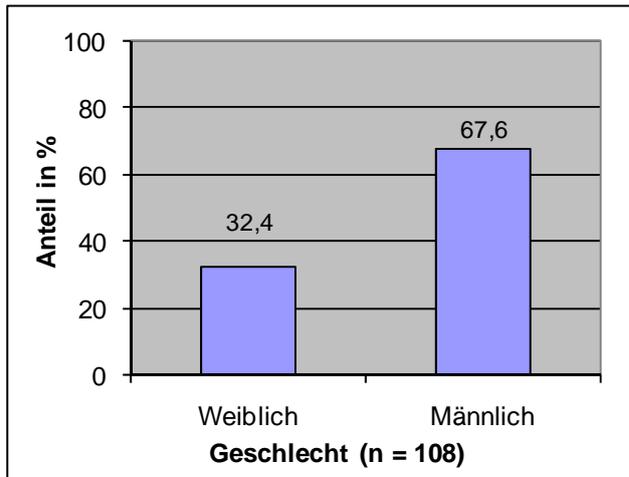


Abbildung 125: IQF-relevante Unfälle nach dem Geschlecht des Fahrers

Relativer Anteil bezogen auf die erbrachte Fahrleistung

Bezieht man die Anteile der Geschlechter aller IQF-relevanten Unfälle auf die erbrachten Fahrleistungen, so stellt man fest, dass sich die Differenz deutlich verringert. Bei theoretisch gleicher Fahrleistung verursachen die Männer jedoch immer noch mehr IQF-relevante Unfälle (Abbildung 126).

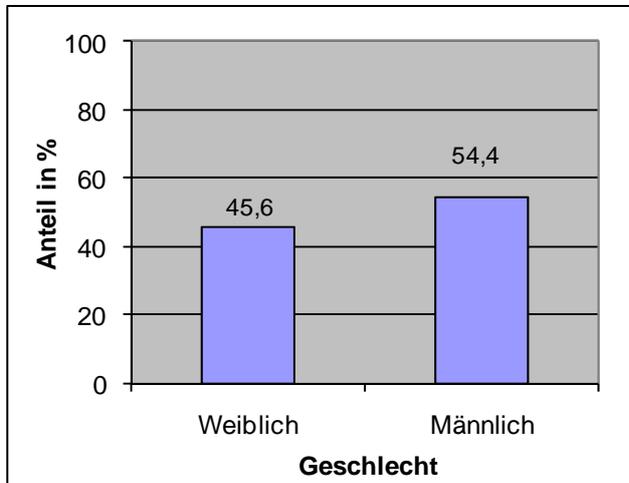


Abbildung 126: Relativer Anteil des Fahrergeschlechts bei IQF-relevanten Unfällen bezogen auf erbrachte Fahrleistung

9.2.2 Fahreralter

Den größten Anteil bezogen auf das Alter des Fahrzeugführers zum Unfallzeitpunkt stellt die Gruppe der 25- bis 34-Jährigen (Abbildung 127). Auffallend ist, dass der Anteil bei den 35- bis 44-Jährigen im Vergleich zum Anteil bei der gesamten Stichprobe (Abbildung 30) nur etwa halb so groß ist. Dagegen ist der Anteil bei den 21- bis 24-Jährigen sowie bei den 45- bis 54-Jährigen jeweils um mehr als die Hälfte größer.

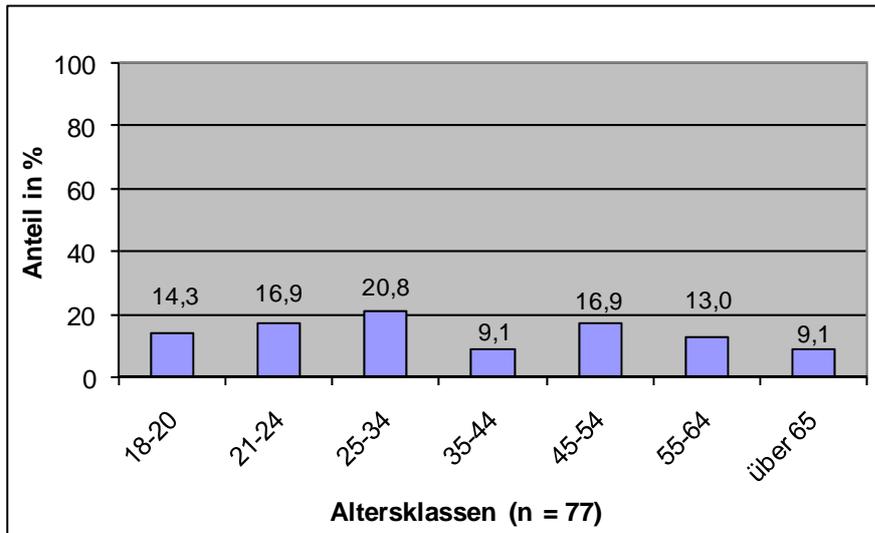


Abbildung 127: IQF-relevante Unfälle nach dem Alter des Fahrers

Bei den IQF-relevanten Unfällen weicht die Verteilung des Geschlechts und des Alters von der aller Unfälle (vgl. Tabelle 14) teilweise deutlich ab (Tabelle 57). Bei den Frauen bis 34, sowie bei den 45- bis 54-Jährigen ist der Unterschied noch vernachlässigbar. Bei den 35- bis 44-Jährigen ist der Anteil mit 4,2% im Vergleich zu fast 22% bei allen Unfällen deutlich geringer. Im Gegensatz dazu steigt der Anteil bei den 55- bis 64-Jährigen auf mehr als den doppelten Wert an. Auch bei den über 65-jährigen Frauen ist ein leichter Anstieg festzustellen.

Bei den Männern fällt auf, dass die Anteile bei den jungen Fahrern bis 24 Jahre deutlich höher sind und auch der Anteil bei den 45- bis 54-Jährigen um mehr als 6% höher liegt. Der Anteil der 35- bis 44-Jährigen und der über 65-jährigen Männer ist dagegen im Vergleich zum Anteil an allen Unfällen nur halb so groß.

Alter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich		Insgesamt		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
18-20	3	12,5	8	15,4	11	14,5	0
21-24	3	12,5	9	17,3	12	15,8	1
25-34	6	25,0	10	19,2	16	21,1	0
35-44	1	4,2	6	11,5	7	9,2	0
45-54	2	8,3	11	21,2	13	17,1	0
55-64	5	20,8	5	9,6	10	13,2	0
über 65	4	16,7	3	5,8	7	9,2	0
Summe	24	100,0	52	100,0	76	100,0	
n. e.	11		21				

Tabelle 57: IQF-relevante Unfälle nach dem Fahreralter und dem Geschlecht

Vergleicht man die Relativanteile bezüglich erbrachter Fahrleistung der IQF-relevanten Unfälle (Abbildung 128) mit den Relativanteilen aller Unfälle (Abbildung 34), so scheint die Verteilung auf den ersten Blick nahezu identisch zu sein. Bei genauerer Betrachtung der Anteile der Männer erkennt man, dass der Anteil bei den 21- bis 24-Jährigen um rund 8% höher liegt und bei den 35- bis 44-Jährigen, sowie den über 65-Jährigen etwa halb so groß ist. Bei den Frauen

fällt auf, dass der Anteil bei den 35- bis 44-Jährigen mit nur 1,4% deutlich geringer ist. Dafür ist das Risiko bei den 55- bis 64-Jährigen nahezu doppelt so hoch.

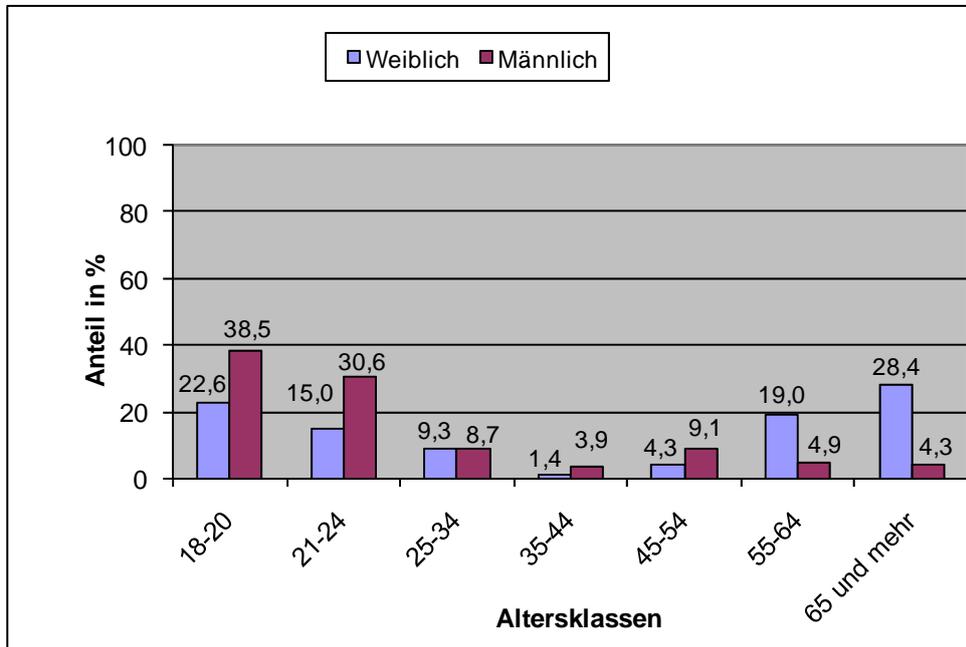


Abbildung 128: Relativer Anteil des Fahreralters bei IQF-relevanten Unfällen bezogen auf die erbrachte Fahrleistung

9.2.3 Ortslage und Lichtverhältnisse

Gut 40% der IQF-relevanten Unfälle ereigneten sich außerhalb geschlossener Ortschaften (Abbildung 129). Der Innerorts-Anteil liegt bei 58,9% und ist damit im Vergleich zu allen Unfällen um 16,0% geringer (vgl. Abbildung 35). Die Lichtverhältnisse sind minimal in Richtung Nacht verschoben. Dämmerung und Tag haben je einen ca. 2% geringeren Anteil.

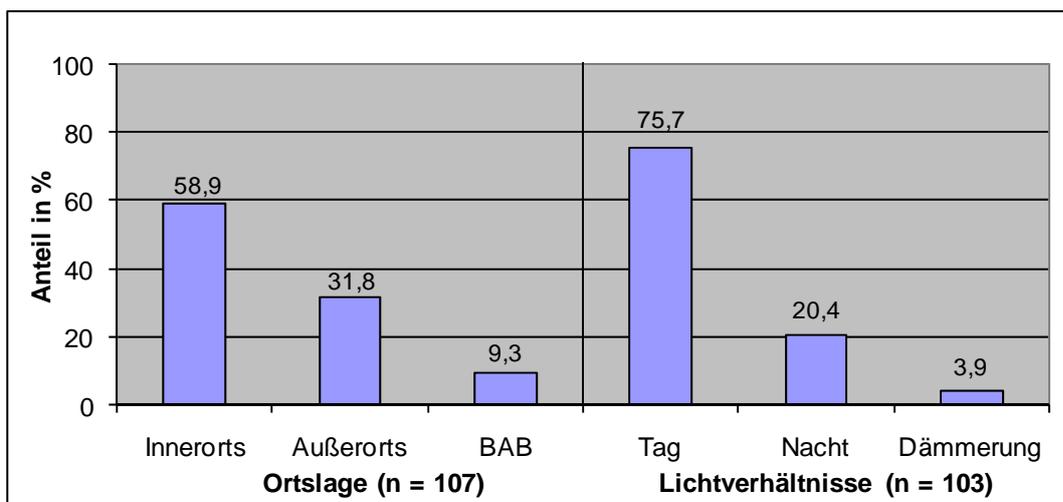


Abbildung 129: IQF-relevante Unfälle nach Ortslage und Lichtverhältnissen

Betrachtet man nur die Ortslage der LDW-relevanten Unfälle (Abbildung 130), so sinkt der Anteil der Unfälle innerorts auf 48,9%. Auf annähernd den gleichen Anteil kommen die Unfälle außerhalb geschlossener Ortschaften. Unfälle auf Bundesautobahnen haben mit 4,4% einen sehr geringen Anteil.

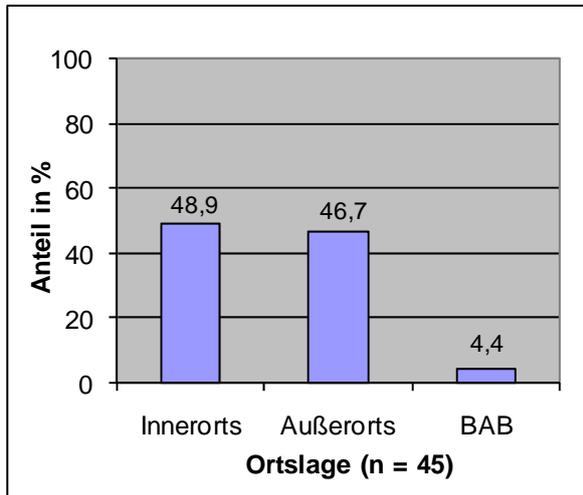


Abbildung 130: LDW-relevante Unfälle nach der Ortslage

Knapp zwei Drittel der SWA-relevanten Unfälle ereigneten sich innerorts (Abbildung 131). Der Anteil außerorts liegt bei 21% und ist damit in etwa so hoch wie bei allen Unfällen in der Datenbank (vgl. Abbildung 35). Auf Bundesautobahnen ereigneten sich knapp 13% der SWA-relevanten Unfälle hier ist der Anteil im Vergleich zum Anteil an allen Unfällen gut doppelt so hoch.

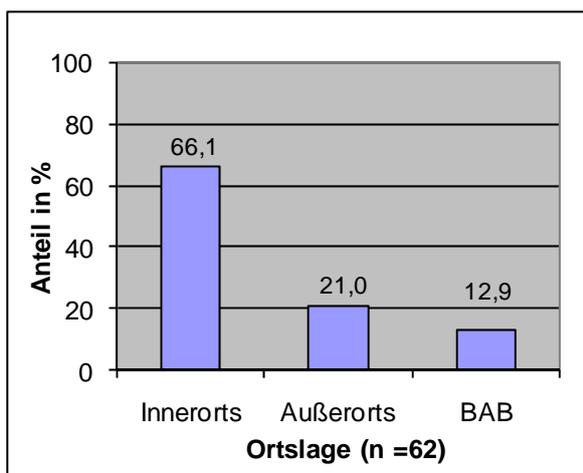


Abbildung 131: SWA-relevante Unfälle nach der Ortslage

9.2.4 Unfallstelle im Straßennetz

Unter Unfallstelle im Straßennetz versteht man die Straßenführung an der Unfallstelle. Die einzelnen Straßenführungen, denen die IQF-relevanten Unfälle zugeordnet werden können, sind in Abbildung 132 und in Tabelle 58 ersichtlich. Der Großteil der IQF-relevanten Unfälle ereignete sich mit einem Anteil von 60% auf gerader Strecke, gefolgt von 21% in Kurven. Einmündungen (11%), Kreuzungen (7%) und Grundstückseinfahrten (1%) spielen erwartungsgemäß eine untergeordnete Rolle.

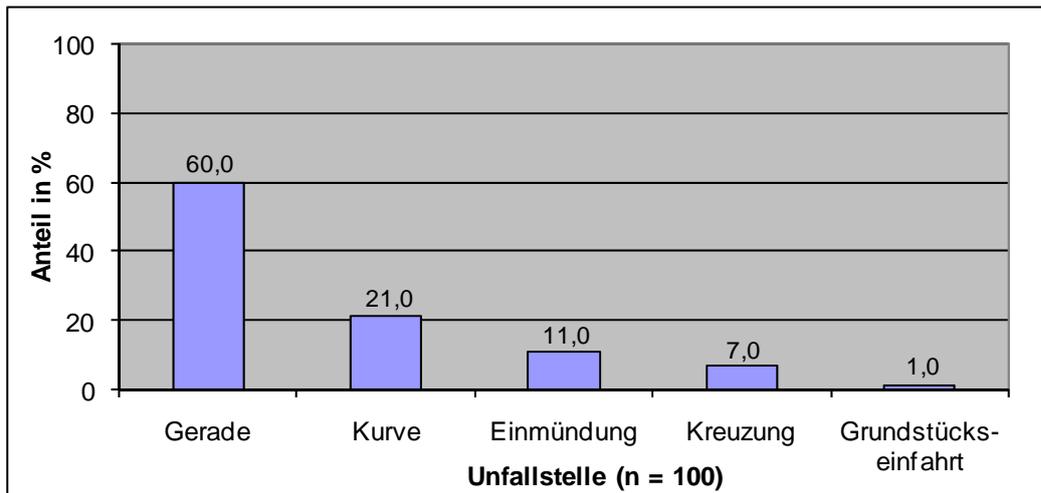


Abbildung 132: IQF-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz

Bei der Unterteilung der IQF-relevanten Unfälle in LDW- und SWA-relevante Unfälle fällt auf, dass ein unbeabsichtigtes Abkommen von der Fahrspur in Kurven mit fast 42% einen sehr großen Anteil besitzt. Bei den SWA-relevanten Unfällen sind Unfälle in Kurven eher eine Seltenheit. Dafür ist der Anteil von Unfällen an Einmündungen und Kreuzungen vergleichsweise höher.

Ortslage Unfallstelle	LDW		SWA		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Gerade	23	53,5	37	64,9	60	60,0
Kurve	18	41,9	3	5,3	21	21,0
Einmündung	1	2,3	10	17,5	11	11,0
Kreuzung	1	2,3	6	10,5	7	7,0
Grundstückseinfahrt	0	0,0	1	1,8	1	1,0
Summe	43	100,0	57	100,0	100	100,0
n. e.	5		5			

Tabelle 58: IQF-relevante Unfälle nach der Unfallstelle im Straßennetz

9.2.5 Unfallart

Da sich die LDW- und SWA-relevanten Unfälle bezüglich der Unfallart deutlich unterscheiden, werden beide in diesem Unterkapitel getrennt betrachtet.

Bei gut 60% der LDW-relevanten Unfälle kollidierte das VN-Fahrzeug mit einem entgegenkommendem Fahrzeug (Abbildung 133). Bei mehr als 27% der LDW-relevanten Unfälle kam der VN mit seinem Fahrzeug von der Fahrbahn ab, wodurch es zu einer nicht näher beschriebenen Kollision kam, die zu einem Personenschaden führte. Bei gut 8% der Unfälle kam es zu einem Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, welches seitlich in gleicher Richtung fuhr.

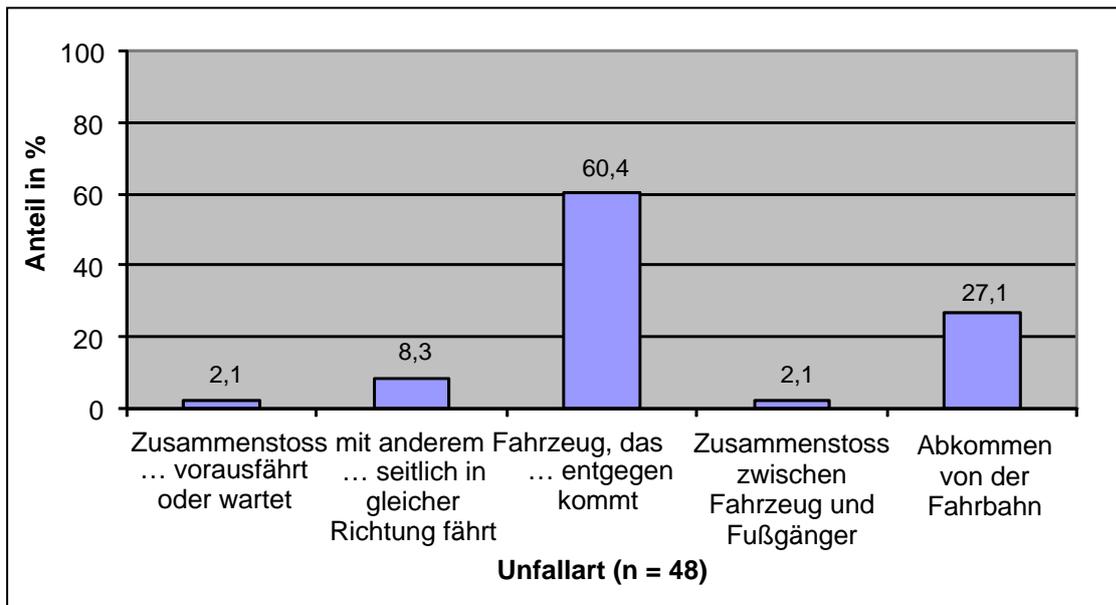


Abbildung 133: LDW-relevante Unfälle nach der Unfallart

Ganz anders sieht die Verteilung der SWA-relevanten Unfälle nach der Unfallart aus (Abbildung 134). Hier haben die Unfälle mit einem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt mit über 61% den größten Anteil. Einen Anteil von über 27% haben Unfälle mit einem Fahrzeug, welches vorausfährt oder wartet.

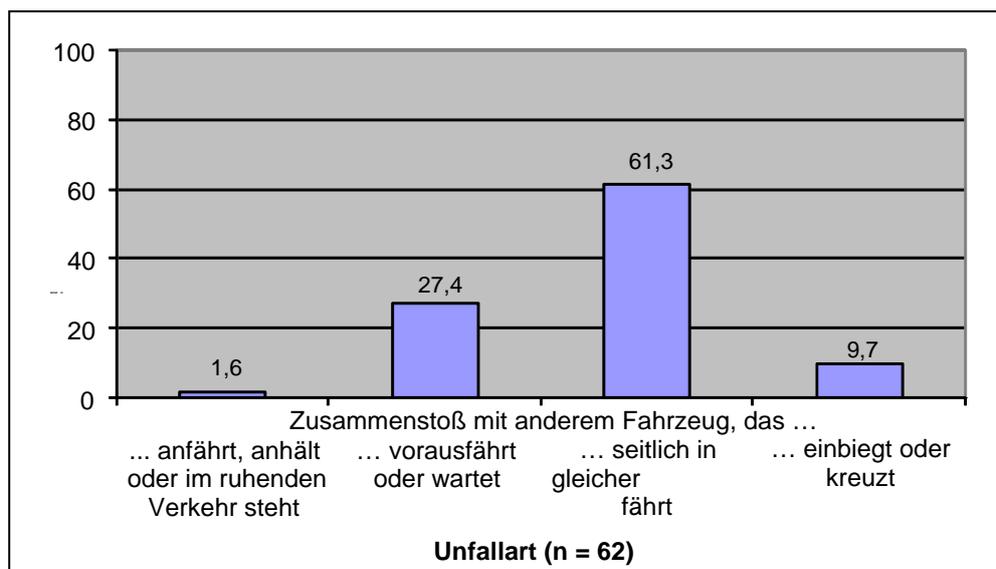


Abbildung 134: SWA-relevante Unfälle nach der Unfallart

9.2.6 Unfalltyp

Bereits bei der Analyse aller Unfälle war der Anteil der Unfälle im Längsverkehr (Typ 6) mit über 40% sehr hoch (vgl. Abbildung 37). Betrachtet man nur die IQF-relevanten Unfälle, so ist der Anteil, wie zu erwarten, nochmals deutlich höher (Abbildung 135). Einen Anteil von jeweils ca. 10% haben die Unfalltypen: „Fahrerunfall“ (Typ 1), „Abbiege-Unfall“ (Typ 2) und „sonstiger Unfall“ (Typ 7). Eine genaue Beschreibung der einzelnen Unfalltypen befindet sich in Anhang II.

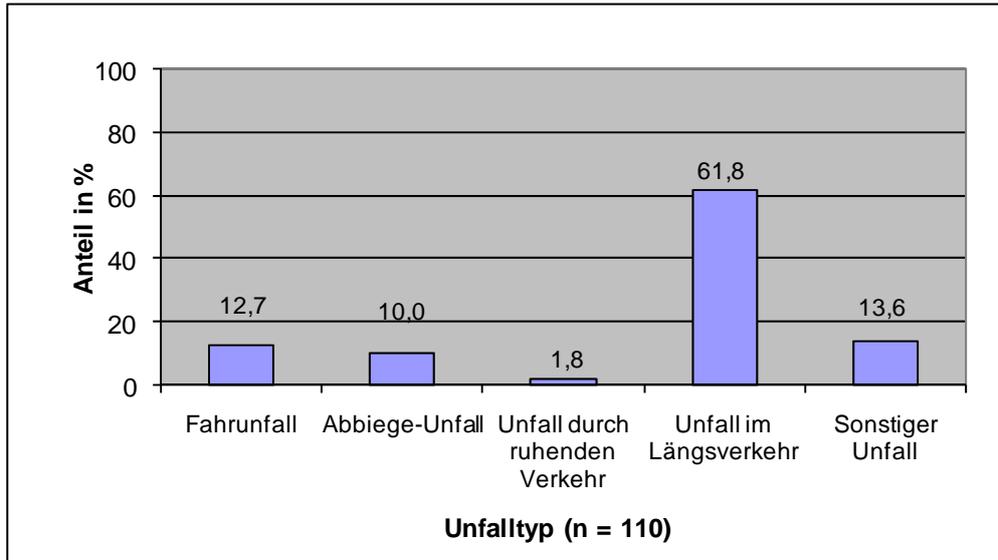


Abbildung 135: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp

Der Unfall im Längsverkehr ist sowohl innerorts als auch außerorts der Unfalltyp mit dem größten Anteil. Auf Bundesautobahnen liegt der Anteil gar bei 90% (Tabelle 59). Auffallend ist, dass der Fahrerunfall innerorts mit 3,2% eine eher untergeordnete Rolle spielt, dagegen außerorts auf einen Anteil von über 32% kommt. Daraus lässt sich folgern, dass ein unbeabsichtigtes Verlassen der Fahrbahn bei höherer Geschwindigkeit häufiger zu einer unkontrollierbaren Situation führt.

Unfalltyp	Ortslage	Innerorts		Außerorts		BAB		Summe		n. e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1	Fahrerunfall	2	3,2	11	32,4	0	0,0	13	12,1	1
2	Abbiege-Unfall	7	11,1	4	11,7	0	0,0	11	10,3	0
5	Unfall durch ruhenden Verkehr	2	3,2	0	0,0	0	0,0	2	1,9	0
6	Unfall im Längsverkehr	42	66,6	15	44,1	9	90,0	66	61,7	2
7	Sonstiger Unfall	10	15,9	4	11,8	1	10,0	15	14,0	0
Summe		63	100,0	34	100,0	10	100,0	107	100,0	
n. e.		0		0		0				

Tabelle 59: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp und der Ortslage

In Tabelle 60 wurden die Unfalltypen für eine detailliertere Übersicht in Untertypen eingeteilt. Mit Hilfe dieser Unterteilung ist es möglich die IQF-relevanten Unfälle in häufig auftretende Unfallkonfigurationen einzuteilen, welche bei der Betrachtung der Vermeidbarkeit benötigt werden (vgl. Kapitel 9.3).

Auffallend ist, dass zwischen den Unfällen mit Links- und Rechtsabbiegern eine deutliche Differenz auftritt. Ebenso ist eine deutliche Mehrheit bei den Unfällen mit einem Spurwechsel nach links erkennbar. Zusammen mit dem sonstigen Unfalltyp Wenden sind dies die Hauptunfalltypen der SWA-relevanten Unfälle.

Fahrnfälle und begegnende Fahrzeuge sind die Hauptunfalltypen der LDW-relevanten Unfälle. Die Tatsache, dass in der Unfalldatenbank nur wenige Unfälle aufgrund plötzlichen körperlichen Unvermögens des Fahrers (z. B. Müdigkeit) aufgeführt sind, lässt sich damit begründen, dass es sich bei den Unfällen in der Datenbank um Haftpflichtfälle mit Personenschaden handelt. Somit sind Unfälle, bei denen neben dem VN keine weitere Person verletzt wurde, z.B. wenn der VN alleine von der Fahrbahn abkommt, nicht berücksichtigt.

Unfalltyp		Anzahl	%
Fahrunfall	Linkskurve	3	2,7
	Rechtskurve	3	2,7
	Unbekannter Kurvenverlauf	1	0,9
	Verschwenkte Fahrbahn	1	0,9
	Gerade	4	3,7
	Sonstige Fahrnfälle	2	1,8
Abbiege-Unfall	Linksabbieger	10	9,1
	Rechtsabbieger	1	0,9
RV	Ausweichen (Nachfolgender)	2	1,8
Unfall im Längsverkehr	Spurwechsler nach links	24	21,9
	Spurwechsler nach rechts	14	12,7
	Nebeneinander fahren	4	3,7
	Fußgänger - Fahrzeug	1	0,9
	Begegnende Fahrzeuge	25	22,7
Sonstige	Wenden	11	10,0
	Plötzliches körperliches Unvermögen	3	2,7
	Übrige Unfälle	1	0,9
	Summe	110	100
	n. e.	0	

Tabelle 60: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfalluntertyp

9.2.7 Unfallgegner

Für das Merkmal „Unfallgegner“ der IQF-relevanten Unfälle ergibt sich eine Verteilung, die ähnlich der Verteilung aller Unfälle ist (vgl. Abbildung 39). Der häufigste Unfallgegner ist ein Pkw mit einem Anteil von über 70% (Abbildung 136). Auf einen Anteil von ca. 16% kommen die motorisierten Zweiräder. Lkw, Fahrrad, Schienenfahrzeug und Fußgänger teilen sich die restlichen 11,6% zusammen mit einem anderen Unfallgegner, bei dem es sich hier konkret um einen Krankenwagen mit eingeschaltetem Martinshorn handelt.

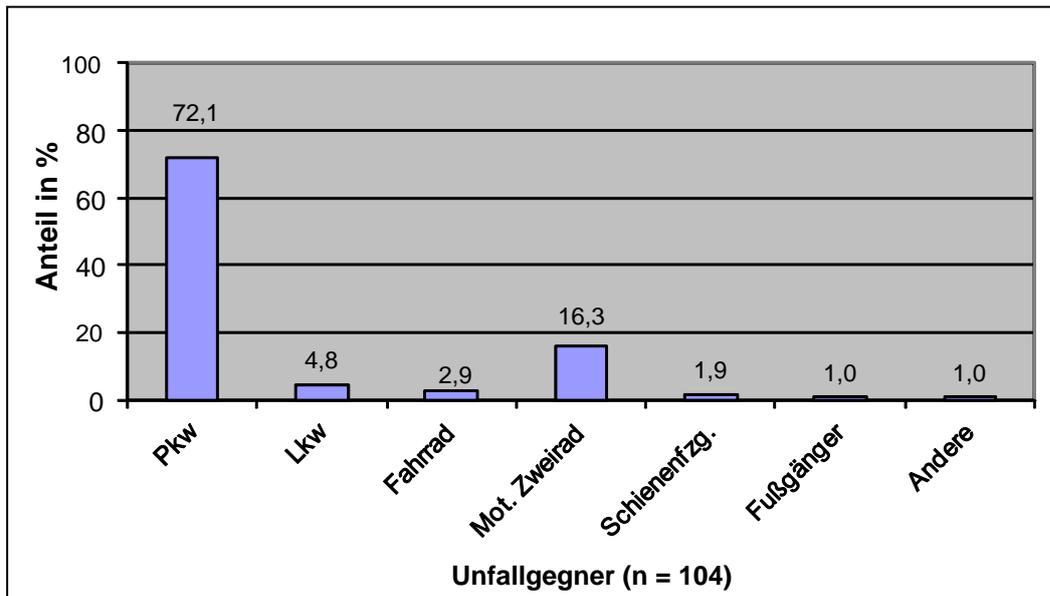


Abbildung 136: IQF-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner

In der folgenden Tabelle 61 sind die IQF-relevanten Unfallgegner aufgeschlüsselt nach SWA- und LDW-relevanten Unfällen. Auffällig im Vergleich zu den Werten aus Tabelle 20 ist, dass bei den LDW-relevanten der ohnehin bereits hohe Anteil der Personenkraftwagen mit 81% nochmals höher liegt. Motorisierte Zweiräder spielen mit 4,8% eine eher untergeordnete Rolle, wogegen der Anteil der Lastkraftwagen bei 9,5% liegt.

Bei den SWA-relevanten Unfällen liegt der Anteil der Personenkraftwagen bei gut 66%. Es erfolgten also immer noch zwei von drei SWA-relevanten Unfällen mit einem anderen Pkw, jedoch liegt der Anteil knapp 10% unter dem Anteil der Unfälle mit einem Pkw bei allen Unfällen. Bei den motorisierten Zweirädern ist dagegen mit fast 25% ein deutlich höherer Anteil feststellbar. Dieser relativ hohen Anteil ist damit zu begründen, dass motorisierte Zweiräder bei einem Spurwechsel leicht übersehen werden.

Gegner	LDW		SWA		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Pkw	34	80,9	41	66,2	75	72,1	0
Lkw	4	9,5	1	1,6	5	4,8	0
Fahrrad	1	2,4	2	3,2	3	2,9	0
Motorisiertes Zweirad	2	4,8	15	24,2	17	16,3	0
Schienenfahrzeug	0	0,0	2	3,2	2	1,9	0
Fußgänger	1	2,4	0	0,0	1	1,0	0
Andere	0	0,0	1	1,6	1	1,0	0
Summe	42	100,0	62	100,0	104	100,0	
n. e.	6		0				

Tabelle 61: LDW- und SWA-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner

9.2.8 CDC-Richtung

Da sich die LDW- und SWA-relevanten Unfälle bezüglich der CDC-Richtung deutlich unterscheiden, werden die beiden in diesem Unterkapitel getrennt beobachtet.

Das Risiko, dass ein LDW-relevanter Unfall frontal stattfindet, liegt sowohl für den VN als auch für den GES bei ca. 75% (Abbildung 137). Aus Sicht des VN entspricht dieser Anteil in etwa dem Anteil, den der Frontalzusammenstoß bei allen Unfällen in der Datenbank hat. Der GES dagegen hat, verglichen mit allen Unfällen, einen deutlich größeren Anteil an Frontalkollisionen. (vgl. Abbildung 40). Bei 10% der LDW-relevanten Unfälle kommt es beim VN zu einer Mehrfachkollision. In knapp 17% der LDW-relevanten Unfälle erfolgt die Kollision auf der linken Seite des GES-Fahrzeugs.

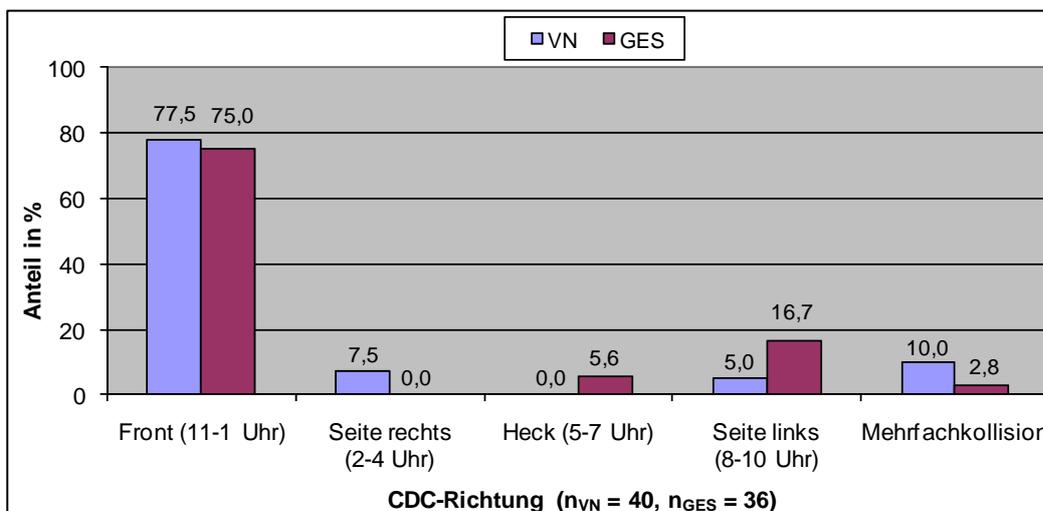


Abbildung 137: LDW-relevante Unfälle nach der CDC-Richtung

Betrachtet man nun die SWA-relevanten Unfälle (Abbildung 138), so liegt hier der Anteil an Frontalkollisionen beim VN mit 20,4% deutlich unter dem Anteil an allen Unfällen in der Datenbank (vgl. Abbildung 40.). Der Anteil an Frontalkollisionen beim GES liegt mit 41,5% deutlich unter dem Anteil bei LDW-relevanten Unfällen, aber immer noch 6,6% über dem Anteil an allen Unfällen in der Datenbank. Bei mehr als der Hälfte aller SWA-relevanten Unfälle findet die Kollision am VN-Fahrzeug an dessen linker Seite statt. Das Brisante an diesem hohen Wert ist, dass dies die für den Fahrer gefährlichste Kollisionsstelle ist, da Pkw in den Karosserieseitenbereichen die kleinsten Knautschzonen aufweisen.

9.2.9 Geschwindigkeit

Auch hier ist ein deutlicher Unterschied zwischen den LDW- und SWA-relevanten Unfällen festzustellen, daher werden die beiden Fahrerassistenzsysteme wieder getrennt voneinander betrachtet.

Beim Vergleich der groben Ausgangsgeschwindigkeit (Einteilung in 50km/h-Intervalle) der LDW-relevanten Unfälle fällt auf, dass die Anteile in den Geschwindigkeitsbereichen des Geschädigten und des Versicherungsnehmers annähernd gleich sind (Abbildung 139). Jeweils gut die Hälfte der LDW-relevanten Unfälle fand im Geschwindigkeitsbereich bis 50 km/h statt. Etwa 40% der Unfälle ereigneten sich in einem Geschwindigkeitsbereich zwischen 51 und 100

km/h. Unfälle bei denen der VN die Fahrspur bei einer Geschwindigkeit von über 100km/h unbeabsichtigt verlassen hat, sind mit 3,7% eher selten.

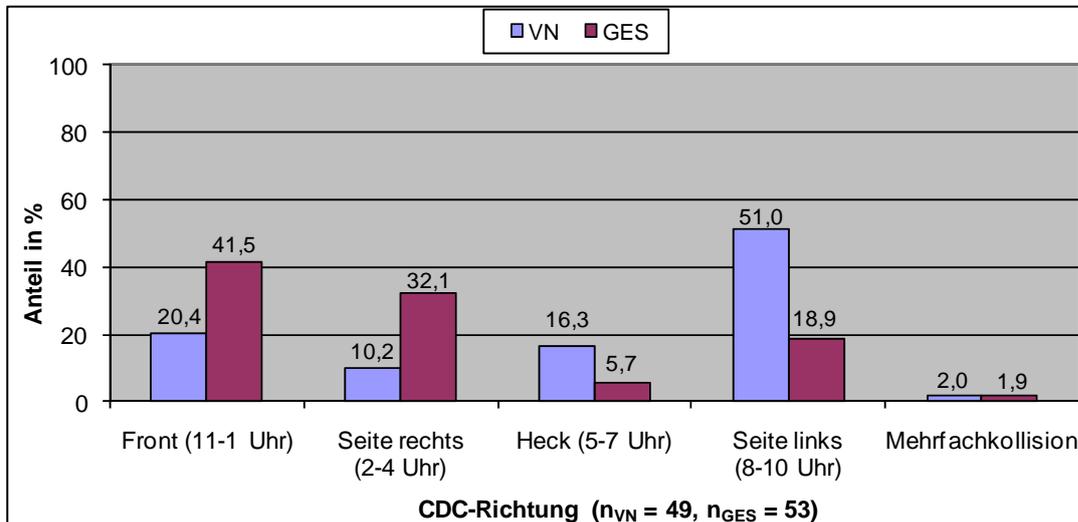


Abbildung 138: SWA-relevante Unfälle nach der CDC-Richtung

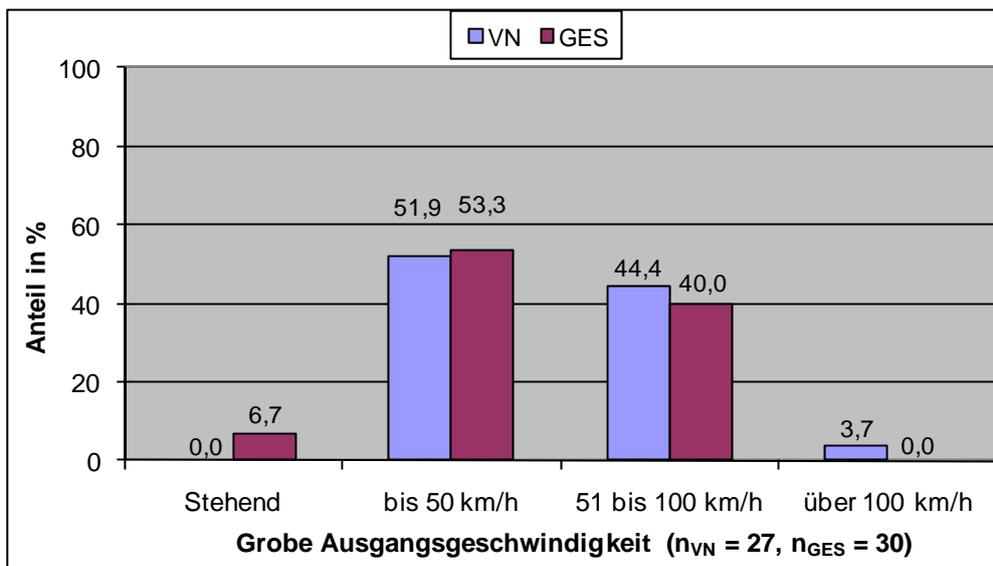


Abbildung 139: LDW-relevante Unfälle nach der groben Ausgangsgeschwindigkeit

Bei den SWA-relevanten Unfällen weicht die Verteilung im Vergleich zu den LDW-relevanten Unfällen deutlich ab (Abbildung 140). Auch hier hat aus Sicht des VN der Geschwindigkeitsbereich bis 50 km/h den größten Anteil, jedoch ist dieser Anteil mit fast 70% nochmals deutlich größer. Auch der Geschwindigkeitsbereich über 100 km/h hat einen stärkeren Anteil. Im Gegensatz dazu weist der Geschwindigkeitsbereich zwischen 51 und 100 km/h mit gut 21% gerade einmal den halben Anteil auf.

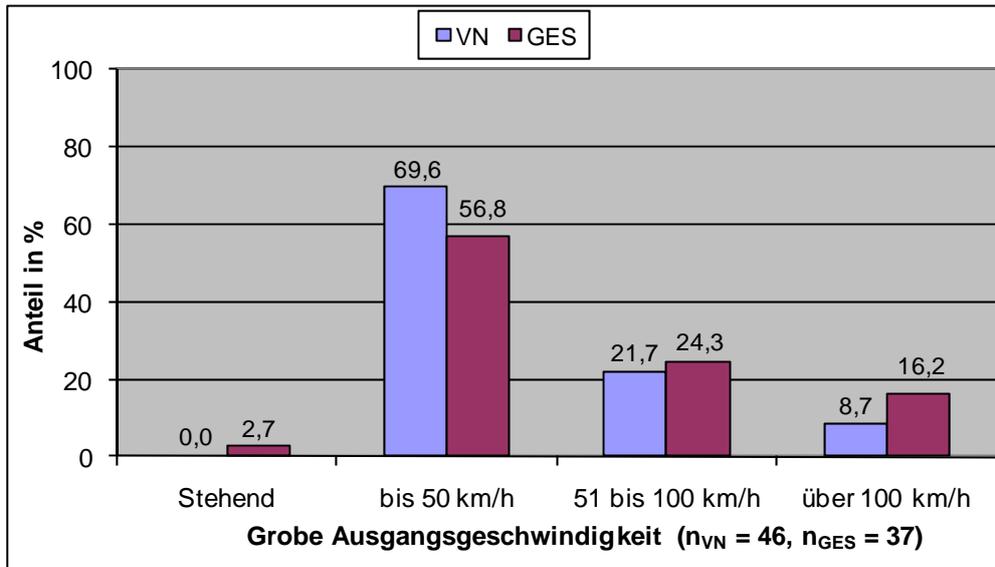


Abbildung 140: SWA-relevante Unfälle nach der groben Ausgangsgeschwindigkeit

9.2.10 Fahrerreaktion

Im vorliegenden Abschnitt wird die Brems- und Lenkreaktion des VN und des GES untersucht.

Reaktion Bremsen:

Über 83% der VN geben an, nicht gebremst zu haben (Abbildung 141). Bei den GES sind es annähernd 50% die angeben, vor der Kollision noch einen Bremsversuch unternommen zu haben. Bei den 4,3% GES in der Kategorie „entfällt“ handelt es sich um ein parkendes Fahrzeug sowie einen Fußgänger.

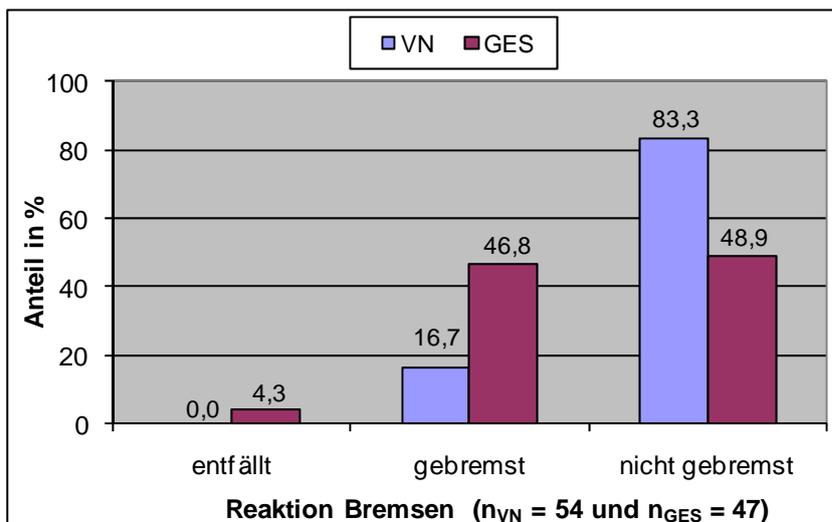


Abbildung 141: IQF-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES

Unterteilt man die IQF-relevanten Unfälle in SWA-relevante und LDW-relevante Unfälle, so fallen bei den Anteilen der Bremsreaktionen des VN extreme Unterschiede auf (Tabelle 62). 41,2% der an einem LDW-relevanten Unfall beteiligten VN geben an noch gebremst zu haben. Bei den SWA-relevanten Unfällen liegt dieser Anteil bei 5,4%. Dies ist dadurch zu erklären, dass der VN eines SWA-relevanten Unfalls gar nicht mit einer Kollision rechnet, da hier die Kollision wie in Abbildung 138 zu sehen, in den seltensten Fällen frontal stattfindet. Bei den LDW-relevanten Unfällen finden dagegen mehr als 2/3 Frontalkollisionen statt (vgl. Abbildung 137), somit kommt es hier häufiger zu einer Bremsreaktion des VN.

Reaktion Bremsen	LDW				SWA				Summe			
	VN		GES		VN		GES		VN		GES	
	Anzahl	%										
entfällt	0	0,0	2	11,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	4,3
gebremst	7	41,2	6	35,3	2	5,4	16	53,3	9	16,7	22	46,8
nicht gebremst	10	58,8	9	52,9	35	94,6	14	46,7	45	83,3	23	48,9
Summe	17	100,0	17	100,0	37	100,0	30	100,0	54	100,0	47	100,0
n. e.	31		31		25		32		56		63	

Tabelle 62: IQF-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES

Reaktion Lenken:

Betrachtet man die Reaktion des VN bezüglich des Lenkens, so geben fast 80% an, sie hätten keinen Ausweichversuch mehr unternommen (Abbildung 142). Auch bei den GES sind es mit 54,4% mehr als die Hälfte die angeben, keinen Ausweichversuch mehr unternommen zu haben. Immerhin gut 10% der Ausweichversuche des GES waren erfolgreich und konnten somit eine direkte Kollision verhindern. Bei den 5,9% GES in der Kategorie „entfällt“ handelt es sich um ein parkendes Fahrzeug, einen Fußgänger sowie zwei Straßenbahnen.

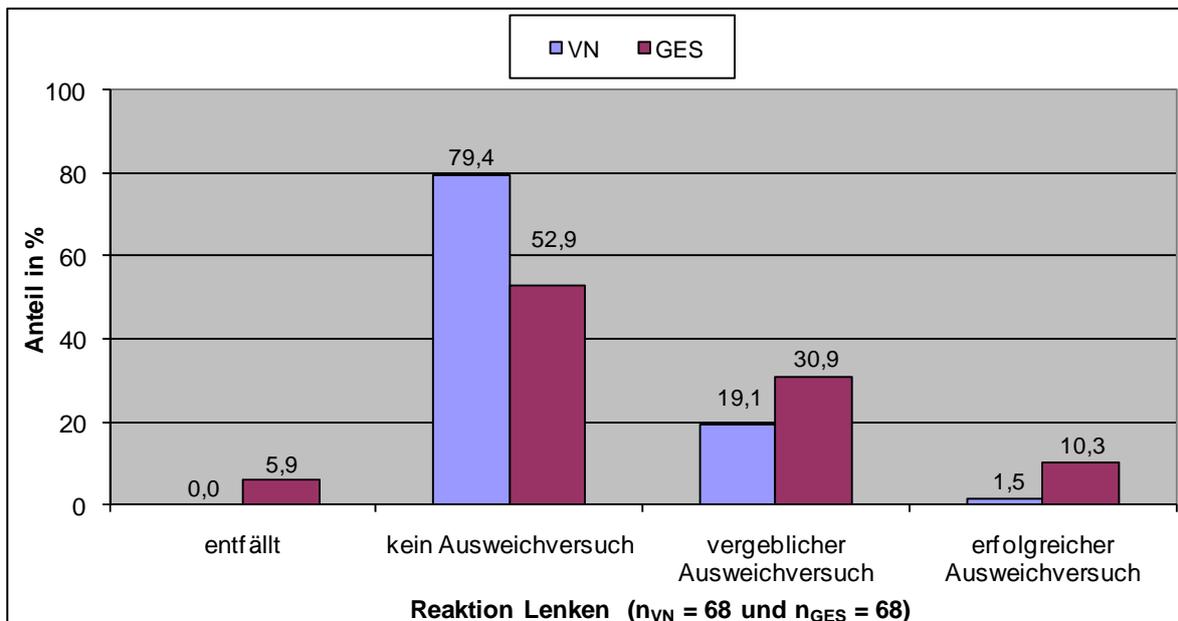


Abbildung 142: IQF-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES

Bei der Unterteilung der IQF-relevanten Unfälle stellt man fest, dass die Reaktion bezüglich des Lenkens sehr stark dem der Bremsreaktion ähnelt (vgl. Tabelle 62). 95,3% der VN eines SWA-relevanten Unfalls geben an, keinen Ausweichversuch mehr unternommen zu haben. Bei den LDW-relevanten Unfällen geben fast 50% der VN an, einen Ausweichversuch unternommen zu haben. Bei 4% war dieser Ausweichversuch gar von Erfolg gekrönt.

Reaktion Lenken	LDW				SWA				Summe			
	VN		GES		VN		GES		VN		GES	
	Anzahl	%										
entfällt	0	0,0	2	7,7	0	0,0	2	4,8	0	0,0	4	5,9
kein Ausweichversuch	13	52,0	11	42,3	41	95,3	25	59,5	54	79,4	36	52,9
vergeblicher Ausweichversuch	11	44,0	11	42,3	2	4,7	10	23,8	13	19,1	21	30,9
erfolgreicher Ausweichversuch	1	4,0	2	7,7	0	0,0	5	11,9	1	1,5	7	10,3
Summe	25	100,0	26	100,0	43	100,0	42	100,0	68	100,0	68	100,0
n. e.	23		22		19		20		42		42	

Tabelle 63: IQF-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES

9.2.11 Unfallfolgen

Etwa 90% aller in IQF-relevanten Unfällen geschädigte Personen wurden leicht verletzt. Vergleicht man die Anteile der Unfallfolgen aus IQF-relevanten Unfällen (Abbildung 143) mit den Anteilen der Unfallfolgen aller Unfälle (Abbildung 41), fällt der Anteil der Getöteten bei den IQF-relevanten Unfällen mit 8,6% deutlich höher aus. Der Anteil an Schwerverletzten sowie der Anteil an Verletzten mit einem HWS-Syndrom ist dagegen deutlich niedriger.

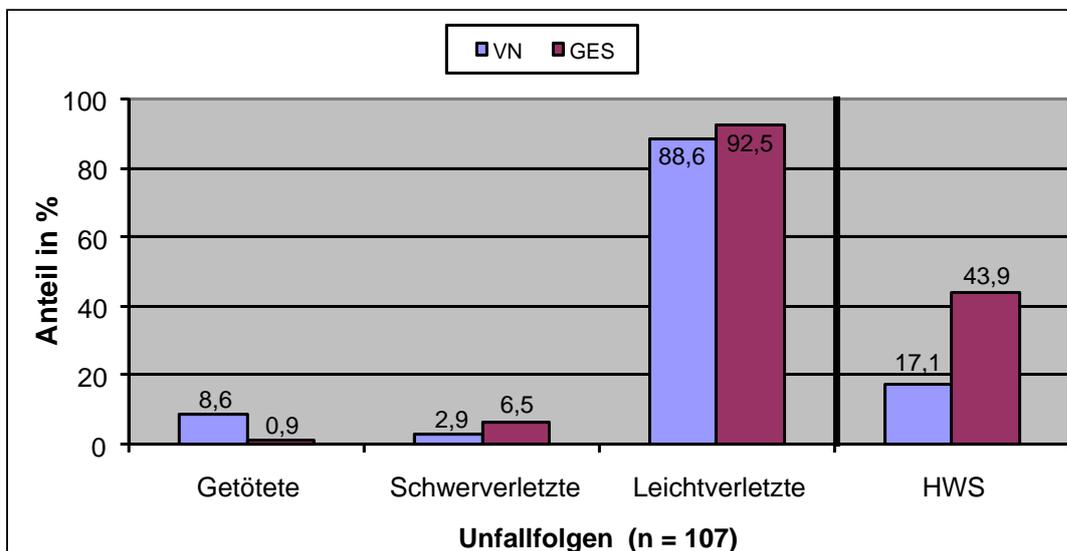


Abbildung 143: Verteilung der Unfallfolgen IQF-relevanter Unfälle nach VN und GES

In Tabelle 64 sind die Unfallfolgen IQF-relevanter Unfälle in LDW-relevante und SWA-relevante Unfälle unterteilt. Obwohl es in der Datenbank mehr SWA-relevante Unfälle gibt, ist trotzdem die Anzahl an verletzten Versicherungsnehmern bei LDW-relevanten Unfällen deutlich höher. Ebenso kam es nur bei den LDW-relevanten Unfällen zu Getöteten. Auch die An-

zahl der Schwerverletzten ist höher. Man kann also sagen, dass bei SWA-relevanten Unfällen das Risiko einer schweren Verletzung niedriger ist. Dies ist auf die gleiche Bewegungsrichtung und damit auf eine geringere Relativgeschwindigkeit der Kollisionspartner zueinander zurückzuführen.

Unfallfolgen	LDW (n = 48)				SWA (n = 62)				Summe			
	VN		GES		VN		GES		VN		GES	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Getötete	3	11,5	1	2,4	0	0,0	0	0,0	3	8,6	1	0,9
Schwerverletzte	1	3,9	5	11,9	0	0,0	2	3,1	1	2,9	7	6,6
Leichtverletzte	22	84,6	36	85,7	9	100,0	63	96,9	31	88,5	99	92,5
Summe	26	100,0	42	100,0	9	100,0	65	100,0	35	100,0	107	100,0
HWS	5	19,2	18	42,9	1	11,1	29	44,6	6	17,1	47	43,9

Tabelle 64: Verteilung der Unfallfolgen IQF-relevanter Unfälle

9.3 Vermeidbarkeitsbetrachtung

Ziel dieses Kapitels ist es, das tatsächliche Vermeidbarkeitspotential einer Integrierten Querführung, ausgehend vom im Kapitel 6.11 dargestellten Wirkungsfeld eines IQF-Systems, aufzuzeigen.

9.3.1 System - Szenarien

Vor einer PC-Crash Simulation zur Untersuchung der Vermeidbarkeit eines Unfalls durch den Einsatz eines IQF-Systems wurden verschiedene Szenarien entwickelt. In Tabelle 65 werden diese Szenarien definiert. Sie entsprechen „Entwicklungsstufen“ eines den Vermeidbarkeitssimulationen zugrunde liegenden virtuellen IQF-Systems.

Szenario	Beschreibung
0*	Geschwindigkeit > 60km/h Akustische Warnung beim Verlassen des Fahrstreifens
1*	Geschwindigkeit > 60km/h Akustische Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens Lenkeingriff durch den Fahrer
2*	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens Automatische Spurkorrektur
3***	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens Automatische Spurkorrektur Spurwechselassistent
Annahmen: *Fahrbahnmarkierung vorhanden** Blinker betätigt	

Tabelle 65: Einteilung der Szenarien zur Vermeidbarkeitsbetrachtung

Die erste Entwicklungsstufe (Szenario 0) warnt den Fahrer, sobald dieser den Fahrstreifen mit seinem Fahrzeug verlässt. In den weiteren Entwicklungsstufen warnt das System den Fahrer bereits eine Sekunde (Reaktionszeit) bevor das Fahrzeug den Fahrstreifen verlassen würde und gibt dem Fahrer somit die Möglichkeit, noch rechtzeitig einzugreifen.

9.3.2 IQF-Unfallkonfigurationen

Zunächst erfolgt eine Einteilung der IQF-relevanten Unfälle anhand der Unfalltypen (Tabelle 66). Diese Unfalltypen entsprechen ähnlichen Unfallsituationen, es handelt sich also um Unfälle mit identischen Konfliktsituationen und Unfallgegnern. Innerhalb der Unfalltypen gibt es im Wesentlichen nur Variationen bezüglich der Ausgangsgeschwindigkeit.

Unfalltyp		Anzahl	%
Fahrunfall	Linkskurve	3	2,7
	Rechskurve	3	2,7
	Unbekannter Kurvenverlauf	1	0,9
	Verschwenkte Fahrbahn	1	0,9
	Gerade	4	3,6
	Sonstige Fahrunfälle	2	1,8
Abbiege- Unfall	Linksabbieger	10	9,1
	Rechtsabbieger	1	0,9
RV	Ausweichen (Nachfolgender)	2	1,8
Unfall im Längsverkehr	Spurwechsler nach links	24	21,8
	Spurwechsler nach rechts	14	12,7
	Nebeneinander fahren	4	3,6
	Fußgänger - Fahrzeug	1	0,9
	Begegnende Fahrzeuge	25	22,7
Sonstige	Wenden	11	10,0
	Plötzliches körperliches Unvermögen	3	2,7
	Übrige Unfälle	1	0,9
	Summe	110	100
	n. e.	0	

Tabelle 66: Überblick über die Unfalltypen aller IQF-relevanten Unfälle und deren Häufigkeit

Um den Eingabeaufwand für die verschiedenen Fälle in PC-Crash zu reduzieren, wurden ähnliche Unfallkonfigurationen zusammengefasst (Tabelle 67). Diese Zusammenfassung ergibt fünf Gruppen, welche sich lediglich in der gefahrenen Geschwindigkeit, der Linienführung und der Querschnittsgestaltung der Straße unterscheiden. Des Weiteren wird durch diese Einteilung eine Bewertung der Fälle ohne nähere Informationen zur Geschwindigkeit möglich. Innerhalb der einzelnen Kategorien wird eine homogene Verteilung vorausgesetzt, dadurch kann von den rekonstruierten Fällen auf die nicht ersichtlichen Fälle geschlossen werden.

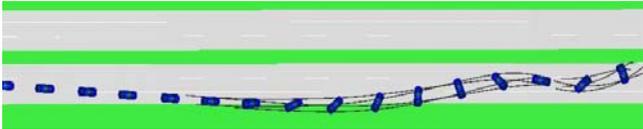
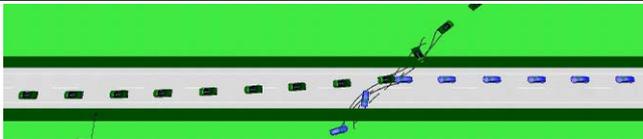
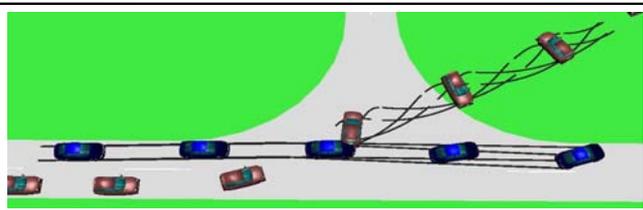
Unfallkonfiguration für PC -Crash Simulation				
Nr	Abbildung	Beschreibung	Anzahl	%
1		Kollision infolge einer Überschreitung der rechten Fahrbahnmarkierung	15	13,6
2		Kollision infolge einer Überschreitung der linken Fahrbahnmarkierung	29	26,4
3		Kollision infolge eines beabsichtigten Wechsels des Fahrstreifens	40	36,4
4		Kollision mit einem folgenden Fahrzeug beim Linksabbiegen oder Wenden	21	19,1
5		Sonderfälle	5	4,5
Summe			110	100,0

Tabelle 67: Überblick über die verwendeten Unfallkonfigurationen zur PC-Crash Simulation und deren Anteile an den IQF-relevanten Unfällen

9.3.3 Simulation und Berechnung

In diesem Kapitel wird mit Hilfe der Unfallrekonstruktions-Software PC-Crash je eine Berechnung für die fünf Unfallkonfigurationen nach Tabelle 67 durchgeführt. Für die Berechnungsbeispiele wurde jeweils der Fall ausgewählt, der die schwierigsten Bedingungen für eine Vermeidbarkeit durch das IQF-System darstellt. Somit führt eine Vermeidbarkeit dieses Unfalls zwangsläufig dazu, dass alle Fälle dieser Unfallkonfiguration ebenfalls vermeidbar wären.

Eine detaillierte Unfallrekonstruktion ist jedoch nicht möglich, da die Werte notwendiger Unfallparameter wie z. B. Austrittsort, -zeit und -winkel nicht ausreichend gut aus den Unfallakten hervorgehen. Dennoch konnte durch die Kenntnis der Funktion eines IQF-Systems sowie bestimmter Bewertungskriterien und Annahmen die Vermeidbarkeit qualitativ hinreichend gut bewertet werden.

Als Spurverlassenswinkel wurde in der vorliegenden Arbeit ein Betrag des Winkels zwischen der Fahrzeuglängsachse und der Fahrstreifenmarkierung von 4° angenommen. Hierzu sei anzumerken, dass weder Anfragen bei Firmen, die auf Unfallanalytik spezialisiert sind, noch eine ausgedehnte Literaturrecherche im Vorfeld der Vermeidbarkeitsbetrachtung zu einem eindeutigen Ergebnis hinsichtlich bekannter empirischer Winkelwerte beim unbeabsichtigten oder beabsichtigten Verlassen des eigenen Fahrstreifens führten. Eigene PC-Crash-Simulationen und Ergebnisse von Expertengesprächen ergaben einen plausibel erscheinenden Wert von 4° .

9.3.3.1 Kollision infolge einer Überschreitung der rechten Fahrbahnmarkierung

Da hier kein geeigneter Fall in der Datenbank vorliegt, wird zunächst ein fiktiver Fall berechnet und anschließend die maximal mögliche Grenzgeschwindigkeit für eine IQF-Funktion ermittelt.

Annahmen: Der Pkw fährt auf einer BAB mit Regelquerschnitt (RQ) 26. Nach [FGSV, 2996] ergibt das folgende Breiten für die einzelnen Querschnittselemente der betrachteten Fahrbahn: 3,5m Fahrstreifenbreite, 2,0m Pannestreifenbreite, 0,5m Randstreifenbreite. Die Pkw-Geschwindigkeit entspricht der Richtgeschwindigkeit von 130 km/h. In einem Winkel von 4° überquert er die Fahrstreifenmarkierung und kommt von der Fahrbahn ab. Bei der Fahrt durch das Bankett schleudert der Pkw (Abbildung 144).

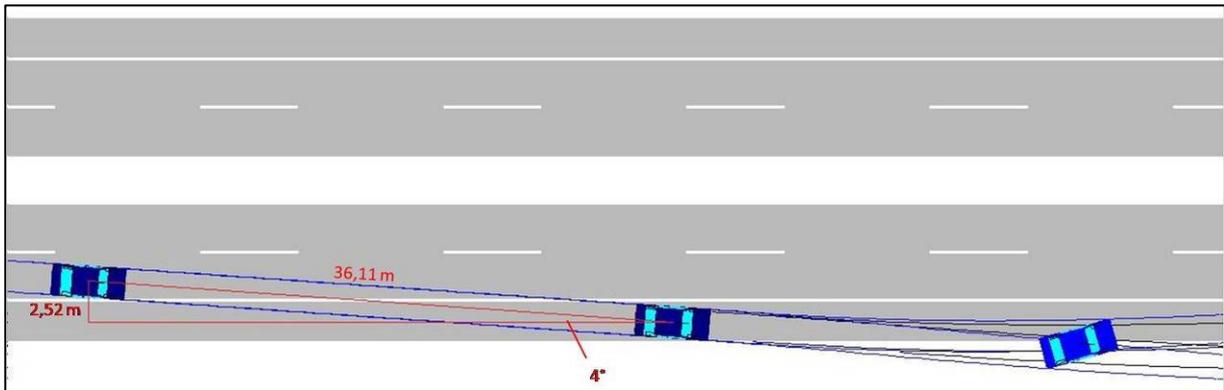


Abbildung 144: Situationsdarstellung „Überschreiten der rechten Fahrbahnmarkierung“ in PC-Crash

Vermeidbarkeitsbetrachtung:

Szenario 0 – Dem Fahrer wird nach dem Ertönen des akustischen Warnsignals eine Reaktionszeit von einer Sekunde unterstellt, bevor er durch einen Lenkeingriff auf seinen Fahrstreifen zurücksteuert. Das Fahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit von 130km/h (36,11m/s). Der Spurverlassenswinkel beträgt 4°. Mit Hilfe des Sinussatzes lässt sich nun der Querversatz berechnen, den das Fahrzeug innerhalb einer Sekunde zurücklegt.

$$\text{Querversatz} = 36,11\text{m} \cdot \sin 4^\circ = 2,52\text{m}$$

Der Querversatz von 2,52m entspricht in etwa der Breite des zur Verfügung stehenden befestigten Pannestreifens plus Randstreifens. Somit wäre die Richtgeschwindigkeit von 130 km/h genau der Grenzwert, bei der ein Abkommen von der Fahrbahn mit Szenario 0 noch vermieden werden könnte.

Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h (16,67 m/s) und einem Winkel von 4° erreicht das Fahrzeug einen Querversatz von ca. 1,16 m.

$$\text{Querversatz} = 16,67\text{m} \cdot \sin 4^\circ = 1,16\text{m}$$

Da Bundes- und Landesstraßen jedoch maximal einen Seitenstreifen von 0,5m aufweisen (RQ 20) sind Unfälle auf Bundes- und Landesstraßen mit Szenario 0 nicht vermeidbar.

Szenario 1 – Bei einer Fahrzeugbreite von 1,75m und einer Fahrstreifenbreite von 3,5m (RQ 26) hat ein mittig fahrendes Fahrzeug auf jeder Seite etwa 0,875m Abstand zur Fahrbahnmarkierung. Bei einer Geschwindigkeit von 130km/h müsste das System den Fahrer bereits bei einer Winkelabweichung von ca. $1,4^\circ$ im Vergleich zur Ideallinie warnen, um dem Fahrer unter Berücksichtigung der Reaktionszeit von 1s ein Gegenlenken vor dem Erreichen der Fahrbahnmarkierung (Fahrbahnbegrenzung) zu ermöglichen.

Der zumeist bei Bundesstraßen genutzte RQ 10,5 hat ebenfalls eine Fahrstreifenbreite von 3,5m. Bei einer angenommenen Geschwindigkeit von 90km/h müsste das System den Fahrer bei einer Winkelabweichung von ca. 2° im Vergleich zur Ideallinie warnen, um dem Fahrer unter Berücksichtigung der Reaktionszeit von 1s ein Gegenlenken vor dem Erreichen der Fahrbahnbegrenzung zu ermöglichen.

Szenario 2 – Eine detaillierte Auswertung des Spurverlassenswinkels und eine dadurch mögliche Vorhersage des Spurverlassenszeitpunkts ermöglicht es, dass das Fahrzeug den Fahrstreifen nicht bzw. nur sehr kurzzeitig verlässt. Dieser Unfall wäre mit Szenario 2 vermeidbar.

Szenario 3 – Ein Spurwechselassistent ist bei dieser Unfallkonfiguration nicht relevant.

9.3.3.2 Kollision infolge einer Überschreitung der linken Fahrbahnmarkierung

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 46438 dargestellt, da bei diesem Unfall der VN und der GES hohe Geschwindigkeiten aufweisen und eine sehr detaillierte Beschreibung vorhanden ist.

Unfallsituation:

VN ist aus unerklärlichem Grund auf die linke Fahrbahn in den Gegenverkehr gefahren (Abbildung 145). Laut Unfallanalyse waren der GES mit $V_{GES}=70\text{km/h}$, der VN mit $V_{VN}=100\text{km/h}$ und ein weiteres beteiligtes Fahrzeug mit $V_{3,PKW}=104\text{km/h}$ unterwegs. Die Unfallstelle liegt in einer langgezogenen, leicht abschüssigen Rechtskurve. Die Fahrbahnbreite beträgt laut Schadenakte 7,80m.

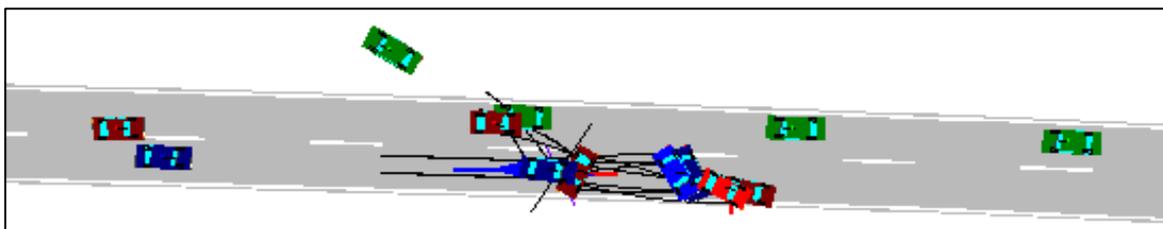


Abbildung 145: Situationsdarstellung „Überschreiten der linken Fahrbahnmarkierung“ in PC-Crash

Nach der Erstkollision im Gegenverkehr schleuderte der VN auf den rechten Fahrstreifen. Der folgende Pkw fuhr trotz einer Vollbremsung in den plötzlich vor ihm geschleuderten VN (Abbildung 146).

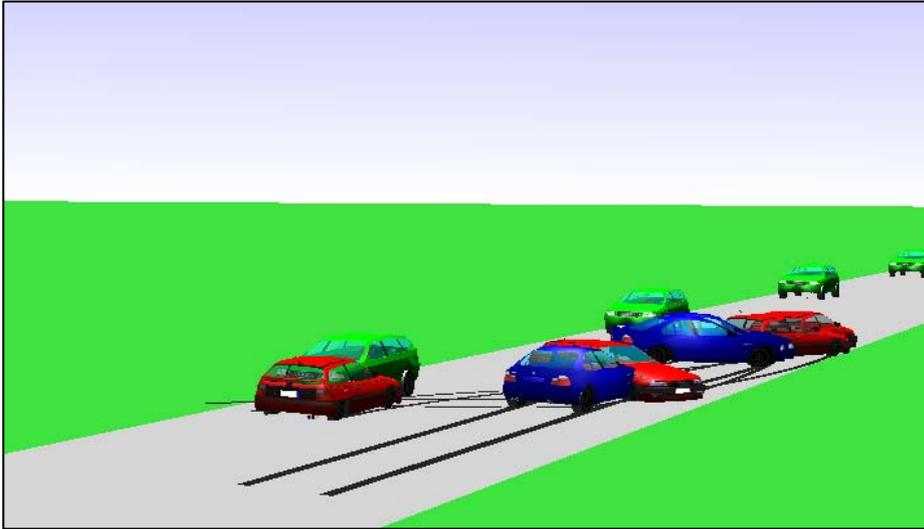


Abbildung 146: 3D Ansicht der Erst- und Zweitkollision

Vermeidbarkeitsbetrachtung:

Szenario 0 – Dem Fahrer wird nach dem Ertönen des akustischen Warnsignals eine Reaktionszeit von einer Sekunde unterstellt, bevor er durch einen Lenkeingriff auf seine Fahrspur zurücksteuert. Das Fahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit von $V_{VN}=100\text{km/h}$ ($27,77\text{m/s}$) und verlässt die Fahrbahn in einem Winkel von 4° . Mit Hilfe des Sinussatzes lässt sich so der Querversatz berechnen.

$$\text{Querversatz} = 27,22\text{m} \cdot \sin 4^\circ = 1,94\text{m}$$

Das Fahrzeug belegt somit $1,94\text{m}$ des Fahrstreifens des entgegenkommenden Fahrzeuges. Die Fahrstreifenbreite beträgt im vorliegenden Fall $3,90\text{m}$, also würde dem GES noch eine Fahrstreifenbreite von ca. $1,96\text{m}$ zur Verfügung stehen. Bei einer Fahrzeugbreite von $1,75\text{m}$ wäre somit noch ausreichend Platz vorhanden, um auszuweichen. Dieser Unfall wäre mit Szenario 0 vermeidbar.

Der zumeist bei Bundesstraßen genutzte RQ 10,5 hat eine befestigte Fahrstreifenbreite von $3,75\text{m}$ ($3,5\text{m}$ Fahrstreifenbreite, $0,25\text{m}$ Seitenstreifen). Bei einer angenommenen Fahrzeugbreite von $1,75\text{m}$ darf der VN die Mittelleitlinie maximal um 2m überfahren. Bei einem angenommenen Winkel von 4° und einer Reaktionszeit von 1s ergibt sich für den VN eine maximale Geschwindigkeit von $V_{VN}=103,21\text{ km/h}$ ($28,67\text{ m/s}$), bei der eine IQF-Funktion einen Zusammenstoß gerade noch vermeiden helfen würde. Es ist die Geschwindigkeit, bei der sich die Fahrzeuge, unter Ausnutzung der gesamten Fahrstreifenbreite, genau berühren.

$$\text{Längerversatz} = \frac{2,0\text{m}}{\sin x} = 28,67\text{m}$$

Unter Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100km/h sind Unfälle auf Bundesstraßen mit Szenario 0 vermeidbar.

Szenario 1 – Die Berechnung wurde bereits unter 9.3.3.1 - Szenario 1 durchgeführt.

Szenario 2 – Eine detaillierte Auswertung des Spurverlassenswinkels und eine dadurch mögliche Vorhersage des Spurverlassenszeitpunkts ermöglicht es, dass das Fahrzeug die Fahrstreifen nicht bzw. nur sehr kurzzeitig verlässt. Dieser Unfall wäre mit Szenario 2 vermeidbar.

Szenario 3 – Ein Spurwechselassistent ist bei dieser Unfallkonfiguration irrelevant.

9.3.3.3 Kollision infolge eines beabsichtigten Wechsels des Fahrstreifens

Exemplarisch für die Unfallkonstellation wird Fall Nr. 47017 dargestellt. In diesem Fall fahren die Fahrzeuge nicht parallel, sondern versetzt. Dadurch ist eine Abschätzung möglich, wie weit der Sensor eines SWA nach hinten gerichtet sein müsste.

Unfallsituation:

Der VN fuhr auf dem Beschleunigungsstreifen einer BAB hinter einem dritten PKW (Abbildung 147). Gemeinsam fahren sie mit einer Geschwindigkeit von $V_{VN,t1}=V_{3,PKW,t1}\approx 70\text{km/h}$ auf den rechten Fahrstreifen der BAB. Unmittelbar danach beschleunigte der VN auf etwa $V_{VN,t2}\approx 110\text{km/h}$ und wechselte auf den linken Fahrstreifen, dabei übersah er den GES der sich mit $V_{GES}\approx 140\text{km/h}$ von hinten näherte. Trotz Vollbremsung fuhr der GES auf den VN auf (Abbildung 148).

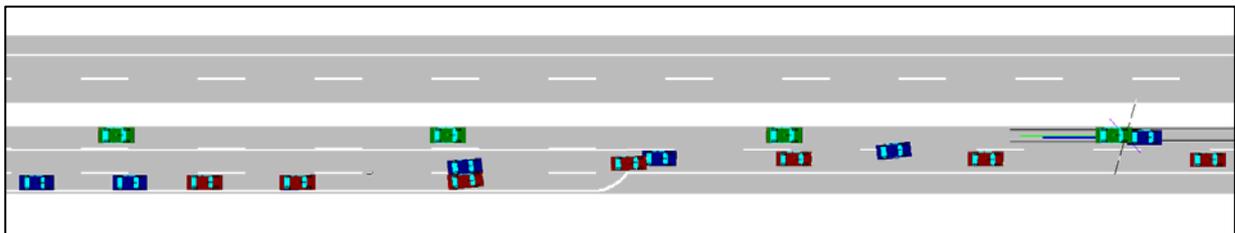


Abbildung 147: Situationsdarstellung „Kollision infolge eines Spurwechsels“ in PC-Crash

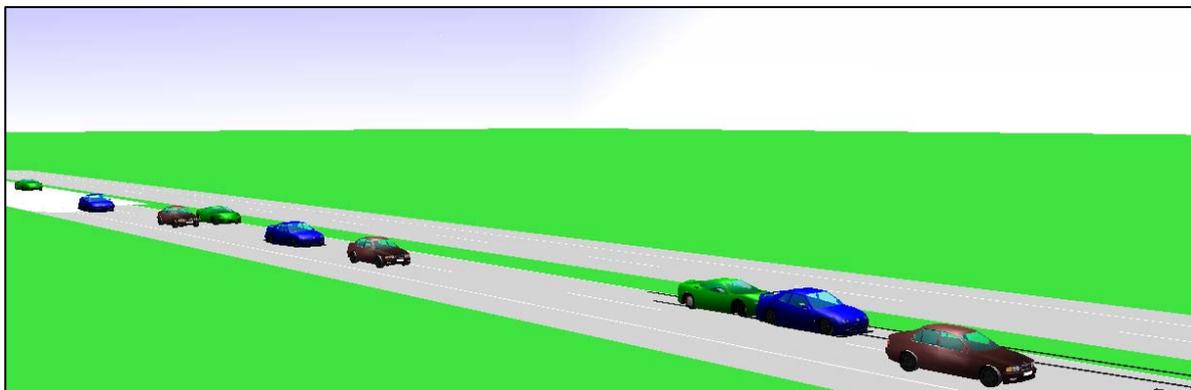


Abbildung 148: 3D Ansicht der Kollision

Vermeidbarkeitsbetrachtung:

Die **Szenarien 0 – 2** sind für den vorliegenden Fall nicht relevant, da der VN hier die Fahrbahnmarkierung aufgrund eines beabsichtigten Spurwechsellvorgangs überschreitet.

Szenario 3 – Zur groben Berechnung der Wegstrecke, die der VN während des Überholvorgangs zurückgelegt hat, wird folgende Formel aus [Burg, 2007] verwendet:

$$s = v \sqrt{\frac{S_V}{0,156a_q}}$$

Mit:

s	benötigte Wegstrecke [m]
v	Geschwindigkeit [m/s]
S_V	Seitenversatz [m]
a_q	Quereschleunigung [m/s ²]

Dem VN wird aufgrund seines Alters (20 Jahre) eine sportliche Fahrweise unterstellt. Nach [Burg, 2007] sind bei diesem Fahrerprofil Quereschleunigungen von $a_q \approx 4 \text{ m/s}^2$ üblich.

Da der VN während des Überholvorgangs beschleunigte, wird mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $V_{VN}=100 \text{ km/h}$ während des Spurwechsels gerechnet.

Der Seitenversatz entspricht einer Fahrstreifenbreite, also min. 3,0m bis max. 3,75m [FGSV, 1996].

Setzt man diese Werte in die Formel ein, ergibt sich eine Wegstrecke von $s=60,9\text{m}$ bis $s=68,1\text{m}$.

$$s = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}} \sqrt{\frac{3,0\text{m}}{0,156 \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \underline{\underline{60,9 \text{ bis } 68,1\text{m}}}$$

Für diese Wegstrecke benötigt der VN bei einer Geschwindigkeit von $V_{VN}=100\text{km/h}$ (27,78m/s) etwa 2,19s bis 2,45s. Der GES legt in diesen 2,19s bis 2,45s bei einer Geschwindigkeit von $V_{GES}=140\text{km/h}$ (38,89m/s) eine Wegstrecke von $s=85,17\text{m}$ bis 95,28m zurück.

Als der VN den Spurwechsel einleitete war der GES etwa 25m hinter dem VN. Ein rückwärts gerichtetes Fernbereichsradar mit einer Reichweite von 120m und einem Öffnungswinkel von 12° hätte den GES bereits zu Beginn des Überholmanövers im Sichtbereich gehabt und hätte den VN nach Betätigung des Blinkers durch ein überlagertes Lenkmoment auf die Gefahr hinweisen können.

Dieser Unfall wäre mit Szenario 2 vermeidbar.

9.3.3.4 Kollision mit einem folgenden Fahrzeug beim Linksabbiegen oder Wenden

Exemplarisch für diese Unfallkonstellation wird Fall Nr. 47465 dargestellt, da es sich hierbei um den Unfall mit der höchsten Differenzgeschwindigkeit zwischen VN und GES handelt.

Unfallsituation:

VN wollte von einer relativ geraden Landstraße links in eine etwa rechtwinklig angelegte Einmündung abbiegen. Noch bevor der VN den Abbiegevorgang einleitete, setzte der GES zum Überholen an. Der VN blinkte wohl sehr spät und bog in die Einmündung stark links schneidend ein (Abbildung 149). Trotz Vollbremsung konnte der GES den Unfall nicht mehr vermeiden. Laut Gutachten betrug die Geschwindigkeit des VN $V_{VN}=30$ km/h. Die Geschwindigkeit des GES ist mit $V_{GES}=126$ km/h angegeben.

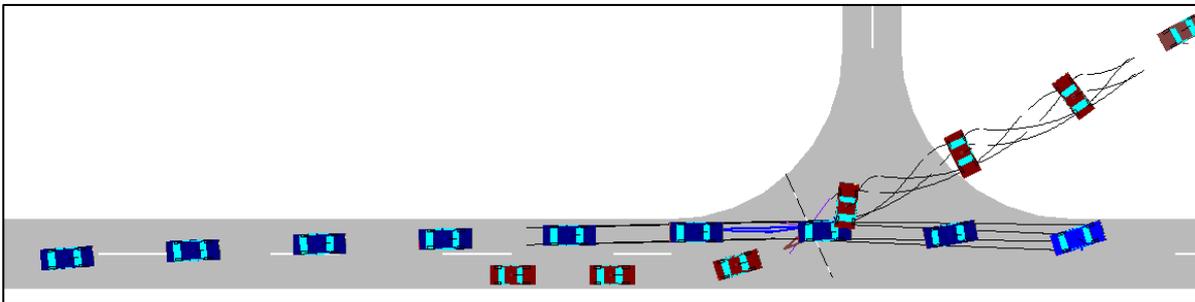


Abbildung 149: Situationsdarstellung „Kollision mit folgendem Fahrzeug beim Linksabbiegen oder Wenden“ in PC-Crash

Der VN drehte sich nach der Kollision mehrfach gegen den Uhrzeigersinn um seine Hochachse (Abbildung 150).

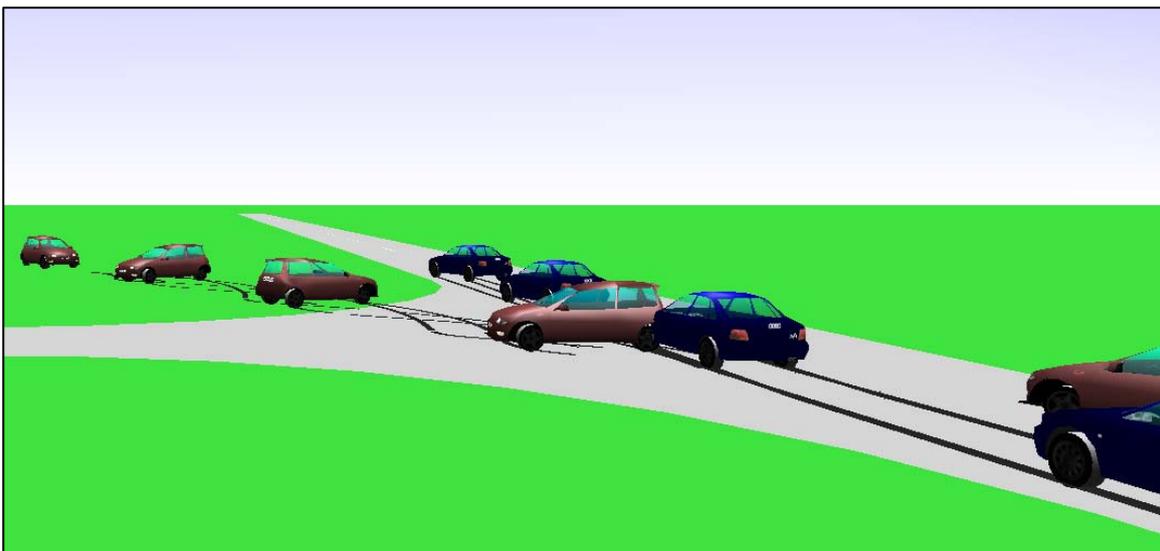


Abbildung 150: 3D-Ansicht der Kollision mit den Endlagen der Fahrzeuge

Vermeidbarkeitsbetrachtung:

Die **Szenarien 0 – 2** sind für den vorliegenden Fall nicht relevant, da der VN hier die Fahrbahnmarkierung aufgrund eines beabsichtigten Abbiegevorgangs überschreitet.

Szenario 3 – Aus den Bremsspuren, die am Unfallort gesichert wurden, ist ersichtlich, dass der GES bereits 27,5m vor der Kollisionsstelle auf der Überholspur fuhr und einen Abstand von 0,5m zur Mittelleitlinie besaß.

Zur groben Berechnung der Wegstrecke, die der GES während des Spurwechsels zurückgelegt hat, wird folgende Formel aus [Burg, 2007] verwendet:

$$s = v \sqrt{\frac{S_V}{0,156a_q}}$$

Mit:

s	benötigte Wegstrecke [m]
v	Geschwindigkeit [m/s]
S_V	Seitenversatz [m]
a_q	Querbearschleunigung [m/s ²]

Dem GES wird aufgrund seines Alters und der Tatsache, dass er bereits mit überhöhter Geschwindigkeit unterwegs war, eine sportliche Fahrweise unterstellt. Laut [Burg, 2007] sind bei diesem Fahrerprofil Querbearschleunigungen von $a_q \approx 4 \text{ m/s}^2$ üblich.

Wie in Abbildung 151 zu erkennen, hat der GES somit nach Beginn seines Überholvorgangs einen Seitenversatz von $S_V \approx 3,325 \text{ m}$ zurückgelegt.

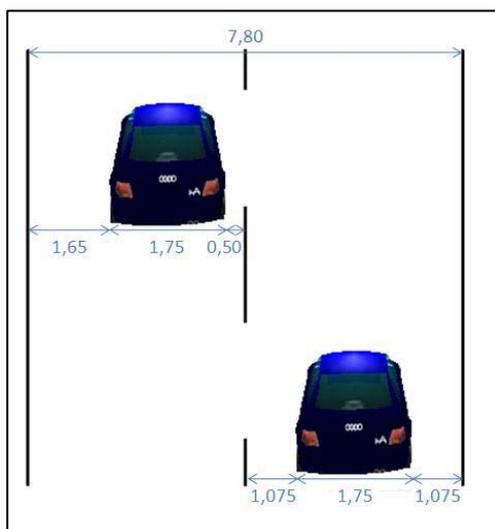


Abbildung 151: Seitenversatzes beim Spurwechsel des GES

Setzt man diese Werte in die Formel ein, ergibt sich eine Wegstrecke von $s=80,8m$.

$$s = 35 \frac{m}{s} \sqrt{\frac{3,325m}{0,156 \cdot 4 \frac{m}{s^2}}} = \underline{\underline{80,8m}}$$

Addiert man dazu die 27,5m aus der Bremsspurenauswertung ergibt sich eine Gesamtstrecke von 108,3m. Somit hat der GES etwa 108,3m vor der Kollisionsstelle mit dem Überholvorgang begonnen. Bei einer Geschwindigkeit von $V_{GES}=126km/h$ (35m/s) benötigte er für diese Strecke ca. 3s.

Ein Fernbereichsradar mit einer Reichweite von 120m und einem Öffnungswinkel von 12° hätte den GES bereits zu Beginn dessen Überholmanövers im Erkennungsbereich gehabt und hätte den VN nach Betätigung des Blinkers durch ein überlagertes Lenkmoment auf die Gefahr hinweisen können.

Dieser Unfall wäre mit Szenario 2 vermeidbar.

9.3.3.5 Sonderfälle

Bei den fünf als Sonderfälle eingeordneten Unfällen handelt es sich in drei Fällen um Unfälle, bei denen das Fahrzeug die Fahrbahn aufgrund einer aktiven Lenkbewegung eines Fahrzeuginsassen verlassen hatte. Diese Unfälle wären auch nicht vermeidbar, wenn ein integrierter Querführungsassistent an Bord des Fahrzeugs wäre, da sich das System wie in der Applikationsbeschreibung (Kapitel 9.1) beschrieben, bei einem aktiven Lenkeingriff übersteuern lässt.

Die beiden anderen Unfälle sind auf ein plötzliches körperliches Unvermögen der Fahrer zurückzuführen. In einem Fall verlor der Fahrer aufgrund eines Niesanfalls die Kontrolle über sein Fahrzeug. Der genaue Vorgang des Kontrollverlustes ist nicht bekannt. Vermutlich hat er während des Niesens das Lenkrad verrissen und ist dadurch ins Schleudern geraten.

Bei der Verursacherin des anderen Unfalls zeigte sich bereits vor dem Unfall, bei dem sie auf der Gegenfahrbahn fuhr, ein auffälliges Verhalten (Schlangenlinie, ständige Geschwindigkeitsveränderungen). Es ist somit davon auszugehen, dass die Fahrerin zum Zeitpunkt des Unfalls gesundheitlich nicht in der Lage war, ein Fahrzeug zu führen. Im Nachhinein wurde eine Demenz der Fahrerin festgestellt.

Bei den letzten beiden Unfällen ist nicht bekannt, wie ein System auf eine derartige Situation reagieren würde oder ob es überhaupt reagieren kann.

Für die Vermeidbarkeitsbetrachtung werden diese fünf Sonderfälle als nicht vermeidbar eingestuft.

9.4 Nutzen eines IQF-Systems

9.4.1 Maximal möglicher Nutzen

Die Tabelle 68 zeigt zusammengefasst den erwarteten Nutzen der vier Entwicklungsstufen eines integrierten Querführungsassistenten basierend auf den PC-Crash Berechnungen aus Kapitel 9.3.3

Ein System, welches ab einer Geschwindigkeit von 60km/h einsatzfähig ist und dem Fahrer durch einen akustischen Warnton auf das Verlassen der Fahrspur aufmerksam macht (Szenario 0), hat das Potential, 0,6% aller Haftpflichtunfälle mit Personenschaden zu vermeiden. Wenn das System den Fahrer bereits vor dem Verlassen der Fahrspur akustisch warnen könnte (Szenario 1), ließen sich 1,0% aller Unfälle vermeiden. Ein IQF-System mit einer Verfügbarkeit im Geschwindigkeitsbereich von 0km/h bis 180km/h sowie einer automatischen Spurkorrektur (Szenario 3), bringt es auf ein Vermeidbarkeitspotential von 2,5% aller Unfälle. Ist zusätzlich ein Spurwechselassistent integriert, so erhöht sich das Potential auf 6,1%.

Szenario	Beschreibung	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	% Anteil bezogen auf	
			Wirkfeld (n=110)	alle Unfälle (n = 1.731)
0*	Geschwindigkeit > 60km/h, Akustische Warnung beim Verlassen des Fahrstreifens, Lenkeingriff durch den Fahrer	10	9,1	0,6
1*	Geschwindigkeit > 60km/h, Akustische Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, Lenkeingriff durch den Fahrer	18	16,4	1,0
2*	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h, Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, automatische Spurkorrektur	44	40,0	2,5
3***	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h, Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, automatische Spurkorrektur, mit Spurwechselassistent	105	95,5	6,1

Annahmen: *Farbahnmarkierung vorhanden, ** Blinker betätigt

Tabelle 68: Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgendminderung) durch den Einsatz von IQF-Systemen gemäß der Entwicklungsstufen bezogen auf alle IQF-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

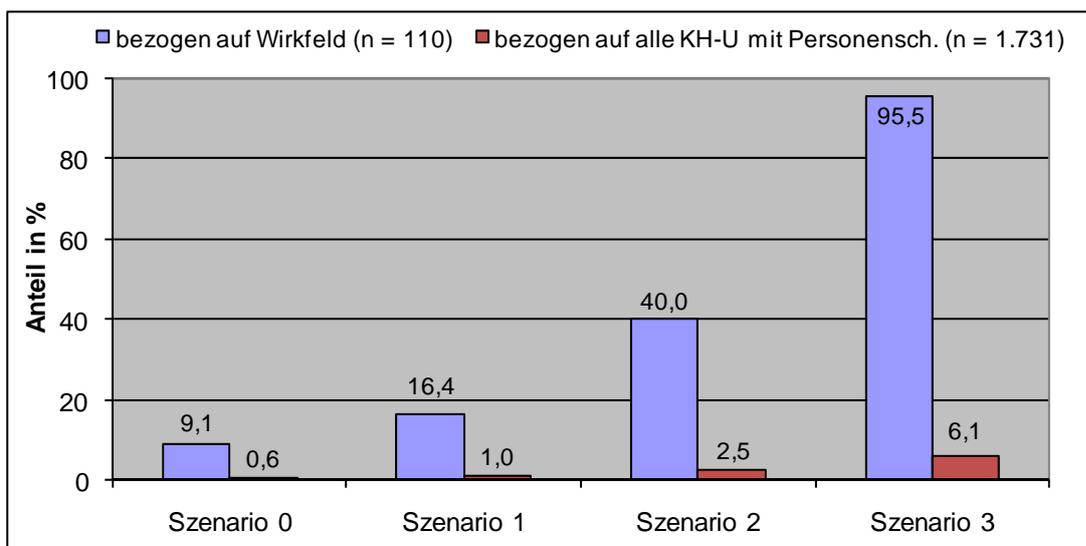


Abbildung 152: Vermeidbarkeit von Unfällen (exkl. Unfallfolgendminderung) durch den Einsatz von IQF-Systemen gemäß der Entwicklungsstufen bezogen auf alle IQF-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

9.4.2 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Ziel dieses Kapitels ist es, die durch ein IQF-System in Deutschland vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten darzustellen.

Grundlage dieser Berechnung sind die für das Jahr 2004 in der Bundesstatistik ausgewiesenen Verunglückten durch Unfälle zweier Beteiligter, bei denen der Hauptverursacher ein Pkw war. Hierin sind keine Alleinunfälle enthalten, was in etwa der Situation der Versicherungs-Haftpflichtschäden mit Personenschaden entspricht. Die im Kapitel 9.4 ermittelten Nutzen der einzelnen Szenarien werden nun auf die Anzahl der Verunglückten übertragen und mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Kostensätze [BASt, 2006] die in Deutschland durch ein IQF-System vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten errechnet.

Außerdem wird eine Nutzensteigerung im Falle eines unfallbedingten Aufpralls durch Verringerung der Aufprallgeschwindigkeit bewirkt. Die einhergehende Unfallfolgenminderung (geringere Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten) trägt zur Steigerung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei. Allerdings lassen die in den Unfallakten extrahierten Daten keine Aussage über eine mögliche Verletzungsschwerereduktion zu, so dass eine quantitative Nutzenabschätzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung diesbezüglich nicht möglich war.

Neben den vermeidbaren Personen- und Sachschäden sind auch Kosten durch die bei Unfällen einhergehenden Verkehrsbehinderungen (Stau) für die Bestimmung des volkswirtschaftlichen Nutzens relevant. Hier bietet sich der Einsatz eines generischen Verfahrens zur Ermittlung der Zeitdauer und Rückstaulänge bis zur vollständigen Stauauflösung an. Für eine brauchbare Abschätzung der Zeitdauer und Rückstaulänge sind weitere Verkehrskenngrößen für die Unfallortslagen im Straßennetz und die Unfallzeitpunkte erforderlich. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war eine diesbezügliche Datenerhebung nicht realisierbar.

9.4.2.1 Volkswirtschaftliche Kostensätze gemäß BASt

Für die Berechnung des volkswirtschaftlichen Schadens, der durch IQF-relevante Unfälle entstanden ist, wird die Unfallkostenrechnung der BASt zugrunde gelegt. Das Berechnungsmodell ermittelt Unfallkosten, die nach dem Schweregrad der Personenschäden unterteilt sind. Die Unfallfolgekosten werden von der BASt wie folgt gegliedert:

- Reproduktionskosten umfassen Kosten, die aufgewendet werden, um durch den Einsatz medizinischer, juristischer, verwaltungstechnischer und anderer Maßnahmen eine äquivalente Situation wie vor dem Unfall herzustellen.
- Ressourcenausfallkosten erfassen die Minderungen an wirtschaftlicher Wertschöpfung, die entstehen, dass durch den Unfall Verletzte oder Getötete nicht mehr in der Lage sind, am Produktionsprozess teilzunehmen.

Eine ausführliche Beschreibung des Berechnungsmodells und der Einflussfaktoren enthält [BASt, 1999].

Die aktuellen volkswirtschaftlichen Kostensätze zur Bewertung von Personen- und Sachschäden wurden aus [BASt, 2006] entnommen. Für das Jahr 2004 ergeben sich die in Tabelle 69 zusammengestellten Werte.

9.4.2.2 Ermittlung des vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens durch IQF

Für die Darstellung des durch IQF-Systeme vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens in Deutschland wurden die Personenschäden aus der Bundesstatistik herangezogen. Hierbei handelt es sich um durch Pkw verursachte Unfälle (Pkw ist Hauptverursacher) und die dabei entstandene Anzahl von Personenschäden (Tabelle 70).

Personenschadenkosten je verunglückte Person für:	Betrag in €
Getötete	1.161.885
Schwerverletzte	87.269
Leichtverletzte	3.885
Sachschadenkosten je:	
Unfall mit Getöteten	28.450
Unfall mit Schwerverletzten	13.808
Unfall mit Leichtverletzten	10.038

Tabelle 69: Volkswirtschaftliche Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006]

	Anzahl
Unfälle zweier Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher	170.547
Verunglückte bei Unfällen zweier Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher	225.293
davon	
Getötete	1.815
Schwerverletzte	31.168
Leichtverletzte	192.310

Tabelle 70: Verunglückte bei Unfällen mit zwei Beteiligten und einem Pkw als Hauptverursacher im Jahr 2004 [StBa, 2005]

Der in Kapitel 9.4 ermittelte Anteil vermeidbarer Unfälle durch eine IQF-Funktionalität gemäß den einzelnen Szenarien (Tabelle 68), wurde nun auf die Anzahl der in Tabelle 70 ausgewiesenen Personenschäden angewandt. Multipliziert mit den aus Tabelle 69 bekannten volkswirtschaftlichen Kostensätzen ergeben sich die durch ein IQF-System vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten je Szenario (Tabelle 71). Da aufgrund der zur Verfügung stehenden statistischen Daten keine Unterscheidung zwischen der Anzahl der Verunglückten und der Zahl der Unfälle möglich ist, wurde die Anzahl der Verunglückten zur Berechnung sowohl des Personenschadenkostenanteils als auch des Sachschadenkostenanteils nach Tabelle 69 herangezogen. Hieraus ergeben sich leicht erhöhte Kosten, denn die Anzahl der Verunglückten ist höher als die Anzahl der Unfälle.

Vermeidbare Kosten durch	Getötete		Schwerverletzte		Leichtverletzte		Summe
	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Mio €
Szenario 0	10	12	180	18	1.111	15	46
Szenario 1	19	22	324	33	2.000	28	83
Szenario 2	46	55	792	80	4.888	68	203
Szenario 3	110	131	1.891	191	11.665	162	485

Tabelle 71: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgendminderung) für Deutschland für das Jahr 2004

Diskussion:

Die Berechnung des vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens anhand des quantitativen Nutzens berücksichtigt nicht, welche Unfallfolgen mit Hilfe eines IQF-Systems vermieden werden können. In allen 1.731 Unfällen, deren charakteristische Daten in der AZT-Datenbank gespeichert sind, kam es zu insgesamt 12 Getöteten. Vier davon starben infolge eines IQF-relevanten Unfalls. Die folgende Tabelle 72 zeigt, welche Unfallfolgen mit Hilfe der einzelnen, als Szenario bezeichneten Entwicklungsstufen eines IQF-Systems vermeidbar gewesen wären.

Vermeidbare Unfallfolgen durch	Getötete			Schwerverletzte			Leichtverletzte		
	Anzahl	Datenbank	%	Anzahl	Datenbank	%	Anzahl	Datenbank	%
Szenario 0	3	12	25,0	2	101	2,0	8	1.935	0,4
Szenario 1	3	12	25,0	4	101	4,0	21	1.935	1,1
Szenario 2	4	12	33,3	6	101	5,9	52	1.935	2,7
Szenario 3	4	12	33,3	8	101	7,9	121	1.935	6,3

Tabelle 72: Maximal vermeidbare Unfallfolgen (exkl. Unfallfolgendminderung) mit Hilfe eines IQF-Systems

Bei der Betrachtung der vermeidbaren Unfallfolgen der einzelnen Szenarien fällt auf, dass die prozentuelle Vermeidbarkeit bei den Schwer- und Leichtverletzten etwas höher ist, als der Nutzen durch Unfallvermeidung bezogen auf alle ausgewerteten Unfälle (Tabelle 68). Das Vermeidbarkeitspotential bei den Getöteten ist dagegen deutlich höher.

Der mit Hilfe der einzelnen Szenarien berechnete vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden (Tabelle 71), kann als Mindestwert angesehen werden. Der tatsächliche vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden liegt höher.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass jeder Pkw in Deutschland mit einem nicht deaktivierbaren IQF-System ausgerüstet sein muss, um diesen Nutzen zu erreichen. Außerdem muss das System auch bei extremen Witterungsverhältnissen stabil und zuverlässig funktionieren. Des Weiteren müssen Fehlauflösungen verhindert werden, da diese Folgeschäden nach sich ziehen können.

9.4.3 Nutzen für den Fahrzeughalter

An dieser Stelle wird auf Kapitel 7.4.3 verwiesen, da sich dieser Nutzen für ein IQF-System in gleicher Weise darstellt.

9.4.4 Einschränkung des Nutzens

9.4.4.1 Missbrauch und Ablenkung

Zur Gefahr kann ein IQF-System werden, wenn sich der Fahrer zunehmend auf das System verlässt und die frei gewordenen mentalen Kapazitäten für Sekundäraufgaben nutzt. Hat der Fahrer den Blick in einer kritischen Situation nicht auf das Verkehrsgeschehen gerichtet, steigt seine Reaktionszeit erheblich an, da der Fahrer zusätzlich Zeit zur Blickzuwendung benötigt (Tabelle 73). Dies kann dazu führen, dass beispielsweise das Ende eines Staus zu spät erkannt und die erforderliche Notbremsung zu spät eingeleitet wird.

Fahrerreaktionszeit	ohne Blickzuwendung	mit Blickzuwendung
50%-Werte	0,6 s	0,9 s
99%-Werte	1,1 s	1,4 s

Tabelle 73: Aus Versuchen ermittelte Fahrerreaktionszeit nach [Grandel, 1980]

Des Weiteren besteht die Gefahr, dass der Fahrer die Fähigkeiten des Systems überschätzt und als Folge dessen seine Risikobereitschaft zunimmt. Dies drückt sich dadurch aus, dass der Fahrer zu Fahrmanövern tendiert, die immer näher an den physikalischen Grenzbereich rücken und sogar darüber hinaus gehen. In der Folge kann es zu Unfällen kommen, die zu massiven Sachschäden und schweren Verletzungen führen können.

9.4.4.2 Wartungsmängel und Reparaturfehler

Sensorverschmutzungen können zu Fehlfunktionen oder zum Ausfall des Systems führen. Im Falle einer notwendigen Instandsetzung nach einem Unfallschaden im Einbaubereich des Sensors ist eine exakte Justage des Sensors unabdingbar. Bereits geringe Abweichungen von den vorgeschriebenen Einstellwerten können zu frühzeitigen Zielobjektverlusten oder zu verspäteten Zielerkennungen und somit zu unvorhergesehenen Gefahrensituationen führen.

9.4.4.3 Systemgrenzen

Folgende Parameter beeinflussen die Umfelderkennung durch die Sensoren:

- Tageszeitliche Einflüsse (direkte Sonneneinstrahlung, Blendung)
- Witterungsbedingte Einflüsse (starker Regen, Schneefall, Nebel)
- Bauliche Einflüsse (Abschattungen, wie z. B. in einer gekrümmten Tunnelstrecke)

Des Weiteren können folgende Faktoren die Erkennung von bewegten Objekten beeinflussen:

- Hintergründe wie Häuserfront, Wald, Wiese, Alleebäume, stehende Fahrzeugreihe, usw.
- Verhalten der zu detektierenden Objektklasse in unterschiedlichen Verkehrssituationen, wie z. B. Überholen oder Spurwechsel
- Einflüsse von reflektierenden Fahrbahnbegrenzungen und -markierungen
- Dichter Verkehr auf dem eigenen Fahrstreifen oder Gegenverkehr

9.5 Zusammenfassung IQF

Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen auf Analysen der AZT-Unfalldatenbank mit einem Umfang von 1.731 Fällen. Dies entspricht einem Anteil von 0,57% aller Pkw-Haftpflichtunfälle mit Personenschaden in Deutschland. Die wichtigsten Merkmale der Datenbank sind nachfolgend dargestellt (vgl. Kapitel 5):

- Der Unfall ereignete sich im Jahr 2004.
- Es wurde mindestens eine Person verletzt oder getötet.
- Der Haftpflichtschaden wurde von einem Pkw verursacht.
- Schadenakten aus dem Dienstleistungsgebiet Südost der Allianz (Schadenbereich Allianz Bayern)
- Schadenakten aus dem Archiv in Unterföhring (Teil des Dienstleistungsgebietes SO)
- Der Unfallort lag in Deutschland.
- Der Unfalltyp war ersichtlich.

Die In-Depth-Analyse (Kapitel 9.1) stellt charakteristische Merkmale der 110 IQF-relevanten Unfälle dar. Nachfolgend ein Überblick der wichtigsten Ergebnisse:

- Gut zwei Drittel (67,6%) der IQF-relevanten Unfälle wurden von männlichen Verkehrsteilnehmern verursacht. Bezieht man hier die unterschiedliche Fahrleistung mit ein, so sinkt der relative Anteil auf 54,4%.
- Unter Berücksichtigung der erbrachten Fahrleistung weisen Männer bis 24 Jahre mit 69,1% einen wesentlich höheren Relativanteil auf als Frauen mit 37,6%. Ab 55 Jahren haben Frauen einen Relativanteil von 47,4%, Männer haben dagegen nur noch einen Anteil von 9,2%.
- Gut drei Viertel der Unfälle (75,7%) ereigneten sich am Tag. 58,9% der Unfälle ereigneten sich innerorts, 31,8% außerorts und 9,3% auf Bundesautobahnen.
 - Bei den LDW-relevanten Unfällen geschahen 48,9% innerorts und 46,7% außerorts.
 - Die SWA-relevanten Unfälle ereigneten sich zu 66,1% innerorts und 21,0% außerorts.
- 60,0% der Unfälle geschahen auf einem geraden Streckenabschnitt, 21% in einer Kurve.
- Mit 60,4% stellt der „Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das entgegen kommt“ den größten Anteil der LDW-relevanten Unfälle dar. Das „Abkommen von der Fahrbahn“ liegt mit 27,1% auf dem zweiten Rang.
- Die SWA-relevanten Unfälle ereigneten sich in 61,3% der Fälle mit einem „Fahrzeug, welches seitlich in gleicher Richtung fährt“. Und in 27,4% der Fälle mit einem „vorausfahrenden oder wartenden Fahrzeug“.
- 61,8% der Unfälle sind dem Unfalltyp „Unfall im Längsverkehr“ (Typ 6) zuzuordnen. Der „Fahrunfall“ (Typ 1), „Abbiege-Unfall“ (Typ 2) und der „sonstige Unfall“ (Typ 7) kommen jeweils auf gut 10%.
- Der Unfallgegner ist in 72,1% der Fälle ein Pkw, das motorisierte Zweirad weist einen Anteil 16,3% auf.
- In gut drei Viertel der LDW-relevanten Unfälle kommt es für den VN und den GES zu einer Frontalkollision.
- Bei den SWA-relevanten Unfällen lagen in 51,0% der Fälle die Kollisionsstellen auf der linken Fahrzeugseite des VN. Beim GES sind die Front mit 41,5% Anteil und die rechte Fahrzeugseite mit 32,1% Anteil die häufigsten Kollisionsstellen.

- Die LDW-relevanten Unfälle ereigneten sich in mehr als 50% der Fälle im Geschwindigkeitsbereich bis 50 km/h und in gut 40% der Fälle zwischen 51km/h und 100km/h.
- SWA-relevante Fälle ereigneten sich zu etwa 70% im Geschwindigkeitsbereich bis 50km/h.
- In 83,3% der IQF-relevanten Unfälle gab der VN an, nicht mehr gebremst zu haben. 46,8% der GES haben noch einen Bremsversuch unternommen.
- Annähernd 80% der VN gaben an, keinen Ausweichversuch mehr unternommen zu haben. Gut 30% der GES versuchten noch auszuweichen, bei gut 10% konnte durch das Ausweichmanöver eine Kollision verhindert werden.
- 88,6% der VN waren leicht verletzt, 2,9% schwer und 8,6% wurden getötet. 17,1% der leichtverletzten VN erlitten ein HWS-Syndrom. Bei den GES wurden 92,5% leicht verletzt, 6,5% schwer und 0,9% getötet. Bei 43,9% der verletzten GES wurde ein HWS-Syndrom festgestellt.

Für die Vermeidbarkeitsbetrachtung (Kapitel 9.3) werden vier verschiedenen Szenarien unterschieden. Diese Szenarien entsprechen den verschiedenen Entwicklungsstufen eines IQF-Systems.

- Szenario 0 funktioniert ab einer Geschwindigkeit von 60 km/h. Sobald das Fahrzeug die Fahrbahnbegrenzung überschritten hat, ertönt ein akustischer Signalton. Der Fahrer muss das Fahrzeug selbständig zurück auf den Fahrstreifen lenken.
- Szenario 1 unterscheidet sich von Szenario 0 dadurch, dass der akustische Signalton bereits zu einem die Fahrerreaktionszeit berücksichtigenden Zeitpunkt vor dem prognostizierten Verlassen des Fahrstreifens ertönt.
- Szenario 2 arbeitet, zusätzlich zur Funktion nach Szenario 1, in einem Geschwindigkeitsbereich von 0km/h bis 180km/h. Zusätzlich unterstützt das System den Fahrer bei der Lenkwinkelkorrektur mit Hilfe eines überlagerten Lenkmomentes.
- Szenario 3 verfügt, über Szenario 2 hinaus, zusätzlich über einen Spurwechselassistenten.

Die mit Hilfe der PC-Crash-Simulationen ermittelten Vermeidbarkeitspotentiale der oben beschriebenen Entwicklungsstufen werden in nachfolgender Tabelle 74 aufgelistet.

Szenario	Beschreibung	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	% -Anteil bezogen auf	
			Wirkfeld (n=110)	alle Unfälle (n = 1.731)
0*	Geschwindigkeit > 60km/h, Akustische Warnung beim Verlassen des Fahrstreifens, Lenkeingriff durch den Fahrer	10	9,1	0,6
1*	Geschwindigkeit > 60km/h, Akustische Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, Lenkeingriff durch den Fahrer	18	16,4	1,0
2*	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h, Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, automatische Spurkorrektur	44	40,0	2,5
3***	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h, Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, automatische Spurkorrektur, mit Spurwechselassistent	105	95,5	6,1

Annahmen: *Farbahnmarkierung vorhanden; ** Blinker betätigt

Tabelle 74: Maximales Vermeidbarkeitspotential von IQF-Systemen (exkl. Unfallfolgendminderung) gemäß der in den einzelnen Szenarien definierten Funktionen bezogen auf alle IQF-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

Da die IQF-relevanten Unfälle in der Datenbank stark unterrepräsentiert sind, ergibt sich, bezogen auf alle Unfälle, ein maximales Vermeidbarkeitspotential von lediglich 6,1%. Bezogen

auf das Wirkfeld liegt das Vermeidbarkeitspotential bei über 95%. Basierend auf diesem Vermeidbarkeitspotential wurde mit Hilfe der aktuellen volkswirtschaftlichen Kostensätze aus [BASt, 2006] der mögliche vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden berechnet.

Würde jedes Fahrzeug in Deutschland mit einem fehlerfreien und nicht deaktivierbaren IQF-System ausgestattet sein, welches dem als Szenario 3 bezeichneten, höchsten Entwicklungsstand entspricht, könnte ein volkswirtschaftlicher Schaden in Höhe von maximal knapp einer halben Milliarde Euro vermieden werden (Tabelle 75).

Vermeidbare Kosten durch	Getötete		Schwerverletzte		Leichtverletzte		Summe
	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Mio €
Szenario 0	10	12	180	18	1.111	15	46
Szenario 1	19	22	324	33	2.000	28	83
Szenario 2	46	55	792	80	4.888	68	203
Szenario 3	110	131	1.891	191	11.665	162	485

Tabelle 75: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden (exkl. Unfallfolgendminderung) je Szenario in Deutschland im Jahre 2004

Bei den IQF-relevanten Unfällen handelt es sich sehr häufig um Unfälle mit hohen Geschwindigkeiten und verhältnismäßig vielen Frontalzusammenstößen. Dies hat zur Folge, dass es bei IQF-relevanten Unfällen meist zu schwer verletzten und getöteten Verkehrsteilnehmern kommt.

Betrachtet man alle Unfälle der Datenbank, so wurden insgesamt zwölf Personen getötet, vier davon bei IQF-relevanten Unfällen, dies entspricht einem Anteil von 25%, wogegen der Anteil der IQF-relevanten Unfälle an der gesamten Datenbank nur bei 6,4% liegt. Der durch ein IQF-System tatsächlich vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden dürfte somit höher sein.

10 Kreuzungsassistent – KAS

10.1 Applikationsbeschreibung

10.1.1 Grundlegende Systemspezifikationen

Kreuzungen und Einmündungen sind die Knotenpunkte des Straßenverkehrsnetzes. Sie erfordern eine deutlich höhere Aufmerksamkeit des Fahrers und sind nach wie vor Unfallschwerpunkte. Mit Hilfe des Kreuzungsassistenten soll eine Reduzierung der Unfälle an Kreuzungen durch gezielte Unterstützung des Fahrers realisiert werden.

In der Annäherungsphase vor dem nächsten Knotenpunkt wird dem Fahrer signalisiert, welche Vorfahrtsregelung am vorausliegenden Knotenpunkt gilt. So wird der Fahrer frühzeitig auf potentielle Gefahren aufmerksam gemacht und hat somit die Möglichkeit, selbständig potentiell gefährliche Situationen zu bewältigen.

Bei Annäherung an die Kreuzung wird der Fahrer über vorhandenen Querverkehr bzw. sich bewegende Objekte im Kreuzungsbereich informiert. Dies geschieht in der ersten Entwicklungsstufe mit Hilfe von bordautonomen Sensoren (Radar, Lidar, Video), welche eine „Rundumsicht“ erzeugen. Einschränkungen entstehen hier durch eventuelle Verdeckungen oder Abschattungen, was zur Folge hat, dass die Objekte nicht sicher von den Sensoren detektiert werden können.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, wird in einer folgenden Entwicklungsstufe eine Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation (C2CC) realisiert. Hier tauschen die Fahrzeuge im Kreuzungsbereich untereinander Informationen über ihre Position, Geschwindigkeit und eventuelle Abbiegeabsichten (auf Basis der Blinkhebelstellung) aus.

Ein weiteres Augenmerk wird auf das Anfahren an einer Kreuzung oder Einmündung unter Berücksichtigung des Vorderverkehrs gelegt. Dies soll den Fahrer vor Auffahrunfällen aufgrund von Unachtsamkeit bewahren.

10.1.2 Schwerpunkte und Ziele der Teilprojekt-Partner

In der folgenden Tabelle 76 sind die Ziele und Schwerpunkte der Teilprojekt-Partner aufgelistet.

10.1.3 Problematik

Bereits im Rahmen früherer Forschungsprojekte wurden bordautonome Sensoren und Algorithmen (z.B. Video-, GPS-basiert) prototypisch realisiert. Diese sind in der Lage, Verkehrszeichen und Lichtzeichen zu erkennen und Vorfahrtsregeln mit zusätzlicher Kartenstützung abzuleiten. Gleiches gilt für die videobasierte Detektion von Querverkehr. Jedoch sind die hierfür erforderlichen Vorausschau- und Blickwinkelbereiche bei vielen bisher verfügbaren Sensorsystemen nicht ausreichend und daher noch nicht alltagstauglich.

Diese Defizite können nur durch eine sukzessive Verbesserung der bordautonomen Sensorik behoben werden. Daher ist eine der Zielsetzungen des Projekts die Verbesserung der Umgebungserfassung durch Generieren einer „Rundumsicht“ mittels Hybridisierung verschiedener Sensordaten. Diese Rundumsicht liefert die Basis für ein komplettes Bild der Fahrsituation um

das Fahrzeug, die im Rahmen der Situationsanalyse bezüglich des Gefahrenpotenzials bewertet wird.

Partner	Ziele	Schwerpunkte
BMW	Querverkehrsassistent beim Einbiegen und Kreuzen	Gemeinsame Definition der adressierten Szenarien. Entwicklung eines Algorithmus zur online Erkennung von potenziellen Gefahrensituationen.
	Einsatz von Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation	Fahrzeugpositionsbestimmung in der Kreuzung Erstellung der Kommunikationsprotokolle.
	Entwicklung eines Algorithmus zur Gefahrenerkennung	Adaption an durchschnittliches Fahrerverhalten.
	Konzept einer Informations- und Warnstrategie, die das knappe Zeitbudget berücksichtigt	Umsetzung einer Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle im Fahrzeug. Realisierung im Versuchsfahrzeug.
	Funktionsbewertung	Versuchsaufbau zur Funktionsevaluierung.
Partner	Ziele	Schwerpunkte
Conti	Darstellung sicherheitsrelevanter Funktionen in Kreuzungssituationen, in denen Fahrzeugumfeldsensorik und Fahrerwahrnehmung nicht ausreichen	Gemeinsame Definition der adressierten Szenarien, insbesondere bei denen die Kreuzungen mit verdeckter Sicht vorkommen.
	Spezifikation der notwendigen Informationen. Bewertung des Gefahrenpotentials, gestuftes Warnen (auch anderer Verkehrsteilnehmer) und den aktiven Eingriff in die Bremse	Erweiterung des Umfeldmodells durch c2cc-Information. Spezifikation der Objekttracking und Prädiktionsalgorithmen für Kreuzungsszenarien basierend alleine auf c2cc-Information.
	Verwendung von Mono, Sterereo-Kameras u/o Radar bzw. Lidarsensorik	Funktionsdarstellung im Fahrzeug.
Partner	Ziele	Schwerpunkte
DC	Integration der DC-Funktionen Stoppschild-/Ampelassistent und Einhaltung eines Sicherheitsabstands zum Vordermann	Erweiterung des bisher genutzten INVENT-VAS-Umfeldmodells für die Auswahl der neuen applikationsspezifisch relevanten Objekte.
	Assistent beim Überqueren einer Kreuzung und beim Ein-/Abbiegen	Die gemeinsame Definition der bisher adressierten Szenarien und der Ausgestaltung der Szenarienkatalogs und der Funktionsdefinition wird eng verknüpft mit den Zielen der Projektpartner. Dennoch liegt bei DC ein Schwerpunkt auf der Verbesserung der Erkennungsleistung. Daher sind diese Arbeitsinhalte besonders hervorzuheben, da keiner der Partner dieses anstrebt.
	Spezifikation der notwendigen Informationen	Verbesserung der Umfelderkennung mit bordautonomer Sensorik. Spezifikation der notwendigen kooperativen Informationen/Protokolle (C2CCC).
	Verwendung von Kamerasystemen, Radar, ggf. Lidar zur Generierung einer "Rundumsicht"	Spezifikation und Analyse der Anforderungen an die Umfeldsensorik und das Umfeldmodell auf der Basis einer Rundumsicht.
	Bewertung des Gefahrenpotentials durch Situationsanalyse und Handlungsableitung	Ganzheitliche Situationsanalyse zur Gefahrenbewertung unter Einbeziehung der verbesserten Umfelderkennung und den Möglichkeiten die C2CC beitragen kann.
	Gestuftes Warnkonzept mit aktiven Eingriffen in die Bremse	Versuchsträgeraufbau zur Darstellung der Gesamtfunktionalität.

Tabelle 76: Ziele und Schwerpunkte der Teilprojekt-Partner, Stand 28.02.2006

10.2 In-Depth-Analyse

In diesem Kapitel werden die 577 in der Strukturanalyse als KAS-relevant bezeichneten Fälle untersucht (Kapitel 6.11). Ziel dieser In-Depth-Analyse ist es, möglichst viele Kriterien herauszufiltern, die bei KAS-relevanten Unfällen eine Rolle spielen. Mit Hilfe der gewonnenen Informationen ist bereits im Vorfeld der Systementwicklung ersichtlich, welche Funktionen ein Kreuzungsassistenzsystem beinhalten muss, um den gewünschten Nutzen zu erzielen.

Insbesondere wird die Bedeutung der verschiedenen Merkmale anhand ihrer Häufigkeiten festgestellt. Wie bei den vorangegangenen In-Depth-Analysen wird auch hier die Häufigkeit eines Merkmals auf die Anzahl der insgesamt ausgewerteten Unfälle bezogen. Meist werden die verschiedenen Merkmale in Kreuztabellen mit einem zweiten Merkmal verknüpft, um Auffälligkeiten besser erkennen zu können. Bei der Erstellung der Diagramme wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit nur ein Merkmal verwendet.

Folgende Merkmale wurden in dieser quantitativen Analyse betrachtet:

- Unfallgegner
- Fahrgeschlecht
- Fahreralter
- Ortslage und Lichtverhältnisse
- Unfallart
- Unfalltyp
- CDC-Richtung
- Grobe Ausgangsgeschwindigkeit
- Fahrerreaktion
- Unfallfolgen

10.2.1 Unfallgegner

Der angestrebte Kreuzungsassistent beruht auf einer sensorbasierten Umfelderkennung beziehungsweise, in einer späteren Entwicklungsstufe, auf einer Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation (C2CC).

Abbildung 153 zeigt die Verteilung der Unfallgegner aller 707 Unfälle im Kreuzungsbereich. Da eine Analyse der Vermeidbarkeit von Unfällen mit Fußgängern und Radfahrern mit Hilfe eines sensorbasierten Systems bereits in einem anderen Teil des Projektes AKTIV (Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer – SFR) bearbeitet wird und sowohl Radfahrer als auch Fußgänger nicht mit einer Kommunikationseinheit ausgestattet werden, wurden diese Fälle im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Die verbleibenden Unfälle im Kreuzungsbereich werden als KAS-relevant eingestuft.

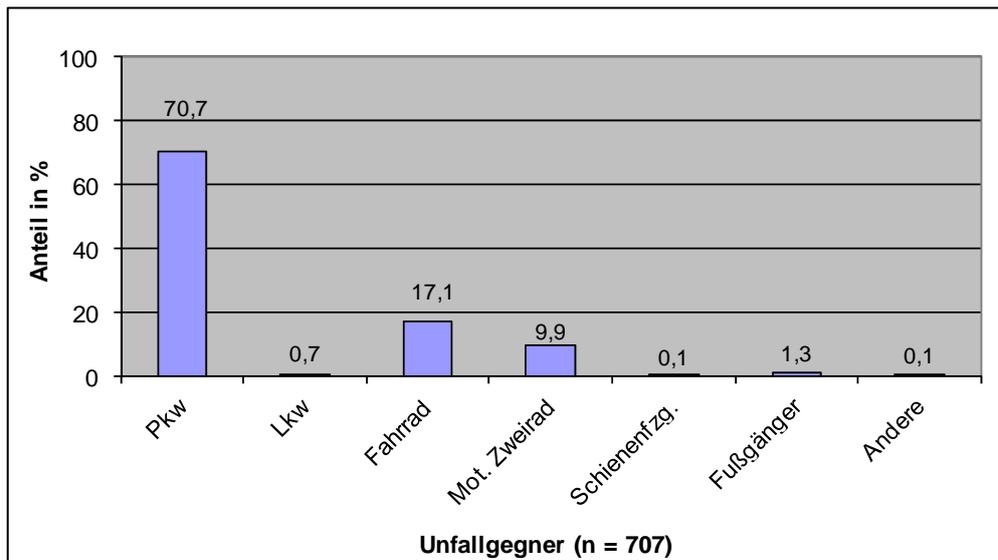


Abbildung 153: Unfallgegner aller Unfälle im Kreuzungsbereich

Beschränkt man sich auf die Betrachtung der KAS-relevanten Unfälle, so ergibt sich die Verteilung nach Abbildung 154. Mit 86,7% hat ein weiterer Pkw den mit Abstand größten Anteil. Das Risiko mit einem motorisierten Zweirad in einem KAS-relevanten Unfall zu kollidieren, liegt bei 12,1%. Lkw, Schienenfahrzeuge und „Andere“ haben jeweils einen Anteil von weniger als einem Prozent und spielen daher eine eher untergeordnete Rolle.

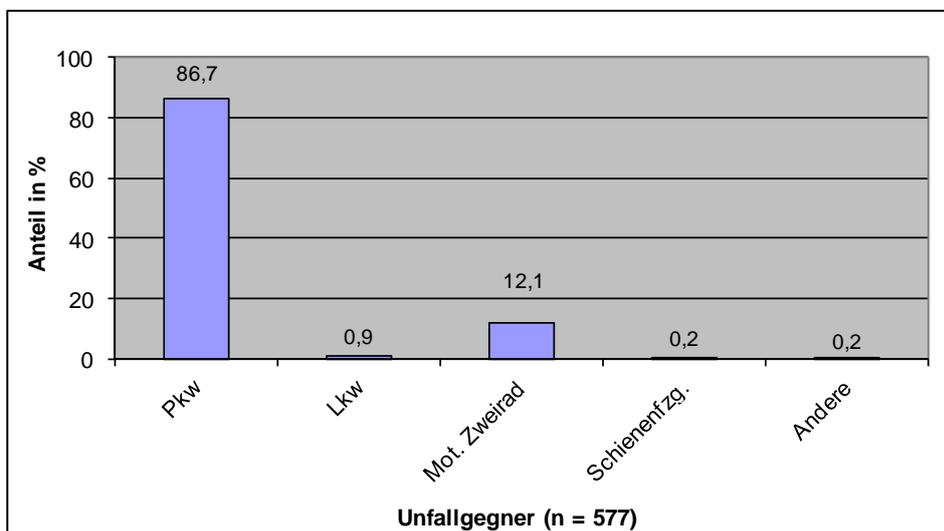


Abbildung 154: KAS-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner

In der folgenden Tabelle 77 sind die KAS-relevanten Unfälle nach dem Unfallgegner und der Ortslage aufgeschlüsselt. Auf Bundesautobahnen gibt es erwartungsgemäß keine KAS-relevanten Unfälle. Auffällig ist, dass der Anteil der motorisierten Zweiräder innerorts mit 14,2% deutlich höher liegt als außerorts mit lediglich 6,2%. Außerorts finden KAS-relevante Unfälle in 9 von 10 Fällen zwischen zwei Personenkraftwagen statt.

Gegner	Innerorts		Außerorts		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Pkw	357	84,6	105	92,9	462	86,4	38
Lkw	3	0,7	1	0,9	4	0,7	1
Motorisiertes Zweirad	60	14,2	7	6,2	67	12,5	3
Schienefahrzeug	1	0,2	0	0,0	1	0,2	0
Anderer	1	0,2	0	0,0	1	0,2	0
Summe	422	100,0	113	100,0	535	100,0	
n. e.	0		0				

Tabelle 77: KAS-relevante Unfälle nach dem Unfallgegner und der Ortslage

10.2.2 Fahrgeschlecht

63,9% der KAS-relevanten Unfälle wurden von Männern verursacht (Abbildung 155). Im Vergleich zum Anteil an männlichen Unfallverursachern in der gesamten Stichprobe ist der Anteil um 2,7% niedriger (vgl. Abbildung 27).

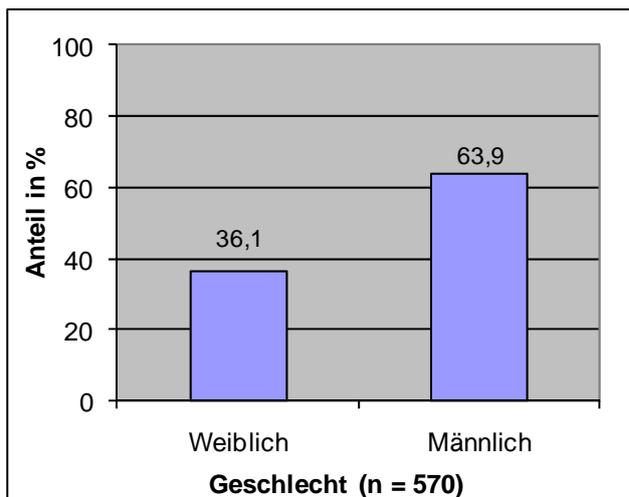


Abbildung 155: KAS-relevante Unfälle nach dem Geschlecht des Fahrers

Relativer Anteil bezogen auf die erbrachte Fahrleistung:

Bezieht man die Anteile der Geschlechter aller KAS-relevanten Unfälle auf die erbrachten Fahrleistungen, gleichen sich die beiden Anteile an (Abbildung 156). Bei theoretisch gleicher Fahrleistung verursachen Männer jedoch immer noch etwa 6,6% mehr KAS-relevante Unfälle als Frauen.

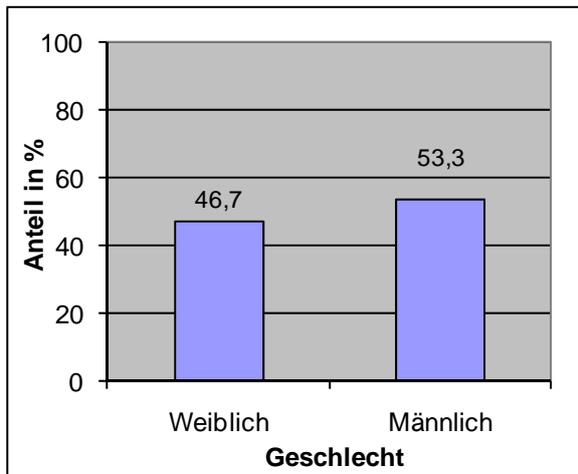


Abbildung 156: Relativer Anteil des Fahrer- geschlechts bei KAS-relevanten Unfällen bezogen auf die er- brachte Fahrleistung

10.2.3 Fahreralter

Den größten Anteil bezogen auf das Alter des Fahrzeugführers zum Unfallzeitpunkt hat die Gruppe der 35- bis 44-Jährigen (Abbildung 157). Im Vergleich zur gesamten Stichprobe (Abbildung 30) ist hier der Anteil nochmals um 0,3% höher. Bei den 21- bis 24-Jährigen, sowie den 45- bis 54-Jährigen ist der Anteil dagegen jeweils um ca. 3% niedriger.

Der Anteil der 18- bis 20-Jährigen, sowie der Anteil der über 65-Jährigen ist jeweils um ca. 3% höher. Man kann insgesamt sagen, dass das Risiko an einem KAS-relevanten Unfall beteiligt zu sein als Fahranfänger sowie im höheren Alter gegenüber der gesamten Stichprobe etwas höher ist.

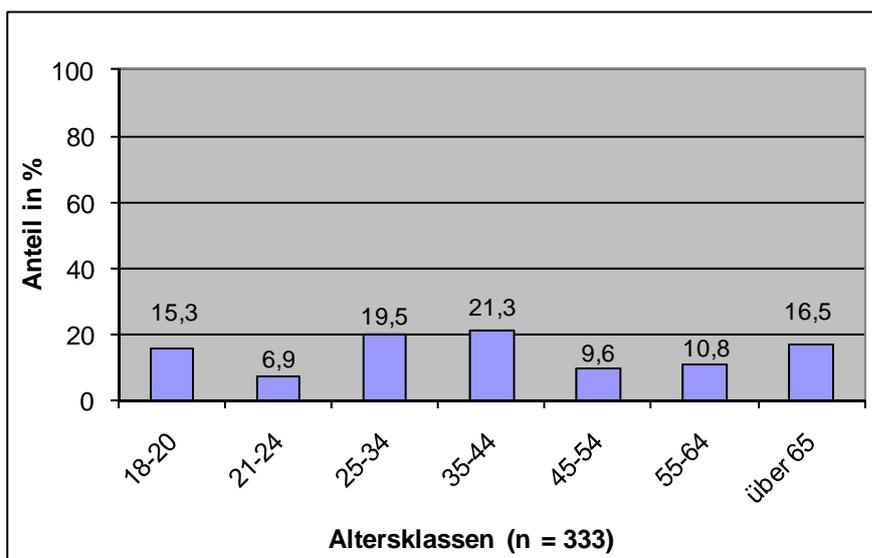


Abbildung 157: KAS-relevante Unfälle nach dem Alter des Fahrers

Bei den KAS-relevanten Unfällen weicht die Verteilung des Geschlechts und des Alters von der aller Unfälle (vgl. Abbildung 32) nur geringfügig ab. Sowohl bei den Frauen, als auch bei den Männern ist der Anteil bei den über 65-Jährigen etwas höher als in der gesamten Stichprobe. Der größte Unterschied ist bei den Fahranfängerinnen (18- bis 20-Jährige) festzustellen, hier ist der Anteil mit 18,3% mehr als 6% höher (Tabelle 78). Bei den Männern dagegen ist der Anteil in dieser Altersgruppe nur leicht erhöht (um 0,7%). Bei den Frauen haben dagegen die 45- bis 54-Jährigen einen erheblich kleineren Anteil (knapp 4% weniger).

Alter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich		Insgesamt		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
18-20	24	18,3	27	13,4	51	15,3	0
21-24	9	6,9	14	6,9	23	6,9	0
25-34	27	20,6	38	18,8	65	19,5	0
35-44	28	21,4	43	21,3	71	21,4	0
45-54	9	6,9	23	11,4	32	9,6	0
55-64	12	9,1	24	11,9	36	10,8	0
über 65	22	16,8	33	16,3	55	16,5	0
Summe	131	100,0	202	100,0	333	100,0	
n. e.	75		162				

Tabelle 78: KAS-relevante Unfälle nach dem Fahreralter und dem Geschlecht

Die folgende Abbildung 158 berücksichtigt die erbrachten Fahrleistungen der einzelnen Altersklassen. Im Vergleich zur gesamten Stichprobe sind leichte Veränderungen zu sehen, die Form der gesamten Verteilung bleibt allerdings erhalten. So kann man insgesamt sagen, dass speziell die jungen und die älteren Autofahrer einen höheren Anteil an KAS-relevanten Unfällen haben.

Bei den Frauen sind es fast 64% der KAS-relevanten Unfälle die von 18- bis 20-Jährigen und über 65-Jährigen verursacht wurden. Bei den Männern sind es etwa 54%. Dagegen ist der Anteil bei den 21- bis 24-jährigen Männern mit 14,5% um 6% höher als bei den Frauen.

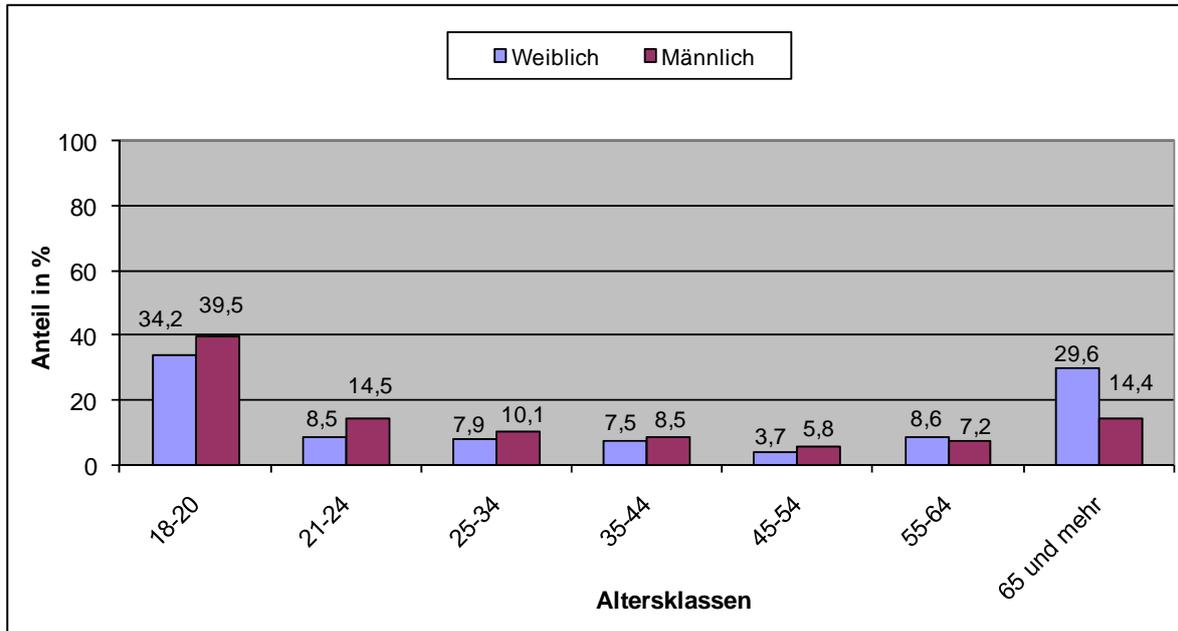


Abbildung 158: Relativer Anteil des Fahreralters bei KAS-relevanten Unfällen bezogen auf die erbrachte Fahrleistung

10.2.4 Ortslage und Lichtverhältnisse

Im Allgemeinen sind die Anteile der KAS-relevanten Unfälle bezogen auf die Ortslage und die Lichtverhältnisse in etwa vergleichbar mit denen aller Unfälle (vgl. Abbildung 35). Da sich auf Bundesautobahnen keine KAS-relevanten Unfälle ereignen, verteilen sich diese Anteile auf die Ortslagen innerorts und außerorts (Abbildung 159). Etwa acht von zehn der KAS-relevanten Unfälle ereignen sich Innerhalb einer geschlossenen Ortschaft. Auch bei den Lichtverhältnissen gibt es nur ganz minimale Abweichungen. Knapp 80% der KAS-relevanten Unfälle geschehen bei Tageslicht.

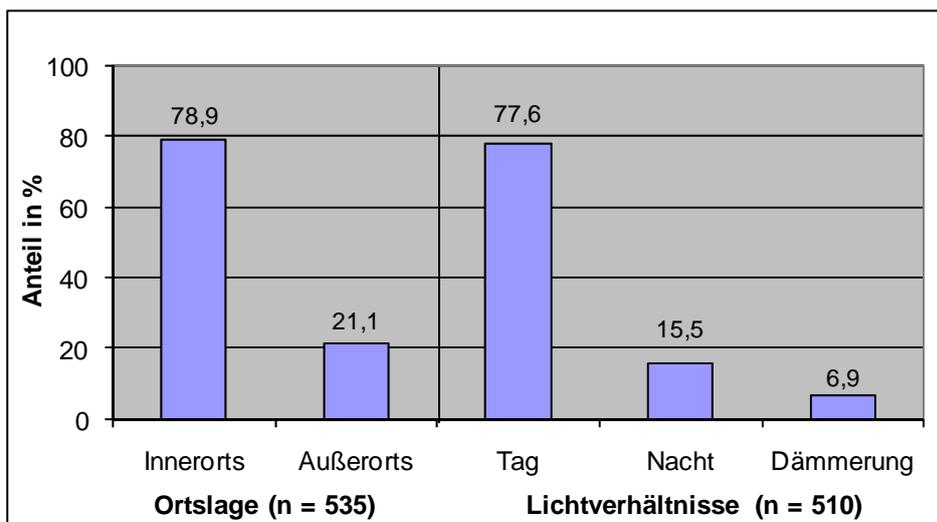


Abbildung 159: KAS-relevante Unfälle nach der Ortslage und den Lichtverhältnissen

Die Anteile der Unfälle zu den unterschiedlichen Lichtverhältnissen sind außerorts und innerorts nahezu identisch (Tabelle 79). Ebenso decken sich die Werte annähernd mit denen aus der Strukturanalyse (vgl. Tabelle 15).

Licht \ Ortslage	Innerorts		Außerorts		Summe		n. e.
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Tag	296	78,3	79	77,5	375	78,1	21
Nacht	57	15,1	15	14,7	72	15,0	7
Dämmerung	25	6,6	8	7,8	33	6,9	2
Summe	378	100,0	102	100,0	480	100,0	
n. e.	44		11				

Tabelle 79: KAS-relevante Unfälle nach der Ortslage und den Lichtverhältnissen

10.2.5 Unfallart

In 65,7% der KAS-relevanten Unfälle kollidierte das VN-Fahrzeug mit einem „einbiegenden oder kreuzenden Fahrzeug“ (Abbildung 160). Der „Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, welches vorausfährt oder wartet“ hat bei den KAS-relevanten Unfällen einen Anteil von 29,9%. Der „Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das entgegenkommt“ ist mit 4% an dritter Position. Die restlichen Unfallarten der KAS-relevanten Unfälle sind, aufgrund der sehr geringen Anteile, eher von untergeordneter Bedeutung.

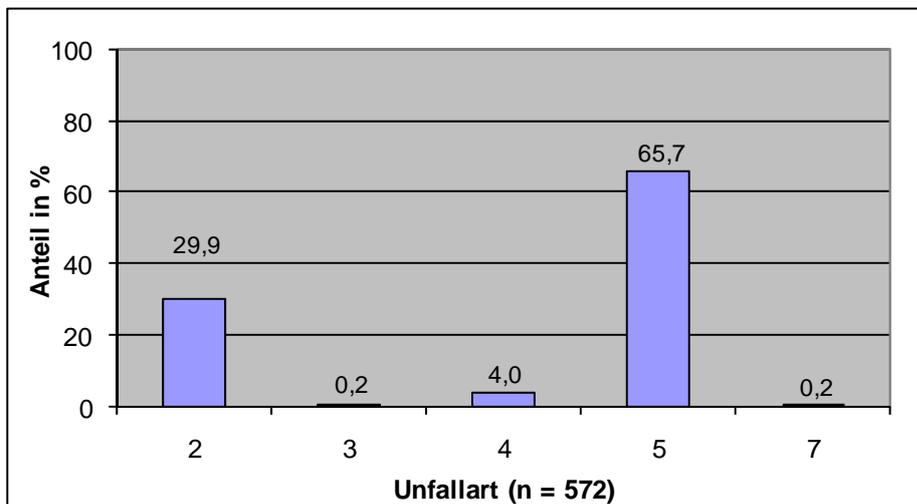


Abbildung 160: KAS-relevante Unfälle nach der Unfallart

Bei der Unterteilung der Unfallarten der KAS-relevanten Unfälle nach der Ortslage fällt auf, dass der „Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“ außerorts einen gut 11% höheren Anteil hat als innerorts (vgl. Tabelle 80). Der „Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ spielt dagegen innerorts eine größere Rolle. Eine Erklärung hierfür ist, dass außerorts höhere Geschwindigkeiten auftreten, die Auffahr-unfälle begünstigen. Innerorts dagegen gibt es weitaus mehr Kreuzungen und Einmündungen, an denen es zu Konfliktsituationen kommt.

Unfallart		Ortslage		Außerorts		Summe		n. e.
		Innerorts		Anzahl	%	Anzahl	%	
2	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet	116	27,7	45	39,8	161	30,3	10
3	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt	1	0,2	0	0,0	1	0,2	0
4	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegen kommt	18	4,3	5	4,4	23	4,3	0
5	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt	283	67,6	63	55,8	346	65,0	30
7	Zusammenstoß mit einem Hindernis	1	0,2	0	0,0	1	0,2	0
Summe		419	100,0	113	100,0	532	100,0	
n. e.		3		0				

Tabelle 80: KAS-relevante Unfälle nach der Unfallart und der Ortslage

10.2.6 Unfalltyp

In 49,0% der KAS-relevanten Unfälle handelt es sich um Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (Typ 3, vgl. Abbildung 161). An zweiter Stelle liegt mit einem Anteil von 32,6% der Abbiege-Unfall (Typ 2). Mit 17,3% liegt der Unfall im Längsverkehr (Typ 6) an der dritten Position. Der Fahrnfall (Typ 1), sowie der sonstige Unfall (Typ 7) spielen mit jeweils weniger als einem Prozent nur eine untergeordnete Rolle. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Unfalltypen befindet sich in Anhang II.

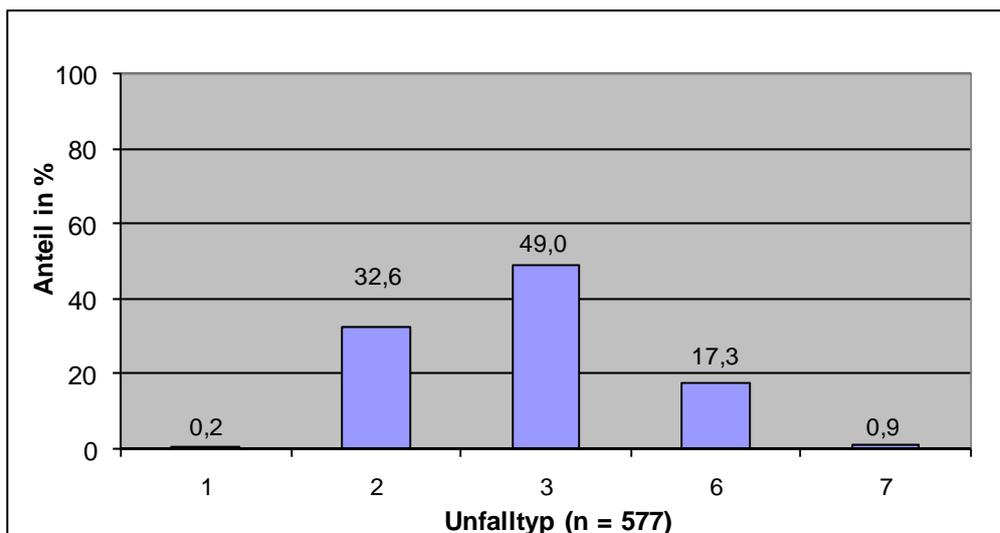


Abbildung 161: KAS-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp

Bei der Klassifizierung der KAS-relevanten Unfälle nach dem Unfalltyp und der Ortslage fällt auf, dass der Abbiege-Unfall außerorts einen um 6,2% höheren Anteil aufweist als innerorts (Tabelle 81). Der Einbiegen/Kreuzen-Unfall dagegen kommt innerorts um 7,3% häufiger vor.

Unfalltyp	Ortslage	Innerorts		Außerorts		Summe		n. e.
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
1	Fahrerunfall	1	0,2	0	0,0	1	0,2	0
2	Abbiege-Unfall	131	31,0	42	37,2	173	32,3	15
3	Einbiegen/Kreuzen-Unfall	214	50,8	49	43,3	263	49,2	20
6	Unfall im Längsverkehr	73	17,3	22	19,5	95	17,7	5
7	Sonstiger Unfall	3	0,7	0	0,0	3	0,6	2
Summe		422	100,0	113	100,0	535	100,0	
n. e.		0		0				

Tabelle 81: KAS-relevante Unfälle nach dem Unfalltyp und der Ortslage

10.2.7 CDC-Richtung

Das Risiko, dass ein KAS-relevanter Unfall frontal stattfindet, liegt für den VN bei gut 70% und für den GES bei knapp 46% (Abbildung 162 und Tabelle 82). Aus Sicht des VN entspricht dieser Anteil in etwa dem Anteil, den der Frontalzusammenstoß bei allen Unfällen in der AZT-Datenbank hat. Der GES dagegen hat, verglichen mit allen Unfällen, einen etwa 10% größeren Anteil an Frontalkollisionen (vgl. Abbildung 40). Auf Seiten des GES ist der Kollisionsbereich Heck mit einem Anteil von 23,2% deutlich geringer als bei allen betrachteten Unfällen (44,2%).

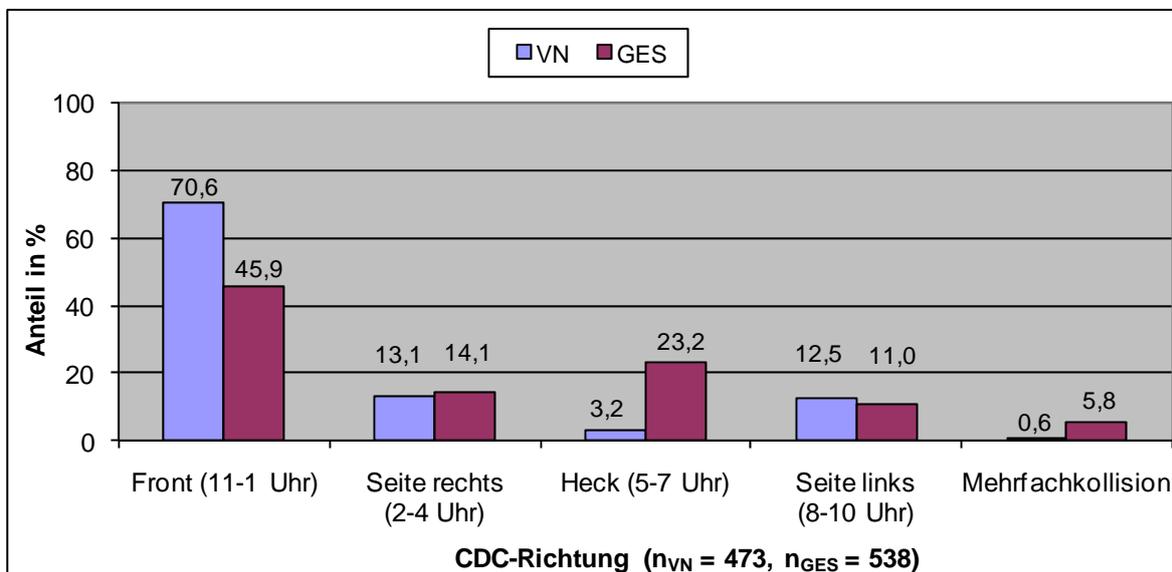


Abbildung 162: KAS-relevante Unfälle nach der CDC-Richtung

CDC-Richtung	VN		GES	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Front (11-1 Uhr)	334	70,6	247	45,9
Seite rechts (2-4 Uhr)	62	13,1	76	14,1
Heck (5-7 Uhr)	15	3,2	125	23,2
Seite links (8-10 Uhr)	59	12,5	59	11,0
Mehrfachkollision	3	0,6	31	5,8
Summe	473	100,0	538	100,0
n. e.	104		39	

Tabelle 82: Verteilung der CDC-Richtung nach VN- und GES-Fahrzeug bei KAS-relevanten Unfällen

10.2.8 Geschwindigkeit

Bei der Betrachtung der Ausgangsgeschwindigkeit fällt auf, dass sich aus Sicht des VN gut 93% der KAS-relevanten Unfälle im Geschwindigkeitsbereich bis 50 km/h ereignen (Abbildung 163 und Tabelle 83). Stehend, bzw. mit einer Geschwindigkeit von 51km/h bis 100 km/h sind KAS-relevante Unfälle aus Sicht des VN eher die Ausnahme.

Für die Ausgangsgeschwindigkeit des GES ergibt sich dagegen eine deutlich andere Verteilung. Zwar hat auch hier der Geschwindigkeitsbereich bis 50km/h mit 53,9% den größten Anteil, jedoch sind auch die Anteile an stehenden Fahrzeugen (31,2%) und an GES mit einer Fahrgeschwindigkeit von 51km/h bis 100 km/h (14,9%) relevant.

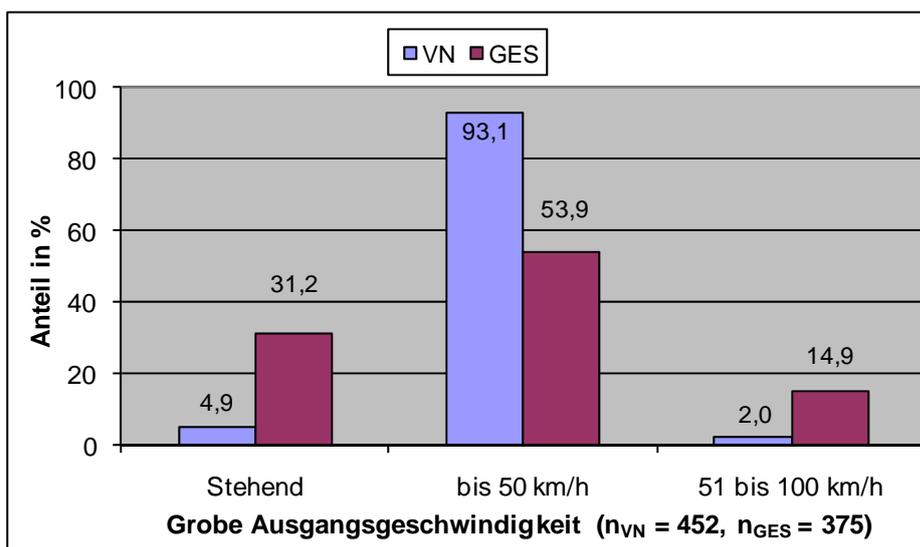


Abbildung 163: KAS-relevante Unfälle nach der groben Ausgangsgeschwindigkeit

Beteiligter Grobe v_0 -Klassen	VN		GES	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Stehend	22	4,9	117	31,2
bis 50 km/h	421	93,1	202	53,9
51 bis 100 km/h	9	2,0	56	14,9
Summe	452	100,0	375	100,0
n. e.	125		202	

Tabelle 83: Verteilung der groben Ausgangsgeschwindigkeit nach VN- und GES-Fahrzeug bei KAS-relevanten Unfällen

10.2.9 Fahrerreaktion

In diesem Kapitel wird die Brems- und Lenkreaktion des VN und des GES untersucht.

Reaktion Bremsen:

Knapp zwei Drittel der VN geben an, nicht gebremst zu haben (Abbildung 164 und Tabelle 84). Bei den GES dagegen ist es in etwa der gleiche Anteil, der vor der Kollision noch einen Bremsversuch unternommen hat. Für den GES waren also zwei von drei Unfällen bereits vor der Kollision ersichtlich, jedoch war der zur Verfügung stehende Bremsweg nicht mehr ausreichend. Oder die Kollision ereignete sich, weil der VN nicht reagierte. Die Kategorie „entfällt“ enthält den Anteil der bereits zum Stillstand gekommenen Fahrzeuge.

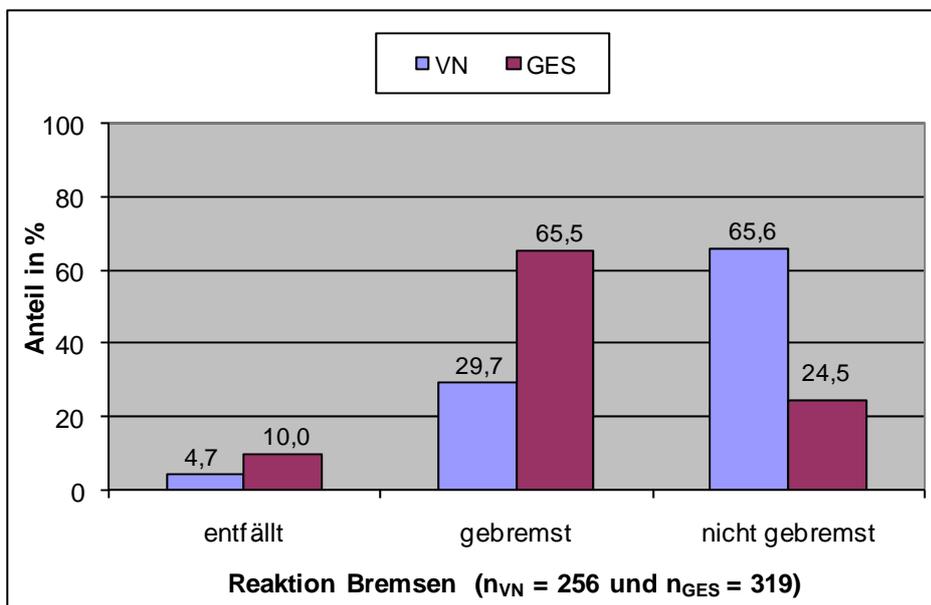


Abbildung 164: KAS-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES

Reaktion	VN		GES		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
entfällt	12	4,7	32	10,0	44	7,6
gebremst	76	29,7	209	65,5	285	49,6
nicht gebremst	168	65,6	78	24,5	246	42,8
Summe	256	100,0	319	100,0	575	100,0
n. e.	321		258		579	

Tabelle 84: KAS-relevante Unfälle nach der Bremsreaktion des VN und des GES

Reaktion Lenken:

Betrachtet man die Reaktion des VN bezüglich des Lenkens, so geben 87,5% an, sie hätten keinen Ausweichversuch mehr unternommen (Abbildung 165 und Tabelle 85). Auch bei den GES sind es mit 51,7% mehr als die Hälfte, die keinen Ausweichversuch mehr unternommen haben. 3,2% der Ausweichversuche des GES waren erfolgreich und konnten eine direkte Kollision der Fahrzeuge verhindern.

Die Kategorie „entfällt“ beinhaltet den Anteil der stehenden Fahrzeuge sowie einen Unfall mit einer Straßenbahn als Geschädigte.

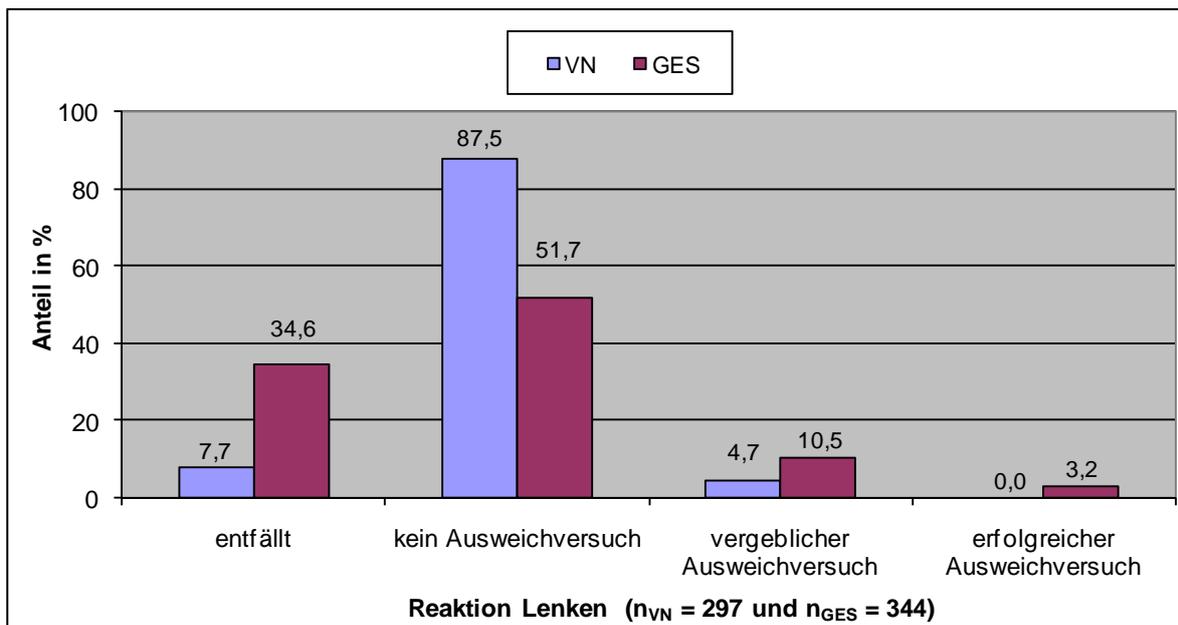


Abbildung 165: KAS-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES

Insgesamt kann man sagen, dass lediglich 4,7% der VN und 13,7% der GES einen Ausweichversuch unternehmen. Der Großteil der Unfallbeteiligten ist offensichtlich so überrascht, dass sie keinen Ausweichversuch mehr unternehmen können.

Reaktion Lenken	VN		GES		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
entfällt	23	7,7	119	34,6	142	22,2
kein Ausweichversuch	260	87,6	178	51,7	438	68,3
vergeblicher Ausweichversuch	14	4,7	36	10,5	50	7,8
erfolgreicher Ausweichversuch	0	0,0	11	3,2	11	1,7
Summe	297	100,0	344	100,0	630	100,0
n. e.	280		233		641	

Tabelle 85: KAS-relevante Unfälle nach der Lenkreaktion des VN und des GES

10.2.10 Unfallfolgen

Die Verteilung der Unfallfolgen aller KAS-relevanten Unfälle (Abbildung 166) entspricht in etwa der Verteilung aller Unfälle (vgl. Tabelle 22). Lediglich die Anteile der Leichtverletzten mit einem HWS-Syndrom ist sowohl bei den GES (um 9,8%), als auch bei den VN (um 4,2%) deutlich erhöht (Tabelle 86).

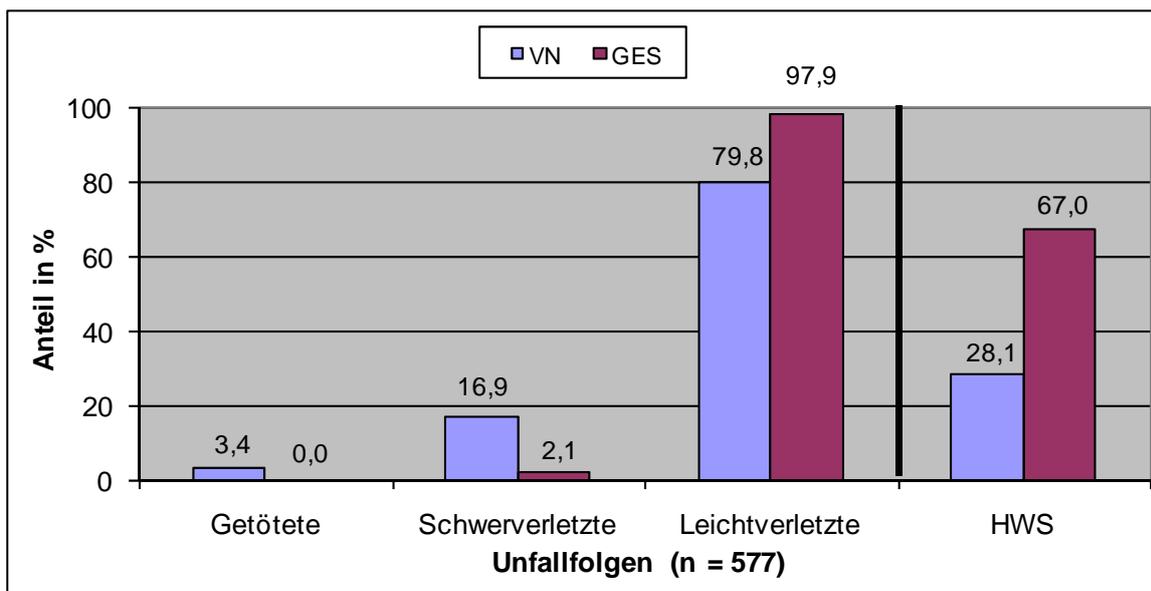


Abbildung 166: Verteilung der Unfallfolgen KAS-relevanter Unfälle nach VN und GES

95,7% der durch KAS-relevante Unfälle Verletzten sind lediglich leicht verletzt (Tabelle 86). Auffällig ist, dass die absolute Zahl der Verletzten auf Seiten des GES im Bereich der Leichtverletzten deutlich höher ist (Faktor 8,7). Dagegen ist die absolute Zahl an Schwerverletzten beim VN höher. Getötete gab es nur auf der Seite des VN.

Unfallfolgen	VN		GES		Summe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Getötete	3	3,4	0	0,0	3	0,4
Schwerverletzte	15	16,8	13	2,1	28	3,9
Leichtverletzte	71	79,8	618	97,9	689	95,7
Summe	89	100,0	631	100,0	720	100,0
HWS	25	28,1	423	67,0	448	62,2
n. e.	0		0		0	

Tabelle 86: Verteilung der Unfallfolgen KAS-relevanter Unfälle nach VN und GES

10.3 Vermeidbarkeitsbetrachtung

Ziel des vorliegenden Kapitels ist es, das tatsächliche Vermeidbarkeitspotential eines Kreuzungsassistenten, ausgehend vom in Kapitel 6.11 dargestellten Wirkungsfeld eines KAS-Systems, aufzuzeigen.

10.3.1 System - Szenarien

Da zu Beginn dieser Arbeit noch keine detaillierten Systemauslegungskriterien bekannt waren, wurden verschiedene, möglichst realistische Szenarien für die Simulationsrechnungen (Vermeidbarkeitsrechnungen) im Rahmen der vorliegenden Untersuchung selbst definiert. Nachfolgend werden die Eigenschaften der als Szenarien bezeichneten zwei Entwicklungsstufen kurz erläutert.

Szenario 1:

Hierbei handelt es sich um eine sensorbasierte Umfelderkennung, mit deren Hilfe folgende Informationen gewonnen werden:

- Erkennung der Beschilderung bzw. Signalisierung
- Erkennung von Querverkehr
- Erkennung von kreuzendem Längsverkehr beim Ab- und Einbiegevorgang
- Berücksichtigung des vorausfahrenden Fahrzeuges beim Anfahren an einer Kreuzung oder Einmündung
- Einleitung einer eventuellen Notbremsung (Aktive Gefahrenbremsung)

Szenario 2:

Neben der sensorbasierten Umfelderkennung ist es dem Fahrzeug in dieser Entwicklungsstufe möglich, mit anderen Fahrzeugen zu kommunizieren (C2CC). Dadurch werden folgende zusätzliche Informationen gewonnen:

- Exakte Position und Geschwindigkeit aller Fahrzeuge im Kreuzungsbereich
- Information über eventuelle Abbiegeabsichten der Fahrzeuge (Blinkhebelstellung)

10.3.2 KAS-Unfallkonfigurationen

Tabelle 87 zeigt die Unfalltypen aller KAS-relevanten Unfälle und deren Häufigkeiten. Diese Typen entsprechen ähnlichen Unfallsituationen. Es handelt sich also um Unfälle mit identischen Konfliktsituationen und Unfallgegnern. Innerhalb dieser Kategorien gibt es im Wesentlichen nur Variationen bezüglich der Ausgangsgeschwindigkeiten.

Diese Unfalltypen werden zu ähnlichen Unfallkonfigurationen zusammengefasst. Es ergeben sich vier Gruppen nach Tabelle 88.

Unfalltyp		Anzahl	%
FU	Verkehrsinself	1	0,2
Abbiege-Unfall	Linksabbieger Querverkehr	5	0,9
	Linksabbieger Gegenverkehr	106	18,3
	Linksabbieger Auffahrunfall	46	8,0
	Rechtsabbieger Querverkehr	3	0,5
	Rechtsabbieger Auffahrunfall	28	4,9
	Abknickende Vorfahrt	1	0,2
	Einbiegen/Kreuzen-Unfall	Querverkehr von links	159
Querverkehr von rechts		104	18,0
Abknickende Vorfahrt		5	0,9
Vorfahrtsverletzungen		9	1,6
LV	Auffahrunfälle	100	17,3
SO	Vorfahrtsverletzungen	10	1,7
Summe		577	100
n. e.		0	

Tabelle 87: Überblick über die Unfalltypen aller KAS-relevanten Unfälle und deren Häufigkeit

Unfallkonfiguration			
Nr	Beschreibung	Anzahl	%
1	Kollision mit Gegenverkehr	109	18,9
2	Kollision mit querendem Verkehr	279	48,4
3	Auffahrunfall	174	30,2
4	Sonstiger Unfall	15	2,6
Summe		577	100,0

Tabelle 88: Überblick über die verwendeten Unfallkonfigurationen und deren Häufigkeit

10.3.3 Sichtverdeckung

Um die Vermeidbarkeit des sensorbasierten KAS-Systems zu bestimmen (Szenario 1), muss der Anteil der Unfälle mit ursächlicher Sichtverdeckung bekannt sein. Leider sind die Daten der AZT-Unfalldatenbank in diesem Fall nicht aussagekräftig genug.

In den Unfallakten ist nur in den seltensten Fällen explizit angegeben, ob eine Sichtverdeckung vorgelegen hat. Zudem ist nicht gewiss, ob die Aussagen der Fahrer vertrauenswürdig sind.

Daher wurde auf eine Statistik aus dem Projekt PReVENT zurückgegriffen, welche auf einer Auswertung der GIDAS-Daten beruht (Abbildung 167). Danach sind Sichtverdeckungen mit z.T. gewichtigen Anteilen an verschiedenen Unfallsituationen ursächlich.

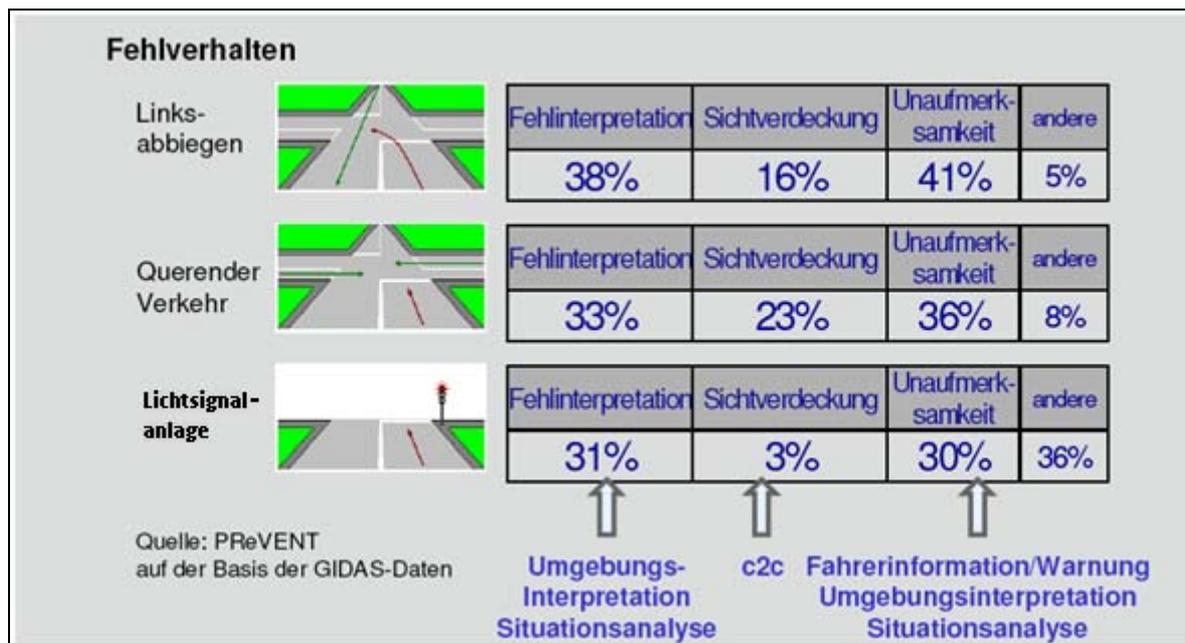


Abbildung 167: Unfallverursachende Fehlerarten [AKTIV-KAS-Vorhabenbeschreibung]

10.3.4 Vermeidbarkeitsbetrachtung der Unfallkonfigurationen

In diesem Kapitel werden die vier Unfallkonfigurationen gemäß Tabelle 88 zunächst anhand einer Perspektivdarstellung erläutert und anschließend mit einer angenommenen, in den Szenarien definierten, Systemfunktionalität hinsichtlich der potentiellen Unfallvermeidbarkeit ausgewertet.

10.3.4.1 Kollision mit Gegenverkehr

Bei dieser Unfallkonfiguration kollidiert der VN (blaues Fahrzeug, Abbildung 168) während des Linksabbiegens beim Kreuzen der Gegenfahrbahn mit einem entgegenkommenden Fahrzeug.

Neben der dargestellten Situation gehört zu dieser Konfiguration auch der Unfalltyp 351 (vgl. Anhang II), der in Abbildung 169 dargestellt ist. Der VN (blaues Fahrzeug) will in eine abknickende Vorfahrtsstraße einfahren und kollidiert mit dem, der abknickenden Vorfahrtsstraße folgenden, GES.

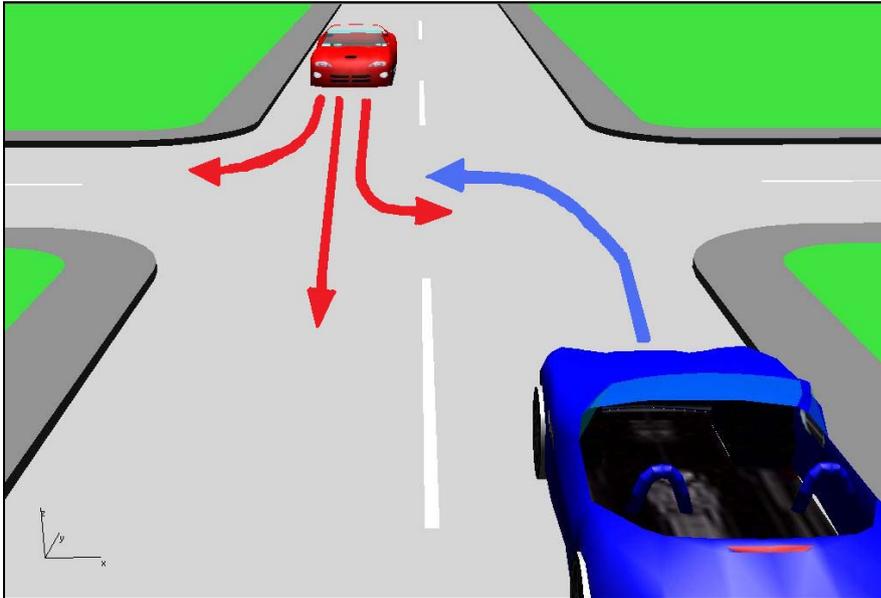


Abbildung 168: Kollision mit Gegenverkehr beim Linksabbiegen

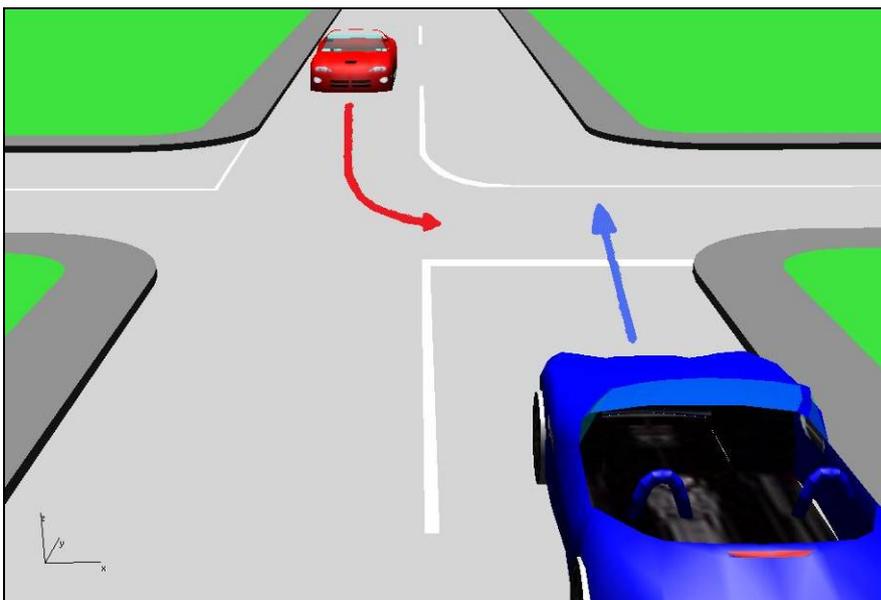


Abbildung 169: Kollision mit Gegenverkehr beim Einfahren in abknickende Vorfahrtsstraße

Szenario 1:

Es wird angenommen, dass mit Hilfe von Szenario 1 alle Unfälle vermieden werden können, bei denen keine Sichtverdeckung vorliegt. Entsprechend einer Auswertung, die während des Forschungsprojektes PReVENT durchgeführt wurde (vgl. Abbildung 167), liegt bei dieser Unfallkonfiguration in etwa 16% der Fälle eine Sichtverdeckung vor. Somit können etwa 84% der der KAS-relevanten Unfälle mit Hilfe von Szenario 1 vermieden werden.

Szenario 2:

Es ist davon auszugehen, dass mit Hilfe einer Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation alle Unfälle verhindert werden können, die sich infolge einer Sichtverdeckung ereignen. Die Vermeidbarkeit liegt somit bei 100%.

10.3.4.2 Kollision mit querendem Verkehr

Bei dieser Unfallkonfiguration kollidiert der VN (blaues Fahrzeug, Abbildung 170) beim Überqueren einer oder Einbiegen in eine vorfahrtsberechtigten Straße mit einem Fahrzeug, welches auf der vorfahrtsberechtigten Straße von links oder rechts kommt.

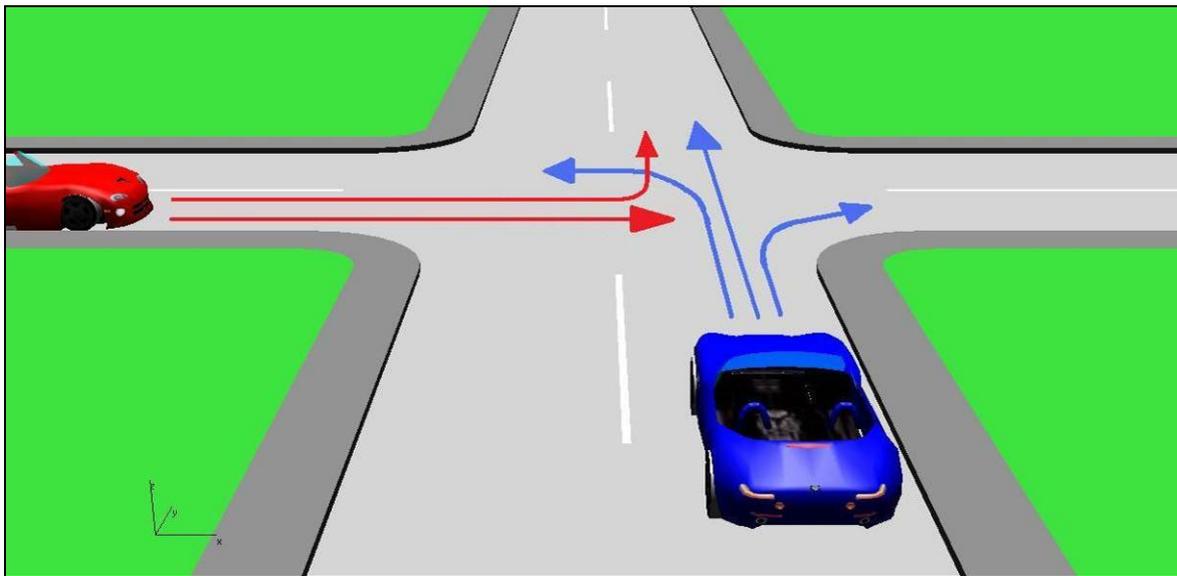


Abbildung 170: Kollision mit querendem Verkehr

Szenario 1:

Es wird angenommen, dass mit Hilfe von Szenario 1 alle Unfälle vermieden werden können, bei denen keine Sichtverdeckung vorliegt. Laut einer Auswertung, die während des Forschungsprojektes PReVENT durchgeführt wurde liegt bei dieser Unfallkonfiguration in etwa 23% der Fälle eine Sichtverdeckung vor (vgl. Abbildung 167). Somit können etwa 77% der KAS-relevanten Unfälle mit Hilfe von Szenario 1 vermieden werden.

Szenario 2:

Es ist davon auszugehen, dass mit Hilfe einer Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation auch alle Unfälle verhindert werden können, die aufgrund einer Sichtverdeckung passierten. Daher liegt die Vermeidbarkeit bei 100%.

10.3.4.3 Auffahrunfall

Bei dieser Unfallkonfiguration fährt der VN (graues Fahrzeug, Abbildung 171) im Kreuzungsbereich auf ein vor ihm fahrendes oder bereits stehendes Fahrzeug auf. In den meisten Fällen hat der VN die Warteschlange an der Kreuzung erst zu spät bemerkt.

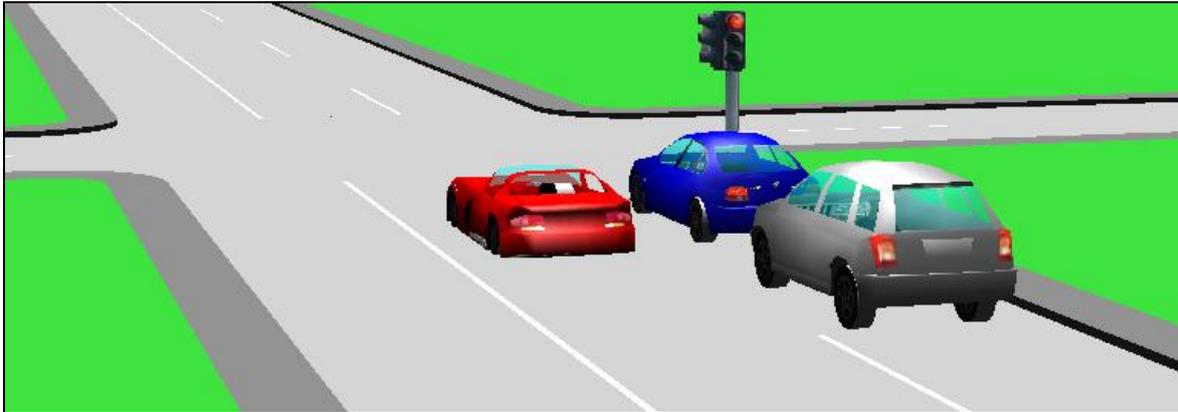


Abbildung 171: Auffahrunfall an lichtzeichengeregeltem Knotenpunkt

In einigen aktenkundigen Fällen kommt es vor, dass Fahrzeuge vor dem VN bei „Grün“-Signal anfahren, aber nach kurzer Strecke plötzlich wieder anhalten. Der VN hat zu diesem Zeitpunkt den Blick vom Verkehrsgeschehen abgewandt und kann nicht mehr rechtzeitig bremsen, so dass es zum Auffahrunfall kommt.

Szenario 1:

Wenn das Fahrzeug des VN mit einer voll funktionsfähigen Rundumsicht ausgestattet wäre, könnten sämtliche Auffahrunfälle in Kreuzungsbereichen vermieden werden, solange keine Sichtbehinderung vorliegt. Nach Abbildung 167 liegt in dieser Unfallkonfiguration eine Sichtverdeckung in etwa 3% der Fälle vor. Somit sind etwa 97% der Unfälle vermeidbar.

Szenario 2:

Mit Hilfe der Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation könnten die vorstehend genannten 3% der Unfälle, die aufgrund einer Sichtverdeckung stattfinden, verhindert werden. Somit wäre eine vollständige (100%) Unfallvermeidung realisierbar.

10.3.4.4 Sonstiger Unfall

In 14 von 15 der als „sonstige Unfälle“ kategorisierten Fälle handelt es sich um Unfälle mit einer Vorfahrtsmissachtung des VN an einem Knotenpunkt. In den Unfallakten sind dazu keine näheren Angaben zu finden, sodass diese nicht anderen Kategorien zugeordnet werden können.

Für die Vermeidbarkeitsbetrachtung wurde angenommen, dass diese Unfälle mit Szenario 2 vermeidbar wären.

Für die Betrachtung mit der rein sensorbasierten Umfelderkennung (Szenario 1) wurde für die Sichtverdeckung der größte in Abbildung 167 angegebene Wert verwendet (23% bei Einbiegen/Kreuzen). Somit wären 77% der Unfälle vermeidbar.

In einer weiteren Unfallvariante missachtet der VN eine rote Lichtzeichenanlage (LZA) und fährt in eine Kreuzung ein. Beim Erkennen des nahenden Querverkehrs erschrickt der Fahrer und kollidiert mit einer Verkehrsinsel und einem sich darauf befindlichen Fußgänger.

Dieser Fall wäre sowohl mit Szenario 1 als auch mit Szenario 2 vermeidbar.

10.4 Nutzen eines KAS-Systems

10.4.1 Maximal möglicher Nutzen

Basierend auf der Vermeidbarkeitsbetrachtung aus Kapitel 10.3.4 zeigt die Tabelle 89 zusammenfassend den erwarteten Nutzen der zwei Entwicklungsstufen eines Kreuzungsassistenten.

Ein KAS-System mit einer sensorbasierten Umfelderkennung (Szenario 1) hat das Potential 28,0% aller untersuchten Haftpflichtunfälle mit Personenschaden zu vermeiden (Abbildung 172). Wenn das System zusätzlich über eine Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikationseinheit verfügt (Szenario 2), steigt das Vermeidbarkeitspotential auf 33,3% aller betrachteten Unfälle.

Szenario	Beschreibung	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	% Anteil bezogen auf	
			Wirkfeld (n=577)	alle Unfälle (n = 1.731)
1	Sensorbasierte Umfelderkennung	484	83,9	28,0
2	Sensorbasierte Umfelderkennung mit zusätzlicher Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation	577	100,0	33,3

Tabelle 89: Maximales Vermeidbarkeitspotential der KAS-Entwicklungsstufen bezogen auf alle KAS-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

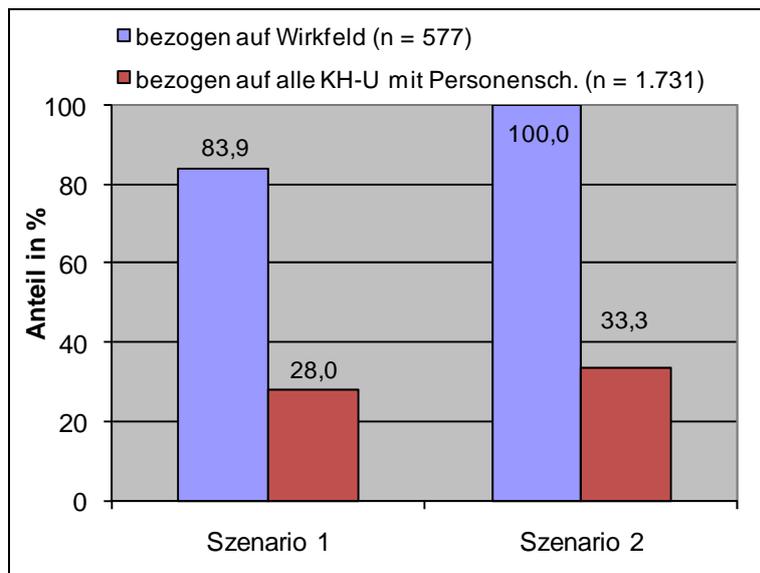


Abbildung 172: Maximales Vermeidbarkeitspotential der KAS-Entwicklungsstufen bezogen auf alle KAS-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

10.4.2 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Ziel dieses Kapitels ist es, die durch ein KAS-System in Deutschland vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten zu berechnen.

Grundlage der Berechnung sind die für das Jahr 2004 in der Bundesstatistik ausgewiesenen Verunglückten durch Unfälle zweier Beteiligter, bei denen der Hauptverursacher ein Pkw war. Hierin sind keine Alleinunfälle enthalten, was in etwa der Situation der Versicherungs-Haftpflichtschäden mit Personenschaden entspricht. Die im Kapitel 10.4 ermittelten Nutzen der einzelnen Szenarien werden nun auf die Anzahl der Verunglückten übertragen und mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Kostensätze [BASt, 2006] die in Deutschland durch einen Kreuzungsassistenten vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten errechnet.

Außerdem wird eine Nutzensteigerung im Falle eines unfallbedingten Aufpralls durch Verringerung der Aufprallgeschwindigkeit bewirkt. Die einhergehende Unfallfolgenminderung (geringere Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten) trägt zur Steigerung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei. Allerdings lassen die in den Unfallakten extrahierten Daten keine Aussage über eine mögliche Verletzungsschwerereduktion zu, so dass eine quantitative Nutzenabschätzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung diesbezüglich nicht möglich war.

Neben den vermeidbaren Personen- und Sachschäden sind auch Kosten durch die bei Unfällen einhergehenden Verkehrsbehinderungen (Stau) für die Bestimmung des volkswirtschaftlichen Nutzens relevant. Hier bietet sich der Einsatz eines generischen Verfahrens zur Ermittlung der Zeitdauer und Rückstaulänge bis zur vollständigen Stauauflösung an. Für eine brauchbare Abschätzung der Zeitdauer und Rückstaulänge sind weitere Verkehrskenngrößen für die Unfallortslagen im Straßennetz und die Unfallzeitpunkte erforderlich. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war eine diesbezügliche Datenerhebung nicht realisierbar.

10.4.2.1 Volkswirtschaftliche Kostensätze gemäß BASt

Für die Berechnung des volkswirtschaftlichen Schadens, der durch KAS-relevante Unfälle entstanden ist, wird die Unfallkostenrechnung der BASt zugrunde gelegt. Das Berechnungsmodell ermittelt Unfallkosten, die nach dem Schweregrad der Personenschäden unterteilt sind. Die Unfallfolgekosten werden von der BASt wie folgt gegliedert:

- Reproduktionskosten umfassen Kosten, die aufgewendet werden, um durch den Einsatz medizinischer, juristischer, verwaltungstechnischer und anderer Maßnahmen eine äquivalente Situation wie vor dem Unfall herzustellen.
- Ressourcenausfallkosten erfassen die Minderungen an wirtschaftlicher Wertschöpfung, die entstehen, dass durch den Unfall Verletzte oder Getötete nicht mehr in der Lage sind, am Produktionsprozess teilzunehmen.

Eine ausführliche Beschreibung des Berechnungsmodells und der Einflussfaktoren enthält [BASt, 1999].

Die aktuellen volkswirtschaftlichen Kostensätze zur Bewertung von Personen- und Sachschäden wurden aus [BASt, 2006] entnommen. Für das Jahr 2004 ergeben sich die in Tabelle 90 zusammengestellten Werte.

Personenschadenkosten je verunglückte Person für:	Betrag in €
Getötete	1.161.885
Schwerverletzte	87.269
Leichtverletzte	3.885
Sachschadenkosten je:	
Unfall mit Getöteten	28.450
Unfall mit Schwerverletzten	13.808
Unfall mit Leichtverletzten	10.038

Tabelle 90: Maximale volkswirtschaftliche Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006]

10.4.2.2 Ermittlung des vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens durch KAS

Für die Darstellung des durch KAS-Systeme vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schadens in Deutschland wurden die Personenschäden aus der Bundesstatistik herangezogen. Hierbei handelt es sich um durch Pkw verursachte Unfälle (Pkw ist Hauptverursacher) und die dabei entstandene Anzahl von Personenschäden, siehe Tabelle 91.

	Anzahl
Unfälle zweier Beteiligter mit einem Pkw als Hauptverursacher	170.547
Verunglückte bei Unfällen zweier Beteiligter mit einem Pkw als Hauptverursacher	225.293
davon	
Getötete	1.815
Schwerverletzte	31.168
Leichtverletzte	192.310

Tabelle 91: Verunglückte bei Unfällen von zwei Beteiligten mit einem Pkw als Hauptverursacher im Jahr 2004 [StBa, 2005]

Der in Kapitel 10.4 ermittelte Anteil der durch ein KAS-System vermeidbaren Unfälle gemäß der einzelnen Szenarien (Tabelle 89) wurde nun auf die Anzahl der in Tabelle 91 ausgewiesenen Personenschäden angewandt. Multipliziert mit den aus der Tabelle 90 bekannten volkswirtschaftlichen Kostensätzen ergeben sich die durch ein KAS-System vermeidbaren volkswirtschaftlichen Kosten je Szenario (Tabelle 92). Da aufgrund der zur Verfügung stehenden statistischen Daten keine Unterscheidung zwischen der Anzahl der Verunglückten und der Anzahl der damit verbundenen Unfälle möglich war, wurde die Anzahl der Verunglückten zur Berechnung des volkswirtschaftlichen Schadens herangezogen. Hieraus ergeben sich leicht erhöhte Kosten, denn die Anzahl der Verunglückten ist höher als die Anzahl der Unfälle. Auswirkung hat dies bei der Multiplikation mit den Sachschadenkosten je Unfall (Tabelle 90), die mit der Anzahl von Verunglückten erfolgte.

Vermeidbare Kosten durch	Getötete		Schwerverletzte		Leichtverletzte		Summe
	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Mio €
Szenario 1	507	604	8.715	881	53.771	749	2.234
Szenario 2	605	720	10.389	1.050	64.103	893	2.663

Tabelle 92: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden je Szenario in Deutschland für das Jahr 2004

Diskussion:

Der vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden basiert auf den in Kapitel 10.4 quantifizierten Nutzen der beiden Szenarien. Um diese Nutzen zu erreichen, muss jeder Pkw in Deutschland mit einem nicht deaktivierbaren KAS-System ausgerüstet sein. Außerdem muss das System auch bei extremen Witterungsverhältnissen stabil und zuverlässig funktionieren. Des Weiteren dürfen keine Fehlauflösungen auftreten, da diese Folgeschäden nach sich ziehen können.

10.4.3 Nutzen für den Fahrzeughalter

An dieser Stelle wird auf Kapitel 7.4.3 verwiesen, da sich dieser Nutzen für KAS-Systeme in gleicher Weise darstellt.

10.4.4 Einschränkung des Nutzens

10.4.4.1 Missbrauch und Ablenkung

Zur Gefahr kann ein KAS-System werden, wenn sich der Fahrer zunehmend auf das System verlässt und die frei gewordenen mentalen Kapazitäten für Sekundäraufgaben nutzt oder nicht situationsgerecht die geltenden Vorfahrtsregeln abklärt und in der Folge falsch reagiert. Hat der Fahrer den Blick in einer kritischen Situation nicht auf das Verkehrsgeschehen gerichtet, steigt seine Reaktionszeit erheblich an, da zusätzlich Zeit für die Blickzuwendung benötigt (Tabelle 73) wird. Dies kann dazu führen, dass beispielsweise das Ende eines Rückstaus zu spät erkannt wird.

Des Weiteren besteht die Gefahr, dass der Fahrer die Fähigkeiten des Systems überschätzt und als Folge dessen seine Risikobereitschaft zunimmt. Fahrer könnten die in den Phasenprogrammen der Lichtzeichenanlagen zugestandene „überfahrene Gelbzeit“ großzügiger ausnutzen und selbst noch bei Rot in den Kreuzungsbereich einfahren. In der Folge kann es zu Unfällen kommen, die aufgrund der damit einhergehenden höheren Fahrgeschwindigkeiten zu massiven Sachschäden und schweren Verletzungen führen können.

10.4.4.2 Wartungsmängel und Reparaturfehler

Sensorverschmutzungen können zu Fehlfunktionen oder zum Ausfall des Systems führen. Im Falle einer notwendigen Instandsetzung nach einem Unfallschaden im Einbaubereich des Sensors oder der Sensoren ist eine exakte Justage der einzelnen Sensoren unabdingbar. Bereits geringe Abweichungen von den vorgeschriebenen Einstellwerten können zu frühzeitigen Zielobjektverlusten oder zu verspäteten Zielerkennungen und somit zu unvorhergesehenen Gefahrensituationen führen.

10.4.4.3 Systemgrenzen

Folgende Parameter beeinflussen die Umfelderkennung durch die Sensoren:

- Tageszeitliche Einflüsse (direkte Sonneneinstrahlung, Blendung)
- Witterungsbedingte Einflüsse (starker Regen, Schneefall, Nebel)
- Bauliche Einflüsse (Abschattungen, wie z. B. in einer gekrümmten Tunnelstrecke)

Des Weiteren können folgende Faktoren die Erkennung von bewegten Objekten beeinflussen:

- Hintergründe wie Häuserfront, Wald, Wiese, Alleebäume, stehende Fahrzeugreihe, usw.
- Verhalten der zu detektierenden Objektklasse in unterschiedlichen Verkehrssituationen, wie z. B. Überholen oder Spurwechsel
- Einflüsse von reflektierenden Fahrbahnbegrenzungen und -markierungen
- Dichter Verkehr auf dem eigenen Fahrstreifen oder Gegenverkehr

10.4.4.4 Verfügbarkeit

Es ist davon auszugehen, dass auch in Zukunft nicht jedes Fahrzeug über eine Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikationseinheit verfügen wird. Es ist zum einen unwahrscheinlich, dass alte Fahrzeuge nachgerüstet werden, zum anderen ist es auch nicht sicher, ob alle Fahrzeughersteller ihre Fahrzeuge serienmäßig mit einer Kommunikationseinheit ausstatten werden. Somit ist es wahrscheinlich, in Verkehrssituationen ein „stummes“ Fahrzeug anzutreffen. Dies könnte zu (noch) nicht bekannten Gefahrensituationen führen.

10.5 Zusammenfassung KAS

Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen auf Analysen der AZT-Unfalldatenbank mit einem Umfang von 1.731 Fällen. Dies entspricht einem Anteil von 0,57% aller Pkw Haftpflichtunfälle mit Personenschaden in Deutschland. Die wichtigsten Merkmale der Datenbank sind nachfolgend dargestellt (vgl. Kapitel 5):

- Der Unfall ereignete sich im Jahr 2004.
- Es wurde mindestens eine Person verletzt oder getötet.
- Der Haftpflichtschaden wurde von einem Pkw verursacht.
- Schadenakten aus dem Dienstleistungsgebiet Südost der Allianz (Schadenbereich Allianz Bayern)
- Schadenakten aus dem Archiv in Unterföhring (Teil des Dienstleistungsgebietes SO)
- Der Unfallort lag in Deutschland.
- Der Unfalltyp war ersichtlich.

Die In-Depth-Analyse (Kapitel 10.1) stellt charakteristische Merkmale der 577 für ein KAS-System relevanten Unfälle dar. Nachfolgend ein Überblick der wichtigsten Ergebnisse:

- In 86,7% der KAS-relevanten Unfälle handelt es sich um eine Kollision zwischen zwei Pkw. In 12,1% der Fälle ist der Kollisionspartner ein motorisiertes Zweirad.
- Knapp 64% der Unfälle werden von einem männlichen Fahrer verursacht. Berücksichtigt man die erbrachten Fahrleistungen, liegt der Relativanteil der von Männern verursachten KAS-relevanten Unfälle bei 53,3%. Der Anteil von Frauen verursachter Unfälle liegt bei 46,7%.
- Unter Berücksichtigung der erbrachten Fahrleistung weisen Männer bis 24 Jahre mit 54,0% einen höheren relativen Anteil als Frauen mit 42,7% auf. Bei den über 65-Jährigen liegt der Relativanteil der Frauen bei 29,6%, der der Männer dagegen nur bei 14,4%.
- Der Großteil der KAS-relevanten Unfälle fand innerorts (78,9%) und bei Tageslicht (77,6%) statt.
- In 65,7% der Unfälle kollidierte der VN mit einem „Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“. In etwa 30% der Fälle kam es zu einem Zusammenstoß sich mit einem „vorausfahrenden oder wartenden Fahrzeug“.
- In etwa der Hälfte der Unfälle handelt es sich um „Einbiegen/Kreuzen-Unfälle“ (Typ 3). An zweiter Stelle liegt der „Abbiege-Unfall“ mit 32,6% (Typ 2).
- 70,6% der KAS-relevanten Unfälle waren aus der Sicht des VN Frontalkollisionen. Beim Geschädigten liegt dieser Anteil bei 45,9%.
- Fast alle Versicherungsnehmer (93,1%) gaben an, zum Unfallzeitpunkt maximal 50km/h gefahren zu sein. Auch 53,9% der GES gaben diesen Geschwindigkeitsbereich an. In 31,2% der Fälle ist der VN mit einem stehenden GES kollidiert.
- Knapp zwei Drittel der Unfallverursacher gaben an, nicht mehr gebremst zu haben. Etwa derselbe Anteil an GES gab an, einen Bremsversuch unternommen zu haben.
- 87,5% der VN haben keinen Ausweichversuch mehr unternommen. 13,7% der GES versuchten noch auszuweichen und bei 3,2% war das Ausweichmanöver erfolgreich.
- 79,8% der VN waren leicht verletzt, 16,9% schwer und 3,4% wurden getötet. 28,1% der Leichtverletzten erlitten ein HWS-Syndrom. Bei den GES wurden 97,9% leicht verletzt, 2,1% schwer und keiner getötet. Bei 67% der leichtverletzten Geschädigten wurde ein HWS-Syndrom festgestellt.

Im Rahmen der Vermeidbarkeitsuntersuchung (Kapitel 10.3) wurden die KAS-relevanten Unfälle mit zwei System-Szenarien analysiert. Diese Szenarien entsprechen den beiden Entwicklungsstufen eines KAS-Systems.

- Szenario 1:
 Hierbei handelt es sich um eine sensorbasierte Umfelderkennung, die die Beschilderung und die Lichtzeichen, den Querverkehr sowie den kreuzenden Längsverkehr beim Ab- und Einbiegevorgang zuverlässig erkennt. Zusätzlich berücksichtigt das System das vorausfahrende Fahrzeug beim Anfahren an einem Knotenpunkt und leitet gegebenenfalls eine Notbremsung ein.
- Szenario 2:
 Über die Funktion von Systemen gemäß Szenario 1 hinaus, verfügt Szenario 2 zusätzlich über eine Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikationseinheit (C2CC-Einheit). Dadurch werden auch Fahrzeuge berücksichtigt, die aufgrund einer Verdeckung nicht sichtbar sind. Des Weiteren erhält der Verkehrsteilnehmer Informationen über Abbiegeabsichten anderer Fahrzeuge (Blinkhebelstellung).

In Tabelle 93 werden die Vermeidbarkeitspotentiale der oben beschriebenen Entwicklungsstufen aufgelistet.

Szenario	Beschreibung	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	% Anteil bezogen auf	
			Wirkfeld (n=577)	alle Unfälle (n = 1.731)
1	Sensorbasierte Umfelderkennung	484	83,9	28,0
2	Sensorbasierte Umfelderkennung mit zusätzlicher Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation	577	100,0	33,3

Tabelle 93: Maximales Vermeidbarkeitspotential der einzelnen Szenarien bezogen auf alle KAS-relevanten Unfälle und alle ausgewerteten Unfälle

Basierend auf dem Vermeidbarkeitspotential nach Tabelle 93 wurde mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Kostensätze nach [BAST, 2006] der vermeidbare volkswirtschaftliche Schaden berechnet.

Würde jedes Fahrzeug in Deutschland mit einem fehlerfreien und nicht deaktivierbaren KAS-System ausgestattet, welches über eine Funktionalität gemäß Szenario 2 verfügt, könnte dadurch ein volkswirtschaftlicher Schaden in Höhe von maximal 2,6 Milliarden Euro vermieden werden (Tabelle 94).

Vermeidbare Kosten durch	Getötete		Schwerverletzte		Leichtverletzte		Summe
	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Anzahl	Mio €	Mio €
Szenario 1	507	604	8.715	881	53.771	749	2.234
Szenario 2	605	720	10.389	1.050	64.103	893	2.663

Tabelle 94: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden je Szenario in Deutschland im Jahre 2004

11 Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse

Ein Blick auf die Statistiken des Bundes und der Kraftfahrzeug-Versicherer in Deutschland zeigt stagnierende bis leicht rückläufige Werte für die Zahl der Verkehrsunfälle und Haftpflichtschadens-Fälle (Kapitel 1). Lediglich die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten konnte in den letzten Jahren deutlich reduziert werden, wobei das Ziel der EU-Verkehrspolitik einer Halbierung der jährlichen Zahl der Verkehrstoten bis 2010 aus der Sicht des Jahres 2001 knapp verfehlt werden wird.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Bestimmung des Wirkpotentials neuer Fahrerassistenzsysteme durch Analyse der Unfallstruktur in Deutschland auf der Basis der bei der Allianz Versicherung vorliegenden Unfalldaten (Kapitel 2). Dabei werden neue Fahrerassistenzsysteme (FAS) für Pkw fokussiert (in der vorliegenden Untersuchung auch als Aktiv-Applikationen bezeichnet), wie

- Aktive Gefahrenbremsung (AGB)
- System zur Sicherheit von Fußgängern und Radfahrern (SFR)
- Integrierte Querführung (IQF)
- Kreuzungsassistent (KAS)

Kapitel 3 enthält eine Sammlung von Begriffen der Unfallforschung, die später für die Vermeidbarkeitsbetrachtung im Rahmen der Wirkpotentialanalyse benötigt werden. Neben den von den Projektpartnern bereitgestellten Informationen zu Funktion und geplanter Wirkung der Aktiv-Applikationen wurden in einer umfangreichen Literaturanalyse weitere Informationen zu den interessierenden Applikationen und ähnlichen, bereits realisierten Fahrerassistenzsystemen gesammelt, aufbereitet und in Kapitel 4 ausgewertet.

Für die Analyse der Wirkpotentiale von neuen Assistenzsystemfunktionen in Realunfallsituationen sind detaillierte Daten erforderlich. Als Grundlage wurde eine Unfalldatenbank aus den Haftpflichtschadenakten der Allianz-Versicherung für das Jahr 2004 konzipiert und aufgebaut (AZT-Datenbank). Nach einer detaillierten Einzelanalyse jeder nach dem Zufallsprinzip gezogenen Schadenakte liegt eine Stichprobe des gesamten Unfallgeschehens mit Personenschaden in Deutschland mit einem Umfang von $n=1731$ Fällen vor. Die in der Datenbank enthaltenen Unfalldaten entsprechen einem Anteil von 0,57% aller Pkw-Haftpflichtunfälle mit Personenschaden in Deutschland im Jahr 2004. Die Selektionskriterien zur Stichprobenauswahl, die Datenbankstruktur mit Füllungsgraden der einzelnen Datenbankfelder sowie die statistische Vergleichbarkeit mit der Bundesstatistik sind in Kapitel 5 beschrieben. Es ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit dem Unfallgeschehen mit Personenschaden in Deutschland insgesamt, wobei verbleibende Abweichungen plausibel erklärbar sind.

Um ein vertieftes Verständnis charakteristischer Zusammenhänge und Auffälligkeiten zum Unfallgeschehen zu erhalten, erfolgt in Kapitel 6 eine Strukturanalyse der Pkw-Unfälle mit Personenschaden auf der Basis der AZT-Datenbank. Aus den situativen Unfallmerkmalen folgt als wesentliches Ergebnis die Schätzung der Relevanz der verschiedenen Aktiv-Applikationen für den einzelnen Realunfall im Sinne einer potentiellen Vermeidbarkeit (Tabelle 95 und Abbildung 173). Eine Berücksichtigung der Systemspezifikationen und Systemausprägungen erfolgt an dieser Stelle noch nicht. Dies ist Thema der Vermeidbarkeitsbetrachtungen in den jeweiligen Applikationskapiteln. Zu beachten ist, dass die Merkmalsverteilung in Tabelle 95 und Abbildung 173 Mehrfachnennungen enthält. Einige Unfälle ließen sich also von zwei oder mehr der betrachteten Applikationen positiv im Sinne einer Vermeidung beeinflussen.

Anzahl der Unfälle	1731	
FAS	für das einzelne System als relevant eingestufte Unfälle	
	Anzahl	%
AGB	772	44,6
SFR	249	14,4
IQF	110	6,4
KAS	577	33,3

Tabelle 95: Aus den Schadenakten der AZT-Datenbank extrahierte und für eine Aktiv-Applikation als relevant einzustufende Fälle (Wirkfeld)

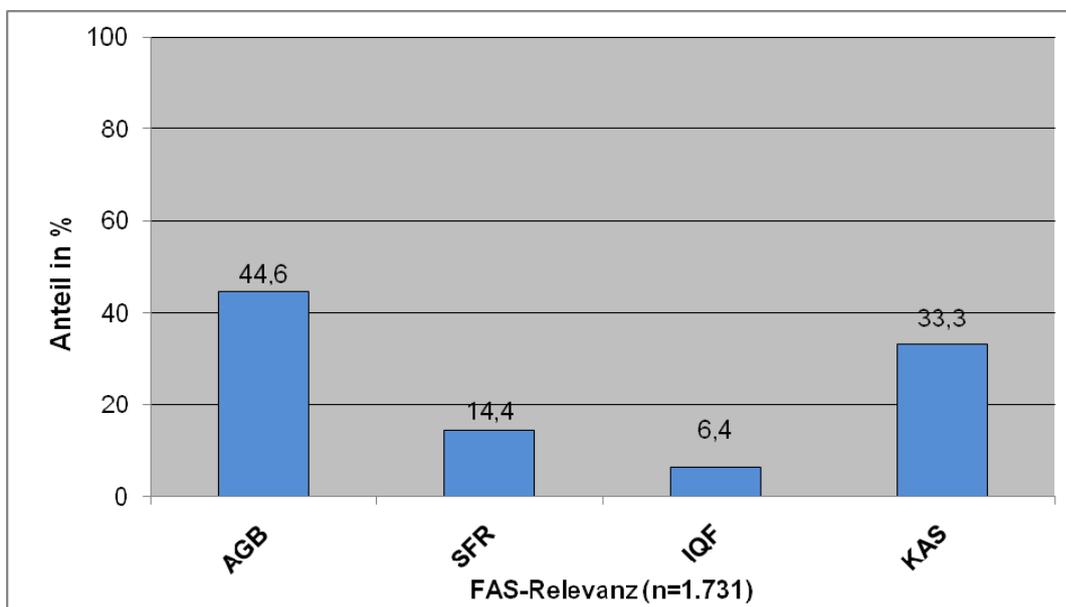


Abbildung 173: Relevanz der Aktiv-Applikationen (als relevant einzustufende Fälle bezogen auf die untersuchten Fälle n=1731)

Im Rahmen der In-Depth-Analysen zu den einzelnen Aktiv-Applikationen (Kapitel 7, 8, 9 und 10) wird die auf das jeweilige Wirkfeld (Tabelle 95) bezogene Unfallstrukturanalyse dazu genutzt, Funktionsszenarien unter Berücksichtigung der Systemspezifikationen und Systemausprägungen für die Vermeidbarkeitsbetrachtung zu definieren. Dabei werden die relevanten Fälle in Kategorien mit ähnlichen Unfallkonfigurationen eingeteilt. Mit Hilfe der Software PC-Crash und der Methode der Rückrechnung werden typische Realunfälle mit bekannten Daten aus den ausgewerteten Schadenakten rekonstruiert. Nachdem so der Unfallablauf kinematisch genau bekannt ist, kann mit Hilfe der Methode der Vorwärtsrechnung und der simulierten Applikations-Funktion die Vermeidbarkeit des betrachteten Unfalls überprüft werden. Dieses Verfahren wird für die vier Applikationen AGB, SFR, IQF und KAS angewendet und der einhergehende volkswirtschaftliche Nutzen berechnet. Die Ergebnisse werden nachfolgend kurz vorgestellt.

Für die Applikation „**Aktive Gefahrenbremsung – AGB**“ (Kapitel 7) zeigt Tabelle 96 die vier definierten Szenarien 0 bis 3 mit den Ergebnissen der Simulationsrechnungen zur Vermeidbarkeit. Abbildung 174 zeigt das Ergebnis der Vermeidbarkeitsrechnung grafisch. Danach lassen sich für das Szenario 3 (beste funktionale Ausbaustufe des AGB) bis 94,8% der Unfälle des zugehörigen AGB-Wirkfeldes (n=772) und immerhin 42,3% aller ausgewerteten Unfälle der Stichprobe (n=1731) vermeiden.

Szenario	Kurzbeschreibung*	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 772)	alle Unfälle (n = 1.731)
0	Reaktion auf fahrende zweispurige Fahrzeuge in gleicher Spur und Richtung	562	72,8	32,5
1	zusätzliche Reaktion auf stehende Hindernisse	671	86,9	38,8
2	zusätzliche Reaktion auf Zweiräder	683	88,5	39,5
3	zusätzliche Reaktion auf Begegnungsverkehr	732	94,8	42,3

* zusätzlich für alle Szenarien: System ist nicht abschaltbar, Geschwindigkeitsbereich 0-200 km/h, Maximal mögliche Verzögerung im Regelbereich

Tabelle 96: Mittels AGB-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

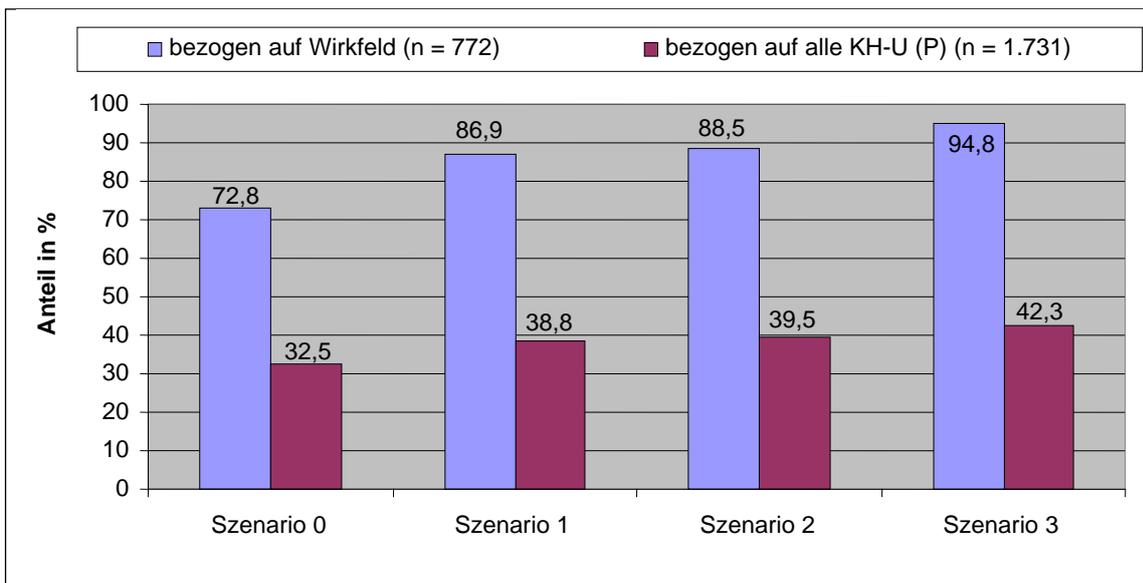


Abbildung 174: Mittels AGB-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

Zur Wirksamkeitsanalyse der Applikation „Sicherheit von Fußgängern und Radfahrern – SFR“ (Kapitel 8) wurden die in Tabelle 97 definierten Szenarien (Unfallkonfiguration) zugrunde gelegt. Die Summenzeile in Tabelle 97 zeigt die Vermeidbarkeit differenziert für Fußgänger (FG) und Radfahrer (RF) sowie die Gesamtvermeidbarkeit. Abbildung 175 gibt das Vermeidbarkeitspotential grafisch wieder. Aus allen vier betrachteten Applikationen weist das SFR-System die geringsten Wirkpotentiale aus. Bezogen auf das SFR-Wirkfeld (n=249) ließen sich 23,3% der Unfälle vermeiden, was 3,4% aller untersuchten Unfälle (n=1731) entspricht.

Unfallkonfiguration	Vermeidbarkeit [FG]			Vermeidbarkeit [RF]			Vermeidbarkeit Summe			
	Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 59)	%-Anteil bezogen auf alle Unfälle (n = 1731)	Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 190)	%-Anteil bezogen auf alle Unfälle (n = 1731)	Anzahl	%-Anteil bezogen auf Wirkfeld (n = 249)	%-Anteil bezogen auf alle Unfälle (n = 1731)	
Kreuzen von Links / Konfiguration 1 bzw 2	ohne Verdeckung	8	13,6	0,5	16	8,4	0,9	24	9,6	1,4
	mit Verdeckung	2	3,4	0,1	0	0,0	0,0	2	0,8	0,1
Kreuzen von Rechts / Konfiguration 3 bzw 4	ohne Verdeckung	16	27,1	0,9	1	0,5	0,1	17	6,9	1,0
	mit Verdeckung	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Linksabbieger / Konfiguration 5		0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Rechtsabbieger / Konfiguration 6		0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Längsverkehr / Konfiguration 7		2	3,4	0,1	13	6,9	0,8	15	6,0	0,9
Summe		28	47,5	1,6	30	15,8	1,8	58	23,3	3,4

Tabelle 97: Mittels SFR-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

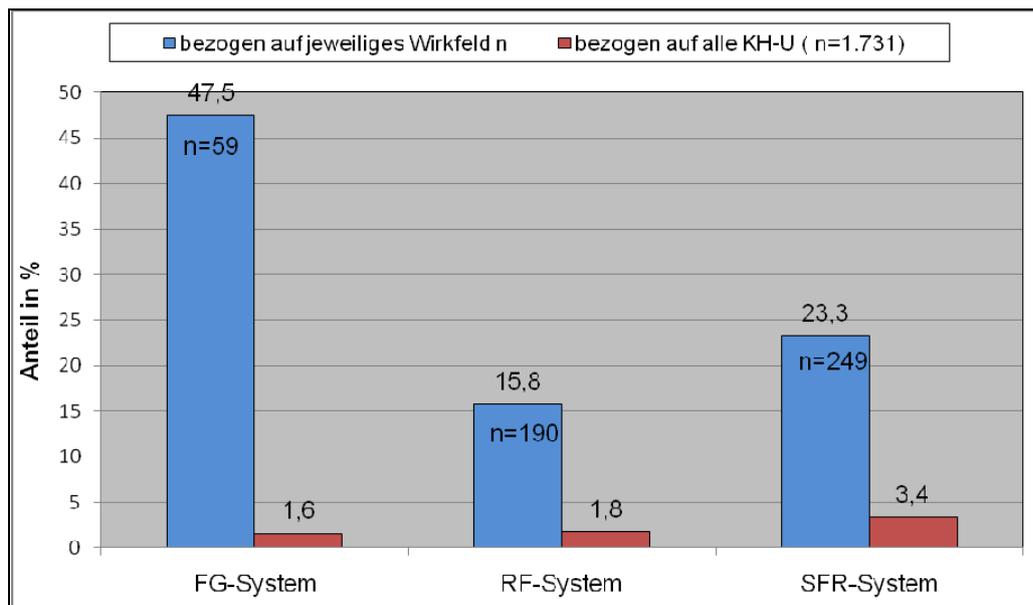


Abbildung 175: Mittels SFR-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

Die Applikation „**Integrierte Querführung - IQF**“ (Kapitel 9) zeigt ein in Tabelle 98 zusammengefasstes Wirkpotential, welches in Abbildung 176 grafisch veranschaulicht ist. Erst Funktionsszenario 3 bringt mit 95,5% der Fälle bezogen auf das Wirkfeld (n=110) einen spürbaren Vermeidbarkeitseffekt, welcher bezogen auf die insgesamt ausgewerteten Unfälle (n=1731) mit 6,1% vermeidbarer Unfälle zu Buche schlägt.

Szenario	Beschreibung	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	% Anteil bezogen auf	
			Wirkfeld (n=110)	alle Unfälle (n = 1.731)
0*	Geschwindigkeit > 60km/h, Akustische Warnung beim Verlassen des Fahrstreifens, Lenkeingriff durch den Fahrer	10	9,1	0,6
1*	Geschwindigkeit > 60km/h, Akustische Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, Lenkeingriff durch den Fahrer	18	16,4	1,0
2*	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h, Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, automatische Spurkorrektur	44	40,0	2,5
3***	Geschwindigkeitsbereich 0 - 180km/h, Warnung vor dem Verlassen des Fahrstreifens, automatische Spurkorrektur, mit Spurwechselassistent	105	95,5	6,1

Annahmen: *Farbahnmarkierung vorhanden ** Blinker betätigt

Tabelle 98: Mittels IQF-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

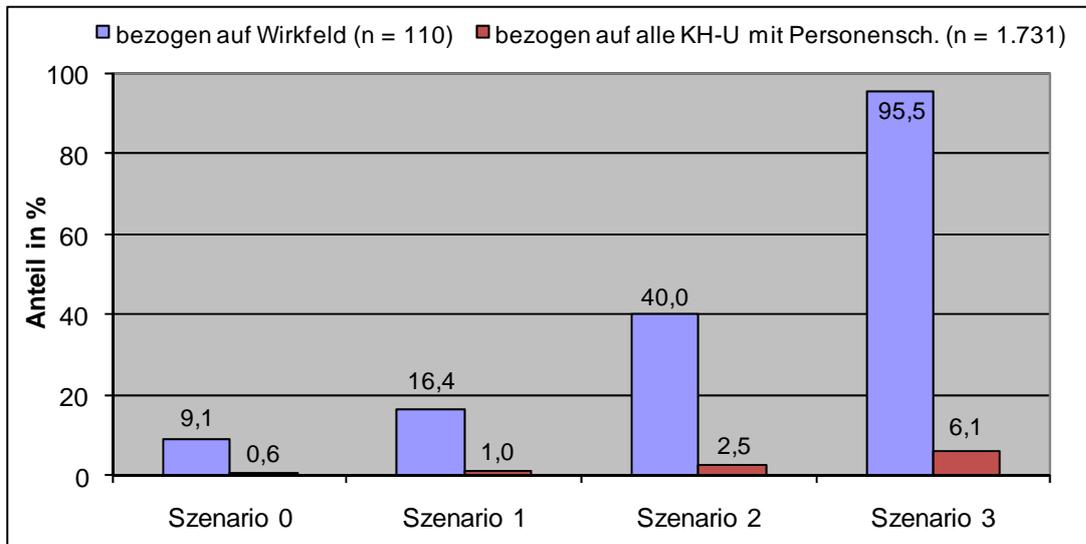


Abbildung 176: Mittels IQF-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

Ein „**Kreuzungsassistent – KAS**“ mit einer sensorbasierten Umfelderkennung (Szenario 1) hat das Potential, 28,0% aller untersuchten Haftpflichtunfälle mit Personenschaden zu vermeiden. Wenn das System zusätzlich über eine Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikationseinheit verfügt (Szenario 2), steigt das Vermeidbarkeitspotential auf 33,3% aller betrachteten Unfälle (Tabelle 99 und Abbildung 177). Mit Hilfe der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation sind definitionsgemäß alle KAS-relevanten Unfälle (n= 577) vermeidbar. Dies entspricht bezogen auf alle ausgewerteten Unfälle (n=1731) einem Vermeidbarkeitspotential von 33,3%.

Szenario	Beschreibung	Vermeidbarkeit		
		Anzahl	% Anteil bezogen auf	
			Wirkfeld (n=577)	alle Unfälle (n = 1.731)
1	Sensorbasierte Umfelderkennung	484	83,9	28,0
2	Sensorbasierte Umfelderkennung mit zusätzlicher Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation	577	100,0	33,3

Tabelle 99: Mittels KAS-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

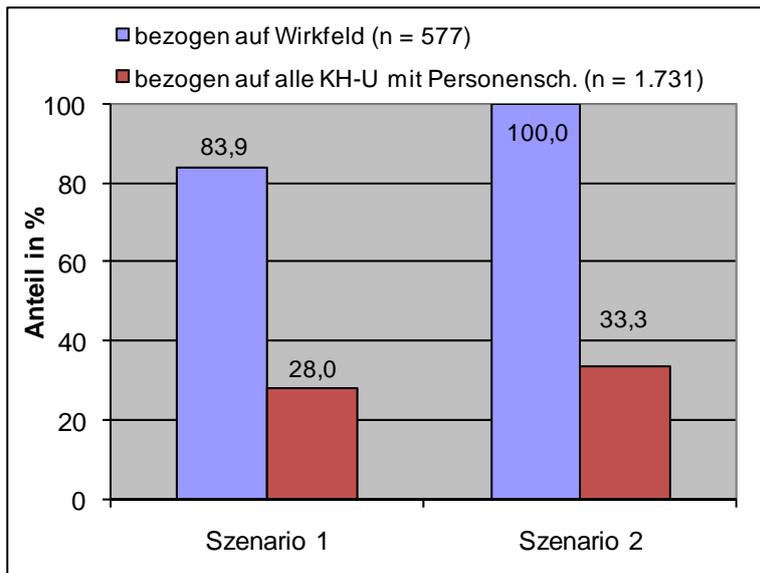


Abbildung 177: Mittels KAS-System maximal vermeidbare Unfälle (exkl. Unfallfolgenminderung)

Ausgehend vom vorstehend quantifizierten Vermeidbarkeitspotential wird für jede Aktiv-Applikation der zu erwartende volkswirtschaftliche Nutzen berechnet (Kapitel 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2 und 10.4.2). Hierzu wird auf die volkswirtschaftlichen Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006] zurückgegriffen. Die Berechnung des maximal zu erwartenden volkswirtschaftlichen Nutzens erfolgt zusammenfassend für das jeweils wirkungsvollste Funktionsszenario jeder einzelnen Applikation (AGB: Szenario 3, SFR: Summe aller Konfigurationen, IQF: Szenario 3, KAS: Szenario 2). Tabelle 100 zeigt den ermittelten, maximal vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schaden. In Abbildung 178 ist das Nutzenpotential der einzelnen Applikationen als Diagramm wiedergegeben.

Der vorstehende berechnete Nutzen gilt nur für den Idealzustand einer flächendeckenden Ausrüstung von Pkw in Deutschland mit dem jeweiligen System. Ferner wird für eine Realisierung des aufgezeigten Vermeidbarkeitspotentials sowie des Nutzens vorausgesetzt, dass die Systeme vom Fahrer verantwortungsvoll genutzt werden. Besondere Voraussetzungen von Seiten der Automobilhersteller sind außerdem Zuverlässigkeit, Fehlertoleranz, Qualität und eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle, die nicht ablenkt, kein „Gefühl scheinbarer Sicherheit“ erweckt und darüber hinaus vom Fahrer akzeptiert wird. Weitere Ausführungen zum Thema Einschränkungen des Nutzens enthalten die Kapitel 7.4.4, 8.4.4, 9.4.4 und 10.4.4. Der tatsäch-

lich zu erwartende Nutzen der jeweiligen Funktionsszenarien wird unter Berücksichtigung möglicher Einschränkungen geringer ausfallen. Die Höhe dieser Reduktion kann im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht geklärt werden.

Vermeidbare Kosten durch	Get		SV		LV		Summe
	Anzahl	Mio. €	Anzahl	Mio. €	Anzahl	Mio. €	Mio. €
AGB-System	768	914	13.184	1.333	81.347	1.133	3.380
SFR-System	159	189	3.217	325	12.842	179	693
IQF-System	110	131	1.891	191	11.665	162	484
KAS-System	605	720	10.389	1.050	64.103	893	2663

Tabelle 100: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgenminderung) in Deutschland im Jahr 2004 durch Einsatz der Aktiv-Applikationen. Anm.: Werte gerundet

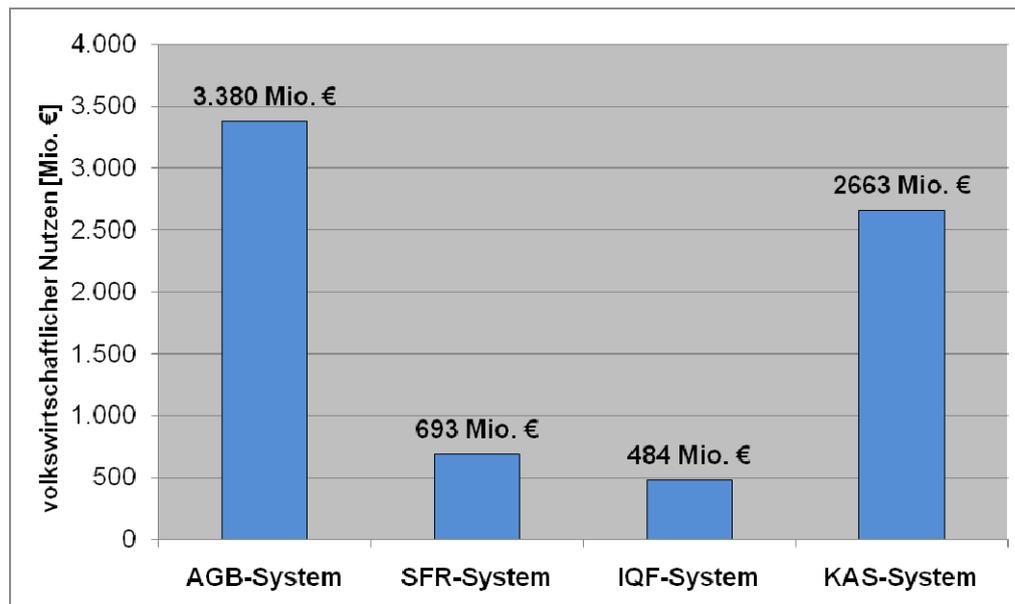


Abbildung 178: Maximal vermeidbarer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfallvermeidung (exkl. Unfallfolgenminderung) in Deutschland im Jahr 2004 durch Einsatz der Aktiv-Applikationen. Anm.: Werte gerundet

Außerdem wird eine Nutzensteigerung im Falle eines unfallbedingten Aufpralls durch Verringerung der Aufprallgeschwindigkeit bewirkt. Die einhergehende Unfallfolgenminderung (geringere Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten) trägt zur Steigerung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei. Allerdings lassen die in den Unfallakten extrahierten Daten keine Aussage über eine mögliche Verletzungsschwerereduktion zu, so dass eine quantitative Nutzenabschätzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung diesbezüglich nicht möglich war.

Neben den in den volkswirtschaftlichen Kostensätze je Unfall nach [BASt, 2006] enthaltenen Personen- und Sachschäden sind auch Kosten durch die bei Unfällen einhergehenden Verkehrsbehinderungen (Stau) für die Bestimmung des volkswirtschaftlichen Nutzens relevant. Hier bietet sich der Einsatz eines generischen Verfahrens zur Ermittlung der Zeitdauer und Rückstaulänge bis zur vollständigen Stauauflösung an. Für eine brauchbare Abschätzung der Zeitdauer und Rückstaulänge sind Verkehrskenngrößen für die Unfallortslagen im Straßennetz und die Unfallzeitpunkte erforderlich. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war eine diesbezügliche Datenerhebung nicht realisierbar. Es wird an dieser Stelle angeregt, diese Fragestellung in einer weiterführenden Untersuchung ausführlich zu betrachten.

12 Abkürzungsverzeichnis

A

AARU	A udi A ccident R esearch U nit
ABS	A nti- B lockier- S ystem
ACC	A daptive C ruise C ontrol
ADAG	A llianz D eutschland A G
ADAS	A dvanced D river A ssistance S ystem
AEMEIS	Ä ltere M enschen im S traßenverkehr
AFS	A ctive F ront S teering
AGB	A ktive G efahren b remmung
AKTIV	A daptive und K ooperative T echnologien für den I ntelligenten V erkehr
APIA	A ktiv- P assiv- I ntegrations- A nsatz
AS	A ktive S icherheit
ASR	A nti- S chlupf- R egelung
AZ-Datenbank	A llianz S chadend a ten b ank, umfasst alle Schadenfälle der Allianz
AZT-Datenbank	A ZT A utomotive GmbH D aten b ank, umfasst die für die vorliegende Untersuchung selektierten und ausgewerteten Schadensfälle (Unfälle)
AZT	A llianz Z entrum für T echnik

B

BAB	B undes a utobahn
BAST	B undes a nstalt für S traßenwesen
BGVG	B etriebs g emeinschaft/ V erwaltung g emeinschaft
BMBF	B undes m inisterium für B ildung und F orschung
BMI	B undes m inisterium des I nnern
BMVBS	B undes m inisterium für V erkehr, B au- und S tadtentwicklung
BMVBW	B undes m inisterium für V erkehr, B au- und W ohnungswesen
BMWi	B undes m inisterium für W irtschaft und T echnologie
BVWP	B undes v erkehr s we g e p lanung

C

C2CC	C ar t o C ar C ommunication
C2IC	C ar t o I nfrast r ucture C ommunication
CAN	C ontroller A rea N etwork
CCD	C harge- C oupled D evice
CDC	C ollision D eformation C lassification
CMOS	C omplementary M etal O xide S emiconductor
CMS	C ollision M itigation S ystem
CoCar	C ooperative C ars

D

DAB	D igital A udio B roadcasting
DAT	D eutsche A utomobil T reuhand GmbH
DG Südost	D ienstleistungsgebiet S üdost (vormals BVB)
DPF	D ieselpartikelfilter

E

EES	E nergy E quivalent S peed
ESP	E lektronisches S tabilitäts p rogramm
EU	E uropäische U nion

F

FAS	Fahrer ass istenzsysteme
FKA	Forschungsgesellschaft K raftfahrtwesen mbH, A achen
FM	Frequenz m odulation
FMCW	Frequency M odulated C ontinuous W ave
FRAME	F reizeitverkehr ä lterer M enschen
FSA	F ahrsicherheit und A ufmerksamkeit
Fzg.	F ahrzeug

G

GDV	G esamtverband der D eutschen V ersicherungswirtschaft e. V.
GES	G eschädigter
Get	G etötete
GIDAS	G erman I n- D epth A ccident S tudy
GNSS	G lobal N avigation S atellite S ystem
GPS	G lobal P ositioning S ystem
GSV	G esellschaft für S chadenverhütung im V erkehrsgewerbe

H

HBA	H ydraulischer B rems ass istent
HC	H eading C ontrol
HM	Hochschule M ünchen
HMI	H uman M achine I nterface
HSN	H ersteller- S chlüsselnummer
HWS	H als w irbelsäule

I

i. A.	im A uftrag
ifmo	Institut für M obilitätsforschung
IQF	Intelligente Q uerführung

K

KAS	K reuzungs ass istent
KBA	K raftfahrt- B undesamt
KF	K raft- F ahrzeugversicherung (Kaskoversicherung)
kg	K ilogramm
KH	K raft- H aftpflichtversicherung
Km	K ilometer
KW	K ilowatt

L

LDW	Lane D eparture W arning
LFMSK	Linear f requency m odulated s hift k ey
LGS	Lane G uard S ystem
LIDAR	L ight D etection and R anging
Lkw	L ast k raft w agen
LSA	L ichtsignalanlage (Ampel, vgl. LZA)
Lt.	L aut
LV	L eicht v erletzte
LZA	L icht z eichenanlage (Ampel, vgl. LSA)

M

MAIS	Mean Abbreviated Injury Scale
max.	maximal
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde

N

n.e.	nicht ersichtlich
Nfz	Nutzfahrzeug

O

OEM	Original Equipment Manufacturer
-----	--

P

Pkw	Personenkraftwagen
PELOPS	Programmsystem zur Entwicklung längsdynamischer mikroskopischer Verkehrsprozesse in systemrelevanter Umgebung
PMD	Photonic Mixer Device (wird als Synonym für alle ToF-Sensoren verwendet)
PSS	Predictive Safety System

R

RADAR	Radio Detection and Ranging
RQ26	Regelquerschnitt 26 (gemäß Richtlinie für die Anlage von Straßen sind sog. Regelquerschnitte definiert, um eine über das gesamte Straßennetz standardisierte Querschnittsgestaltung der Straßen zu erreichen)

S

S.A.N.T.O.S.	Situations-Angepasster und Nutzer-Typ-zentrierte Optimierung von Systemen zur Fahrerunterstützung
SFR	Sicherheit Fußgänger Radfahrer
SGD	Schadengruppe Deutschland
StBA	Statistisches Bundesamt
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
StVO	Straßenverkehrsordnung
StVUnfStatG	Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz (vom 15.09.1990, geändert 23.11.1994, 29.10.2001 und 31.10.2006)
SV	Schwerverletzte
SWA	Spurwechselassistent
SZM	Sattelzugmaschine

T

t	Tonne
TK	Teilkasko
tkm	Tonnenkilometer
ToF	Time of Flight (Lichtlaufzeitverfahren)
TTA	Time-Triggered Architecture

U

UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
------	---

unbek.	unbekannt
U (P)	U nfall mit P ersonenschaden
U (SP)	U nfall mit s chwerem P ersonenschaden
U (SS)	U nfall mit s chwerem S achschaden
V	
VAS	V orausschauende A ktive S icherheit
VBA	V erkehrs b eeinflussungs a nlage
VDI	V ehicle D amage I ndex
vgl.	v ergleiche
VK	V ollkasko-Versicherung
VM	V erkehrs m anagement
VN	V ersicherungs n ehmer
VU	V erkehrs u nfall
VUA	V erkehrs u nfall a nzeige
W	
WLAN	W ireless local area network
WÜ	W iener Ü bereinkommen über den Straßenverkehr
Z	
z.G.G.	zulässiges G esamtgewicht

13 Literatur

AKTIV (2007). Protokoll der AKTIV-Steuerkreissitzung in Lindau am 26.03.2007.

AKTIV SFR (2007), Meineke, M. M. et al., Unfallanalyse und Funktionsspezifikation (AP1000), Version 1.10

AKTIV (2007). Präsentation Aktive Sicherheit – AS, Dr. Ulrich Kreßel, Projektleitung Aktive Sicherheit – AS, Bergisch-Gladbach.

Albus, C. (1993). Steigerung der aktiven Sicherheit von Motorrädern, 5. VDI-Fachtagung, Berlin 1993

Appel, H., Krabbel, G. & Vetter, D. (2002). Unfallforschung, Unfallmechanik, Unfallrekonstruktion, 2. Auflage. Kippenheim: Verlag Information Ambs GmbH.

Automobil Produktion. (2008). Sonderausgabe BMW 7er. November 2008. Landsberg: Verlag Moderne Industrie.

Bangemann, Chr. (2009). Spurhalte-Assistenten sollen das unbeabsichtigte Verlassen der Fahrbahn verhindern, Auto-Motor-und-Sport, Heft 10/2009.

BAST, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). (1999). Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M102. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH.

BAST, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). (2005). Fahrleistungserhebung 2002 - Inländerfahrleistung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 120. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH.

BAST, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). (2006). Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr 2004. Wissenschaftliche Informationen, Info 2/06. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen

BAST, Bundesanstalt für Straßenwesen. (2008). Sonderauswertung der Bundesstatistik zur Verteilung des Unfalltyps bei Unfällen mit Hauptverursacher Pkw

Baum, H. & Grawenhoff, S. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Nutzen-Kosten-Analysen von Fahrerassistenzsystemen – Methodik und empirische Ergebnisse. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung. (2004). Statistische Berichte. Altersstruktur der Bevölkerung Bayerns. Kennziffer A I 3 j 2004

Belz, J., Höver, N., Mühlenberg, M., Nitsche, B. & Seubert, T. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Fahrerassistenz im Spannungsfeld zwischen Komfort- und Sicherheitsanforderungen. VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Bewersdorf, C. (2005). Zulassung und Haftung bei Fahrerassistenzsystemen im Straßenverkehr. Schriften zum Technikrecht Band 8. Berlin: Duncker & Humblot.

- BMVBW, (2006). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.). Verkehr in Zahlen 2006/2007, Erweiterte Ausgabe. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH.
- BMVBS, (2007). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Straßenentwicklung (Hrsg.). Verkehr in Zahlen 2007/2008. Hamburg: DVV Media Group, Deutscher Verkehrs-Verlag.
- Braess, H., Seiffert, U. (Hrsg.). (2005). Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 4. Auflage. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, GWV Fachverlage.
- Breslow, N. E., Day, N. E., Davis, W. (Hrsg.). (1980). Statistical methods in cancer research, Vol.1 – The analysis of case-control studies. Lyon: WHO-IARC Scientific Publications No. 32.
- Breuer, J. & Gleissner, S. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Neue Systeme zur Vermeidung bzw. Folgeminimierung von Auffahrunfällen. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Briest, S. & Vollrath, M. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). In welchen Situationen machen Fahrer Fehler? Ableitungen an Fahrerassistenzsysteme durch In-Depth-Unfallanalysen. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Burckhardt, M., Mitschke, M. (Hrsg.), Frederich, F. (Hrsg.). (1985). Reaktionszeiten bei Notbremsvorgängen, Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Burg, H., Moser, A. (Hrsg.). (2007). Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion, Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation, Wiesbaden: Verlag Vieweg.
- Busch, S. (2004). Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Prognose des Sicherheitsgewinns ausgewählter Fahrerassistenzsysteme. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 588. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Echterhoff, W. (Hrsg.). (2005). Strategien zur Sicherung der Mobilität älterer Menschen. Köln: TÜV-Verlag.
- Enke, K. (1979). "Possibilities for Improving Safety Within the Driver Vehicle Environment Loop". Intl. Technical Conf. on Experimental Safety vehicle, Paris 1979.
- Europäische Kommission. (2001). Weißbuch – Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft, S. 76. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaft.
- Daimler. (2006). Foto Nummer 06B1915 der Informationen im Rahmen der Mercedes-Benz Safety Technology Veranstaltung, Berlin, 5. September 2006.
- DAT Report. (2007). Autohaus extra, Ausgabe 08/2007. München: Auto Business Verlag GmbH & Co. KG.
- Destatis, Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2009). Fachserie 8 Reihe 7 Verkehr. Verkehrsunfälle 2008.

Fastenmeier, W. & Gstalter, H. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Abschätzung des Nutzens von Fahrerassistenzsystemen mit Hilfe der Prozedur SAFE, VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

FGSV (Hrsg.) (1996): Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS, Teil Querschnitte RAS-Q 96, FGSV Verlag.

FKA, Forschungsgesellschaft Kraftfahrtwesen mbH Aachen. (2003). Werkzeuge und Methoden für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen.

Gasser, T. M. (2007). Wesentliche Ergebnisse des 1. Workshops „rechtliche Rahmenbedingungen“. Vortrag im Rahmen des öffentlichen AKTIV Workshops, 15. März 2007, Bergisch Gladbach.

GDV, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (Hrsg.). (2005). Gesamtstatistik 2004, Kraftfahrtversicherung. Berlin: GDV

GDV, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (Hrsg.). (2006). Gesamtstatistik 2005, Kraftfahrtversicherung. Berlin: GDV

Graab B., Donner, E. & Hörauf, U. (2007). Subjektives Erleben der Unfallsituation aus Fahrersicht und die daraus ableitbaren Ergebnisse für die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen. Crash.tech, April 2007. Congress Center Leipzig.

Grandel, J. (1980). Über den Vergleich verschiedener Reaktionszeitmessungen und deren Einfluss der Reaktionszeit auf die Berechnung der Vermeidbarkeit von Verkehrsunfällen. Der Verkehrsunfall. Nr. 7/8.

GSV, Gesellschaft für Schadenverhütung im Verkehrsgewerbe (Hrsg.). (1995). Wirtschaftlichkeitsanalyse für Fahrzeugflotten. Neufahrn: Gesellschaft für Schadenverhütung im Verkehrsgewerbe.

Gwehenberger, J. & Kubitzki, J. (2005). Schadenverhütung bei Fahrzeugflotten. München: Allianz Versicherungs-AG – Firmen und Konzerne Kraftfahrtversicherung

Gwehenberger, J., Schwertberger, W., Daschner, D. (2006). Wirkungspotenziale von Adaptive Cruise Control und Lane Guard System bei schweren Nutzfahrzeugen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Ausgabe 10 und 11/2006. Wiesbaden: Vieweg Verlag/GWV Fachverlage GmbH.

Hautzinger, H. (2006). Methods for Risk Assessment in Traffic Safety Research – Accident Involvement Risk. TRACE, Work Package 7 Task 3. State of the Art Report High Tech Report. (2004). Faszination Forschung und Technik. Daimler, Ausgabe 1/2004.

Hugemann, W. (Hrsg.). (2007). Unfallrekonstruktion, Band 1 und Band 2. Münster: Verlag Autorenteam.

ifmo, Institut für Mobilitätsforschung. (Hrsg.). (2003). Motive und Handlungsansätze im Freizeitverkehr. Heidelberg: Springer-Verlag.

Isermann, R. (2006). Fahrdynamik-Regelung, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, GWV Fachverlage.

ISK, Institut für Straßenverkehr im GDV (Hrsg.). (1998). "Unfalltypenkatalog" - Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps. Brühl: MVR Druck GmbH.

Kassner, A. & Vollrath, M. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Akzeptanzmessung als Baustein für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Kempen, B. (2007). Fahrerassistenzsysteme und das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr. Vortrag im Rahmen des öffentlichen AKTIV Workshops, 15. März 2007, Bergisch Gladbach.

Kitterer, H., Zielke, F., Kamping, R., Sandkühler, D. & Breuer, K., (2003). Sicherheit, Kraftstoffeffizienz und Fahrbarkeit – Zielkonflikte bei der Auslegung von ACC-Regelalgorithmen für Nutzfahrzeuge. VDI-NFZ Tagung, Steyr.

Kopf, M., Farid, M. N. & Doisl, Ch. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Methoden zur Erhöhung der Akzeptanz und Effizienz eines Systems der aktiven Sicherheit, VDI-Berichte Nr. 1846. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

König, W., Weiß, K.-E. & Mayser, Ch. (2003). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). S.A.N.T.O.S. – Ein Konzept für integrierte Fahrerassistenzsysteme, VDI-Berichte Nr. 1789. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Kramer, U. (2008). Kraftfahrzeug Führung, Modelle, Simulation, Regelung. München: Carl Hanser Verlag.

Kreienbrock, L & Schach, S. (2005). Epidemiologische Methoden (Taschenbuch), 4. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Kühn, M., Degener, S., Köppel, W. Fußgängerschutz im Straßenverkehr - eine interdisziplinäre Aufgabe, Z. f. Verkehrssicherheit 53 (2007), Nr. 3, S. 134.

Kunert, M. & Kretschmar, A. (2003). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Fahrzeugrundumsicht mit Radartechnik – Konzepte und Systeme. VDI-Berichte Nr. 1789. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Lages, U. (2007). Ibeo Laserscanner. AKTIV-Plenumssitzung, Lindau, 26. März 2007.

Luh, S. & Winner, H. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Mobile fahrzeugabhängige Sensorplattform zur Beurteilung der Systemausprägungen von Längsführungs-Assistenzsystemen. VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Mann, M. (2008). Benutzerorientierte Entwicklung und fahrgerechte Auslegung eines Querführungsassistenten. Göttingen: Cuvillier Verlag.

Marstaller, R. & Bubb, H. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Ansatz zur Bewertung von Risiko und Sicherheit beim Einsatz von Fahrerassistenzsystemen, VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Maurer, M., Stiller C. (Hrsg.). (2005). Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung. Heidelberg: Springer-Verlag.

Miese, A. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Sichere Fahrerassistenzsysteme – Welchen Beitrag leistet das KBA als Produktsicherheitsbehörde. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Nigel, S. (2006). Analyse von Lkw und Pkw Unfällen für die Relevanz von Fahrerassistenzsystemen insbesondere ACC und Parkassistent. Unveröffentlichte Diplomarbeit der FH München.²

Plagge, M., Eggert, E., Beyer, S., Smidt, W., Anders, G., Katzwinkel, R. & Ortmann, F. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Kartenbasierte Modellierung des Fahrzeugnahbereichs. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Reyher, A. von, Raab, M. & Winter, H. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Erweiterte Umgebungserkennung auf der Basis von Lidar-Sensorik. VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Rieth, P. E. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Aktiv-Passiv-Integrations-Ansatz APIA. VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Rühmann, H & Bubb, H. (2006). Fahrerassistenzsysteme – Ein Gewinn an Sicherheit und Komfort oder elektronischer Schnickschnack. Ergonomie aktuell, Ausgabe 007, ISSN 1616-7627.

Schäfer, B.-J. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Vom Komfortsystem zur aktiven Unfallvermeidung. VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Seeck, A. & Gasser, T. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Reichweite und Angemessenheit der Haftungssituation bei Fahrerassistenzsystemen. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

StBA, Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2005). Verkehrsunfälle 2004, Fachserie 8, Reihe 7. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

StBA, Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2006). Verkehrsunfälle 2005, Fachserie 8, Reihe 7. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

Unger, R. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Gedanken eines Versicherers zu Fahrerassistenzsystemen. VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Vollrath, M. & Schießl, C. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Belastung und Beanspruchung im Fahrzeug – Anforderungen an Fahrerassistenz, VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Vukotich, A. & Kirchner, A. (2003). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Sensorfusion für Fahrerassistenzsysteme. VDI-Berichte Nr. 1789. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

² Diese Arbeit ist gesperrt

Wallentowitz, H., Reif, K. (Hrsg.). (2006). Handbuch Kraftfahrzeugelektronik, Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen, Wiesbaden: Verlag Vieweg.

Weller, W., (2008). Automatisierungstechnik im Überblick. Was ist, was kann Automatisierungstechnik? Berlin: Beuth Verlag.

Ziems, D. (2004). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Zur psychologischen Akzeptanz von Sicherheits- und Fahrerassistenzsystemen, VDI-Berichte Nr. 1864. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Zwerschke, S. (2006). VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). Untersuchung zu Bekanntheit, Akzeptanz und Kaufinteresse von Fahrerassistenzsystemen. VDI-Berichte Nr. 1960. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Internetquellen:

www.atzonline.de: Start des Konsortiums für Fahrzeug/Fahrzeug-Kommunikation. Aktuell, Nachrichten. (Erstellt am 17.12.2004)

www.autosieger.de: Volvo bietet mit BLIS eine Überwachung des toten Winkels. (Erstellt am 23.08.2004)

www.BASt.de: Bundesanstalt für Straßenwesen, Fachthemen, Fahrzeugtechnik. INVENT, Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik. (2005). INVENT-Abschlussveranstaltung in München, 28. April 2005.

www.BASt.de/cln_007/nn_39112/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Downloads/verkehrsdaten,templated=raw,property=publicationFile.pdf/verkehrsdaten.pdf (Abrufdatum: 03.02.2010)

www.bgl-ev.de: Bundesverband Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung e. V.. Daten und Fakten, Verkehrsleistung, Fahrleistungsanteile der Fahrzeugarten.

www.bmi.bund.de: Bundesministerium des Innern, Themen, Politik und Gesellschaft, Demographische Entwicklung, Altern. (Stand 22.10.2008).

www.brennstoffzellen.rwth-aachen.de: Reinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen, Links, Christian Jungbluth - Fahrzeugtechnische Konzepte zum Fußgängerschutz bei Verkehrsunfällen.

www.destatis.de: Statistisches Bundesamt Deutschland, Publikationen, Querschnitt, Wirtschaft und Statistik, Straßenverkehrsunfälle 2004 (.pdf).

www.freanki.net: Abbildung 15, Ampel in Bochum mit Restrotanzeige, blog, Archive Älteres, Mai 2008 Überschriften anzeigen, Bochumer Ampel.

www.ika.rwth-aachen.de: Institut für Kraftfahrzeuge, über uns, Mitarbeiter, Bereich 2: Karosserie, Jens Bovenkerk, Fußgängerschutzuntersuchungen an einem Fahrzeug mit FGS-Airbag und Honda POLAR Dummy, Praxisteil (.pdf).

www.kba.de: Kraftfahrtbundesamt, Presse, Pressemitteilungen/Statistiken, Pressemitteilungen 2004, Fahrzeugbestand am 1. Januar 2004 (Pressemitteilung 4/2004).

www.kba.de/cln_007/nn_191172/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/b__fzkl__zeitreihe.html (Abrufdatum: 03.02.2010)

www.motortalk.de: News, BMW, Aktivlenkung von BMW (Erstellt am 05.08.2002).

www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb16_jahrtab36.asp (Abrufdatum: 03.02.2010)

www.versicherung-und-verkehr.de: GDV, Auto, Wissenswertes, Gefährdungshaftung

www.visportal.gdv.org/archiv/Oeffentlich/Schaden/Allgemein/1953_2009_broschuere.pdf (Abrufdatum: 03.02.2010)

14 Anhang

14.1 Anhang I: Unfallarten

Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer. Es werden folgende 10 Unfallarten unterschieden:

1. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht

Anfahren oder Anhalten ist hier im Zusammenhang mit einer gewollten Fahrtunterbrechung zu sehen, die nicht durch die Verkehrslage veranlasst ist. Ruhender Verkehr im Sinne dieser Unfallart ist das Halten oder Parken am Fahrbahnrand, auf Seitenstreifen, auf den markierten Parkstellen unmittelbar am Fahrbahnrand, auf Gehwegen oder auf Parkplätzen. Der Verkehr von und zu Parkplätzen mit eigenen Zufahrten gehört zur Unfallart 5.

2. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet

Unfälle durch Auffahren auf ein Fahrzeug, das selbst noch fuhr oder verkehrsbedingt hielt. Auffahren auf anführende bzw. anhaltende Fahrzeuge gehören zur Unfallart 1.

3. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt

Unfälle beim Nebeneinander fahren (Streifen) oder beim Fahrstreifenwechsel (Schneiden). 4. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt Zusammenstöße im Begegnungsverkehr, ohne dass ein Kollisionspartner die Absicht hatte, über die Gegenspur abzubiegen.

4. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt

Zusammenstöße im Begegnungsverkehr, ohne dass ein Kollisionspartner die Absicht hatte, über die Gegenspur abzubiegen.

5. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt

Zu dieser Unfallart gehören Zusammenstöße mit dem Querverkehr und Kollisionen mit Fahrzeugen die aus anderen Straßen, Wegen oder Grundstücken einbiegen oder dorthin abbiegen wollen. Das Auffahren auf wartende Abbieger gehört zur Unfallart 2.

6. Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger

Personen, die sich arbeitsbedingt auf der Fahrbahn aufhalten oder noch in enger Verbindung zu einem Fahrzeug stehen, wie Straßenarbeiter, Polizeibeamte bei der Verkehrsregelung oder ausgestiegene Fahrzeuginsassen bei Pannen zählen nicht als Fußgänger. Zusammenstöße mit ihnen gehören zur Unfallart 9.

7. Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn

Zu den Hindernissen zählen z.B. umgestürzte Bäume, Steine, verlorene Fracht sowie freilaufende Tiere oder Wild. Zusammenstöße mit geführten Tieren oder Reitern gehören zur Unfallart 9.

8./9. Abkommen von der Fahrbahn nach rechts/links

Bei diesen Unfallarten ist es nicht zu einem Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen. Es kann jedoch weitere Unfallbeteiligte geben, z.B. wenn das verunglückte Fahr-

zeug von der Straße abgekommen ist, weil es einem anderen Verkehrsteilnehmer ausgewichen ist, ohne ihn zu berühren.

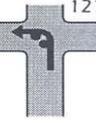
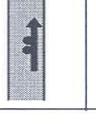
10. Unfall anderer Art

Hier werden alle Unfälle erfasst, die sich nicht einer der Unfallarten von 1 bis 9 zuordnen lassen.

14.2 Anhang II: Unfalltypenkatalog

Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte, d.h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Art der Konfliktauslösung vor diesem eventuellen Zusammenstoß.

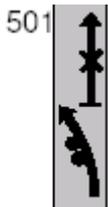
14.2.1 Typ 1 „Fahrunfall (F)“

Ohne mitwirkende Besonderheiten von Querschnitt und Längsneigung	10 Kurve 	101 Linkskurve 	102 Rechtskurve 					109 Kurveverlauf nicht bekannt
	11 abknickende Vorfahrt 	111 	112 					119 Kurveverlauf nicht bekannt
	12 beim Abbiegen Einbiegen 	121 	122 	123 				129 Fahrtrichtung nicht bekannt
	13 Verschwenkte Fahrbahn 	131 	132 					139 Verschw.-richtung nicht bekannt
	14 Gerade 	141 						149
Mitwirkend:	15 Gefälle Steigung 	151 	152 	153 				159 Straßenverlauf nicht bekannt
	16 Insel 	161 	162 	163 				169 Straßenverlauf nicht bekannt
	17 Engpaß 	171 	172 	173 				179 Straßenverlauf nicht bekannt
	18 Unebenheit 	181 	182 	183 				189 Straßenverlauf nicht bekannt
sonstige Fahrunfälle								199

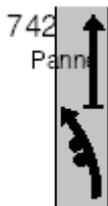
Der Unfall wurde ausgelöst durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug (wegen nicht angepasster Geschwindigkeit oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufs, des Straßenzustandes o. ä.), ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben. Infolge unkontrollierter Fahrzeugbewegungen kann es dann aber zum Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen sein. Zu den Fahrnfällen gehören aber nicht solche Unfälle, bei denen der Fahrer die Gewalt über das Fahrzeug infolge eines Konfliktes mit einem anderen Verkehrsteilnehmer, einem Tier oder einem Hindernis auf der Fahrbahn oder infolge plötzlichen körperlichen Unvermögens oder plötzlichen Schadens am Fahrzeug verloren hat. Im Verlauf des Fahrnfalls kann es zu einem Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern kommen, so dass es sich nicht immer um einen Alleinunfall handeln muss.

Besondere Fälle unter Fahrnfall

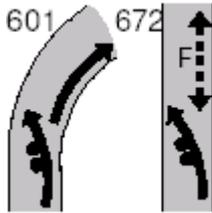
Verliert ein Fahrer die Gewalt über sein Fahrzeug beim Versuch, einem auf derselben Seite parkende Fahrzeug auszuweichen, so handelt es sich um einen "Unfall durch ruhenden Verkehr" (501).



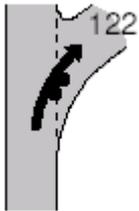
Wurde einem "liegen gebliebenen" Fahrzeug ausgewichen, so handelt es sich um einen "Sonstigen Unfall" (742).



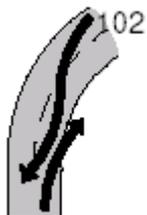
Um Unfälle im Längsverkehr handelt es sich, wenn einem Fußgänger (672) ausgewichen werden sollte oder einem langsam fahrenden Fahrzeug (601). Das gilt unabhängig davon, ob infolge dieser Konfliktsituation eine Kollision mit dem "unfallauslösenden" Verkehrsteilnehmer zustande kommt oder ob der Fahrer von der Straße getragen wird oder mit anderen Verkehrsteilnehmern zusammenstößt. Verliert der Fahrer die Gewalt über sein Fahrzeug wegen eines Schwächeanfalls oder Übermüdung oder weil er stark abgelenkt ist (z.B. wegen der Suche nach einer herabgefallenen Zigarette) oder infolge eines plötzlich auftretenden Mangel am Fahrzeug (z.B. Platzen eines Reifens), so handelt es sich um einen "Sonstigen Unfall".



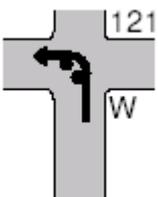
Verliert ein Fahrer beim Abbiegen wegen zu hoher Geschwindigkeit bei der Kurvenfahrt die Gewalt über sein Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Fahrerunfall".



Kommt es, weil ein Fahrer eine Kurve geschnitten hat, zu einem Konflikt mit einem Entgegenkommenden, so gilt dies als "Fahrerunfall".



Biegt ein Wartepflichtiger zu schnell in eine übergeordnete Straße ein und verliert deshalb die Gewalt über sein Fahrzeug, so handelt es sich nicht um einen "Fahrerunfall" - sofern nicht ein Konflikt mit einem Vorfahrtsberechtigten vorliegt. Verliert ein Fahrer infolge Seitenwinds die Gewalt über sein Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Fahrerunfall".



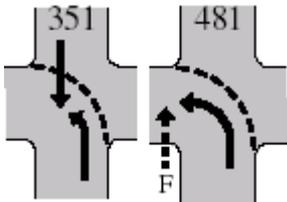
14.2.2 Typ 2 „Abbiege-Unfall (AB)“

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer (auch Fußgänger) an Kreuzungen, Einmündungen, Grundstücks- oder Parkplatzzufahrten. Wer einer Straße mit abknickender Vorfahrt folgt, ist kein Abbieger.

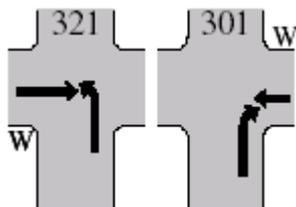
Linksabbieger	20 Nachfolgender	201	202	203 Radfahrer vom Radweg	204 Spurwechsel zum Abbiegen			209 unklar ob 201-204
	21 Gegenverkehr Fahrbahn	211	212	213	214	215		219 unklar ob 211-215
	22	221	222	223	224	225		229 unklar ob 221-225
Rechtsabbieger	23 Nachfolgender	231	232	233 Spurwechsel zum Abbiegen				239 unklar ob 231-233
	24	241	242	243	244	245		249 unklar ob 241-245
	25 zwei Abbieger	251	252					259 unklar ob 251-252
	26 Abbieger-Wartepflichtiger	261	262					269 unklar ob 261-262
	27 Abbieger aus abkn. Vorfahrt	271	272	273	274	275		279 unklar ob 271-275
	28 Abbieger mit Pfeil-Lichtzeichen	281	282	283	284	285	286	289 Art Verkehrsteilnehmer unklar
sonstige Abbiege-Unfälle								299

Besondere Fälle unter Abbiege-Unfall

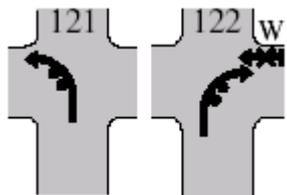
Folgt ein Fahrzeug einem Straßenzug mit abknickender Vorfahrt und es kommt dabei zu einem Konflikt mit einem Wartepflichtigen bzw. einem diese Straße überschreitenden Fußgänger, so liegt ein "Einbiegen/Kreuzen - Unfall" (351) bzw. ein "Überschreiten-Unfall" (481) vor: Hier handelt es sich nicht um "Abbiegen".



Kommt es beim Linksabbiegen (Rechtsabbiegen) zum Zusammenstoß mit einem Wartepflichtigen, weil dieser entweder zu weit in die übergeordnete Straße hinein gefahren (321) (zu weit nach links eingeordnet (301)) ist, so handelt es sich um einen "Einbiegen/Kreuzen-Unfall".



Verliert ein Abbieger wegen zu hoher Geschwindigkeit bei der Kurvenfahrt die Gewalt über sein Fahrzeug (121) (und prallt z.B. gegen ein ruhendes Fahrzeug in der einmündenden Straße) (122), so handelt es sich um einen "Fahrunfall".



14.2.3 Typ 3 „Einbiegen/Kreuzen-Unfall (EK)“

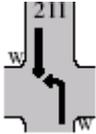
Um einen „Einbiegen/Kreuzen-Unfall“ handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigten ausgelöst wurde.

Das gilt an Einmündungen und Kreuzungen von Straßen, Feld- oder Radwegen, an Bahnübergängen sowie an Zufahrten z.B. von einem Grundstück oder einem Parkplatz.

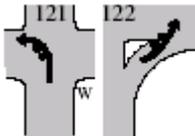
Bevorrechtigtes Fahrzeug	30 von links	301	302 (s.306)	303	304 (s.214)	305	306	309 Fahr- richtung unklar
	31 Überholer von links	311	312	313	314	315		319 Fahr- richtung unklar
	32 von rechts	321	322	323 (s.326)	324	325	326	329 Fahr- richtung unklar
	33 Überholer von rechts	331	332	333	334	335		339 Fahr- richtung unklar
	34 vom Radweg	341	342	343	344			349 Straßenseite/ Fahr- richtung von R unklar
35 abkn. Vorfahrt	351	352	353	354	355		359 unklar ob 351-355	
36 Bahnübergang	361	362	363	364			369 Art der Sicherung/ Unfallstelle unklar	
37 kreuzender/ einfahrender Radfahrer	371	372	373	374			379 unklar ob 371-374	
sonstige Einbiegen/Kreuzen-Unfälle								399
W = Wartepflicht								

Besondere Fälle unter Einbiegen/Kreuzen Unfall

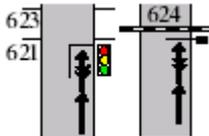
Will ein Wartepflichtiger an einer Kreuzung nach links abbiegen und stößt dabei mit einem entgegenkommenden Verkehrsteilnehmer zusammen, so handelt es sich um einen "Abbiege-Unfall".



Kommt ein Wartepflichtiger beim Einbiegen in die übergeordnete Straße z.B. wegen übermäßiger Geschwindigkeit oder Glätte von der Fahrbahn ab, ohne dass ein Konflikt mit einem Bevorrechtigten eine Rolle spielt, so handelt es sich um einen "Fahrerunfall".



Kommt es zu einem Konflikt zwischen einem Fahrzeug, das wegen einer Wartepflicht steht, verzögert oder langsam fährt, und einem nachfolgenden Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Unfall im Längsverkehr".



14.2.4 Typ 4 „Überschreiten-Unfall (ÜS)“

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug und einem Fußgänger auf der Fahrbahn, sofern dieser nicht in Längsrichtung ging und sofern das Fahrzeug nicht abgebogen ist. Dies gilt auch, wenn der Fußgänger nicht angefahren wurde. Ein Zusammenstoß mit einem Fußgänger, der sich in Längsrichtung auf der Fahrbahn bewegt, gehört zum Unfalltyp 6.

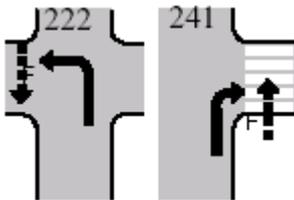
Fußgänger...

auf Strecke 40	401	402	403	404	405		409
von links ohne Sichtbehinderung							unklar ob 401-405
41	411	412	413	414			419
von links mit Sichtbehinderung							unklar ob 411-414
42	421	422	423	424			429
von rechts							unklar ob 421-424
vor Knoten 43	431	432	433	434	435	436	439
von links ohne Sichtbehinderung							unklar ob 431-436
44	441	442	443	444			449
von links mit Sichtbehinderung							unklar ob 441-444
45	451	452	453	454	455		459
von rechts							unklar ob 451-455
nach Knoten 46	461	462	463	464	465		469
von links							unklar ob 461-465
47	471	472	473				479
von rechts							unklar ob 471-473
48	481	482	483	484	bei Regelung durch Lichtzeichen siehe Unfalltyp 2 Abbiege-Unfall		489
 abkn. Vorfahrt					bei Regelung durch Lichtzeichen siehe Unfalltyp 2 Abbiege-Unfall		unklar ob 481-484
auf Knoten 49	491	492	493	494			499
Diagonales Überschreiten Strab Ein-/ Aussteigen							sonstige ÜS-Unfälle

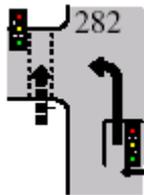
↔⇔⇔ Parker auf Fahrbahn oder Gehweg, Aufstellung längs oder quer

Besondere Fälle durch Überschreiten-Unfall

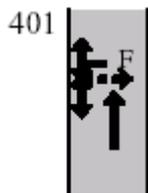
Überquert ein Fußgänger an einem Knotenpunkt die Zufahrt, zu der ein Fahrzeug abbiegt, und entsteht dadurch ein Konflikt, so handelt es sich um einen "Abbiege-Unfall".



Kommt es zu einem derartigen Konflikt an einem lichtzeichengeregelten Knotenpunkt, so handelt es sich ebenfalls um einen "Abbiege-Unfall", auch wenn das Abbiegen durch Pfeil-Lichtzeichen geregelt ist.

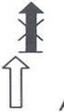
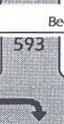


Steigt jemand aus dem Fahrzeug aus, und kommt es dann zu einem Konflikt zwischen diesem Fußgänger und einem anderem Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Überschreiten-Unfall".



14.2.5 Typ 5 „Unfall durch ruhenden Verkehr (RV)“

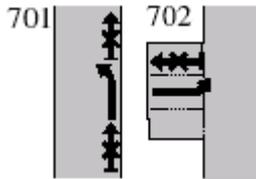
Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem Fahrzeug, das parkt/hält bzw. Fahrmanöver im Zusammenhang mit dem Parken/ Halten durchführte. Unfälle mit Fahrzeugen, die nur verkehrsbedingt warten, zählen nicht dazu.

 50	 501	 502					509
Auffahren							Straßenseite unklar
 51	 511	 512					519
Ausweichen u. Nachfolgender							Straßenseite unklar
 52	 521						
Ausweichen u. Gegenverkehr							
 53	 531	 532	 533	 534			539
Ausweichen u. Fußgänger							Straßenseite/ Gehrichtung unklar
 54	 541	 542	 543				549
Anhalten Einparken							Straßenseite/ Richtung unklar
 55	 551	 552	 553	 554			559
Anfahren Ausparken Längsaufstellung							Straßenseite/ Richtung unklar
 56	 561	 562					569
Ausparken vorwärts Queraufstellung							Straßenseite unklar
 57	 571	 572					579
Ausparken rückwärts Queraufstellung							Straßenseite unklar
 58	 581	 582	 583	 584			589
Tür/ Ein-/Aussteigen Be-/Entladen	Tür/ Ein-/Aussteigen		Be-/Entladen				Straßenseite unklar
 59	 591	 592	 593	 594			599
Abbieger/ Einbieger sonstige							sonstige Unfälle durch ruhenden Verk.

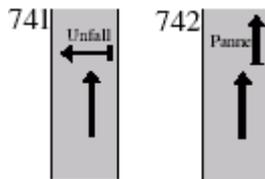
↔ Parker Aufstellung längs oder quer zur Fahrbahn

Besondere Fälle durch ruhenden Verkehr

Kommt es beim Ein- oder Ausrangieren zu einer Kollision mit einem "ruhenden" Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Sonstigen Unfall".



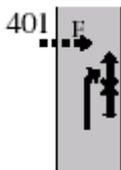
Ein Fahrzeug bremst wegen eines liegengebliebenen (Unfall-) Fahrzeugs, der Nachfolgende fährt auf. Hierbei handelt es sich um einen "Sonstigen Unfall".



Wird ein "ruhendes" Fahrzeug angefahren, so liegt nicht immer ein "Unfall durch ruhenden Verkehr" vor: Verliert ein Fahrer z.B. in einer Kurve infolge zu hoher Geschwindigkeit die Gewalt über sein Fahrzeug und kollidiert deshalb mit einem "ruhenden" Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Fahrunfall".



Bremst ein Fahrer wegen eines die Fahrbahn überschreitenden Fußgängers scharf ab und prallt deshalb gegen ein "ruhendes" Fahrzeug, so handelt es sich um einen "Überschreiten-Unfall".



14.2.6 Typ 6 „Unfall im Längsverkehr (LV)“

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen, sofern dieser Konflikt nicht einem anderen Unfalltyp entspricht.

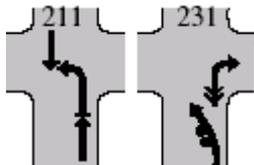
Auffahren auf...	60	601	602	603	604		609
	Vorausfahrender						Spur unklar
	61	611	612	613	614		619
	Stau						Spur unklar
	62	621	622	623	624		629
	Wartepflichtiger	W	W	LZA auch an Knoten	Bahnübergang		Art der Wartepflicht unklar
	63	631	632	633	634	635	639
	Spurwechsler nach links			Spurende	Abbliegebot	nach Rechts-Überholen	Spurwechsel aus unklaren Gründen
	64	641	642	643	644	645	649
	Spurwechsler nach rechts	Spw. wegen Vorausfahrendem	Spw. wegen Stau	Spw. wegen Spurende	Abbliegebot	Spw. nach Überholen auf Gegenseite	nach Überholen auf Richtungsfahrt
65	651	652					
Nebeneinanderfahren		Überholer auf Gegenseite					
66	661	662	663	664		669	
Überholer-Gegenverkehr		F	F			Art / Gehrichtung unklar	
67	671	672	673	674		679	
Fußgänger-Fahrzeug	F	F	F	F		Straßenseite/ Gehrichtung unklar	
68	681	682	683	sofern kein Fahrnfall		689	
Begegnende						unklar ob 681-683	
sonstige Unfälle im Längsverkehr							699
W = Wartepflicht							

Besondere Fälle im Längsverkehr

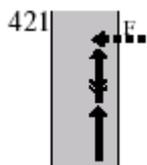
Kommt es zu einem Konflikt mit einem Entgegenkommenden, weil ein Fahrer eine Kurve geschnitten hat, so gilt dieser Fall als "Fahrerfall": Es wird dann angenommen, dass der Schneidende für die Kurvenverhältnisse zu schnell gefahren ist.



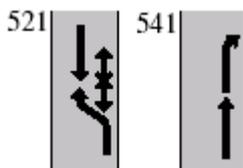
Steht ein Abbieger, um den Gegenverkehr vorbeizulassen, oder verzögert ein Fahrzeug, um abzubiegen, und der Nachfolgende fährt auf oder weicht aus und dadurch kommt es zum Unfall, so handelt es sich um einen "Abbiege-Unfall".



Kommt es zu einem Unfall (z.B. einem Auffahrunfall), weil ein Fahrer wegen eines die Fahrbahn überschreitenden Fußgängers bremst oder ausweicht, so handelt es sich um einen "Überschreiten-Unfall".

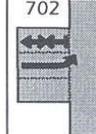
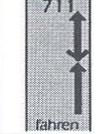
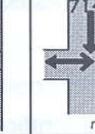
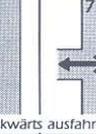
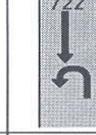
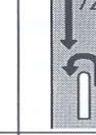
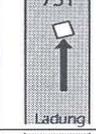
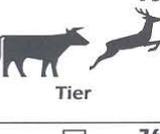
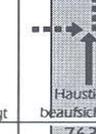
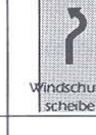
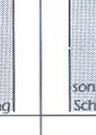


Hat ein Fahrzeug des fließenden Verkehrs einen Unfall wegen eines zum Parken/Halten abgestellten Fahrzeuges oder wegen eines zu einem (von einem) Parkstand am Fahrbahnrand einfahrenden (ausfahrenden) Wagens, so handelt es sich um einen "Unfall durch ruhenden Verkehr".



14.2.7 Typ 7 „Sonstiger Unfall (SO)“

Hierzu zählen alle Unfälle, die keinem anderen Unfalltyp zuzuordnen sind. Beispiele: Wenden, Rückwärtsfahren, Parker untereinander, Hindernis oder Tier auf der Fahrbahn, plötzlicher Fahrzeugschaden (Bremsversagen, Reifenschäden o. ä.).

 70 Parker-Parker	 701	 702	 703 auf Parkplatz					709 unklar ob 701-703
 71 Rückwärts- fahren	 711 fahren	 712 rollen	 713	 714	 715			719 unklar ob 711-715
 72 Wenden	 721	 722	 723	 724				729 unklar ob 721-724
 73 bewegliches Hindernis	 731 Ladung	 732 Sonstiges						
 74 liegengebliebenes Fahrzeug	 741 Unfall	 742 Panne						749 unklar ob 741 oder 742
 75 Tier	 751 Wild	 752 Haustier unbeaufsichtigt	 753 Haustier beaufsichtigt					759 unklar ob 751-753
 76 plötzliches körperliches Unvermögen	 761 Einschlafen	 762 Schwächeanfall	 763 Sonstiges (nicht Alkohol)					
 77 plötzlicher Schaden am Fahrzeug	 771 Reifen	 772 Windschutz- scheibe	 773 Bremsen	 774 Lenkung	 775 sonstiger Schaden			
übrige Unfälle								799

Typische unfallauslösende Umstände

Plötzliche Reaktionunfähigkeit eines Verkehrsteilnehmers (Starke Ablenkung, Einschlafen, Schwächeanfall, Tod).

Plötzlich auftretender Mangel am Fahrzeug (z.B. Platzen eines Reifens, Versagen der Bremsen oder der Lenkung, Zersplitterung der Windschutzscheibe).

Hindernis auf der Fahrbahn (z.B. verlorene Ladung, Last)

Tier/Wild auf der Fahrbahn.

Liegengebliebenes Fahrzeug (Unfall, Panne).

Wenden, Rückwärtsfahren.

Rangiermanöver beim Parken, die den fließenden Verkehr nicht beeinträchtigen.

14.3 Anhang III: Unfallursachenverzeichnis

Nachfolgend die Auflistung der Unfallursachen, wie sie auch in der Bundesstatistik Verwendung finden.

Verkehrstüchtigkeit

- 01 Alkoholeinfluss
- 02 Einfluss anderer berauschender Mittel (z.B. Drogen, Rauschgift)
- 03 Ermüdung
- 04 Sonstige körperliche oder geistige Mängel,

Fehler der Fahrzeugführer

Straßenbenutzung

- 10 Benutzung der falschen Fahrbahn (auch Richtungsfahrbahn) oder verbotswidrige Benutzung anderer Straßenteile
- 11 Verstoß gegen das Rechtsfahrgebot

Geschwindigkeit

Nicht angepasste Geschwindigkeit

- 12 mit gleichzeitigem Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit
- 13 in anderen Fällen

Abstand

- 14 Ungenügender Sicherheitsabstand (Sonstige Ursachen, die zu einem Verkehrsunfall führen, sind den zutreffenden Positionen, wie Geschwindigkeit, Ermüdung usw. zuzuordnen)
- 15 Starkes Bremsen des Vorfahrenden ohne zwingenden Grund

Überholen

- 16 Unzulässiges Rechtsüberholen
- 17 Überholen trotz Gegenverkehrs
- 18 Überholen trotz unklarer Verkehrslage
- 19 Überholen trotz unzureichender Sichtverhältnisse
- 20 Überholen ohne Beachtung des nachfolgenden Verkehrs und/oder ohne rechtzeitige und deutliche Ankündigung des Ausschlerens
- 21 Fehler beim Wiedereinordnen nach rechts
- 22 Sonstige Fehler beim Überholen (z.B. ohne genügenden Seitenabstand; an Fußgängerüberwegen s. Pos. 38, 39)
- 23 Fehler beim Überholt werden

Vorbeifahren

- 24 Nichtbeachten des Vorranges entgegenkommender Fahrzeuge beim Vorbeifahren an haltenden Fahrzeugen, Absperrungen oder Hindernissen (§ 6) (ausgenommen Pos. 32)
- 25 Nichtbeachten des nachfolgenden Verkehrs beim Vorbeifahren an haltenden Fahrzeugen, Absperrungen oder Hindernissen und/oder ohne rechtzeitige und deutliche Ankündigung des Ausschlerens

Nebeneinanderfahren

- 26 Fehlerhaftes Wechseln des Fahrstreifens beim Nebeneinanderfahren oder Nichtbeachten des Reissverschlußverfahrens (§ 7) (ausgenommen Pos. 20, 25)

Vorfahrt, Vorrang

- 27 Nichtbeachten der Regel "rechts vor links"
- 28 Nichtbeachten der die Vorfahrt regelnden Verkehrszeichen (§ 8) (ausgenommen Pos. 29)
- 29 Nichtbeachten der Vorfahrt des durchgehenden Verkehrs auf Autobahnen oder Kraftfahrstraßen (§ 18, Abs. 3)
- 30 Nichtbeachten der Vorfahrt durch Fahrzeuge, die aus Feld- und Waldwegen kommen
- 31 Nichtbeachten der Verkehrsregelung durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen (ausgenommen Pos. 39)
- 32 Nichtbeachten des Vorranges entgegenkommender Fahrzeuge (Zeichen 208 StVO)
- 33 Nichtbeachten des Vorranges von Schienenfahrzeugen an Bahnübergängen Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren
- 35 Fehler beim Abbiegen (§ 9) (ausgenommen Pos. 33, 40)
- 36 Fehler beim Wenden oder Rückwärtsfahren
- 37 Fehler beim Einfahren in den fließenden Verkehr (z.B. aus einem Grundstück, von einem anderen Straßenteil oder beim Anfahren vom Fahrbahnrand)

Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern

- 38 an Fußgängerüberwegen
- 39 an Fußgängerfurten
- 40 beim Abbiegen
- 41 an Haltestellen (auch haltenden Schulbussen mit eingeschaltetem Warnblinklicht)
- 42 an anderen Stellen

Ruhender Verkehr, Verkehrssicherung

- 43 Unzulässiges Halten oder Parken
- 44 Mangelnde Sicherung haltender oder liegen gebliebener Fahrzeuge und von Unfallstellen sowie von Schulbussen, bei denen Kinder ein- oder aussteigen
- 45 Verkehrswidriges Verhalten beim Ein- oder Aussteigen, Be- oder Entladen
- 46 Nichtbeachten der Beleuchtungsvorschriften (ausgenommen Pos. 50)

Ladung, Besetzung

- 47 Überladung, Überbesetzung
- 48 Unzureichend gesicherte Ladung oder Fahrzeugzubehöerteile

49 Andere Fehler beim Fahrzeugführer

Technische Mängel, Wartungsmängel

- 50 Beleuchtung
- 51 Bereifung
- 52 Bremsen
- 53 Lenkung
- 54 Zugvorrichtung
- 55 Andere Mängel

Falsches Verhalten der Fußgänger

Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn

- 60 an Stellen, an denen der Fußgängerverkehr durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen geregelt war

- 61 auf Fußgängerüberwegen ohne Verkehrsregelung durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen
- 62 in der Nähe von Kreuzungen oder Einmündungen, Lichtzeichenanlagen oder Fußgängerüberwegen bei dichtem Verkehr an anderen Stellen:
- 63 durch plötzliches Hervortreten hinter Sichthindernissen
- 64 ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten
- 65 durch sonstiges falsches Verhalten
- 66 Nichtbenutzen des Gehweges
- 67 Nichtbenutzen der vorgeschriebenen Straßenseite
- 68 Spielen auf oder neben der Fahrbahn
- 69 Andere Fehler der Fußgänger

Straßenverhältnisse

Glätte oder Schlüpfrigkeit der Fahrbahn

- 70 Verunreinigung durch ausgeflossenes Öl
- 71 Andere Verunreinigungen durch Straßenbenutzer
- 72 Schnee, Eis
- 73 Regen
- 74 Andere Einflüsse (u.a. Laub, angeschwemmter Lehm)

Zustand der Straße

- 75 Spurrillen, im Zusammenhang mit Regen, Schnee oder Eis
- 76 Anderer Zustand der Straße
- 77 Nicht ordnungsgemäßer Zustand der Verkehrszeichen oder -einrichtungen
- 78 Mangelhafte Beleuchtung der Straße
- 79 Mangelhafte Sicherung von Bahnübergängen

Witterungseinflüsse

Sichtbehinderung durch:

- 80 Nebel
- 81 Starken Regen, Hagel, Schneegestöber usw.
- 82 Blendende Sonne
- 83 Seitenwind
- 84 Unwetter oder sonstige Witterungseinflüsse Hindernisse
- 85 Nicht oder unzureichend gesicherte Arbeitsstelle auf der Fahrbahn
- 86 Wild auf der Fahrbahn
- 87 Anderes Tier auf der Fahrbahn
- 88 Sonstiges Hindernis auf der Fahrbahn (ausgenommen Pos. 43, 44)
- 89 Sonstige Ursachen

14.4 Anhang IV: Verkehrsunfallanzeige (Beispiel)

VERKEHRSunfallANZEIGE

Blatt 1

P S

Dienststelle Tgb.Nr.:	An Bußgeldbehörde/Staatsanwaltschaft Ordnungswidrigkeit verjährt am:	Eingangstempel RB Kos Gem 2 6 7	Teilbestandsaufnahme <input type="checkbox"/> Protokollaufnahme <input type="checkbox"/>
SA1 Unfallart 37 Zusammenstoß m. and. Fahrzeug, das anhält, anhält o. im ruh. Verkehr steht vorausfährt oder wendet seitlich in gleicher Richtung fährt entgegenkommt einbiegt oder kreuzt Zusammenstoß zw. Fag. und Fußgänger Aufprall auf Hindernis auf Fahrbahn Abkommen von Fahrbahn nach rechts Abkommen von Fahrbahn nach links Unfall anderer Art	Behördenkennung 13 16 19 24 25 26 Unfalldatum (Tag/Monat/Jahr) Unfallzeit (Jahr/Min) Anzahl der Beteiligten Getötete Schwer- Leicht- Gesamtschaden (volle DM) einw. Alkohol- Kfz nicht Gefähr- §142 Getötete verletzte verletzte einw. fahrer- gut StGB lich- 142 29 30 31 32 33 34 35 36 36A (78) 36B (79)	Unfallort (Gemeinde, Ortsteil, Kreis, Straße, Richtungsfahrbahn) SA2 Fahrtrichtung innerorts außerorts Ordn.-Nr. aufsteig. absteig. Straßenschlüssel Haus-Nr. 13 13 1 2 1 2 14 15 23 24 Straßennr. Straßennr. Buchstabe km 28 29 32 33 34 ggü. Netzknoten A Buchstabe nach Netzknoten B Buchstabe Station 40 46 47 48 54 55 56	
Charakteristik der Unfallstelle 38-40 Kreuzung Einmündung Grundstücksein- oder -ausfahrt Steigung Gefälle Kurve	Besonderheiten der Unfallstelle 41-43 Schienengleicher Wegübergang Fußgängerüberweg (Zebrastreifen) Fußgängerfurt Haltestelle Arbeitsstelle Verkehrsbenutzter Bereich (Z.325)	Unfallkategorie, Unfalltyp, Sonderreihung, Unfallfolge, Sondermerkmal gesteckt 61 62 64 65 67 68 78	
Lichtzeichenanlage 44 in Betrieb außer Betrieb	Geschwindigkeitsbegrenzung (durch Z274/274.1 angeordnet - km/h) 46 48	Unfallhergang: (ggf. Handskizze)	
Lichtverhältnisse 49 Tageslicht Dämmerung Dunkelheit	Straßenzustand 52-53 Trocken Naß/Feucht Winterglatt Schlüpfrig (Öl, Dung, Laub usw.)	Unfallhergang: (ggf. Handskizze)	
Aufprall auf Hindernis neben der Fahrbahn 55 Baum Mast Widerlager Schutzplanke sonst. Hindernis kein Aufprall	Vorläufig festgestellte Ursachen gemäß Verzeichnis Nr. 01-69 Ord. Nr. 58 59 60 61 62 63 64 65 Ord. Nr. 66 67 68 69 70 71 72 73 gemäß Verzeichnis Nr. 70-89 74 75 76 77	Unfallhergang: (ggf. Handskizze)	
(Datum)		(Unterschrift und Amtsbezeichnung d. aufnehmenden Beamten/in)	

- Verkehrsunfallanzeige, Bl.1 - Ausf. f. statistische Aufbereitung -

Ausgeschwätzte Felder werden statistisch nicht erfaßt.

Verkehrsunfallanzeige Seite 2 (Beispiel):

Blatt 2		Behördenkennung		Unfalldatum (Tag/Monat/Jahr)		Unfallzeit (h:min)	
SA3	Beteiligte Personen und Fahrzeuge	Ord.-Nr.	§ 142 StGB	Kind	Jugendl.	Heranw.	
	Alkoholeinwirkung	Alkoholeinw.	BAK-Wert	AAK-Wert			
	Familiennamen - auch Geburtsname - Vorname Straße, Nr. PLZ, Wohnort Beruf						
	Geburtsdatum/ Staatsangehörigkeit/Geschlecht	Tag	Monat	Jahr	Staatsang.	männl.	weibl.
SA4	Geburtsort						
	Kreis						
	Gesetzliche(r) Vertreter(in): Name Straße, Nr. PLZ, Wohnort						
	Art der Verkehrsbeteiligung						
Erforderliche Fahrerlaubnis vorhanden/Ausstellungsdatum	Nein	wenn ja: Klasse	Tag	Monat	Jahr		
Andere Fahrerlaubnis Besondere Fahrerlaubnis/ Fahrlehrerlaubnis/Prüfbescheinigung	Nein	wenn ja: Klasse	Tag	Monat	Jahr		
Fahrerzettel(en)/Staatsang. Straße, Nr. PLZ, Wohnort							
SA4	Fahrzeugart	Kfz	nicht fahrbereit	Anhänger vorhanden			
	Herstellertyp						
	Amtl. Kennzeichen nach der StVZO						
	Anderes Kennzeichen						
Nationalitätskennzeichen (außer „D“)							
Benutzer/Zusatzsignatur							
Befördertes Gefahrgut	UN-Nummer	sonstiges Gefahrgut	Nr. der Ausnahmeverordnung	von Gefahrgut	Freisetzung		
	UN-Nummer	sonstiges Gefahrgut	Nr. der Ausnahmeverordnung	von Gefahrgut	Freisetzung		
Unfallfolgen bei Beteiligten Personenschaden	getötet	schwerv.	leichtw.				
	getötet	schwerv.	leichtw.				
Sachschaden (volle DM)							
Verwahrung							
Vordruck-Nr. ausgehändig/ Verwendung angeordnet							
Unfallfolgen bei sonstigen Geschädigten	Ord.-Nr.	Name, Vorname, Straße, PLZ, Wohnort			Art des Sachschadens		Sachschaden (volle DM)

- Verkehrsunfallanzeige, Bl. 2 - Ausf. f. statistische Aufbereitung -

Verkehrsunfallanzeige Seite 3 (Beispiel):

Blatt 3	Behördenkennung	Unfalldatum (Tag/Monat/Jahr)	Unfallzeit (h/min)
Ordn.- Nr.	Sonstige Geschädigte Name, Vorname, PLZ Wohnort, Straße	Alter u. Geschl. m(Frauenl.) w(Männl.)	1. Art des Sachschadens und der bekanntesten Verletzungen 2. Angabe, ob gebüßt a) schwerverletzt b) leichtverletzt c)
			Sach- schaden (volle DM)
[Redacted]			
Schäden oder Spuren an Fahrzeugen, die auf den Unfallhergang schließen lassen, techn. Mängel der beteiligten Fahrzeuge unter Angabe der Ordn.-Nr.:			
[Redacted]			
Besonderheiten zur Verkehrslage, zum Unfallort, zur Verkehrsregelung usw., soweit nicht auf Blatt 1 vermerkt:			
[Redacted]			

- Verkehrsunfallanzeige, Bl.3 - Ausf. f. statistische Aufbereitung -

