

bfu-Sicherheitsdossier Nr. 13

Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende

Autorinnen und Autoren:

E. Walter, Y. Achermann Stürmer, U. Ewert, G. Scaramuzza, S. Niemann, M. Cavegn

Bern 2015

Autoren



Esther Walter

Wissenschaftliche Mitarbeiterin Forschung, bfu, e.walter@bfu.ch

Msc in Psychologie, Universität Bern; MAS in Gesundheitswissenschaften (MPH), Universitäten Basel, Bern, Zürich; 1997–2001 Assistentin am Institut für Sozial- und Präventivmedizin in Bern. Seit 2002 wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsabteilung der bfu. Schwerpunkte: Fahrradverkehr, Fussverkehr, Kinder, Kampagnen, Evaluationen, Entscheidungs- und Handlungstheorien.



Yvonne Achermann Stürmer

Wissenschaftliche Mitarbeiterin Forschung, bfu, y.achermann@bfu.ch

Lic. rer. pol.; Studium an der Fakultät der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität Genf. Seit 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsabteilung der bfu. Schwerpunkte: Regionale Unterschiede im Verkehrsunfallgeschehen, Bevölkerungsbefragung.



Uwe Ewert

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu, u.ewert@bfu.ch

Dr. phil. MPH; Psychologiestudium, Universität Freiburg i.Br. Studium der Gesundheitswissenschaften in den USA. Seit 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsabteilung der bfu. Schwerpunkte: Fussgänger, Senioren, Sicherheitsgurte, Sicherheit auf Ausserortsstrassen, Geschwindigkeit.



Gianantonio Scaramuzza

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu, g.scaramuzza@bfu.ch

Dipl. Ing. ETH; Bauingenieurstudium an der ETH Zürich. 1986–2004 Mitarbeiter in der Abteilung Verkehrstechnik der bfu. Seit 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsabteilung. Schwerpunkte: Infrastruktur, Fussverkehr, Fahrradverkehr, Geisterfahrer und Unfallschwerpunkte.



Steffen Niemann

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu, s.niemann@bfu.ch

Magister Artium; Studium der Soziologie, Psychologie und Informationswissenschaften an der Universität Düsseldorf. Seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsabteilung der bfu. Schwerpunkte: Datengrundlagen in den Bereichen Haus und Freizeit, Strassenverkehr, Sport sowie bfu-Erhebungen.



Mario Cavegn

Teamleiter Forschung Strassenverkehr, bfu, m.cavegn@bfu.ch

Lic. phil.; Psychologiestudium, Universität Zürich. Seit 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsabteilung der bfu. Einsitz in diversen Kommissionen wie z. B. der Expertenkommission Fahrerassistenzsysteme des VSS. Schwerpunkte: Fahrausbildung, -zeugtechnik, Evaluation von Massnahmen.

Impressum

Herausgeberin	<p>bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach 8236 CH-3001 Bern Tel. +41 31 390 22 22 Fax +41 31 390 22 30 info@bfu.ch www.bfu.ch Bezug auf www.bfu.ch/bestellen, Art.-Nr. 2.247</p>
Autoren	<p>Esther Walter, lic. phil., MPH, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Forschung, bfu Yvonne Achermann Stürmer, lic. rer. pol., Wissenschaftliche Mitarbeiterin Forschung, bfu Uwe Ewert, Dr. phil., MPH, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu Gianantonio Scaramuzza, dipl. Ing. ETH, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu Steffen Niemann, M.A., Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu Mario Cavegn, lic. phil., Teamleiter Forschung Strassenverkehr, bfu</p>
Projektteam	<p>Regula Stöcklin, Fürsprecherin, Teamleiterin Recht, bfu Simone Studer, Rechtsanwältin, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Recht, bfu Oliver Rosch, MLaw, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Recht, bfu Stefanie Fahrni, lic. phil., Projektassistentin Forschung, bfu</p>
Redaktion	<p>Mario Cavegn, lic. phil., Teamleiter Forschung Strassenverkehr, bfu</p>
Druck/Auflage	<p>Bubenberg Druck- und Verlags-AG, Monbijoustrasse 61, CH-3007 Bern 1/2015/600 Gedruckt auf FSC-Papier</p>
© bfu/FVS 2015	<p>Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe (s. Zitationsvorschlag) gestattet.</p> <p>Dieser Bericht wurde im Auftrag des Fonds für Verkehrssicherheit (FVS) hergestellt. Für den Inhalt ist die bfu verantwortlich.</p>
Zitationsvorschlag	<p>Walter E, Achermann Stürmer Y, Ewert U, Scaramuzza G, Niemann S, Cavegn M. <i>Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende</i>. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2015. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 13. ISBN 978-3-906173-60-3 (Print) ISBN 978-3-906173-61-0 (PDF)</p> <p>Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten wir darauf, konsequent die männliche und weibliche Formulierung zu verwenden. Aufgrund von Rundungen sind im Total der Tabellen leichte Differenzen möglich. Wir bitten die Lesenden um Verständnis.</p>

Inhalt

I.	Abstract / Résumé / Compendio	13
1.	Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende	13
2.	Conducteurs et passagers de voitures de tourisme	14
3.	Conducenti e passeggeri di automobili	15
II.	Kurzfassung / Version abrégée / Riassunto	16
1.	Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende	16
1.1	Einleitung	16
1.2	Unfallgeschehen	16
1.3	Risikofaktoren	17
1.3.1	Personenwagen-Lenkende	17
1.3.2	Personenwagen	18
1.3.3	Infrastruktur	18
1.4	Prävention	20
1.4.1	Personenwagen-Lenkende	20
1.4.2	Personenwagen	21
1.4.3	Infrastruktur	23
1.5	Fazit	24
2.	Conducteurs et passagers de voitures de tourisme	29
2.1	Introduction	29
2.2	Accidentalité	29
2.3	Facteurs de risque	30
2.3.1	Conducteurs de voitures de tourisme	30
2.3.2	Voitures de tourisme	31
2.3.3	Infrastructure routière	31
2.4	Prévention	32
2.4.1	Conducteurs de voitures de tourisme	33
2.4.2	Voitures de tourisme	34
2.4.3	Infrastructure routière	36
2.5	Conclusions	37
3.	Conducenti e passeggeri di automobili	42
3.1	Introduzione	42
3.2	Incidentalità	42
3.3	Fattori di rischio	43

3.3.1	Conducenti di automobili	43
3.3.2	Automobile	44
3.3.3	Infrastruttura	44
3.4	Prevenzione	45
3.4.1	Conducenti di automobili	45
3.4.2	Automobile	47
3.4.3	Infrastruttura	48
3.5	Conclusione	50
III.	Einleitung	55
1.	Zielsetzung und Inhalt	55
2.	Methodik	55
IV.	Unfallgeschehen	59
1.	Datengrundlagen	59
2.	Internationaler Vergleich	59
3.	Langzeitentwicklung	61
4.	Aktuelles Unfallgeschehen	62
5.	Unfallmerkmale	63
6.	Unfallursachen	64
7.	Verletzungen	66
8.	Fazit	68
V.	Risikofaktoren	69
1.	Einleitung	69
2.	Personenwagen-Lenkende	69
2.1	Einleitung	69
2.2	Fahreignung: Krankheiten und natürliche altersbedingte Veränderungen	70
2.2.1	Ausgangslage und Verbreitung	70
2.2.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	74
2.2.3	Risikobeurteilung	75
2.3	Fahreignung: charakterliche Nichteignung	76
2.3.1	Ausgangslage und Verbreitung	76
2.3.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	77
2.3.3	Risikobeurteilung	77
2.4	Fahrkompetenz: Risikokompetenz und Fahrfertigkeit	78
2.4.1	Ausgangslage und Verbreitung	78
2.4.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	79

2.4.3	Risikobeurteilung	79
2.5	Fahrfähigkeit: Fahren im angetrunkenen Zustand (FiaZ)	79
2.5.1	Ausgangslage und Verbreitung	79
2.5.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	80
2.5.3	Risikobeurteilung	81
2.6	Fahrfähigkeit: Fahren unter Drogen- und Medikamenteneinfluss	81
2.6.1	Ausgangslage und Verbreitung	81
2.6.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	82
2.6.3	Risikobeurteilung	84
2.7	Fahrfähigkeit: Ablenkung	84
2.7.1	Ausgangslage und Verbreitung	84
2.7.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	85
2.7.3	Risikobeurteilung	86
2.8	Fahrfähigkeit: Übermüdung	87
2.8.1	Ausgangslage und Verbreitung	87
2.8.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	87
2.8.3	Risikobeurteilung	88
2.9	Fahrverhalten: Unangepasste Geschwindigkeit	88
2.9.1	Ausgangslage und Verbreitung	88
2.9.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	88
2.9.3	Risikobeurteilung	89
2.10	Fahrverhalten: Ungenügender Sicherheitsabstand	90
2.10.1	Ausgangslage und Verbreitung	90
2.10.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	90
2.10.3	Risikobeurteilung	90
2.11	Fahrverhalten: Verzicht auf das Fahren mit Licht am Tag	91
2.11.1	Ausgangslage und Verbreitung	91
2.11.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	91
2.11.3	Risikobeurteilung	91
2.12	Fahrverhalten: Verzicht auf den Sicherheitsgurt	92
2.12.1	Ausgangslage und Verbreitung	92
2.12.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	92
2.12.3	Risikobeurteilung	92
2.13	Identifizierung auffälliger Risikogruppen	93
2.14	Fazit	94
3.	Personenwagen	95
3.1	Einleitung	95

3.2	Unterschiede der Massen bei PW-Kollisionen	96
3.2.1	Ausgangslage und Verbreitung	96
3.2.2	Risikobeurteilung	96
3.3	Fahrzeugfarbe	97
3.3.1	Ausgangslage und Verbreitung	97
3.3.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	97
3.3.3	Risikobeurteilung	97
3.4	Technischer Zustand	98
3.4.1	Ausgangslage und Verbreitung	98
3.4.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	98
3.4.3	Risikobeurteilung	98
3.5	Reifen	99
3.5.1	Ausgangslage und Verbreitung	99
3.5.2	Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz	100
3.5.3	Risikobeurteilung	100
3.6	Fazit	100
4.	Infrastruktur	101
4.1	Einleitung	101
4.2	Grobanalyse	102
4.2.1	Nach Unfalltypen/Unfallstellen	102
4.2.2	Nach Hauptursache	105
4.3	Innerorts	106
4.3.1	Relevante Unfalltypen/Unfallstellen	106
4.3.2	Relevante Hauptursachen	106
4.3.3	Mögliche infrastrukturelle Defizite	106
4.4	Ausserorts	107
4.4.1	Relevante Unfalltypen/Unfallstellen	107
4.4.2	Relevante Hauptursachen	107
4.4.3	Mögliche infrastrukturelle Defizite	108
4.5	Autobahn	108
4.5.1	Relevante Unfalltypen	108
4.5.2	Relevante Hauptursachen	108
4.5.3	Mögliche infrastrukturelle Defizite	108
4.6	Fazit	108

VI. Prävention	110
1. Personenwagen-Lenkende	110
1.1 Einleitung	110
1.2 Fahreignung	110
1.2.1 Ausgangslage	110
1.2.2 Zielsetzung	111
1.2.3 Umsetzung	112
1.3 Fahrkompetenz	116
1.3.1 Ausgangslage	116
1.3.2 Zielsetzung	117
1.3.3 Umsetzung	117
1.4 Fahrfähigkeit: substanzbedingte Beeinträchtigungen	119
1.4.1 Ausgangslage	119
1.4.2 Zielsetzung	120
1.4.3 Umsetzung bezüglich Alkohol	121
1.4.4 Umsetzung bezüglich Drogen und Medikamenten	122
1.5 Fahrfähigkeit: Beeinträchtigungen durch Müdigkeit und Ablenkung	124
1.5.1 Ausgangslage	124
1.5.2 Zielsetzung	125
1.5.3 Umsetzung bezüglich Müdigkeit	125
1.5.4 Umsetzung bezüglich Ablenkung	125
1.6 Fahrverhalten	126
1.6.1 Ausgangslage	126
1.6.2 Zielsetzung	127
1.6.3 Umsetzung bezüglich Geschwindigkeit	127
1.6.4 Umsetzung bezüglich Abstand	129
1.6.5 Umsetzung bezüglich Fahren mit Licht am Tag	131
1.6.6 Umsetzung bezüglich Sicherheitsgurt	131
1.7 Präventionsmassnahmen allgemein	132
1.8 Fazit	133
2. Personenwagen	137
2.1 Einleitung	137
2.2 Massnahmen zur Unfallverhinderung	138
2.2.1 Reifen	138
2.2.2 Sichtverbesserung	140
2.2.3 Erkennbarkeitssteigerung	145
2.2.4 Stabilisierung und Bremsung	147

2.2.5	Längsführung	149
2.2.6	Querführung	153
2.2.7	Fahrerüberwachung	155
2.2.8	Kooperative Systeme	161
2.2.9	Übergeordnetes Metasystem	163
2.3	Massnahmen zur Verletzungsverminderung	165
2.3.1	Gurtbezogene Rückhaltesysteme	166
2.3.2	Airbagsysteme	169
2.3.3	Sitz und Kopfstütze	172
2.3.4	Fahrzeugstruktur	174
2.4	Massnahmen zur Schadensbegrenzung	177
2.4.1	Notrufsystem	177
2.4.2	Verhinderung von Folgeschäden	178
2.5	Implementierung von Sicherheitstechnologien	178
2.5.1	Ausgangslage	178
2.5.2	Forderungen an die Fahrzeughersteller	179
2.5.3	Gesetzliche Ausrüstungsvorschriften	180
2.5.4	Kommunikationskampagne	181
2.5.5	Sicherheitsberatung in Betrieben	183
2.5.6	Anreizsysteme	184
2.5.7	Verbrauchertests	185
2.6	Fazit	187
3.	Infrastruktur	191
3.1	Einleitung	191
3.1.1	Problematik	191
3.1.2	Methodik zur Herleitung der für PW-Insassen relevanten infrastrukturellen Massnahmen	192
3.2	Infrastrukturelle Massnahmen innerorts	193
3.2.1	Mögliche infrastrukturelle Defizite	193
3.2.2	Geschwindigkeitsregime 50/30 innerorts	193
3.2.3	Gestaltungselement «Trennung in Fahrbahnmitte»	196
3.2.4	Farbliche Gestaltung von Strassenoberflächen (FGSO), Längsmarkierungen	198
3.2.5	Spezifische Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen mit festen Objekten	199
3.2.6	Knoten	201
3.2.7	Beleuchtung	203
3.2.8	Infrastrukturelle Massnahmen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit	203
3.3	Infrastrukturelle Massnahmen ausserorts	204

3.3.1	Mögliche infrastrukturelle Defizite	204
3.3.2	Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen mit festen Objekten	204
3.3.3	Linienführung	206
3.3.4	Knoten	208
3.3.5	Massnahmen gegen Frontalkollisionen	209
3.3.6	Infrastrukturelle Massnahmen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit	210
3.3.7	Abweichende Geschwindigkeitsgrenzen	211
3.4	Infrastrukturelle Massnahmen auf Autobahnen	211
3.4.1	Mögliche infrastrukturelle Defizite	211
3.4.2	Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen mit festen Objekten	211
3.4.3	Massnahmen zur Prävention von Auffahrunfällen und zu nahem Aufschliessen	212
3.4.4	Infrastrukturelle Massnahmen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit	213
3.5	Implementierung der infrastrukturellen Massnahmen	213
3.5.1	Zusammenhang zwischen Mängeln der Strassenverkehrsinfrastruktur und schwer verletzten bzw. getöteten PW-Insassen	213
3.5.2	Anpassung von ausgewählten VSS-Normen (Schwerpunkt: Kollisionen mit festen Objekten)	213
3.5.3	Aufwertung der VSS-Normen	215
3.5.4	Instrumente zur systematischen flächendeckenden Sicherheitsüberprüfung geplanter und bestehender Infrastruktur	215
3.5.5	Ausbildung der Ingenieure und Planer	217
3.5.6	Sensibilisieren der Behörden für die Bedeutung der Infrastruktur	217
3.5.7	Rechtliche Möglichkeiten zur Einforderung und Umsetzung einer adäquaten Infrastruktur	217
3.5.8	Förderung der Umsetzung des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts	218
3.6	Fazit	219
VII.	Schlussfolgerungen	222
VIII.	Anhang	223
	Quellen	225

I. Abstract / Résumé / Compendio

1. Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende

Die bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung hat mit dem Sicherheitsdossier «Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende» ein Nachschlagewerk erarbeitet. Darin wird zuerst das **Unfallgeschehen** in der Schweiz dargestellt. Danach werden die **Risiken** hinsichtlich der Bereiche Personenwagen-Insassen, Personenwagen und Infrastruktur in Bezug auf ihre Unfallrelevanz gewichtet. Zum Schluss werden entsprechende **Massnahmen** erläutert, die zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus von PW-Insassen beitragen.

In der Schweiz sterben durchschnittlich 118 PW-Insassen jährlich und 1219 verletzen sich schwer. Zentrale **Risiken bei den PW-Lenkenden** sind mangelnde Risikokompetenz (insbesondere bei männlichen Junglenkern führen Informationsverarbeitungsprozesse zu sicherheitsabträglichen Entscheidungen und Handlungen), Fahren in angetrunkenem, übermüdetem oder abgelenktem Zustand, unangepasste Geschwindigkeit, ungenügender Sicherheitsabstand sowie Nichtverwenden von Rückhaltesystemen. Zentrale **infrastrukturelle Risiken** sind inadäquates Geschwindigkeitsregime, mit der Nutzung inkompatible Strassenraumgestaltung, feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, inadäquate Knotengestaltung, inadäquate Wahrnehmbarkeit von Infrastruktur und Betrieb bei Nacht, nicht selbsterklärende Linienführung, nicht unterbundenen Überholen auf kritischen Abschnitten sowie ungenügende Leistungsfähigkeit auf Autobahnausfahrten. Die Schwerpunkte der infrastrukturellen Risiken variieren innerorts und ausserorts bzw. auf Autobahnen.

Die 1. und 2. Phase der **Fahrausbildung** sollte in Bezug auf Theorie, Praxis und Prüfungen vermehrt auf sogenannte «Higher Skills» wie Fahrmotive, Persönlichkeit, Wertvorstellungen sowie Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten fokussieren. Zudem sollte die Ausbildung noch stärker handlungsorientiert erfolgen. Das bedingt, Inhalte nicht nur sachlich zu vermitteln, sondern zusätzlich Emotionen bei den Neulenkenden zu generieren. Risikokompetentes Verhalten im Verkehr erfordert zudem eine ausgedehnte Fahrpraxis durch **begleitetes Üben**. Evaluationen zeigen die erzielte Wirkung von Neuerungen auf und dienen der Qualitätsentwicklung und -sicherung. Polizeikontrollen (bezüglich Geschwindigkeit vermehrt ausserorts) – kombiniert mit Sanktionen und Fahreignungsabklärungen – sind ergänzend zur Ausbildung wichtig. Im Bereich der **Fahrzeugtechnologie** sollten wirksame Systeme in der breiten Bevölkerung **bekanntgemacht**, durch **Anreizsysteme** gefördert und durch **gesetzliche Ausrüstungsvorschriften** verbreitet werden. Nebst der breiten Bevölkerung sollten Betriebe mit Fahrzeugflotten über wirksame Sicherheitstechnologien beraten werden. Zur Reduktion **infrastruktureller Defizite** sind **Instrumente zur systematischen flächendeckenden Sicherheitsüberprüfung** geplanter und bestehender Infrastruktur (Road Safety Inspections, Road Safety Audits, Black Spot Management) zu fördern und **obligatorische Sicherheitsbeauftragte** fachlich zu unterstützen. Dringend anzupassen sind ausgewählte **VSS-Normen** mit Relevanz zu Kollisionen mit festen Objekten.

2. Conducteurs et passagers de voitures de tourisme

Le présent dossier de sécurité du bpa – Bureau de prévention des accidents, consacré aux conducteurs et aux passagers de voitures de tourisme, se veut un ouvrage de référence. Dans un premier temps, il présente l'**accidentalité** de ce groupe d'usagers de la route en Suisse. Puis il pondère les **risques** liés aux occupants de voitures de tourisme, à ces véhicules et à l'infrastructure routière selon leur importance en termes d'accidentalité. Enfin, il détaille les **mesures** à même de contribuer à renforcer le niveau de sécurité des occupants de voitures de tourisme.

Chaque année, en moyenne 118 occupants de voitures de tourisme perdent la vie sur les routes suisses et 1219 autres subissent des blessures graves. Les principaux **risques liés aux conducteurs de voitures de tourisme** sont des compétences insuffisantes en matière de risque (chez les jeunes conducteurs de sexe masculin en particulier, les processus de traitement de l'information conduisent à des décisions et à des actes préjudiciables à la sécurité), la conduite sous influence de l'alcool, de la fatigue ou de distractions, une vitesse inadaptée, l'absence de respect de la distance de sécurité et d'utilisation des systèmes de retenue. Les principaux **risques liés à l'infrastructure routière** sont un régime de vitesse inadapté, un aménagement de l'espace routier incompatible avec son usage, des objets fixes sur ou hors de la chaussée qui sont autant d'obstacles potentiels pouvant être à l'origine d'une collision, l'aménagement inadapté de carrefours, une mauvaise perception de l'infrastructure la nuit, un tracé peu lisible, l'absence d'éléments empêchant les dépassements sur les tronçons critiques et la capacité insuffisante de sorties d'autoroutes. Ils varient selon que l'on se trouve en localité, hors localité ou sur autoroute.

Les 1^{re} et 2^e phases de la **formation à la conduite** devraient davantage se concentrer, dans la théorie, la pratique et les examens, sur les capacités de niveau supérieur comme les motivations, la personnalité, les valeurs, la capacité d'introspection ou la maîtrise de soi. Il s'agit par ailleurs d'axer cette formation encore davantage sur le comportement à adopter, ce qui implique de transmettre les contenus en éveillant aussi des émotions chez les nouveaux conducteurs. L'adoption d'un comportement qui dénote de bonnes compétences en matière de risque dans le trafic requiert en outre une pratique soutenue de la conduite sous la forme de **trajets accompagnés**. Des évaluations montrent les effets des nouveautés introduites et servent à l'amélioration et au contrôle de la qualité. Combinés aux sanctions et à la détermination de l'aptitude à la conduite, les contrôles de police (ceux relatifs à la vitesse sont à intensifier hors des localités) sont importants en complément. Dans le domaine des **technologies automobiles de sécurité**, il faudrait **faire connaître** au grand public les dispositifs efficaces, les promouvoir par des **systèmes d'incitation** et les diffuser par le biais de **prescriptions légales relatives à l'équipement obligatoire des véhicules**. Les entreprises ayant une flotte de véhicules devraient par ailleurs être conseillées sur pareilles technologies. Afin de réduire les **déficits infrastructurels**, on encouragera l'utilisation d'**instruments permettant l'examen systématique sur tout le territoire suisse de la sécurité** des infrastructures routières prévues ou existantes (Road Safety Inspections, Road Safety Audits, Black Spot Management) et on apportera un soutien technique aux **chargés de sécurité, désormais obligatoires**. Certaines **normes VSS** importantes pour les collisions avec des objets fixes pouvant potentiellement être percutés méritent une révision urgente.

3. Conducenti e passeggeri di automobili

Con il dossier sicurezza «Conducenti e passeggeri di automobili» l'upj, Ufficio prevenzione infortuni, ha realizzato un'opera di consultazione. Inizialmente viene esposta l'**incidentalità** in Svizzera. Successivamente, si ponderano i **rischi** relativi agli ambiti occupanti di un'auto, automobili e infrastruttura, riferiti alla loro rilevanza d'incidente. Infine sono illustrate le relative **misure** che contribuiscono all'aumento del livello di sicurezza degli occupanti di un'auto.

In Svizzera ogni anno muoiono in media 118 occupanti di un'auto e 1219 restano gravemente feriti. I **rischi centrali negli automobilisti** sono costituiti da una carente competenza del rischio (soprattutto nei giovani conducenti maschi i processi di elaborazione delle informazioni portano a decisioni e azioni a scapito della sicurezza), capacità di guida limitata in seguito a ebbrezza, stanchezza o distrazione, velocità inadeguata, mancato rispetto della distanza di sicurezza nonché sistemi di ritenuta non usati. I rischi centrali **legati all'infrastruttura** sono un regime di velocità inadeguato con l'utilizzo di un arredo dello spazio stradale incompatibile, oggetti fissi quali potenziali oggetti di collisione, arredo dell'intersezione inadeguato, un'insufficiente percettibilità dell'infrastruttura e dell'operatività di notte, un tracciato stradale non autoesplicativo, possibilità di sorpasso non impedita sulle tratte critiche nonché una capacità insufficiente di uscite autostradali. Gli ambiti prioritari dei rischi infrastrutturali variano nell'abitato e sulle strade extraurbane o in autostrada.

La prima e la seconda fase dell'**istruzione alla guida**, per quanto riguarda la teoria, la pratica e gli esami, dovrebbe essere incentrata maggiormente

sulle cosiddette «higher skill» come la motivazione di guida, la personalità, il sistema di valori, oltre che l'autoriflessione e la capacità di autogestione. Inoltre, la formazione dovrebbe essere più orientata alla pratica. Questo presuppone che i contenuti non vengano trasmessi solo in modo oggettivo, ma anche generando emozioni nei neopatentati. Adottare nella circolazione stradale un comportamento alla guida con competenza del rischio richiede inoltre un'esperienza di guida prolungata con **esercitazioni accompagnate**. Le valutazioni dimostrano l'effetto raggiunto grazie alle innovazioni e servono allo sviluppo e alla garanzia della qualità. Controlli della polizia (più frequenti relativamente alla velocità sulle strade extraurbane) – abbinati a sanzioni e verifiche dell'idoneità alla guida – sono misure fondamentali a integrazione della formazione. Nell'ambito della **tecnologia dei veicoli** i sistemi efficaci dovrebbero essere **resi noti** tra la popolazione, promossi attraverso **incentivi** e diffusi mediante **norme di equipaggiamento giuridiche**. Oltre a sensibilizzare il vasto pubblico, si dovrebbero offrire consulenze in materia di tecnologie di sicurezza efficaci anche alle aziende che detengono flotte di veicoli aziendali. Per ridurre i **deficit infrastrutturali** è necessario promuovere **strumenti per una valutazione della sicurezza sistematica e a tappeto** delle infrastrutture pianificate ed esistenti (Road Safety Inspections, Road Safety Audits, Black Spot Management) nonché offrire un sostegno specialistico agli **addetti obbligatori alla sicurezza**. Urge adeguare delle selezionate **norme VSS** rilevanti per le collisioni con oggetti fissi.

II. Kurzfassung / Version abrégée / Riassunto

1. Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende

1.1 Einleitung

Im Rahmen der Publikationsreihe «bfu-Sicherheitsdossiers» wurde das Dossier «Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende» einer systematischen Aktualisierung unterzogen.

Die wissenschaftliche Methodik der Sicherheitsdossiers richtet sich nach jener der Epidemiologie. Aufgrund der **wissenschaftlichen Vorgehensweise** haben die Dossiers den Anspruch, **solide Grundlagen für Entscheidungsträger** bereitzustellen. Sie richten sich an Personen und Institutionen, die für die Planung und Finanzierung von Präventionsmassnahmen oder anderweitigen sicherheitsrelevanten Massnahmen im Strassenverkehr verantwortlich zeichnen.

Im vorliegenden Sicherheitsdossier «Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende» wird das **Unfallgeschehen** in der Schweiz dargestellt, **Risikofaktoren** werden diskutiert und in ihrer Relevanz für schweizerische Verhältnisse gewichtet sowie **Massnahmen** zur Erhöhung der Sicherheit vorgestellt¹. Die konkreten Empfehlungen orientieren sich nach den in der Schweiz bestehenden Rahmenbedingungen. Am Ende der Kurzfassung sind (sehr) empfehlenswerte Strategien/Massnahmen aufgeführt.

¹ Da bei PW-Unfällen andere Fahrzeugtypen nur relativ selten involviert sind, wird im vorliegenden Bericht sowohl bei den Risikofaktoren – unterteilt nach den Faktoren Mensch, Fahrzeug und Infrastruktur – als auch bei den Massnahmen der Schwerpunkt auf das System Personenwagen gelegt. Nicht thematisiert wird somit z. B. die Müdigkeitsproblematik bei LKW-Fahrern als Risikofaktor für PW-Lenkende und -Mitfahrende.

1.2 Unfallgeschehen

In den Jahren 2009–2013 **starben** auf Schweizer Strassen durchschnittlich **118 PW-Insassen jährlich**, 1219 wurden schwer verletzt. Ein Vergleich mit anderen Ländern zeigt, dass die Schweiz im Hinblick auf getötete PW-Insassen in der Rangliste einen sehr guten Platz belegt. Der Vergleich mit Japan, das auf dem ersten Platz liegt, zeigt aber auch, dass noch deutlich niedrigere bevölkerungsbezogene Todesfallrisiken möglich sind. Legt man der Schweiz das Niveau von Japan zugrunde, wären im Jahr 2013 rund 30 PW-Insassen weniger getötet worden.

Auch die **langfristige Entwicklung** des Unfallgeschehens der PW-Insassen ist äusserst **positiv** verlaufen. Die Anzahl der schweren Personenschäden konnte seit 1980 um 82 % reduziert werden. Im gleichen Zeitraum stieg die Fahrleistung der Personenwagen von 32 Mrd. auf 54 Mrd. Fahrzeugkilometer an. Waren 1980 noch 42 % aller schweren Personenschäden (Schwerverletzte und Getötete) bei den PW-Insassen zu verzeichnen, sank dieser Anteil im Jahr 2013 auf 27 %.

Die Auswertungen der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle zeigen, dass **männliche PW-Insassen im Alter von 18 bis 24 Jahren** das höchste Risiko aufweisen, einen schweren Unfall zu erleiden. Zudem sind die Unfallfolgen bei den

Männern gravierender: Ihr Anteil an den getöteten PW-Insassen ist deutlich höher als jener der Frauen.

Rund die Hälfte aller schweren Personenschäden bei PW-Insassen ereignet sich auf **Ausserortsstrassen**. Betrachtet man nur die Zahl der Getöteten, sind es ausserorts sogar 64 %. Rund die Hälfte der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen fordern Schleuder-/Selbstunfälle und annähernd ein Drittel Frontalkollisionen und Auffahrunfälle. Von den schweren **Kollisionsunfällen** sind 77 % PW/PW-Kollisionen. Bei den restlichen Unfällen sind die Kollisionsgegner meistens Last- und Lieferwagen.

Gemäss polizeilichen Angaben sind bei registrierten schweren PW-Unfällen neben **Unaufmerksamkeit und Ablenkung** vor allem nicht angepasste **Geschwindigkeit** oder das Überschreiten der signalisierten oder gesetzlichen Höchstgeschwindigkeit sowie **Alkohol** führende Ursachen. Alkohol und Geschwindigkeit in Kombination fordern vor allem bei Unfällen in der **Nacht** und am **Wochenende** einen hohen Anteil aller schweren Personenschäden bei den PW-Insassen.

1.3 Risikofaktoren

Risikofaktoren können sich auf die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls beziehen oder auf die Wahrscheinlichkeit eines schweren Personenschadens bei eingetretenem Unfallereignis.

Die Risikofaktoren werden sowohl anhand von empirischen Befunden als auch des allgemeinen wissenschaftlichen Kenntnisstands im Sinn von verhaltenspsychologischem, biomechanischem, medizinischem, physikalischem und verkehrstechnischem Fachwissen bestimmt.

1.3.1 Personenwagen-Lenkende

Die von PW-Lenkenden ausgehenden Risikofaktoren werden klassisch in die Bereiche Fahreignung, Fahrkompetenz und Fahrfähigkeit unterteilt. Zusätzlich werden Risikofaktoren des beobachtbaren Verhaltens wie die Geschwindigkeitswahl oder das Gurttragen diskutiert (unabhängig davon, ob die Ursache bei der fehlenden Fahreignung, Fahrkompetenz oder Fahrfähigkeit liegt).

Die **Fahreignung** kann durch krankheits- oder altersbedingte Defizite eingeschränkt sein (z. B. Diabetes, Demenz, Alkoholsucht, reduziertes Sehvermögen) oder durch eine charakterliche Nichteignung (aufgrund gewisser Persönlichkeitseigenschaften). Eine **Krankheitsdiagnose** führt aber nicht zwangsläufig zu einer eingeschränkten Fahreignung. Entscheidend sind vielmehr die vorhandenen **funktionalen Einschränkungen** nach Berücksichtigung von Behandlungsmöglichkeiten (z. B. Brille, Medikamente) oder von eigenen Kompensationsmöglichkeiten (z. B. Verzicht auf Nachtfahrten). Die **Unfallrelevanz** alters- oder krankheitsbedingter Einschränkungen und charakterlicher Persönlichkeitsschwächen ist im Vergleich zu den im Folgenden dargestellten Risikofaktoren bei den Fahrzeuglenkenden **eher gering**.

Bezüglich der **Fahrkompetenz** wirkt sich vor allem **die unausgereifte Risikokompetenz** der PW-Lenkenden negativ auf die Sicherheit der PW-Insassen aus. Dies vor allem bei jungen Neulenkenden: Aufgrund ihrer geringen Fahrerfahrung und ihrer sozialen Unreife resultieren bei der Verarbeitung von Informationen oft sicherheitsabträgliche Entschiede. Kaum unfallrelevant sind hingegen motorische Fahrfertigkeiten.

Bei gegebener Fahreignung und Fahrkompetenz kann dennoch die **momentane Fahrfähigkeit** beeinträchtigt sein. Risiken für die PW-Insassen bestehen insbesondere durch das Fahren in angetrunkenem Zustand. Gut 20 % der schwer oder tödlich verletzten PW-Insassen verunfallen, weil ein PW-Lenker alkoholisiert unterwegs ist. Es gilt zu bedenken, dass ein Teil dieser Alkoholdelikte auf fehlende Fahreignung zurückzuführen ist (Alkoholsucht oder charakterliche Nichteignung). Drogen und Medikamente führen ebenfalls zu einem erhöhten Unfallrisiko, sind aber in der Gesamtpopulation der PW-Lenkenden weniger verbreitet als Alkohol oder andere Faktoren wie Müdigkeit und Ablenkungen diverser Art, die die momentan Fahrfähigkeit einschränken.

Wichtige Risikofaktoren des **beobachtbaren Verhaltens** sind die unangepasste **Geschwindigkeit** sowie der Verzicht auf das **Tragen eines Sicherheitsgurts**. Eine deutlich geringere – aber nicht zu vernachlässigende – Relevanz haben ein ungenügender **Sicherheitsabstand** und der Verzicht auf **Tagfahrlicht**.

Bei (männlichen) **Junglenkern** häufen sich insbesondere Risikofaktoren im Bereich der Fahrkompetenz: Ihre Entscheidungsfindung ist oft emotionsgesteuert und durch Motive beeinflusst, die der Sicherheit entgegenwirken. Auch im Bereich der charakterlichen Nichteignung fallen sie durch schnelles und rücksichtsloses Fahrverhalten auf. Zudem ist diese Zielgruppe weniger oft angegurtet. Bei **Senioren** treten insbesondere krankheits- und altersbedingte Einschränkungen häufiger auf als in anderen Altersgruppen. Auch im **mittleren Alterssegment**

finden sich zentrale Risiken, etwa bedingt durch Sehbeeinträchtigungen oder Alkoholsucht.

1.3.2 Personenwagen

Bei den Fahrzeugen stehen als Risiken **sicherheitsrelevante Eigenschaften des Fahrzeugs** wie Fahrzeugmasse, Autofarbe, technischer Zustand und Reifen im Fokus².

Eine nicht zu vernachlässigende Relevanz für die Sicherheit der PW-Insassen haben grosse **Unterschiede der Masse** der bei Kollisionen beteiligten Personenwagen. Die Gefahr durch die in Mode gekommenen SUV und Geländewagen scheint sich jedoch zu verringern. Eine besondere Gefährdung der Unfallgegner scheint nicht mehr vorzuliegen. Die Unfallrelevanz der **Autofarbe** ist als gering einzustufen – insbesondere durch das 2014 in Kraft gesetzte Obligatorium für Fahren mit Licht am Tag. Auch die Bedeutung des **technischen Zustands** der Personenwagen sowie der **Bereifung** ist in der Schweiz als wenig sicherheitsrelevant zu werten.

1.3.3 Infrastruktur

Defizite der Strassenverkehrsinfrastruktur im verkehrstechnischen Sinn können in fehlende, fehlerhafte und falsche Systemkomponenten unterteilt werden (z. B. fehlendes Gefahrensignal, zu grosser Kurvenradius oder eine Kreuzung, die anstatt mit einer Stoppsignalisation im Rechtsvortritt betrieben wird). Forschungsergebnisse zu derartigen Risiken liegen kaum in genügend präziser Form vor. Auch gehen solche Defizite nicht direkt aus der schweizerischen Strassenverkehrsunfallstatistik hervor. In

² Hier nicht thematisiert werden jene Risiken, die sich für die PW-Insassen durch das Nichtvorhandensein von sicherheitsspezifischen Fahrzeugtechnologien wie z. B. ABS, die Konstruktion der Knautschzone oder die lichttechnische Aus-

stattung ergeben. Der Effekt dieser Technologien auf die Sicherheit der PW-Insassen wird im Massnahmenkapitel Fahrzeug behandelt.

Anlehnung an die Methode der **verkehrstechnischen Unfallanalyse** wurden daher sogenannte **mögliche infrastrukturelle Defizite** aus den polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen **abgeleitet. Indizien für solche Defizite**, die für PW-Insassen relevant sind, wurden aus Analysen über häufige Unfalltypen, über die zentralen Unfallstellen sowie über häufig von der Polizei festgehaltene Hauptursachen gesucht.

3 von über 60 verschiedenen **Unfalltypen**, die in den Polizeiprotokollen aufgeführt werden, sind für zwei Drittel der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen entscheidend:

- **Selbst-/Schleuderunfälle, die zu einer Kollision mit einem festen Objekt ausserhalb der Fahrbahn führen:** Sie betreffen 34 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen (innerorts 30 %, ausserorts 35 %, auf Autobahnen 37 %).
- **Auffahrunfälle:** Sie betreffen 14 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen (innerorts 15 %, ausserorts 6 %, auf Autobahnen 39 %).
- **Frontkollisionen mit einem entgegenkommenden Fahrzeug:** Sie betreffen 16 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen (innerorts 14 %, ausserorts 23 %, auf Autobahnen 43 %).

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall schwere Folgen nach sich zieht (schwere Verletzungen oder Tod) ist bei Auffahrunfällen aber weit geringer als bei den beiden anderen Unfalltypen.

Absolut gesehen ereignen sich die meisten schweren Unfälle von PW-Insassen in **Kurven** (40 %). Diese Unfallstelle ist besonders relevant auf Ausserortsstrassen, wo sich der Anteil an schwer verletzten oder getöteten Personen in Kurven auf 52 %

beläuft. 17 % der schweren Unfälle von PW-Insassen ereignen sich an **Knoten** (innerorts 29 %).

Analysen der **Hauptursachen** in der schweizerischen Statistik der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle sind bezüglich Indizien für mögliche infrastrukturelle Defizite nicht sehr ergiebig. Einerseits gibt es häufige Hauptursachen, die nicht auf Infrastruktur-Einflüsse schliessen lassen (z. B. Einwirkung von Alkohol). Andererseits lässt sich im Gegensatz zur Auswertung nach Unfalltypen nicht ein Grossteil der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen auf ein paar wenige Hauptursachen zurückführen.

Differenziert nach Ortslage lassen sich aufgrund dieser relevanten Unfalltypen, Unfallstellen sowie Hauptursachen die folgenden möglichen infrastrukturellen Defizite ableiten. Dabei ist zu beachten, dass dasselbe **infrastrukturelle Defizit** mehrere Unfalltypen zur Folge haben kann:

- **Innerorts:** inadäquates Geschwindigkeitsregime, mit der Nutzung inkompatible Strassenraumgestaltung, feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, inadäquate Knotengestaltung, inadäquate Wahrnehmbarkeit von Infrastruktur und Betrieb bei Nacht
- **Ausserorts:** feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, nicht selbsterklärende Linienführung, inadäquate Höchstgeschwindigkeit, inadäquate Knotengestaltung, nicht unterbundenen Überholen auf kritischen Abschnitten
- **Autobahnen:** feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, ungenügende Leistungsfähigkeit auf Ausfahrten.

1.4 Prävention

Die identifizierten Risikofaktoren können durch diverse Massnahmen reduziert werden. Diese setzen entweder beim Menschen, beim Fahrzeug oder bei der Infrastruktur an. Als Möglichkeiten stehen aufklärerische Strategien (informieren), technische, rechtliche (inkl. Vollzug) wie auch ökonomische Strategien zur Verfügung.

1.4.1 Personenwagen-Lenkende

Die PW-Lenkenden können einen bedeutenden Beitrag zur Steigerung ihrer eigenen Sicherheit und jene ihrer Passagiere leisten. Dementsprechend ist es nur folgerichtig, das **Verhalten** der Fahrzeuglenkenden gezielt zu beeinflussen. Das globale Ziel besteht darin, ein vorausschauendes, sicherheitsorientiertes und partnerschaftliches Fahrverhalten zu fördern, wobei der **Geschwindigkeitswahl** und dem **Abstandsverhalten** besondere Bedeutung zukommen muss. Das Tragen des **Sicherheitsgurts** entscheidet zudem oft über Leben oder Tod.

Neben der direkten Beeinflussung des konkreten Fahrverhaltens müssen grundsätzlich die Bereiche Fahreignung, Fahrkompetenz und Fahrfähigkeit Thema der Prävention sein. Dabei bedarf es einerseits Massnahmen, die sich an alle richten und möglichst dazu beitragen, Risiken zu reduzieren, bevor etwas passiert (**Generalprävention**). Andererseits sind Massnahmen notwendig, die sich gezielt an Hochrisikogruppen richten, die durch ihr Risikoverhalten auffallen (**Spezialprävention**).

Die Sicherstellung einer ausreichenden **Fahreignung** sollte in der Schweiz optimiert werden. Wichtig ist insbesondere eine gesamtschweizerische **Qualitätssicherung**, indem Inhalte, Zuständigkeiten und

Abläufe definiert werden. Die **Möglichkeit einer Fahreignungsabklärung** sollte von den Behörden mehr genutzt und nach einheitlichen Kriterien angewendet werden – insbesondere bei schweren oder wiederholten Verkehrsdelikten, die auf eine charakterliche Nichteignung hinweisen. Einen wichtigen Beitrag dazu leistet die beschlossene, aber noch nicht in Kraft getretene Via-sicura-Massnahme «Qualitätssicherungen bei der Fahreignungsabklärung und Aktualisierung der medizinischen Mindestanforderungen».

Zur Steigerung der **Fahrkompetenz, insbesondere der Risikokompetenz**, kann sowohl die 1. als auch die 2. Phase der Fahrausbildung beitragen. Wichtig ist, dass auf allen Ebenen (**1. und 2. Phase**, Schulungs- und Prüfungsinhalte) die **«Higher Skills» der GDE-Matrix** (Goals for Driver Education) stärker berücksichtigt werden. Die Erlangung der Fahrkompetenz und insbesondere der Risikokompetenz ist ein langwieriger Prozess, der nebst ausgedehnter Fahrerfahrung (begleitetes Üben) Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten erfordert. Ergänzend sind wirksame **repressive Massnahmen** sinnvoll. Geschwindigkeitskontrollen sollten vermehrt auch ausserorts stattfinden.

Die **Fahrfähigkeit** kann durch eine Vielzahl von Faktoren kurzfristig eingeschränkt sein. Alkohol, illegale Drogen und Medikamente, Müdigkeit und Ablenkungen diverser Art sind im Strassenverkehr keine Seltenheit. Das Risiko zu verunfallen kann sich bei jedem dieser Faktoren um ein Mehrfaches erhöhen. Aufgrund ihrer Verbreitung und ihrer Gefährlichkeit ist die Unfallrelevanz von Alkohol, Müdigkeit und Ablenkung am grössten. Das Unfallgeschehen auf Schweizer Strassen liesse sich durch das Eliminieren dieser Risikofaktoren deutlich reduzieren. Dies kann durch universelle Massnahmen erreicht werden, die

sich an alle PW-Insassen, insbesondere die Lenkenden richten. Darüber hinaus sind aber gewisse Personengruppen mit spezifischen Massnahmen anzugehen. Vor allem junge Lenkende und Männer sind überdurchschnittlich häufig infolge beeinträchtigter Fahrfähigkeit in Unfälle verwickelt. Geeignete **edukative Massnahmen** sollten das Ziel haben, die Risikokompetenz der PW-Lenkenden im Allgemeinen und jene junger Lenkender und Männer im Speziellen zu steigern. Bereits in der 1. Ausbildungsphase sollte mehr Gewicht auf diesen Aspekt gelegt werden. Die Gefahr, bei **Polizeikontrollen** zur Rechenschaft gezogen zu werden, ist – auch beim Alkohol – nach wie vor zu gering. Allerdings sind die polizeilichen Kontrollmöglichkeiten der Fahrfähigkeit eingeschränkt. Zwar lässt sich Alkohol am Steuer relativ leicht feststellen; bei Müdigkeit, illegalen Drogen und Medikamenten wird es für die Polizei vor Ort schon deutlich schwieriger. Ablenkung kann nur schwer überprüft werden: Kaum ist der Polizist in Sicht, wird die ablenkende Handlung unterlassen. Fortschritte in der **Fahrzeugtechnologie** werden in Zukunft völlig neue Möglichkeiten bieten, Fahrunfähigkeit am Steuer zu erkennen, zu warnen und gar einzugreifen (insbesondere bei Alkohol und Müdigkeit, aber auch bei visueller Ablenkung). Geeignete **Infrastrukturmassnahmen** helfen bei Fahrunfähigkeit nicht nur, Unfälle zu verhindern, sondern können auch der Verletzungsminimierung dienen.

1.4.2 Personenwagen

Während vieler Jahre stand die **passive Sicherheitsausstattung** der Fahrzeuge, insbesondere bezüglich Kollisionseigenschaften und Rückhaltesystemen wie Gurt und Airbag, im Fokus der Fahrzeughersteller. Durch den Einzug von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ins Fahrzeug eröffneten sich ganz neue Möglichkeiten: Das Fahrzeug soll

nicht erst beim Auftreten eines Unfalls die drohenden Verletzungsfolgen lindern, sondern im Sinn der **aktiven Sicherheit** bereits den Unfall verhindern. Von Jahr zu Jahr steigt der Anteil der sicherheitsrelevanten elektronischen Hilfssysteme im Fahrzeug. Viele dieser Systeme können die Lenkenden bei der Fahraufgabe entlasten und das Fahren dadurch komfortabler gestalten. Ob das Fahren dadurch immer sicherer wird, ist allerdings nicht klar, da es bei Entlastung der Lenkenden vermehrt zu Nebentätigkeiten oder auch zu risikoreicherem Fahren kommen kann. Nebst der Entlastung sollen innovative Technologien Gefahrensituationen zudem durch frühes Warnen und geschicktes Eingreifen in die Fahrdynamik entschärfen. In solchen intelligenten Fahrzeugtechnologien liegen grosse Hoffnungen, was die **Erhöhung der Verkehrssicherheit** anbelangt. Viele Anwendungen können in der Tat als vielversprechend bezeichnet werden, da sie mehr Informationen erfassen, diese rascher und zuverlässiger verarbeiten sowie gegebenenfalls schneller darauf reagieren als die Fahrzeuglenkenden selbst. Eine Studie der deutschen Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt) geht von einem Vermeidungspotenzial von insgesamt über 70 % aller schweren Unfälle durch Fahrassistenzsysteme aus.

In den nächsten Jahren werden die Auswirkungen jedoch noch eher bescheiden sein. Einige aussichtsreiche Systeme wie z. B. Kreuzungsassistenten oder automatisch steuernde Kollisionsvermeidungssysteme sind nämlich noch nicht auf dem Markt erhältlich. Die Entwicklung bis zur Marktreife ist ein langwieriger Prozess und kann viele Jahre in Anspruch nehmen. Andere Systeme sind zwar bereits auf dem Markt, aber oftmals teuer und deshalb nur für die oberen Fahrzeugklassen erhältlich. Dadurch ist der Marktanteil relativ bescheiden. Da mit ca. 8 Jahren gerechnet werden muss, bis die Hälfte der Personenwagen in der

Schweiz erneuert ist, bedarf es einer geraumen Zeit, bis ein grosser Teil die neusten Sicherheitsausrüstungen aufweist. Umso wichtiger ist es, die **Nachfrage** nach fortschrittlichen Sicherheitstechnologien aktiv anzukurbeln, damit möglichst viele neue Personenwagen mit den wichtigsten Sicherheitssystemen ausgestattet sind.

Da die Schweiz ein Interesse daran haben muss, sichere Fahrzeuge zu fördern, sind spezifische Strategien/Massnahmen zu ergreifen, die die Marktdurchdringung intelligenter Fahrzeugsysteme aktiv beschleunigen. Zu fokussieren sind Systeme der elektronischen Stabilitätskontrolle (ESC), Kollisionsvermeidungssysteme und Systeme der Geschwindigkeitsassistenten (ISA). Aber auch weitere Fahrassistenzsysteme zur Unterstützung der Lenkenden bei der Quer- und Längsführung weisen zusammen ein erhebliches Sicherheitspotenzial auf.

Zur Implementierung empfehlen sich folgende Strategien/Massnahmen:

Per Gesetz können bestimmte Sicherheitstechnologien als obligatorische **Standardausrüstung für Neufahrzeuge** erklärt werden (so wie dies beispielsweise beim Sicherheitsgurt der Fall ist). Solche gesetzlichen Forderungen an die Fahrzeughersteller bedingen jedoch langwierige Abstimmungs- und Normierungsprozesse auf internationaler Ebene. Ein Alleingang der Schweiz ist infolge des Übereinkommens über technische Handelshemmnisse nicht möglich. Die Schweiz kann jedoch die EU-Vorgaben übernehmen.

Neben den an die Hersteller gerichteten Ausrüstungsvorschriften für Neufahrzeuge besteht auch die Möglichkeit, Fahrzeuge mit bestimmten Systemen nachrüsten zu lassen. Dies ist insbesondere dann angebracht, wenn ein erhöhter Verantwortungs-

und/oder Gefährdungsgrad vorliegt. Kurz vor der Einführung stehen **gesetzliche Vorschriften** zum Einsatz von Datenaufzeichnungsgeräten und Alkoholverweigerungen bei Verkehrsdelinquenten als rehabilitative Massnahme nach einem Führerausweisentzug.

In Anbetracht des mangelhaften Kenntnisstands von PW-Lenkenden über intelligente Fahrzeugtechnologien kommt der aktiven Verbreitung von Informationen im Rahmen von **Veranstaltungen, Kommunikationsplattformen** und **Kommunikationskampagnen** eine wichtige Rolle zu. Von Bürgern und politischen Entscheidungsträgern kann nicht erwartet werden, dass sie in Technologien investieren oder diese fördern, wenn deren Vorteile und Nutzen nicht bekannt sind. Die Kommunikation soll auf erprobten und bewährten Werkzeugen beruhen, aber auch neue Ansätze und Pilotprojekte umfassen. Informationsstrategien müssen solide Situationsanalysen der Zielgruppe vorangehen.

Neben Informationsstrategien für die breite Öffentlichkeit ist auch die spezifische Förderung von Fahrzeugtechnologien im Rahmen der **Sicherheitsberatungen von Betrieben** mit Fahrzeugflotten empfehlenswert. Flottenmanager müssen den hohen Sicherheitsnutzen intelligenter Assistenz- und Fahrerüberwachungssysteme kennen.

Zu prüfen sind der Einsatz von **Anreizsystemen**, z. B. in Form von reduzierten Versicherungsprämien oder Verkehrssteuern für Fahrzeuge mit bestimmten Sicherheitssystemen. Ausländische Beispiele zeigen, dass es damit gelingen kann, den Absatz von Sicherheitstechnologien zu erhöhen.

Im Rahmen verschiedener **Verbrauchertests** werden Fahrzeuge bezüglich ihres Sicherheitsniveaus

getestet und miteinander verglichen. Die grösste Bedeutung hat dabei das Testprogramm EuroNCAP. Die Vergleichstests ermöglichen es den Fahrzeugkäufern, das Sicherheitsniveau bei der Kaufentscheidung zu berücksichtigen, und animieren die Fahrzeugindustrie dazu, ihre Fahrzeuge über die gesetzlichen Anforderungen hinaus fortlaufend zu optimieren.

1.4.3 Infrastruktur

Aufgrund der Analyse drängt sich zur Reduktion der Anzahl der getöteten und schwer verletzten PW-Insassen eine Fokussierung auf folgende infrastrukturelle Aspekte auf:

Innerorts

In erster Linie sind feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn in Kurven möglichst zu vermeiden oder in zweiter Linie derart auszuführen, dass Kollisionen keine schwerwiegenden Folgen haben (Sollbruchstellen, feingliedrige Konstruktion). Als Notlösung sind solche Objekte auffällig zu kennzeichnen oder in ihrer Formaggressivität zu reduzieren. **Trennelemente in der Fahrbahnmitte** im weitesten Sinn (Verkehrstreifen in Fahrbahnmitte, Mittelinseln, Linksabbiegehilfen für den leichten Zweiradverkehr u. a.) als verkehrstechnische oder strassenraumgestalterische Elemente wirken sich positiv auf mehrere relevante Unfalltypen aus. Dasselbe gilt für **flächendeckende** Ansätze zur **Reduktion** der gefahrenen **Geschwindigkeit**. Dazu gehört in erster Linie die Umsetzung des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts. Dabei sei auf den zentralen Aspekt hingewiesen, dass die meisten getöteten oder schwer verletzten PW-Insassen auf verkehrsorientierten Strassen zu verzeichnen sind, weswegen bei der Umsetzung des genannten Modells insbesondere die aufwertende Gestaltung dieser Strassen zu beachten ist. Eine adäquate Ausführung von **Knoten** trägt

nicht nur zur Reduktion von Knoten-Unfällen bei. Durch das Aufrechterhalten der Leistungsfähigkeit – was nicht mit einer erhöhten Geschwindigkeit gleichbedeutend sein muss – können ebenso Auffahrunfälle bekämpft werden. Eine normgerechte **Strassenbeleuchtung** wirkt sich positiv auf alle Unfalltypen innerorts aus.

Ausserorts

Eine **Linienführung**, die die Lenkenden dazu veranlasst, intuitiv die angemessene Geschwindigkeit zu wählen, beeinflusst das gesamte Unfallgeschehen positiv. Zentrales Element ist dabei die adäquate gegenseitige Abstimmung von Kurven und Geraden sowie Wannen und Kuppen. **Feste Objekte**, insbesondere ausserhalb der Fahrbahn in Kurven, sind möglichst zu vermeiden. Sie sollen einen minimalen Abstand von 6 m (Autostrassen 10 m) zum Fahrbahnrand aufweisen. Wo dies nicht praktikabel ist (z. B. aus topografischen Gründen), sind feste Objekte wenn immer möglich so auszuführen, dass Kollisionen keine schwerwiegenden Folgen haben (Sollbruchstellen, feingliedrige Konstruktion). Ist keine dieser Massnahmen umsetzbar, können feste Objekte mittels Leitplanken geschützt werden. Als Notlösung sind sie auffällig zu kennzeichnen oder in ihrer Formaggressivität zu reduzieren. **Mittelleitplanken** können je nach Lage und Verkehrsmenge einen positiven Beitrag zur Vermeidung von Frontalkollisionen leisten. Den besonderen Bedürfnissen des Rettungswesens und des leichten Zweiradverkehrs ist dabei Rechnung zu tragen. Wie auch innerorts trägt eine adäquate Ausführung von **Knoten** nicht nur zur Reduktion aller Knoten-Unfälle bei. Durch das Aufrechterhalten der Leistungsfähigkeit – was nicht mit einer erhöhten Geschwindigkeit gleichbedeutend sein muss – können ebenso Auffahrunfälle bekämpft werden. Das Anbringen von **Rumble Strips** in der Strassenmitte oder am Fahrbahnrand reduziert Unfälle,

die auf Ablenkung und Unaufmerksamkeit oder auf Müdigkeit zurückzuführen sind. Von der generellen Höchstgeschwindigkeit 80 km/h **abweichende Geschwindigkeitsgrenzen** sind nur anzuwenden, wenn alle anderen Interventionen ausgeschöpft wurden.

Autobahn

Leitplanken sind fachgerecht zu konstruieren, d. h. weder zu starr noch zu weich. **Neigungen von Böschungen** sollten ein maximales Verhältnis von 1:4 aufweisen. Der Böschungsfuss sollte nach Möglichkeit ausgerundet werden. Die Anfangsbereiche (Frontseite) von **Leit- und Stützmauern** dürfen nicht zum rollenden Verkehr hin gewandt sein. **Feste Objekte** sind zu entfernen, zu schützen oder energieabsorbierend auszugestalten. Verkehrsabhängige **Stauwarnanlagen** und markierungstechnische Anzeigen des einzuhaltenden Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug bei **Nebel** können der Prävention von Auffahrunfällen dienen. **Rumble Strips** am Fahrbahnrand reduzieren Unfälle, deren Ursache Unaufmerksamkeit und/oder Ablenkung sind.

Wichtige Strategien/Massnahmen, die der Umsetzung der aufgeführten infrastrukturellen Aspekte dienen, sind u. a.:

- den Einsatz von Instrumenten zur systematischen flächendeckenden Sicherheitsüberprüfung geplanter und bestehender Infrastruktur (ISSI-Instrumente) fördern,
- die Anwendung der VSS-Normen sicherstellen, diese aufwerten bzw. ausgewählte anpassen,
- Ingenieure und Planer entsprechend ausbilden,
- zuständige Behörden und die Bevölkerung für ein Geschwindigkeitsregime 50/30 innerorts sensibilisieren.

1.5 Fazit

In den Jahren 2009–2013 **starben** auf Schweizer Strassen durchschnittlich **118 PW-Insassen jährlich**, 1219 wurden schwer verletzt. 2013 waren dies 27 % aller im Strassenverkehr schwer oder tödlich Verletzten.

Die Unfallrelevanz der untersuchten Risikofaktoren wird – basierend auf ihrer Verbreitung und ihrer Gefährlichkeit – bei den Lenkenden, den Personenwagen und der Infrastruktur ermittelt. Die Analyse zeigt, dass vor allem **Risiken seitens der PW-Lenkenden** sowie der **Infrastruktur** unfallrelevant sind. Folgende Risikofaktoren sind zu fokussieren:

- mangelnde Risikokompetenz basierend auf ungenügender Fahrerfahrung und sozialer Unreife, sodass Informationsverarbeitungsprozesse zu sicherheitsabträglichen Entscheidungen und Handlungen führen – insbesondere bei (männlichen) Junglenkenden
- Fahren in angetrunkenem Zustand
- Ablenkungen beim Fahren
- Fahren in übermüdetem Zustand
- unangepasste Geschwindigkeitswahl
- ungenügender Sicherheitsabstand
- Nichtverwenden von Rückhaltesystemen
- feste Objekte nahe an der Fahrbahn (Baum, Mauer/Geländer, Leitschranken)
- ungenügende Trennung zwischen den zwei Verkehrsrichtungen vor allem ausserorts
- infrastrukturelle Defizite, die zu Auffahrunfällen auf Autobahnen und innerorts führen, wie z. B. ungenügende Leistungsfähigkeit auf Autobahnausfahrten oder unkoordinierter Betrieb von Lichtsignalanlagen
- infrastrukturelle Defizite in Kurven ausserorts, wie z. B. vom Lenker schlecht einschätzbare Kurvenverläufe oder inadäquate Höchstgeschwindigkeit

- infrastrukturelle Defizite in Knoten innerorts, wie z. B. inadäquate Beleuchtung oder falsche Betriebsform

Diverse der genannten zentralen Risikofaktoren für PW-Insassen sind in den **Sprachregionen** der Schweiz unterschiedlich relevant. Gemäss Polizeiprotokollen ist z. B. das Fahren in angetrunkenem Zustand in der Romandie und im Tessin verbreiteter als in der Deutschschweiz. Auch sind z. B. die festen Objekte, die den PW-Insassen ausserhalb der Fahrbahn zum Verhängnis werden, nicht dieselben: In der Deutschschweiz und der Romandie sind es Bäume, im Tessin Mauern und Geländer.

Als Strategien/Massnahmen zur Risikoreduktion sind folgende prioritär umzusetzen:

- Fahrausbildung der Neulenkenden: Qualitätsentwicklung und -sicherung der Fahrausbildung, insbesondere vermehrte Berücksichtigung sogenannter «Higher Skills» in der 1. und 2. Ausbildungsphase (in Theorie, Praxis und Prüfungen) und vermehrt handlungsorientierte Vermittlung der Themen zur Fahrfähigkeit (Alkohol, Müdigkeit, Ablenkung, Drogen und Fahren unter Medikamenteneinfluss). Zur Entwicklung der Risikokompetenz bedarf es ausgedehnter Fahrpraxis durch begleitetes Üben.
- Polizeikontrollen: Intensivierung von Polizeikontrollen mit Bezug auf Alkohol, Drogen und Medikamente sowie Intensivierung der Polizeikontrollen bzgl. Geschwindigkeit generell, insbesondere ausserorts. Polizeikontrollen sind kommunikativ zu begleiten.
- Gesetze/Normen: gesetzliche Ausrüstungsvorschriften für besonders wirksame Sicherheitstechnologien in Neufahrzeugen (aber von EU-Vorgaben abhängig); VSS-Normen mit Relevanz zu Kollisionen mit festen Objekten anpassen;

Umsetzung und Anwendung der Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente ISSI bei Behörden fördern

- finanzielle Anreize: Versicherungsrabatte und Steuerreduktionen für ausgewählte, wirksame Sicherheitstechnologien in Fahrzeugen prüfen
- informieren/sensibilisieren/beraten: Betriebe mit Fahrzeugflotten über wirksame Sicherheitstechnologien beraten; obligatorische Sicherheitsbeauftragte fachlich unterstützen

Tabelle 1	
Sehr empfehlenswerte Strategien/Massnahmen zur Reduktion von Personenwagenunfällen in der Schweiz	
Strategien/Massnahmen	Beurteilung
Personenwagen-Lenkende	
Fahrkompetenz	
Qualitätsentwicklung und -sicherung der 1. und 2. Phase der Fahrausbildung. Insbesondere vermehrte Berücksichtigung von «Higher Skills» gemäss GDE-Matrix – Goals for Driving Education (wie Motive, Persönlichkeit, Wertvorstellungen, Selbstreflexion, Selbststeuerungsfähigkeiten) in der 1. und 2. Ausbildungsphase in Theorie, Praxis und Prüfungen	Sehr empfehlenswert
Ausgedehnte Fahrpraxis für Neulenkende in Form von begleitetem Üben	Sehr empfehlenswert
Fahrfähigkeit	
Auswirkungen von Alkohol, Müdigkeit, Ablenkung, Drogen und Fahren unter Medikamenteneinfluss in der 1. und 2. Ausbildungsphase vermehrt didaktisch zielgruppengerecht thematisieren (nicht nur Wissen vermitteln, sondern primär auf Handlungsumsetzung fokussieren).	Sehr empfehlenswert
Intensivierung gut sichtbarer und durch Medienpräsenz begleiteter Polizeikontrollen bezüglich Alkohol, Drogen, Medikamenten	Sehr empfehlenswert
Umfassendes Telefonierverbot beim Fahren (inkl. Freisprechanlage)	Sehr empfehlenswert (aber politisch in der CH kaum umsetzbar)
Fahrverhalten	
Intensivieren von Geschwindigkeitskontrollen generell, insbesondere ausserorts; Kontrolltätigkeit kommunikativ begleiten	Sehr empfehlenswert
Personenwagen	
Gesetzliche Ausrüstungsvorschriften für besonders wirksame Sicherheitstechnologien bei Neufahrzeugen (z. B. Kollisionsvermeidungssysteme oder adaptive Frontlichter)	Sehr empfehlenswert (aber von EU-Vorgaben abhängig)
Finanzielle Anreizsysteme wie Versicherungsrabatte und Steuerreduktionen für ausgewählte, wirksame Sicherheitstechnologien	Sehr empfehlenswert
Propagierung von wirksamen Sicherheitstechnologien im Rahmen der Sicherheitsberatung von Betrieben mit Fahrzeugflotten	Sehr empfehlenswert
Infrastruktur	
Anpassung von ausgewählten VSS-Normen mit Relevanz zu Kollisionen mit festen Objekten	Sehr empfehlenswert
Umsetzung und Anwendung der Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente ISSI bei den Behörden fördern, insbesondere Road Safety Inspections (mit Fokussierung auf Fehlertoleranz und Begreifbarkeit von Verkehrsanlagen)	Sehr empfehlenswert
Fachliche Unterstützung der obligatorisch einzusetzenden Sicherheitsbeauftragten	Sehr empfehlenswert

Tabelle 2
Empfehlenswerte Strategien/Massnahmen zur Reduktion von Personenwagenunfällen in der Schweiz

Strategien/Massnahmen	Beurteilung
Personenwagen-Lenkende	
Fahreignung	
Qualitätssicherung bei der Fahreignungsabklärung (Präzisierungen über Inhalte und Abläufe) und präzise körperliche und psychische Mindestanforderung auf Verordnungsebene	Empfehlenswert (Handlungsbedarf hängt von der Umsetzung der angenommenen Via-sicura-Massnahme ab)
Schulung der zuständigen Personen in den Strassenverkehrsämtern, damit sie schweizweit nach den gleichen Kriterien über die Notwendigkeit und Art von Fahreignungsuntersuchungen entscheiden.	Empfehlenswert
Koordiniertes Vorgehen unter den Akteuren zur systematischen Bedienung von älteren PW-Lenkenden (z. B. ab 60 Jahren) mit Informationsmaterial zu sicherheitsrelevanten alters- oder krankheitsbedingten Leistungsbeeinträchtigungen (z. B. in Form von Selbstbeurteilungsinstrumenten), inkl. Aufforderung, einen freiwilligen Sehtest auf grauen Star durchführen zu lassen (eventuell durch Anreize fördern)	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zur Sensibilisierung älterer PW-Lenkender (z. B. ab 60 Jahren) bzgl. sicherheitsrelevanter alters- oder krankheitsbedingter Leistungsbeeinträchtigungen	Empfehlenswert
Erweiterung des obligatorischen Sehtests zur Erlangung des Lernfahrausweises: Überprüfen der Kurz-sichtigkeit bei Dämmerung/Nacht (Nachtmyopie)	Empfehlenswert
Informieren der PW-Lenkenden über Notwendigkeit periodischer Kontrollen des (Tages- und Nacht-) Sehvermögens ab 50 Jahren (Kommunikation über bereits bestehende Kanäle)	Empfehlenswert
Einführung einer befristeten Gültigkeit des Führerausweises für alle PW-Lenkenden (in Anlehnung an die 3. Führerscheinrichtlinie der EU) mit Verknüpfung mit wirksamen Wiedererlangungsbedingungen	Empfehlenswert (aber politisch in der CH kaum umsetzbar, da im Rahmen von Via sicura abgelehnt)
Fahrfähigkeit	
Schulung der Polizei bzgl. Erhöhung der Erkennungswahrscheinlichkeit von Fahrten unter Einfluss von Drogen und Medikamenten und zur Optimierung ihrer Stellungnahmen im Rahmen des Drei-Säulen-Prinzips (Beurteilung der Fahrfähigkeit anhand von polizeilichen Beobachtungen, ärztlichen Gutachten und Blutuntersuchungen)	Empfehlenswert (in Verbindung mit erhöhter Kontrolldichte bzgl. Drogen und Medikamenten)
Sensibilisieren über die Medikamentenproblematik im Verkehr – sowohl bei Fachpersonen (Ärzte, Psychiater, Apotheker) als auch bei Patienten und Angehörigen	Empfehlenswert
Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung bestehender/zukünftiger Angebote von Nachschulungsprogrammen	Empfehlenswert
Schnellere (zeitnahe) Sanktionierung (Strafe- und Administrativmassnahmen) bei Delikten	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zum Thema Alkohol – insbesondere in Kombination mit Polizeikontrollen	Empfehlenswert
Universelle Drogenprävention in Schulen mit dem Ziel eines verantwortungsvollen Drogenkonsums	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zu den Themen Müdigkeit bzw. Ablenkung (in Zusammenarbeit mit Multiplikatoren)	Empfehlenswert
Umfassende ärztliche Aufklärung von Patienten mit erhöhter Tagesschläfrigkeit	Empfehlenswert

Tabelle 2 (Fortsetzung)
Empfehlenswerte Strategien/Massnahmen zur Reduktion von Personenwagenunfällen in der Schweiz

Strategien/Massnahmen	Beurteilung
Personenwagen-Lenkende	
Fahrverhalten	
Intensivierte Polizeikontrollen bzgl. Nutzung von Sicherheitsgurten auf den Rücksitzen und von Kinder- rückhaltesystemen (insbesondere innerorts); Kontrolltätigkeit kommunikativ begleiten	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zum Thema Geschwindigkeit (in Kombination mit intensivierten Polizeikontrollen)	Empfehlenswert
Anreizsteigerung für freiwillige Teilnahme an Nachschulungskursen durch genügend lange Ausweis- entzugsdauer bei Delinquenten, die auch nach Einführung der Via-sicura-Massnahme «Nachschulung von fehlbaren Fahrzeuglenkern und Fahrzeuglenkerinnen» keinen obligatorischen Kurs besuchen müs- sen (z. B. Ersttäter von schwerwiegenden Geschwindigkeitsdelikten)	Empfehlenswert
Mahnbriefe für Geschwindigkeitsdelinquenten (im Rahmen des bestehenden Systems)	Empfehlenswert (aber auf der Grundlage der Art. 16 a, b und c SVG nicht einfach umsetzbar)
Vermehrte Polizeikontrollen bzgl. Sicherheitsabstand in Kombination mit einer gut konzipierten Kom- munikationskampagne (zu prüfen wäre der Einsatz automatischer/stationärer Abstandskontrollgeräte)	Empfehlenswert (hilfreich wären technische Weiterentwicklun- gen und gesetzliche Präzisierungen über den Tatbestand)
Monitoring der Lichteinschaltquote in den nächsten Jahren und gegebenenfalls Durchführung einer wissenschaftlich abgestützten Kommunikationskampagne	Empfehlenswert (Kampagne hängt jedoch von der Entwicklung der Lichteinschaltquote ab)
Sensibilisieren und Informieren der PW-Insassen durch gut konzipierte Kommunikationskampagnen zum Thema Sicherheitsgurt primär bei den Rücksitzpassagieren und zum Thema Kinderrückhaltevori- richtung (insbesondere in Kombination mit Polizeikontrollen)	Empfehlenswert
Allgemeine Massnahmen	
Evaluation des Kaskadensystems, insbesondere in Bezug auf die im Rahmen von Via sicura eingeführ- ten Sanktionierungsverschärfungen, und evtl. Verbesserungsvorschläge	Empfehlenswert
Erweiterter Einsatz des Führerausweiszugs als nachweislich wirksame Massnahme innerhalb des bestehenden Sanktionierungssystems prüfen	Empfehlenswert
Personenwagen	
Einsatz von Datenaufzeichnungsgeräten als rehabilitative Massnahme nach Geschwindigkeitsdelikten wissenschaftlich evaluieren	Empfehlenswert
Einsatz von Fahrdatenschreibern zur individuellen Prämienberechnung (PAYD-Versicherungsmodell)	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zur Förde- rung wirksamer FAS und Informationsveranstaltungen für die breite Bevölkerung	Empfehlenswert
Verbrauchertests wie EuroNCAP unterstützen und Ergebnisse verbreiten	Empfehlenswert
Nutzen und Praktikabilität von innovativen Technologien in Pilotprojekten aufzeigen	Empfehlenswert
Obligatorische Ausrüstung von Gefahrgut- und Personentransportfahrzeugen mit Unfalldatenspei- chern und Alkoholverwehungen	Empfehlenswert (Nutzen für PW-Insassen eingeschränkt)
Infrastruktur	
Auf Bundesebene sicherstellen, dass die kantonalen und kommunalen (Strassen-)Baugesetze Bestim- mungen enthalten, wonach die Strasseninfrastruktur dem aktuellen Stand der Technik entsprechen muss	Empfehlenswert
Umsetzung eines Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts bei den zuständigen Behörden fördern und Bevölkerung sensibilisieren	Empfehlenswert (Nutzen für PW-Insassen beschränkt)
Ingenieure und Planer während der Masterausbildung zum Verkehrsingenieur und der Fort-/Weiterbil- dung bzgl. Verkehrssicherheit sensibilisieren und informieren insbesondere in Bezug auf die Projektie- rung von Verkehrsanlagen: Entwurf von verkehrsorientierten Innerortsstrassen und Projektierung von Ausserortsstrassen	Empfehlenswert
Sensibilisieren der zuständigen Behörden für die sicherheitstechnische Bedeutung der Infrastruktur (fachtechnische Beratungen, regelmässige Veranstaltungen, Publikationen in Fachzeitschriften)	Empfehlenswert
Erforschung des Zusammenhangs zwischen Infrastrukturmängeln im verkehrstechnischen Sinn und Un- fallgeschehen mit schwer verletzten und getöteten PW-Insassen	Empfehlenswert

2. Conducteurs et passagers de voitures de tourisme

2.1 Introduction

Dans la série de publications «Dossiers de sécurité du bpa», celui consacré aux conducteurs et aux passagers de voitures de tourisme a été soumis à une actualisation.

La méthodologie utilisée dans les dossiers de sécurité relève de l'épidémiologie. Fondés sur une **démarche scientifique**, ceux-ci s'adressent aux personnes et institutions responsables de la planification et du financement des mesures de prévention ou de sécurité routière. Ils ont pour ambition de fournir des **bases de travail solides aux décideurs**.

Le présent dossier de sécurité montre l'**accidentalité** des conducteurs et passagers de voitures de tourisme en Suisse, discute des **facteurs de risque** en pondérant leur importance pour le contexte helvétique et présente des **mesures** à même de renforcer la sécurité³. Les recommandations concrètes sont adaptées aux conditions suisses. Les stratégies/mesures (vivement) recommandées sont rassemblées à la fin de la présente version abrégée.

2.2 Accidentalité

Entre 2009 et 2013, en moyenne **118 occupants de voitures de tourisme ont, chaque année, perdu la vie** sur les routes helvétiques, et 1219 ont été grièvement blessés. Pour ce qui est du nombre

de tués, la Suisse est très bien placée par rapport à d'autres pays. La comparaison avec le Japon, qui occupe la tête du classement, montre toutefois aussi qu'un risque de décès (rapporté à la population) bien plus faible est possible. En prenant pour base le niveau japonais, quelque 30 occupants de voitures de tourisme supplémentaires auraient eu la vie sauve en Suisse en 2013.

L'**évolution à long terme** de l'accidentalité des occupants de voitures de tourisme a elle aussi été extrêmement **positive**. Depuis 1980, le nombre de dommages corporels graves subis par ces usagers de la route a pu être réduit de 82%. Pendant le même temps, les prestations kilométriques pour les voitures de tourisme ont passé de 32 à 54 milliards de véhicules-kilomètres. Si, en 1980, les occupants de voitures de tourisme faisaient état de 42% de l'ensemble des dommages corporels graves (blessés graves et tués) subis sur les routes suisses, cette proportion est tombée à 27% en 2013.

L'analyse des accidents de la route enregistrés par la police montre que les **occupants de voitures de tourisme de sexe masculin âgés de 18 à 24 ans** courent le plus grand risque de subir un accident grave. Les suites des accidents sont de surcroît plus graves pour les hommes: leur proportion parmi les occupants de voitures de tourisme tués est sensiblement supérieure à celle des femmes.

La moitié environ des dommages corporels graves subis par les occupants de voitures de tourisme sont répertoriés sur les **routes hors des localités**.

³ Puisque les accidents de voitures de tourisme impliquent assez rarement d'autres types de véhicules, le présent rapport met l'accent sur le système «voiture de tourisme» lorsqu'il traite des facteurs de risque (subdivisés suivant les facteurs être humain, véhicule et infrastructure routière) et des mesures de prévention. Ainsi, il n'aborde p. ex. pas le problème de la fatigue chez les conducteurs de camions comme facteur de risque pour les conducteurs et les passagers de voitures de tourisme.

Si l'on considère uniquement les tués, ce type de routes fait même état de 64% d'entre eux. Les pertes de maîtrise sont à l'origine de la moitié environ des occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués, et les collisions frontales et les tamponnements, d'un tiers environ. 77% des **collisions** graves ont lieu entre des voitures de tourisme. Pour le reste, le véhicule antagoniste est le plus souvent un camion ou une voiture de livraison.

Selon les données de la police, les principales causes des accidents graves de voitures de tourisme sont, outre l'**inattention** et les **distractions**, en particulier une **vitesse** inadaptée ou le dépassement de la vitesse maximale signalée ou autorisée ainsi que l'**alcool**. Un pourcentage élevé des dommages corporels graves subis par les occupants de voitures de tourisme sont dus à la combinaison de l'alcool et de la vitesse, en particulier pour les accidents qui ont lieu la **nuit** et le **week-end**.

2.3 Facteurs de risque

Ils peuvent se rapporter à la probabilité de survenance d'un accident ou à celle de subir un dommage corporel grave en cas d'accident.

Ils sont déterminés sur la base de constats empiriques et des connaissances scientifiques générales, dans les domaines suivants notamment: psychologie comportementale, biomécanique, médecine, physique et technique du trafic.

2.3.1 Conducteurs de voitures de tourisme

Les facteurs de risque des conducteurs de voitures de tourisme peuvent être attribués à trois domaines: aptitude à la conduite, compétences de conduite et capacité de conduire. Le présent dossier de sécurité

mentionne par ailleurs les facteurs de risque liés au comportement observable comme le choix de la vitesse ou l'usage de la ceinture de sécurité (peu importe que la cause réside dans une aptitude à la conduite, des compétences de conduite ou une capacité de conduire insuffisantes).

L'**aptitude à la conduite** peut être altérée par des déficits dus à l'âge ou à des maladies (p. ex. diabète, démences, dépendance à l'alcool, acuité visuelle réduite) ou encore au caractère (inaptitude caractérisée liée à la personnalité). Le **diagnostic d'une maladie** n'induit toutefois pas nécessairement une aptitude à la conduite limitée. Ce sont plutôt les **limites fonctionnelles** existant après prise en compte des possibilités de traitement (p. ex. lunettes, médicaments) ou de compensation par le patient lui-même (p. ex. renoncer à conduire de nuit) qui sont déterminantes. Les déficits dus à l'âge, aux maladies ou à la personnalité jouent un **rôle plutôt faible dans l'accidentalité** par rapport aux facteurs de risque suivants.

En ce qui concerne les **compétences de conduite**, ce sont surtout les **compétences inabouties en matière de risque** des conducteurs de voitures de tourisme qui sont défavorables à la sécurité des occupants de ces véhicules. Ceci est particulièrement vrai pour les jeunes conducteurs novices: lors du traitement des informations, leur manque d'expérience au volant et leur immaturité sociale se traduisent souvent par des décisions préjudiciables à la sécurité. Les facultés motrices ne jouent en revanche guère de rôle dans les accidents.

Même si un conducteur est apte à conduire et qu'il dispose des compétences nécessaires, sa **capacité de conduire** peut être **momentanément** entravée. Pour les occupants de voitures de tourisme, les

risques proviennent surtout de la conduite en état d'ébriété. Plus de 20% des occupants de voitures de tourisme grièvement ou mortellement blessés le sont dans un accident causé par un conducteur de voiture de tourisme alcoolisé. Il faut souligner qu'une partie de ces délits liés à l'alcool au volant doit être imputée à l'inaptitude à la conduite (dépendance à l'alcool ou inaptitude caractérielle). Les drogues et les médicaments font aussi progresser le risque d'accident, mais sont moins répandus parmi les conducteurs de voitures de tourisme dans leur ensemble que l'alcool ou d'autres facteurs comme la fatigue ou les distractions de toutes sortes, qui limitent momentanément la capacité de conduire.

S'agissant du **comportement observable**, les facteurs de risque déterminants sont une **vitesse** inadaptée et l'absence de **port de la ceinture de sécurité**. Bien que sensiblement moins importants, une **distance de sécurité** insuffisante et le non-enclenchement des **feux de jour** ne doivent pas être négligés pour autant.

Les **jeunes conducteurs** (de sexe masculin) cumulent surtout des facteurs de risque liés aux compétences de conduite: leur prise de décisions est souvent dictée par les émotions et par des mobiles contraires à la sécurité. En matière d'inaptitude caractérielle, ils se distinguent là encore par une conduite rapide et irresponsable. De plus, ils bouclent moins souvent leur ceinture de sécurité. Quant aux **seniors**, ils sont surtout limités plus souvent par l'âge et les maladies que les autres groupes d'âge. On trouve aussi d'importants facteurs de risque chez les conducteurs **d'âge moyen**, comme les troubles de la vue ou la dépendance à l'alcool.

⁴ Les risques des occupants de voitures de tourisme liés à l'absence de technologies automobiles de sécurité (p. ex. ABS, configuration de la zone déformable ou éclairage) ne sont

2.3.2 Voitures de tourisme

Les risques se concentrent ici sur les **propriétés des véhicules importantes en termes de sécurité**, comme leur poids, couleur, état technique ou leurs pneus⁴.

Une grande **différence de poids** entre les véhicules impliqués dans une collision joue un rôle non négligeable dans la sécurité des occupants de voitures de tourisme. Le danger provenant de véhicules à la mode comme les SUV ou les tout-terrain tend toutefois à s'estomper. Ceux-ci ne semblent plus constituer une menace particulière pour les usagers antagonistes. La **couleur du véhicule** a peu d'importance sur les accidents, surtout depuis l'introduction, en 2014, de l'obligation de circuler avec les feux allumés de jour. De même, l'**état technique** des voitures de tourisme et des **pneus** est également peu déterminant pour la sécurité routière en Suisse.

2.3.3 Infrastructure routière

Les lacunes en matière d'infrastructure routière au sens de la technique du trafic peuvent être subdivisées en éléments systémiques manquants, insuffisants et erronés (p. ex. absence de signal de danger, rayon de courbure d'un virage trop important ou carrefour régi par la priorité de droite au lieu d'un signal stop). Toutefois, les résultats de recherches sur pareils risques ne sont guère assez précis. Ces déficits ne ressortent pas non plus directement de la statistique suisse des accidents de la circulation routière. Par conséquent, sur la base de la méthode normée d'**analyse des accidents du point de vue de la technique du trafic**, des **déficits infrastructurels potentiels** ont été **déduits** des accidents de la route enregistrés par la police. Des **indices**

pas mentionnés ici. L'effet de pareilles technologies sur la sécurité des occupants de voitures de tourisme est examiné dans le chapitre consacré aux mesures relatives au véhicule.

de pareils déficits ayant une influence sur la sécurité des occupants de voitures de tourisme ont été cherchés par le biais d'analyses des types d'accidents fréquents, des lieux d'accidents les plus courants ainsi que des causes principales souvent retenues par la police.

Sur plus de 60 **types d'accidents** figurant dans les procès-verbaux d'accident de la police, trois sont déterminants dans deux tiers des cas d'occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués:

- **pertes de maîtrise suivies d'une collision avec un objet fixe hors de la chaussée:** elles concernent 34% de tous les occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués (en localité: 30%; hors des localités: 35%; sur autoroute: 37%)
- **tamponnements:** ils concernent 14% de tous les occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués (en localité: 15%; hors des localités: 6%; sur autoroute: 39%)
- **collisions frontales avec un véhicule venant en sens inverse:** elles concernent 16% de tous les occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués (en localité: 14%; hors des localités: 23%; sur autoroute: 43%)

Toutefois, la probabilité qu'un accident ait de lourdes conséquences (blessures graves ou mortelles) est bien plus faible en cas de tamponnement que pour les deux autres types d'accidents.

En chiffres absolus, la plupart (40%) des accidents graves qui touchent des occupants de voitures de tourisme ont lieu dans des **virages**. Ceci est particulièrement vrai sur les routes hors des localités, où la part d'occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués dans des virages s'élève à 52%. 17% des accidents graves subis par des occupants de voitures de tourisme se produisent à des **carrefours** (en localité: 29%).

L'analyse des **causes principales** dans la statistique suisse des accidents de la route enregistrés par la police n'est pas très concluante quant à des indices de déficits infrastructurels potentiels. D'une part, certaines causes principales fréquentes ne permettent pas de conclure à l'influence de l'infrastructure routière (alcool, p. ex.). D'autre part, et contrairement à l'analyse selon le type d'accidents, il n'est pas possible d'imputer une large part des occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués à quelques causes principales.

En distinguant les localisations (en localité, hors localité, sur autoroute), on peut déduire les déficits infrastructurels potentiels qui suivent sur la base des types d'accidents, lieux d'accidents et causes principales déterminants. A noter qu'un même **déficit infrastructurel** peut être à l'origine de plusieurs types d'accidents.

- **En localité:** régime de vitesse inadapté, aménagement de l'espace routier incompatible avec son utilisation, objets fixes pouvant potentiellement être percutés, aménagement inadéquat d'un carrefour, mauvaise perception de l'infrastructure routière, exploitation nocturne
- **Hors des localités:** objets fixes pouvant potentiellement être percutés, tracé illisible, limite de vitesse inappropriée, aménagement inadéquat d'un carrefour, dépassements non entravés sur les tronçons critiques
- **Sur autoroute:** objets fixes pouvant potentiellement être percutés, capacité insuffisante des sorties autoroutières

2.4 Prévention

Les facteurs de risque identifiés peuvent être diminués par diverses mesures qui interviennent au ni-

veau de l'être humain, du véhicule ou de l'infrastructure routière, et qui font appel à des stratégies éducatives (information), techniques, juridiques (exécution comprise) ou économiques.

2.4.1 Conducteurs de voitures de tourisme

Les conducteurs de voitures de tourisme peuvent largement contribuer à leur propre sécurité et à celle de leurs passagers. Il est dès lors logique d'influencer leur **comportement** de manière ciblée. L'objectif est d'encourager un comportement de conduite axé sur la sécurité, l'anticipation et le respect des autres usagers de la route, en accordant une importance particulière au **choix de la vitesse** et au **respect de la distance de sécurité**. Le salut des automobilistes provient par ailleurs souvent du port de la **ceinture de sécurité**.

En plus d'une influence directe sur le comportement de conduite, la prévention doit aussi agir dans les domaines de l'aptitude à la conduite, des compétences de conduite et de la capacité de conduire. A cette fin, il faut, d'une part, des mesures destinées à tous et permettant de contribuer à réduire les risques avant qu'un accident se produise (**prévention d'ordre général**) et, d'autre part, des mesures ciblées sur les groupes à haut risque, qui se singularisent par leur comportement en matière de risque (**prévention spéciale**).

En Suisse, il est nécessaire d'optimiser la garantie d'une **aptitude à la conduite** suffisante. Il est particulièrement important d'**assurer la qualité** pour l'ensemble du pays en définissant les contenus, les compétences et les processus. Les autorités devraient davantage faire usage de la **possibilité de déterminer l'aptitude à la conduite**, en appliquant des critères uniformes – particulièrement en

cas de délits routiers graves ou répétés qui dénotent une inaptitude caractérielle. La mesure de Via sicura «Assurance qualité de la détermination de l'aptitude à la conduite et mise à jour des exigences médicales minimales», déjà adoptée mais pas encore en vigueur, peut largement y contribuer.

La 1^{re} tout comme la 2^e phase de la formation à la conduite peuvent améliorer les **compétences de conduite, en particulier celles en matière de risque**. A cet égard, il est important de davantage tenir compte des **capacités des niveaux supérieurs de la matrice GDE** (Goals for Driver Education) à tous les niveaux (**1^{re} et 2^e phases**, contenus de la formation et des examens). L'acquisition des compétences de conduite, notamment de celles en matière de risque, est un processus de longue haleine qui requiert une pratique soutenue de la conduite (trajets accompagnés), une bonne capacité d'introspection et une grande maîtrise de soi. Des **mesures répressives** sont indiquées en complément. Les contrôles de vitesse devraient être intensifiés sur les routes hors des localités.

La **capacité de conduire** peut être momentanément limitée par toute une série de facteurs. Alcool, drogues illégales, médicaments, fatigue et distractions de tout type ne sont pas rares dans la circulation routière. Chacun de ces facteurs fait considérablement progresser le risque d'accident. Parce qu'ils sont répandus et dangereux, l'alcool, la fatigue et les distractions au volant jouent le rôle le plus important dans les accidents. Leur élimination permettrait une nette baisse de l'accidentalité sur les routes suisses. Ceci peut être obtenu grâce à des mesures universelles destinées à l'ensemble des occupants de voitures de tourisme, et en particulier aux conducteurs, en les doublant de mesures spécifiques à certains groupes de personnes. Les jeunes conducteurs

et les hommes, en particulier, sont très souvent impliqués dans des accidents en raison d'une capacité de conduire altérée. Des **mesures éducatives** appropriées devraient viser à augmenter les compétences en matière de risque des conducteurs de voitures de tourisme en général, et spécialement des jeunes conducteurs et des hommes. Il y a lieu de renforcer le poids de cet aspect dès la 1^{re} phase de formation à la conduite. De plus, le risque de devoir rendre des comptes lors d'un **contrôle de police** demeure trop faible, même en ce qui concerne l'alcool. Les possibilités pour la police de contrôler la capacité de conduire sont toutefois limitées: s'il est relativement aisé de constater la consommation d'alcool lors d'un contrôle, il n'en va pas de même pour la fatigue, les drogues illégales ou les médicaments. Quant aux distractions, il n'est guère possible de les constater: elles sont abandonnées sitôt un policier en vue. A l'avenir, les progrès en matière de **technologie automobile** offriront des possibilités novatrices pour détecter l'incapacité de conduire, avertir le conducteur voire intervenir (en particulier pour l'alcool et la fatigue au volant, mais aussi en cas de distraction visuelle). Des **mesures infra-structurelles** adaptées aident, d'une part, à éviter les accidents en cas d'incapacité de conduire et, d'autre part, à limiter la gravité des blessures.

2.4.2 Voitures de tourisme

Pendant de nombreuses années, les constructeurs automobiles se sont concentrés sur la **sécurité passive** des véhicules, en particulier sur leur comportement en cas de collision et sur des équipements comme les systèmes de retenue (p. ex. ceinture ou airbag). L'apparition des technologies de l'information et des communications (TIC) dans les véhicules a ouvert de nouvelles possibilités: le véhicule ne doit pas se contenter d'atténuer les éventuelles blessures

consécutives à un accident, mais prévenir celui-ci au sens de la **sécurité active**. Le nombre de systèmes d'assistance électronique utiles à la sécurité croît d'année en année dans les véhicules. Nombre de ces systèmes peuvent soulager les conducteurs, rendant ainsi la conduite plus confortable. Il n'est en revanche pas clair s'ils la rendent nécessairement plus sûre, car déléster les conducteurs d'une partie de leurs tâches ouvre la voie à des activités annexes ou à une conduite plus risquée. Par ailleurs, des technologies novatrices devraient désamorcer les situations dangereuses par un avertissement précoce et une intervention habile dans la dynamique de conduite. De grands espoirs de **renforcement de la sécurité routière** sont placés dans ces technologies automobiles intelligentes. En effet, de nombreuses applications sont prometteuses, car elles enregistrent davantage d'informations, qu'elles traitent plus rapidement et de manière plus fiable, et, le cas échéant, y réagissent plus vite que les conducteurs eux-mêmes. Selon une étude de l'institut allemand BASt (Bundesanstalt für Strassenwesen), l'ensemble des systèmes d'assistance à la conduite permettraient d'éviter plus de 70% des accidents graves de la route.

Leurs effets resteront toutefois plutôt modestes au cours des prochaines années. En effet, certains systèmes prometteurs comme les systèmes d'assistance aux carrefours ou les systèmes anticollision ne sont pas encore sur le marché. Le développement d'un produit jusqu'à sa commercialisation est un processus de longue haleine qui peut durer de nombreuses années. D'autres systèmes sont déjà disponibles, mais ils sont souvent chers et, de ce fait, réservés aux véhicules haut de gamme, raison pour laquelle leur taux de pénétration du marché est relativement faible. Vu qu'il faut compter environ 8 ans pour le renouvellement de la moitié du parc automobile

suisse, il faudra un certain temps avant que la plupart des voitures de tourisme soient équipées des systèmes de sécurité les plus récents. Il est donc important de stimuler activement la **demande** en technologies de sécurité audacieuses, afin d'équiper un maximum de voitures de tourisme neuves des systèmes de sécurité les plus importants.

Puisque la Suisse a intérêt à promouvoir les véhicules sûrs, il y a lieu d'adopter des stratégies/mesures spécifiquement destinées à accélérer la pénétration du marché par les systèmes automobiles intelligents. Celles-ci mettront l'accent sur les systèmes suivants: contrôle électronique de stabilité (ESC), système anticollision et adaptation intelligente de la vitesse (ISA). Mais d'autres systèmes, comme les systèmes d'assistance au guidage longitudinal et transversal, ont, ensemble, un énorme potentiel de sécurité.

Le présent dossier de sécurité recommande de mettre en œuvre les stratégies/mesures suivantes:

De par la loi, certaines technologies automobiles de sécurité peuvent être rendues obligatoires dans **l'équipement standard de tout véhicule neuf** (c'est p. ex. le cas de la ceinture de sécurité). Pareilles exigences légales imposées aux constructeurs automobiles requièrent néanmoins de longs processus de normalisation et d'harmonisation au plan international. En vertu de l'Accord sur les obstacles techniques au commerce, la Suisse ne peut pas faire cavalier seul. Elle peut en revanche faire siennes les prescriptions de l'UE.

Il est aussi possible d'équiper les véhicules après coup, ce qui est surtout indiqué en cas de responsabilités et/ou d'une mise en danger importantes. Les **prescriptions légales** sur l'utilisation d'enregistreurs de données et d'éthylotests antidémarrage

comme mesure de rééducation pour les délinquants de la route après un retrait de permis sont ainsi sur le point d'entrer en vigueur.

Vu le faible niveau de connaissances des conducteurs de voitures de tourisme sur les technologies automobiles intelligentes, il faut accorder une grande importance à la dissémination active d'informations lors d'**événements**, sur des **plateformes de communication** ou par des **campagnes de communication**. En effet, les citoyens et les décideurs politiques n'investiront pas dans ces technologies et ne les encourageront pas s'ils ne connaissent pas leur utilité et leurs bénéfices. La communication fera appel à des outils éprouvés, tout en testant de nouvelles approches dans le cadre de projets pilotes. Les stratégies d'information se fonderont sur de solides analyses situationnelles des groupes cibles.

En plus des stratégies d'information destinées au grand public, il est aussi recommandé de promouvoir spécifiquement les technologies automobiles dans le cadre des **conseils de sécurité prodigués aux entreprises** ayant une flotte de véhicules, de sorte que les gestionnaires de flotte connaissent les importants bénéfices en termes de sécurité des systèmes intelligents d'assistance à la conduite et de surveillance du conducteur.

Il est conseillé d'examiner un éventuel recours à des **systèmes d'incitation**, p. ex. sous la forme de réductions de la prime d'assurance ou de la taxe sur la circulation routière pour les véhicules dotés de certains équipements de sécurité. Des expériences étrangères montrent en effet que pareils systèmes peuvent doper les ventes des technologies automobiles de sécurité.

Différents **tests consommateurs** évaluent le niveau de sécurité des véhicules et procèdent à une comparaison des résultats. Le programme de tests EuroNCAP est la référence en la matière. Ces tests comparatifs permettent aux personnes qui envisagent d'acheter un nouveau véhicule de faire intervenir le niveau de sécurité dans leur choix et incitent l'industrie automobile à optimiser constamment les véhicules au-delà des exigences légales.

2.4.3 Infrastructure routière

Sur la base de l'analyse, il est nécessaire de se concentrer sur les aspects infrastructurels suivants pour réduire le nombre d'occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués.

En localité

Il s'agit en premier lieu d'éviter, autant que possible, les **objets fixes** hors de la chaussée dans les virages ou, en deuxième lieu, de les configurer de manière à ce qu'ils n'entraînent pas de conséquences graves en cas de collision (points de rupture théorique, construction fine). En dernier recours, on signalera clairement pareils objets ou atténuera l'agressivité de leur forme. Considérés au sens large, les **éléments de séparation au milieu de la chaussée** (p. ex. voie de circulation au milieu de la chaussée, îlot central, aide au tourne-à-gauche pour le trafic des deux-roues légers), qu'ils relèvent de la technique de la circulation ou de l'aménagement de l'espace routier, ont des répercussions positives sur plusieurs types d'accidents déterminants. Il en va de même des approches **à grande échelle** qui visent à **réduire la vitesse** adoptée par les conducteurs, parmi lesquelles en particulier la mise en œuvre du régime de vitesses 50/30 km/h en localité. Il faut souligner que la plupart des occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués sont à déplorer sur les routes

à orientation trafic, si bien qu'on veillera surtout à un aménagement valorisant de ces routes lors de l'application dudit régime. Des **carrefours** réalisés de manière adéquate contribuent non seulement à diminuer le nombre d'accidents qui s'y produisent, mais permettent aussi de combattre les tamponnements grâce au maintien de la capacité, qui n'est pas nécessairement synonyme d'élévation de la vitesse. Par ailleurs, un **éclairage routier** conforme aux normes a des effets positifs sur tous les types d'accidents à l'intérieur des localités.

Hors localité

Un **tracé** qui incite les conducteurs à adopter intuitivement la vitesse qui convient a une influence positive sur l'accidentalité dans son ensemble. L'élément central en est l'agencement adéquat des virages et des lignes droites, ainsi que des raccordements convexes et concaves. Dans la mesure du possible, on évitera les **objets fixes**, en particulier ceux situés hors de la chaussée dans des virages. Ils devraient se trouver à une distance de 6 m au moins du bord de la chaussée (10 m sur les semi-autoroutes). Si ceci n'est pas réalisable (p. ex. en raison de la topographie), il faut les configurer, si possible, de manière à ce qu'ils n'entraînent pas de conséquences graves en cas de collision (points de rupture théorique, construction fine). Sinon, les objets fixes peuvent être protégés par des glissières de sécurité. En dernier recours, on les signalera clairement ou atténuera l'agressivité de leur forme. Selon la situation et le volume de trafic, les **glissières de sécurité centrales** peuvent contribuer à éviter les collisions frontales. Il faut toutefois tenir compte des besoins particuliers des services de secours et du trafic des deux-roues légers. Comme à l'intérieur des localités, des **carrefours** réalisés de manière adéquate contribuent non seulement à diminuer le nombre d'accidents, mais permettent aussi de combattre les tamponnements

grâce au maintien de la capacité, qui n'est pas nécessairement synonyme d'élévation de la vitesse. Les **bandes sonores** au milieu ou au bord de la chaussée réduisent le nombre d'accidents liés à l'inattention/aux distractions ou à la fatigue au volant. Une **limite de vitesse différente** de la limite généralisée à 80 km/h ne devrait être mise en place que si toutes les autres interventions ont préalablement été exploitées.

Sur autoroute

Les **glissières de sécurité** doivent avoir une construction appropriée, qui ne sera ni trop rigide ni trop souple. Les **talus** devraient avoir une **déclivité** maximale de 1:4. Leurs pieds devraient si possible être arrondis. La partie frontale des **parapets de sécurité et murs de soutènement** ne doit pas faire face au trafic roulant. Il faut ôter les **objets fixes**, les protéger ou les configurer de manière à ce qu'ils absorbent l'énergie libérée en cas de choc. Les **systèmes avertisseurs de bouchon** et les marques qui indiquent la distance de sécurité à respecter en cas de **brouillard** peuvent prévenir les tamponnements. Les **bandes sonores** au bord de la chaussée réduisent le nombre d'accidents liés à l'inattention et/ou aux distractions.

Des stratégies/mesures importantes pour agir sur les aspects infrastructurels précités sont:

- promouvoir l'utilisation d'instruments permettant l'examen systématique sur tout le territoire suisse de la sécurité des infrastructures routières prévues ou existantes (instruments ISSI)
- veiller à l'application des normes VSS, les améliorer ou en adapter certaines
- former les ingénieurs et les planificateurs dans ce sens
- sensibiliser les autorités compétentes et la population au régime de vitesses 50/30 km/h en localité

2.5 Conclusions

Entre 2009 et 2013, en moyenne **118 occupants de voitures de tourisme ont, chaque année, perdu la vie** sur les routes helvétiques, et 1219 ont été grièvement blessés. Pour 2013, ceci correspond à 27% de tous les usagers de la route grièvement ou mortellement blessés.

Sur la base de leur fréquence et de leur dangerosité, le présent dossier de sécurité a déterminé l'importance pour l'accidentalité des facteurs de risque examinés pour les trois domaines suivants: conducteurs de voitures de tourisme, ces véhicules et infrastructure routière. L'analyse révèle que les **risques** déterminants pour l'accidentalité concernent surtout les **occupants de voitures de tourisme et l'infrastructure routière**. Le dossier de sécurité préconise de se concentrer sur les facteurs de risque suivants:

- compétences insuffisantes en matière de risque liées à un manque d'expérience de la conduite et à une immaturité sociale, si bien que les processus de traitement des informations aboutissent à des décisions et à des actes préjudiciables à la sécurité, particulièrement chez les jeunes conducteurs (de sexe masculin)
- conduite en état d'ébriété
- distractions au volant
- fatigue au volant
- adoption d'une vitesse inadaptée
- non-respect de la distance de sécurité
- absence d'utilisation des systèmes de retenue
- objets fixes proches de la chaussée (arbre, mur/parapet, glissière de sécurité)
- séparation insuffisante des sens de circulation, surtout hors des localités
- déficits de l'infrastructure routière qui sont à l'origine de tamponnements sur les autoroutes

et à l'intérieur des localités, p. ex. capacité insuffisante des sorties autoroutières ou exploitation non coordonnée des feux de circulation

- déficits infrastructurels dans les virages hors des localités, comme un tracé difficile à jauger par les conducteurs ou une limite de vitesse inappropriée
- déficits infrastructurels aux carrefours à l'intérieur des localités, comme un éclairage inadéquat ou une mauvaise forme d'exploitation

Plusieurs de ces facteurs de risque des occupants de voitures de tourisme n'ont pas la même importance selon la **région linguistique** de Suisse. Selon les procès-verbaux d'accidents de la police, la conduite en état d'ébriété, p. ex., est ainsi plus courante en Suisse romande et au Tessin qu'en Suisse alémanique. De même, les objets fixes hors de la chaussée, qui peuvent être fatals aux occupants de voitures de tourisme, varient: ce sont plutôt des arbres en Suisse alémanique et en Suisse romande, mais des parapets ou des murs au Tessin.

Pour réduire le risque des occupants de voitures de tourisme, il y a lieu de mettre en œuvre prioritairement les stratégies/mesures suivantes:

- formation à la conduite des nouveaux conducteurs: amélioration et contrôle de la qualité de cette formation, en particulier meilleure prise en compte (dans la théorie, la pratique et les examens) des capacités de niveau supérieur au cours des 1^{re} et 2^e phases de la formation; traitement des thèmes liés à la capacité de conduire (alcool, fatigue, distractions, drogues et médicaments au volant) davantage axé sur le comportement à adopter; pour développer les compétences en matière de risque, pratique plus soutenue de la conduite sous la forme de trajets accompagnés
- contrôles de police: intensification des contrôles de police relatifs à l'alcool, aux drogues et aux

médicaments, et intensification des contrôles de vitesse en général, en particulier hors des localités; médiatisation des contrôles

- législation/normalisation: prescriptions légales relatives à l'équipement obligatoire des véhicules neufs en technologies automobiles de sécurité particulièrement efficaces (mesure tribulaire des dispositions de l'UE); adaptation des normes VSS importantes pour les collisions avec des objets fixes hors de la chaussée; incitation des autorités à utiliser les instruments de sécurité de l'infrastructure (ISSI)
- incitations financières: examen de la possibilité d'accorder des rabais d'assurance ou des réductions d'impôts pour certaines technologies automobiles de sécurité particulièrement efficaces
- information/sensibilisation/conseils: conseils aux entreprises ayant une flotte de véhicules sur les technologies automobiles de sécurité efficaces; soutien technique des chargés de sécurité, désormais obligatoires

Tableau 1 Stratégies/mesures vivement recommandées pour réduire le nombre d'accidents de voitures de tourisme en Suisse	
Stratégie/mesure	Appréciation
Conducteurs de voitures de tourisme	
Compétences de conduite	
Amélioration et contrôle de la qualité des 1 ^{re} et 2 ^e phases de la formation à la conduite, en particulier meilleure prise en compte – dans la théorie, la pratique et les examens – des capacités des niveaux supérieurs selon la matrice GDE (Goals for Driver Education) comme les motivations, la personnalité, les valeurs, la capacité d'introspection ou la maîtrise de soi	Vivement recommandé
Pratique plus soutenue de la conduite chez les conducteurs novices sous la forme de trajets accompagnés	Vivement recommandé
Capacité de conduire	
Thématisation plus adaptée au groupe cible des effets de l'alcool, de la fatigue, des distractions, des drogues et des médicaments dans les 1 ^{re} et 2 ^e phases de la formation à la conduite (transmettre des connaissances, mais surtout mettre l'accent sur la mise en application dans les actes)	Vivement recommandé
Intensification des contrôles de police bien visibles et médiatisés relatifs à l'alcool, aux drogues et aux médicaments	Vivement recommandé
Interdiction générale de téléphoner au volant (y compris avec un dispositif mains libres)	Vivement recommandé (mais politiquement quasi irréalisable en CH)
Comportement au volant	
Intensification des contrôles de vitesse en général, en particulier hors des localités, et leur médiatisation	Vivement recommandé
Voitures de tourisme	
Équipement obligatoire des véhicules neufs en technologies automobiles de sécurité particulièrement efficaces (p. ex. systèmes anticollision ou feux avant adaptatifs)	Vivement recommandé (mais tributaire des dispositions de l'UE)
Systèmes d'incitation financière tels que rabais d'assurance ou réductions d'impôts pour certaines technologies automobiles de sécurité particulièrement efficaces	Vivement recommandé
Diffusion des technologies automobiles de sécurité efficaces dans le cadre des conseils de sécurité dispensés aux entreprises avec une flotte de véhicules	Vivement recommandé
Infrastructure routière	
Adaptation de certaines normes VSS importantes pour les collisions avec des objets fixes	Vivement recommandé
Incitation des autorités à utiliser les instruments de sécurité de l'infrastructure (ISSI), en particulier les Road Safety Inspections (en mettant l'accent sur la lisibilité des installations routières et leur tolérance aux erreurs)	Vivement recommandé
Soutien technique des chargés de sécurité, désormais obligatoires	Vivement recommandé

Tableau 2 Stratégies/mesures recommandées pour réduire le nombre d'accidents de voitures de tourisme en Suisse	
Stratégie/mesure	Appréciation
Conducteurs de voitures de tourisme	
Aptitude à la conduite	
Assurance-qualité de la détermination de l'aptitude à la conduite (préciser la procédure et les contenus); introduction d'exigences physiques et psychiques minimales précises dans l'ordonnance en la matière	Recommandé (degré de nécessité dépendant de la mise en œuvre de la mesure de Via sicura déjà adoptée)
Formation des personnes dans les services des automobiles qui sont chargées de décider de la nécessité d'une détermination de l'aptitude à la conduite et de son type pour qu'elles se fondent sur des critères uniformes dans toute la Suisse	Recommandé
Démarche coordonnée des différents acteurs pour fournir systématiquement aux conducteurs de voitures de tourisme âgés (p. ex. à partir de 60 ans) du matériel d'information sur les baisses de performance liées à l'âge ou aux maladies et préjudiciables à la sécurité (p. ex. sous forme d'instruments d'autoévaluation), et promotion (éventuellement par un système d'incitation) des examens facultatifs de la vue visant à détecter la cataracte	Recommandé
Campagne de communication conçue sur la base d'une analyse scientifique de la situation et destinée à sensibiliser les conducteurs de voitures de tourisme âgés (p. ex. à partir de 60 ans) aux baisses de performance liées à l'âge ou aux maladies et préjudiciables à la sécurité	Recommandé
Extension de l'examen de la vue nécessaire à l'obtention du permis d'élève conducteur: contrôle de l'acuité visuelle dans des conditions de faible luminosité/de nuit (myopie nocturne)	Recommandé
Information (par le biais des canaux existants) des conducteurs de voitures de tourisme quant à la nécessité de se soumettre à des contrôles périodiques de l'acuité visuelle (de jour et de nuit) à partir de 50 ans	Recommandé
Introduction d'un permis de conduire à validité limitée dans le temps pour l'ensemble des conducteurs de voitures de tourisme (sur le modèle de la 3 ^e directive de l'UE relative au permis de conduire) associé à des conditions de récupération efficaces	Recommandé (mais politiquement quasi irréalisable en CH, car refusé dans le cadre de Via sicura)
Capacité de conduire	
Formation des policiers afin qu'ils détectent mieux les conducteurs sous influence de drogues ou de médicaments et pour optimiser leurs prises de position dans le cadre du principe des trois piliers (appréciation de la capacité de conduire sur la base des observations policières, des expertises médicales et des analyses de sang)	Recommandé (associé à la densification des contrôles relatifs aux drogues et aux médicaments)
Sensibilisation des spécialistes (médecins, notamment psychiatres, pharmaciens) ainsi que des patients et de leurs proches au problème de la prise de médicaments pour la conduite	Recommandé
Amélioration et contrôle de la qualité des offres existantes/futures en matière de programmes de rééducation routière	Recommandé
Sanction (mesures administratives et d'ordre pénal) plus rapide (plus rapprochée dans le temps) en cas de délit routier	Recommandé
Campagne de communication sur le thème de l'alcool au volant conçue sur la base d'une analyse scientifique de la situation (associée notamment à des contrôles de police)	Recommandé
Prévention généralisée des toxicomanies à l'école en vue d'une consommation de drogues responsable	Recommandé
Campagne de communication sur les thèmes de la fatigue et des distractions au volant, conçue sur la base d'une analyse scientifique de la situation (en collaboration avec des multiplicateurs/relais)	Recommandé
Information approfondie, par les médecins, des patients atteints de somnolence diurne	Recommandé

Tableau 2 (suite)

Stratégies/mesures recommandées pour réduire le nombre d'accidents de voitures de tourisme en Suisse

Stratégie/mesure	Appréciation
Conducteurs de voitures de tourisme	
Comportement au volant	
Intensification des contrôles de police relatifs au port de la ceinture de sécurité sur les sièges arrière et à l'utilisation de dispositifs de retenue pour enfants (surtout en localité), et leur médiatisation	Recommandé
Campagne de communication sur le thème de la vitesse conçue sur la base d'une analyse scientifique de la situation (associée à une intensification des contrôles de police)	Recommandé
Augmentation de l'attrait de la participation volontaire à des cours de rééducation routière par l'allongement de la durée de retrait du permis pour les délinquants non tenus de suivre pareil cours en dépit de l'introduction de la mesure «formation complémentaire des conducteurs fautifs» de Via sicura (p. ex. primodélinquant ayant commis un excès de vitesse grave)	Recommandé
Lettres d'avertissement aux délinquants de la vitesse (dans le cadre du système actuel)	Recommandé (mais difficilement réalisable sur la base des art. 16a, b et c LCR)
Intensification des contrôles de police relatifs au respect de la distance de sécurité, associés à une campagne de communication bien conçue (examiner l'utilisation de radars fixes/automatiques de contrôle de la distance de sécurité)	Recommandé (des progrès techniques et des précisions légales seraient utiles à cet égard)
Monitorage du taux de véhicules circulant avec les feux allumés de jour ces prochaines années et, le cas échéant, campagne de communication fondée scientifiquement	Recommandé (réalisation de la campagne néanmoins tributaire de l'évolution du taux de feux allumés)
Sensibilisation et information des occupants de voitures de tourisme au moyen de campagnes de communication bien conçues sur les thèmes du port de la ceinture de sécurité par les passagers arrière en particulier et de l'utilisation de dispositifs de retenue pour enfants (surtout en association avec des contrôles de police)	Recommandé
Mesures d'ordre général	
Evaluation du système en cascade, en particulier relativement au renforcement des sanctions introduit dans le cadre de Via sicura, et proposition d'améliorations, si nécessaire	Recommandé
Examen du recours accru au retrait de permis – mesure à l'efficacité avérée – dans le cadre du système de sanctions existant	Recommandé
Voitures de tourisme	
Evaluation scientifique des enregistreurs de données comme mesure de rééducation suite à des délits routiers liés à la vitesse	Recommandé
Utilisation de tachygraphes en vue du calcul individualisé des primes d'assurance (modèle d'assurance PAYD c.-à-d. pay-as-you-drive)	Recommandé
Campagne de communication visant à promouvoir les systèmes d'assistance à la conduite efficaces, conçue sur la base d'une analyse scientifique de la situation, et événements d'information de la population	Recommandé
Soutien des tests consommateurs comme ceux de EuroNCAP et diffusion de leurs résultats	Recommandé
Démonstration de l'utilité et de la praticabilité de technologies novatrices dans des projets pilotes	Recommandé
Enregistreur de données d'accident et éthylotest antidémarrage obligatoires pour les véhicules affectés au transport de marchandises dangereuses et de personnes	Recommandé (utilité limitée pour les occupants de voitures de tourisme)
Infrastructure routière	
Contrôle, au niveau fédéral, que les lois cantonales et communales sur les constructions (de routes) contiennent des dispositions sur l'obligation, pour l'infrastructure routière, d'être conforme à l'état actuel de la technique	Recommandé
Promotion de la mise en place du régime de vitesses 50/30 km/h en localité par les autorités compétentes et sensibilisation de la population	Recommandé (utilité limitée pour les occupants de voitures de tourisme)
Sensibilisation des ingénieurs et des planificateurs à la sécurité routière au cours de la formation de master en ingénierie des transports et de formations continues/perfectionnements, et information concernant notamment les projets d'infrastructure routière: conception des routes à orientation trafic en localité et des routes hors localité	Recommandé
Sensibilisation des autorités compétentes à l'importance de l'infrastructure pour la sécurité routière (conseils techniques, événements réguliers, publications dans les revues spécialisées)	Recommandé
Etudes sur le lien entre les déficits techniques de l'infrastructure routière et les accidents impliquant des occupants de voitures de tourisme grièvement blessés ou tués	Recommandé

3. Conducenti e passeggeri di automobili

3.1 Introduzione

Nel quadro della collana «dossier sicurezza dell'upi» il dossier «Conducenti e passeggeri di automobili» è stato aggiornato sistematicamente.

La metodica utilizzata è orientata a quella dell'epidemiologia. In virtù della **procedura scientifica**, i dossier vogliono offrire delle **solide basi ai decisori** e sono indirizzati a persone e istituzioni responsabili della pianificazione e del finanziamento di misure di prevenzione o di altri provvedimenti rilevanti per la sicurezza della circolazione stradale.

Il presente dossier sicurezza «Conducenti e passeggeri di automobili» illustra **l'incidentalità** in Svizzera, tratta i **fattori di rischio**, classificandoli secondo la loro rilevanza per la realtà svizzera e elenca le possibili **misure** per incrementare la sicurezza⁵. I consigli concreti si orientano alle condizioni quadro presenti in Svizzera. Alla fine del riassunto vengono proposte strategie/misure (molto) raccomandabili.

3.2 Incidentalità

Tra il 2009 e il 2013, sulle strade svizzere ogni anno **sono morti** mediamente **118 occupanti di un'auto**, 1219 hanno riportato ferite gravi. Da un paragone con altri Paesi emerge che la Svizzera occupa un ottimo posto nella classifica degli occupanti di un'auto morti. Il confronto con il Giappone, che si situa al primo posto, mostra però anche che rispetto

alla popolazione sono raggiungibili rischi di morte ancora più bassi. Se per la Svizzera ci si basa sul livello del Giappone, soltanto nel 2013 sarebbero morti circa 30 occupanti di un'auto in meno.

Anche l'**evoluzione a lungo termine** dell'incidentalità degli occupanti di un'auto si è rivelata estremamente **positiva**. In effetti, dal 1980 il numero dei danni gravi alle persone ha potuto essere ridotto dell'82%. Nello stesso arco di tempo, i chilometri percorsi dalle automobili è salito da 32 mld a 54 mld veicolo-chilometri. Se nel 1980 il 42% di tutti i danni gravi alla persona (feriti gravi e morti) venivano attribuiti agli occupanti di un'auto, nel 2013 la percentuale è scesa al 27%.

Le analisi degli incidenti rilevati dalla polizia evidenziano che gli **occupanti maschi di un'auto compresi tra i 18 e i 24 anni** presentano il rischio più alto di subire un incidente grave. Inoltre, tra gli uomini le conseguenze dell'incidente sono più gravi: la loro percentuale nella categoria degli occupanti auto morti è sensibilmente maggiore rispetto a quella delle donne.

Circa la metà di tutti i danni gravi alle persone occorsi agli occupanti di un'auto si sono verificati su una **strada extraurbana**. Se si considera solo il numero dei morti, sulle strade extraurbane si tratta addirittura del 64%. Ben la metà degli occupanti di un'auto feriti gravemente o morti è coinvolta in uno sbandamento/incidente a veicolo isolato e quasi un ulteriore terzo in collisioni frontali e tamponamenti. Nel 77% delle **collisioni** gravi si tratta di collisioni auto/auto, mentre nei rimanenti incidenti gli

⁵ Poiché gli incidenti d'auto coinvolgono solo raramente altri tipi di veicoli, il presente rapporto è incentrato sul sistema automobile sia per i fattori di rischio – suddivisi nei fattori essere umano, veicolo e infrastruttura – sia per le misure. Non sarà, dunque, oggetto di studio ad es. la problematica della sonnolenza tra i camionisti quale fattore di rischio per i conducenti e i passeggeri di automobili.

utenti antagonisti sono soprattutto autocarri e autofurgoni.

Secondo le informazioni della polizia, negli incidenti d'auto gravi rilevati, oltre alla **disattenzione e alla distrazione**, le principali cause sono per lo più la **velocità** inadeguata o il superamento del limite di velocità segnalato o legale nonché l'**alcol**. La combinazione di alcol e velocità causa in particolare negli incidenti **notturni** e del **fine settimana** un'elevata percentuale su tutti i danni gravi alle persone tra gli occupanti di un'auto.

3.3 Fattori di rischio

I fattori di rischio possono riferirsi alla probabilità che succeda un incidente oppure alla probabilità che l'incidente verificatosi comporti un danno grave alla persona.

Per determinare i fattori di rischio si ricorre sia a risultati empirici sia al generale stato dell'arte scientifico nel senso di nozioni tecniche degli ambiti psicologia del comportamento, biomeccanica, medicina, fisica e tecnica del traffico.

3.3.1 Conducenti di automobili

I fattori di rischio che partono dai conducenti di un'automobile possono essere suddivisi negli ambiti idoneità alla guida, competenza a condurre e capacità di guida. Vengono inoltre discussi fattori di rischio del comportamento osservabile come la scelta di velocità o l'indossare o meno le cinture di sicurezza (a prescindere dal fatto che dipenda dall'idoneità alla guida, dalla competenza a condurre o dalla capacità di guida).

L'**idoneità a condurre** può essere limitata da deficit dovuti a malattia o all'età (ad es. diabete, demenza, alcolismo, vista ridotta) oppure anche da una non idoneità caratteriale (in base a determinate caratteristiche della personalità). Tuttavia, una **diagnosi di malattia** non comporta necessariamente un'idoneità alla guida limitata. Più determinanti sono le **limitazioni funzionali presenti**, tenuto conto delle possibilità di trattamento (ad es. occhiali, farmaci) o delle proprie possibilità di compensazione (ad es. rinuncia a guidare di notte). La **rilevanza d'incidente** delle limitazioni dovute all'età o a malattia nonché alle carenze caratteriali nei conducenti è **piuttosto bassa** rispetto ai fattori di rischio di seguito illustrati.

Per quanto riguarda la **competenza a condurre**; è soprattutto la **competenza del rischio poco sviluppata** degli automobilisti a incidere negativamente sulla sicurezza degli occupanti di un'auto; soprattutto nei neopatentati giovani: spesso, a causa della loro scarsa esperienza di guida nonché dell'imaturità sociale l'elaborazione di informazioni comporta decisioni a scapito della sicurezza. Per gli incidenti risultano invece praticamente irrilevanti le insufficienti capacità di guida motorie.

Anche caso di idoneità e competenza a condurre, la **momentanea capacità di guida** può essere limitata. Per gli occupanti di un'auto sussistono specialmente dei rischi con la guida in stato di ebbrezza. Ben il 20% degli occupanti di un'auto sono stati feriti in modo grave o sono morti perché un automobilista era al volante alcolizzato. Va tenuto conto che una parte di queste infrazioni per guida in stato di ebbrezza sono riconducibili a una mancante idoneità alla guida (alcolismo o non idoneità caratteriale). Anche le droghe e i farmaci aumentano il rischio d'inci-

dente, sono però meno diffusi nella popolazione totale dei conducenti di un'auto rispetto all'alcol o ad altri fattori come la stanchezza e le distrazioni di diverso tipo che limitano momentaneamente la capacità di guida.

Importanti fattori del **comportamento osservabile** sono il mancato adeguamento della **velocità** nonché la rinuncia a **indossare la cintura di sicurezza**. Una rilevanza sensibilmente inferiore – ma non trascurabile – va attribuita alla **distanza di sicurezza** insufficiente e alla rinuncia alle **luci di circolazione diurne**.

Tra i **conducenti giovani** (maschi) si accumulano specialmente i fattori di rischio nell'ambito della competenza a condurre: frequentemente nel processo decisionale si lasciano guidare dall'emozione e influenzare da motivazioni che contrastano con la sicurezza. Anche per quanto riguarda la non idoneità caratteriale si distinguono per il loro comportamento alla guida troppo veloce e irrispettoso. Inoltre, questo gruppo target tende a indossare meno la cintura di sicurezza. Tra gli **anziani** si manifestano più spesso in particolare limiti dovuti a malattie e all'età rispetto alle altre fasce d'età. Anche nella **fascia d'età media** emergono rischi centrali dovuti per esempio a problemi alla vista o all'alcolismo.

3.3.2 Automobile

Nei veicoli i rischi si concentrano soprattutto sulle **caratteristiche del veicolo rilevanti per la sicurezza**, come massa del veicolo, colore dell'auto, stato tecnico e pneumatici⁶.

Una rilevanza non trascurabile per la sicurezza degli occupanti di un'auto è attribuibile alle elevate **differenze della massa** delle automobili coinvolte in una collisione. Il pericolo rappresentato dai SUV e dai fuoristrada che vanno di moda, sembra tuttavia attenuarsi. Non sussiste più un particolare rischio dell'utente antagonista nell'incidente. La rilevanza d'incidente del **colore dell'auto** può essere considerata scarsa, soprattutto da quando nel 2014 è stato introdotto l'obbligo di circolare a luci accese di giorno. Anche il significato dello **stato tecnico** delle automobili nonché degli **pneumatici** montati è, in Svizzera, da considerarsi poco rilevante per la sicurezza.

3.3.3 Infrastruttura

I deficit tecnici dell'infrastruttura stradale si possono suddividere in componenti di sistema mancanti, difettosi ed errati (p. es. segnale di pericolo mancante, raggio di curva troppo grande oppure incrocio regolato con precedenza da destra invece che con un segnale di stop). Per tali rischi tuttavia non esistono quasi risultati di ricerca in forma sufficientemente precisa. Inoltre, questi deficit non emergono nemmeno dalla statistica svizzera degli incidenti stradali. In riferimento al metodo dell'**analisi tecnica degli incidenti stradali** sono pertanto stati dedotti **cosiddetti possibili deficit infrastrutturali** provenienti dagli incidenti stradali rilevati dalla polizia. **Indizi per tali deficit**, rilevanti per gli occupanti di un'auto, sono stati individuati in analisi sui tipi d'incidente frequenti, sui luoghi d'incidente centrali e su difetti nonché sulle cause principali frequentemente rilevate dalla polizia.

⁶ In questa sede non sono tematizzati i rischi che per gli occupanti di un'auto risultano dall'assenza di specifiche tecnologie automobilistiche di sicurezza come p. es. l'ABS, la costruzione della zona di deformazione oppure l'equipaggiamento

dal punto di vista delle luci. L'effetto di queste tecnologie sulla sicurezza degli occupanti di un'auto è trattato nel capitolo dedicato alle misure relative al veicolo.

3 dei quasi 60 diversi **tipi d'incidente** elencati nei verbali della polizia sono risultati determinanti per due terzi dei passeggeri di un'auto feriti gravemente e morti:

- **incidenti a veicolo isolato/sbandamenti che hanno comportato una collisione con un oggetto fisso fuori della carreggiata:** concernono il 34% di tutti gli occupanti di un'auto feriti gravemente e morti (su strade urbane il 30%, su strade extraurbane il 35%, in autostrada il 37%);
- **tamponamenti:** interessano il 14% di tutti gli occupanti di un'auto feriti gravemente e morti (su strade urbane il 15%, su strade extraurbane il 6%, in autostrada il 39%);
- **collisioni frontali con un veicolo proveniente dal senso di marcia opposto:** riguardano il 16% di tutti gli occupanti di un'auto feriti gravemente e morti (su strade urbane il 14%, su strade extraurbane il 23%, in autostrada il 43%).

La probabilità che un incidente comporti conseguenze drammatiche (gravi ferite o morte), è però molto inferiore nei tamponamenti rispetto agli altri due tipi d'incidente.

In termini assoluti, il maggior numero di incidenti gravi tra gli occupanti di un'auto si verifica in **curva** (40%). Questo luogo d'incidente è particolarmente rilevante sulle strade extraurbane dove la percentuale delle persone ferite gravemente o morte in una curva ammonta al 52%. Il 17% degli incidenti gravi con occupanti di un'auto si verifica ai **nodi** (nell'abitato 29%).

L'analisi delle **cause principali** nella statistica svizzera degli incidenti registrati dalla polizia non è esauriente per quanto riguarda gli indizi relativi ai possibili deficit infrastrutturali. Da un lato risultano frequenti cause principali non riconducibili a influssi

infrastrutturali (p. es. effetto dell'alcol). Dall'altro lato, contrariamente alla valutazione secondo i tipi d'incidente, una gran parte degli occupanti di un'auto feriti gravemente e morti non sono attribuibili a poche cause principali.

La suddivisione secondo il tipo di strada, in base a questi tipi d'incidente, luoghi d'incidente nonché cause principali rilevanti consente di risalire ai seguenti deficit infrastrutturali possibili. Va tenuto conto che il medesimo **deficit infrastrutturale** può comportare diversi tipi d'incidente:

- **Strada urbana:** un regime di velocità inadeguato combinato all'utilizzo di un arredo dello spazio stradale incompatibile, a oggetti fissi quali potenziali oggetti di collisione, a un arredo inadeguato dell'intersezione, a un'insufficiente percettibilità dell'infrastruttura e dell'operatività di notte
- **Strada extraurbana:** oggetti fissi quali potenziali oggetti di collisione, tracciato stradale non autoesplicativo, limite di velocità massimo inadeguato, arredo dell'intersezione inadeguato e possibilità di sorpasso non impedita sulle tratte critiche
- **Autostrada:** oggetti fissi quali potenziali oggetti di collisione e capacità insufficiente delle uscite

3.4 Prevenzione

I fattori di rischio identificati possono essere ridotti con diverse misure, che intervengono sull'essere umano, sul veicolo o sull'infrastruttura. Alcune possibilità sono date dalle strategie educative (informazione), tecniche, giuridiche (compresa l'esecuzione) nonché economiche.

3.4.1 Conducenti di automobili

Gli automobilisti possono contribuire in modo essenziale ad aumentare la propria sicurezza e quella

dei loro passeggeri. È quindi del tutto logico influenzare miratamente il **comportamento** dei conducenti. L'obiettivo globale consiste nel promuovere un comportamento alla guida previdente, orientato alla sicurezza e cooperativo, attribuendo particolare importanza alla **scelta della velocità** e al **rispetto della distanza**. Spesso, inoltre, indossare la **cintura di sicurezza** può fare la differenza tra la vita e la morte.

Oltre alla diretta influenza del comportamento alla guida concreto, sostanzialmente la prevenzione va incentrata sugli ambiti dell'idoneità alla guida, della competenza a condurre e della capacità di guida. Da un lato occorrono misure indirizzate a tutti, che contribuiscano il più possibile alla riduzione dei rischi, prima che succeda qualcosa (**prevenzione generale**). D'altro canto servono altresì misure rivolte in modo mirato ai gruppi target più esposti, che si distinguono per il loro comportamento a rischio (**prevenzione speciale**).

L'assicurazione di un'**idoneità alla guida** sufficiente dovrebbe essere ottimizzata in Svizzera. È particolarmente importante **garantire la qualità** a livello nazionale, definendo i contenuti, le mansioni e le procedure. Le autorità dovrebbero ricorrere maggiormente alla **possibilità di poter verificare l'idoneità alla guida** e applicare criteri uniformi, in particolare in caso di infrazioni gravi o recidività che sono indizi di una non idoneità caratteriale. A tale proposito, un contributo importante viene offerto dalla misura di Via sicura già approvata ma non ancora entrata in vigore «Preparazione specifica nella certificazione dell'idoneità alla guida e revisione dei requisiti medici minimi dei conducenti».

All'aumento della **competenza a condurre, e in particolare della competenza del rischio**, può

contribuire sia la prima, sia la seconda fase dell'istruzione alla guida. È importante che a tutti i livelli (**prima e seconda fase**, contenuti per formazione ed esami) vengano rispettate maggiormente le **«higher skill» della matrice GDE** (Goals for Driver Education). Il raggiungimento della competenza a condurre e soprattutto della competenza del rischio è un processo lungo, che oltre a una solida esperienza di guida (esercitazioni accompagnate) richiede autoriflessione e capacità di autogestione. Sono altresì indicate le **misure repressive** efficaci quali interventi complementari. I controlli della velocità dovrebbero essere effettuati più frequentemente anche sulle strade extraurbane.

Nella circolazione stradale la **capacità di guida** può essere limitata a breve termine da una moltitudine di fattori. Nella circolazione stradale l'alcol, le droghe illegali e i farmaci, la stanchezza e le distrazioni di diversa natura non sono rari. Per ogni singolo di questi fattori, il rischio di essere coinvolto in un incidente aumenta in modo esponenziale. La principale rilevanza d'incidente è attribuita ad alcol, stanchezza e distrazione, a causa della loro diffusione e pericolosità. Con l'eliminazione di questi fattori di rischio sulle strade svizzere, la sinistrosità potrebbe essere ridotta notevolmente. Ciò può essere raggiunto mediante misure universali rivolte a tutti i conducenti di veicoli a motore. Per alcune specifiche categorie di persone vanno adottate misure mirate. Gli incidenti dovuti a una capacità di guida compromessa vedono coinvolti in misura superiore alla media particolarmente i conducenti giovani e i maschi. Le **misure educative** idonee dovrebbero essere imperniate sull'aumento della competenza del rischio degli automobilisti in generale e dei conducenti giovani e dei maschi in particolare. Occorrerebbe puntare maggiormente su questo aspetto sin dalla prima fase di formazione. Il rischio di essere puniti in seguito a un **controllo della polizia**

è – anche per l'alcol – tuttora troppo esiguo. Tuttavia la polizia dispone solo di possibilità limitate per poter controllare la capacità di guida. Se verificare la guida in stato d'ebbrezza è relativamente semplice, per la polizia sul posto risulta decisamente più difficile accertare i casi di stanchezza, droghe illegali e farmaci. La distrazione può essere controllata solo con grande difficoltà: il conducente rinuncia a qualsiasi attività che lo distrae non appena vede il poliziotto. I progressi nella **tecnologia dei veicoli** offriranno in futuro possibilità totalmente nuove per riconoscere l'incapacità alla guida, avvertire e persino per intervenire (in particolare in caso di alcol e stanchezza). In caso di inabilità alla guida, le **misure infrastrutturali** idonee non aiuteranno soltanto a prevenire gli incidenti, ma anche a minimizzare le lesioni.

3.4.2 Automobile

Per molti anni le case automobilistiche si erano concentrate sulla **sicurezza passiva** dei veicoli, in particolare in merito alle caratteristiche di collisione e ai sistemi di ritenuta come le cinture, l'airbag. Con l'avvento delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) nel veicolo, si sono aperte delle possibilità del tutto nuove: il veicolo non deve attuare le possibili lesioni solo al momento dell'incidente, ma persino prevenire l'incidente, ai sensi di una **sicurezza attiva**. Il numero di sistemi sussidiari elettronici rilevanti per la sicurezza del veicolo aumenta di anno in anno. Molti di questi sistemi possono sostenere i conducenti al volante, rendendo la guida più sicura e confortevole. Non è tuttavia certo che rendano in ogni caso più sicura la guida, poiché sgravando il conducente lasciano più spazio ad attività accessorie o a una guida più pericolosa. Oltre a sgravare il conducente, le tecnologie innovative devono essere altresì in grado di disinnescare le situazioni di pericolo con un segnale di avvertimento

tempestivo e un intervento ragionato sulla dinamica di guida. Si ripongono grandi speranze in questo tipo di tecnologie automobilistiche per quanto riguarda l'**aumento della sicurezza stradale**. Molte soluzioni possono effettivamente essere definite promettenti poiché sono in grado di raccogliere un maggior numero di informazioni, elaborarle più rapidamente e in modo più affidabile ed eventualmente reagire più tempestivamente dei conducenti stessi. Uno studio condotto dalla Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (l'istituto tedesco per le strade) attesta che i sistemi di assistenza alla guida hanno un potenziale di prevenzione di oltre il 70% sul numero complessivo di incidenti.

Nei prossimi anni tuttavia gli effetti saranno ancora piuttosto modesti. Alcuni sistemi promettenti come p. es. gli assistenti agli incroci o i sistemi anticollisione che guidano automaticamente non sono infatti ancora in commercio. Lo sviluppo fino alla maturità di mercato è un processo lungo che può durare molti anni. Nonostante il mercato proponga già altri sistemi, questi sono spesso più cari e ottenibili solo per le vetture dei segmenti superiori. Pertanto, la quota di mercato è relativamente modesta. Visto che dovranno passare più o meno 8 anni fino al rinnovamento di circa la metà del parco veicoli delle automobili in Svizzera, occorrerà del tempo prima che gran parte di essi sarà equipaggiata con i sistemi di sicurezza più moderni. Di conseguenza, la promozione attiva della **richiesta** di tecnologia di sicurezza attiva acquista ancora maggiore importanza, affinché il maggior numero possibile di automobili nuove siano provviste con i principali sistemi di sicurezza.

Dal momento che la Svizzera deve avere interesse a promuovere veicoli sicuri, occorre adottare strategie e misure specifiche, in grado di accelerare attivamente la penetrazione nel mercato dei sistemi

intelligenti per la guida. L'attenzione deve essere riposta in primo luogo sui sistemi relativi al controllo elettronico della stabilità (ESC), sistemi anti-collisione e sistemi di adattamento della velocità (ISA). Ma anche ulteriori sistemi di assistenza alla guida che agiscono sulla guida di scorrimento trasversale e longitudinale presentano insieme un enorme potenziale di sicurezza.

Per l'implementazione sono raccomandabili le seguenti strategie e misure:

È possibile dichiarare legalmente obbligatorie determinate tecnologie di sicurezza come l'**equipaggiamento standard per i veicoli nuovi** (come ad esempio nel caso della cintura di sicurezza). Tuttavia, questo genere di imposizioni legali nei confronti delle case automobilistiche presuppone prolungati processi di standardizzazione e unificazione a livello internazionale. L'Accordo sugli ostacoli tecnici agli scambi non consente alla Svizzera di agire da sola. Cionondimeno, la Svizzera può riprendere le direttive UE.

Oltre alle disposizioni in materia di equipaggiamento dei veicoli nuovi indirizzate ai produttori esiste altresì la possibilità di dotare a posteriori i veicoli con determinati sistemi. Questo risulta indicato soprattutto nei casi in cui sussiste un maggior grado di responsabilità e/o rischio. A breve saranno introdotte **disposizioni legali** per l'utilizzo di registratori su nastro magnetico ed etilometri blocca-motore quali misure di riabilitazione dopo un ritiro della patente.

In considerazione delle scarse conoscenze degli automobilisti sulle tecnologie di sistemi di assistenza alla guida intelligenti, risulta estremamente importante diffondere in modo attivo le informazioni attraverso **manifestazioni, piattaforme di comunicazione**

nonché **campagne di comunicazione**. Non è infatti possibile attendersi che i cittadini e i decisori politici investano o promuovano tecnologie di cui non sono noti i vantaggi e l'utilità. La comunicazione deve basarsi sugli strumenti affermati, di comprovata efficacia, ma comprendere anche nuovi approcci e progetti pilota. Le strategie d'informazione devono essere precedute da solide analisi della situazione del gruppo target.

Oltre alle strategie d'informazione per l'opinione pubblica, è consigliabile promuovere anche le tecnologie automobilistiche nell'ambito delle **consulenze sulla sicurezza di aziende** che detengono flotte di veicoli aziendali. I fleet manager devono conoscere l'elevato grado di sicurezza offerto dai sistemi intelligenti di assistenza e controllo del conducente.

Va verificato l'impiego di **sistemi d'incentivazione**, ad es. in forma di riduzione dei premi assicurativi o delle tasse di circolazione per i veicoli dotati di determinati sistemi di sicurezza. Alcuni esempi esteri dimostrano che ciò consente di aumentare la vendita delle tecnologie di sicurezza.

Nell'ambito di diversi **test effettuati sui consumatori** si verifica il livello di sicurezza dei veicoli, mettendoli a confronto. La maggiore rilevanza viene attribuita al programma di test Euro NCAP. Grazie ai test comparativi, prima di comprare un'auto, gli acquirenti possono valutare il livello di sicurezza e motivare così l'industria automobilistica a ottimizzare continuamente i veicoli, al di là dei requisiti imposti per legge.

3.4.3 Infrastruttura

In seguito a questa analisi, per ridurre il numero di occupanti di un'auto morti o gravemente feriti,

s'impone dunque una focalizzazione sui seguenti aspetti relativi infrastrutturali:

Strada urbana

In prima linea vanno possibilmente evitati gli oggetti fissi fuori della carreggiata nelle curve oppure in seconda linea realizzati in modo che in caso di collisione non risultino conseguenze gravi (punti di rottura teorici, costruzione filigrana). Come ripiego, questi oggetti devono essere contrassegnati in modo evidente o disporre di una forma meno aggressiva. Gli **elementi divisorii al centro della carreggiata** in senso lato (corsie multiuso al centro della carreggiata, isole centrali, aiuti per la svolta a sinistra del traffico dei veicoli leggeri a due ruote ecc.) usati come elementi tecnici o di arredo hanno un effetto positivo su più tipi d'incidente rilevanti. Lo stesso vale anche per le misure **a tappeto** finalizzate alla **riduzione** della **velocità** percorsa. In questo rientra innanzitutto l'attuazione del regime di velocità 50/30 nell'abitato. A tale proposito, si rimanda al fatto determinante che la maggior parte di occupanti di un'auto morti o gravemente feriti si registrano sulle strade a funzione di traffico, per cui nella realizzazione del modello citato va osservata in particolar modo uno sviluppo valorizzante di queste strade. Un'esecuzione adeguata dei **nodi**, da un lato contribuisce alla riduzione degli incidenti in prossimità di nodi. Dall'altro, senza ridurre la capacità (il che non equivale necessariamente a un aumento della velocità) è altresì possibile prevenire i tamponamenti. Un'**illuminazione stradale** a norma si ripercuote positivamente su tutti i tipi d'incidente sulle strade urbane.

Strade extraurbane

Un **tracciato stradale** adeguato induce i conducenti ad adattare intuitivamente la velocità, influenzando positivamente l'intera incidentalità. L'elemento centrale è in tal caso costituito dalla

sintonizzazione reciproca di curve e rettili nonché di cunette e dossi. Gli **oggetti fissi**, soprattutto al di fuori della carreggiata nelle curve, vanno il più possibile evitati. Nel caso ideale questi dovrebbero avere una distanza minima di 6 m (semiautostrade 10 m) dal margine della carreggiata. Ove ciò non fosse praticabile (ad es. per motivi topografici), nel limite del possibile gli oggetti fissi devono sempre essere eseguiti in modo che in caso di collisioni le conseguenze non siano gravi (punti di rottura teorici, costruzione filigrana). Se nessuna di queste misure è realizzabile, gli oggetti fissi possono essere protetti con un guardrail. Come ripiego, questi oggetti devono essere contrassegnati in modo evidente o disporre di una forma meno aggressiva. A seconda dell'ubicazione e del volume di traffico, i **guardrail** centrali possono contribuire positivamente alla prevenzione delle collisioni frontali. Va tenuto conto delle esigenze dell'emergenza sanitaria e del traffico dei veicoli leggeri a due ruote. Come nell'abitato, un'esecuzione adeguata dei **nodi** non solo contribuisce alla riduzione di tutti gli incidenti in prossimità di nodi, ma, senza ridurre la capacità (il che non equivale necessariamente a un aumento della velocità), consente altresì di prevenire i tamponamenti. L'applicazione di **rumble strip** al centro della strada o al margine della carreggiata si ripercuote positivamente sugli incidenti riconducibili alla distrazione e disattenzione o alla stanchezza. Ai **limiti di velocità divergenti dal limite di velocità massimo** generale di 80 all'ora va ricorso soltanto se sono stati esauriti tutti gli altri interventi.

Autostrada

La costruzione dei **guardrail** va eseguita a regola d'arte, in quanto non devono essere né troppo rigidi, né troppo morbidi. Le **scarpate** possono avere un'**inclinazione** massima di 1:4. Il piede della scarpata va possibilmente arrotondato. Le zone d'inizio

(lato frontale) dei muri di **guida e di sostegno** non devono essere rivolte al traffico in circolazione. Gli **oggetti fissi** vanno rimossi, protetti o realizzati in modo che assorbano l'energia. I **segnali d'avviso di ingorghi** azionati dal traffico nonché i segnali orizzontali che in caso di **nebbia** informano il conducente sulla distanza da tenere rispetto al veicolo che precede possono essere utili per prevenire i tamponamenti. I **rumble strip** applicati al margine della carreggiata riducono gli incidenti la cui causa è attribuibile alla disattenzione e/o alla distrazione.

Altre importanti strategie/misure che contribuiscono alla realizzazione degli aspetti infrastrutturali indicati possono essere tra l'altro:

- promuovere l'impiego di strumenti per una valutazione della sicurezza sistematica e a tappeto delle infrastrutture pianificate ed esistenti (strumenti ISSI),
- garantire l'osservanza delle norme VSS e valorizzarle; adattare determinate norme,
- formare adeguatamente gli ingegneri e pianificatori,
- sensibilizzare l'autorità competente e la popolazione a rispettare nell'abitato un regime di velocità di 50/30 all'ora.

3.5 Conclusione

Nel periodo compreso tra il 2009 e il 2013, sulle strade svizzere **sono morti** ogni anno in media **118 occupanti di un'auto**, e 1219 di essi sono rimasti gravemente feriti. Nel 2013 si trattava del 27% di tutti i feriti gravi o mortali nella circolazione stradale.

La rilevanza d'incidente dei fattori di rischio analizzati viene rilevata nei conducenti, nelle automobili e nell'infrastruttura, sulla base della loro diffusione e pericolosità. Dall'analisi emerge che sono soprattutto

i **rischi da parte degli automobilisti** e dell'**infrastruttura** a risultare rilevanti per gli incidenti. È necessario focalizzare l'attenzione sui seguenti fattori di rischio:

- scarsa competenza del rischio dovuta a un'esperienza di guida insufficiente e a un'imaturità sociale, che determina processi di elaborazione delle informazioni tali comportare decisioni e azioni a scapito della sicurezza, portano, soprattutto nei conducenti giovani (maschili) a
- guida in stato di ebbrezza
- distrazioni durante la guida
- guida in stato di eccessiva stanchezza
- scelte di velocità inadeguata
- distanze di sicurezza inadeguate
- sistemi di ritenuta non usati
- oggetti fissi in prossimità della carreggiata (alberi, muri/ringhiere, guardrail)
- divisione insufficiente dei due sensi di marcia, in particolare sulle strade extraurbane
- deficit infrastrutturali che comportano tamponamenti sulle autostrade e sulle strade urbane, p. es. capacità insufficiente di uscite autostradali oppure esercizio incoordinato di impianti semaforici
- deficit infrastrutturali nelle curve delle strade extraurbane, p. es. traiettorie delle curve difficilmente valutabili dal conducente oppure limite di velocità massimo inadeguato
- deficit infrastrutturali nei nodi delle strade urbane, p. es. illuminazione inadeguata oppure forma d'esercizio erranea

Alcuni dei fattori di rischio centrali per gli occupanti di un'auto menzionati presentano una diversa rilevanza a seconda della **regione linguistica** della Svizzera. Secondo i verbali della polizia, la guida in stato di ebbrezza è p. es. più diffusa nella Romandia e in Ticino rispetto alla Svizzera tedesca. Inoltre, anche ad

es. gli oggetti fissi contro cui vanno a urtare gli occupanti di un'auto fuori della carreggiata sono differenti: nella Svizzera tedesca e nella Romandia si tratta di alberi, in Ticino di muri e ringhiere.

Le strategie e misure da realizzare con assoluta priorità per la riduzione del rischio sono le seguenti:

- Istruzione alla guida dei neopatentati: sviluppo e garanzia di qualità dell'istruzione alla guida, in particolare una maggiore considerazione dei cosiddetti «higher skill» nella prima e nella seconda fase di formazione (teoria, pratica ed esami) nonché trasmissione più orientata alla pratica delle conoscenze in materia di capacità di guida (alcol, stanchezza, distrazione, droghe e guida sotto l'influsso di medicinali). Per sviluppare la competenza del rischio è necessaria un'esperienza di guida prolungata con esercitazioni accompagnate.
- Controlli della polizia: intensificazione dei controlli della polizia riferiti al consumo di alcolici, droghe e farmaci e nonché alla velocità in generale, soprattutto sulle strade extraurbane. I controlli della polizia devono essere affiancati da misure comunicative.
- Leggi/norme: norme di equipaggiamento giuridiche per le tecnologie di sicurezza particolarmente efficaci nei veicoli nuovi (ma conformi alle prescrizioni UE); adeguamento delle norme VSS rilevanti per le collisioni con oggetti fissi; promozione presso le autorità dell'attuazione e dell'utilizzo degli strumenti per la sicurezza dell'infrastruttura ISSI
- Incentivi finanziari: valutazione di ribassi assicurativi e riduzioni di tasse per le tecnologie di sicurezza scelte ed efficaci nei veicoli
- Informare/sensibilizzare/consigliare: consulenza nelle aziende con flotte di veicoli aziendali sulle

tecnologie di sicurezza efficaci; sostegno specialistico agli addetti alla sicurezza obbligatori

Tabella 1	
Strategie/misure molto raccomandabili per ridurre gli incidenti automobilistici in Svizzera	
Strategie/Misure	Valutazione
Conducenti di automobili	
Competenza di guida	
Sviluppo e garanzia di qualità nella 1° e 2° fase dell'istruzione alla guida. In particolare maggiore considerazione degli «higher skills» secondo la matrice GDE – Goals for Driving Education (come motivi, personalità, valori, autoriflessione, capacità di autogestione) nella 1° e 2° fase di formazione in teoria, pratica ed esami	Molto raccomandabile
Esperienza di guida prolungata per i neopatentati in forma di esercitazioni accompagnate	Molto raccomandabile
Capacità di guida	
Tematizzare maggiormente e con didattica a misura dei destinatari le ripercussioni di alcol, stanchezza, distrazione, droghe e guida sotto l'influsso di farmaci nella 1a e 2a fase della formazione (non fornire solo nozioni teoriche ma focalizzare su messa in pratica).	Molto raccomandabile
Intensificare i controlli della polizia (relativi a alcol, droghe, farmaci) ben visibili e fiancheggiati da una presenza dei media	Molto raccomandabile
Ampio divieto del cellulare (compreso vivavoce) al volante	Molto raccomandabile (ma politicamente quasi irrealizzabile in CH)
Comportamento alla guida	
Intensificare generalmente i controlli della velocità, in particolare sulle strade extraurbane; accompagnare i controlli con attività comunicative	Molto raccomandabile
Automobile	
Norme di equipaggiamento giuridiche per le tecnologie di sicurezza particolarmente efficaci nei veicoli nuovi (p. es. sistemi per evitare le collisioni o fari anteriori autoadattivi)	Molto raccomandabile (ma dipende da Ue)
Incentivi economici come ribassi sull'assicurazione e sgravio fiscale per selezionate ed efficaci tecnologie di sicurezza	Molto raccomandabile
Diffusione di tecnologie di sicurezza efficaci nel quadro della consulenza di sicurezza per imprese con flotte aziendali	Molto raccomandabile
Infrastruttura	
Adeguare delle selezionate norme VSS rilevanti per le collisioni con oggetti fissi	Molto raccomandabile
Promuovere gli strumenti per la sicurezza dell'infrastruttura ISSI presso le autorità, in particolare Road Safety Inspection (con focus su tolleranza rispetto a errori e comprensibilità di impianti stradali)	Molto raccomandabile
Sostegno tecnico degli addetti alla sicurezza a cui bisogna ricorrere per legge	Molto raccomandabile

Tabella 2
Strategie/misure raccomandabili per ridurre gli incidenti automobilistici in Svizzera

Strategie/Misure	Valutazione
Conducenti di automobili	
Idoneità alla guida	
Garanzia della qualità nella verifica dell'idoneità alla guida (precisazioni di contenuto e svolgimento) e precisi requisiti minimi fisici e psichici a livello di ordinanza	Raccomandabile (necessità di intervento dipende da realizzazione delle misure Via sicura accettate)
Formazione delle persone competenti nelle sezioni della circolazione stradale affinché in tutta la Svizzera decidano in modo omogeneo secondo i medesimi criteri sulla necessità e il tipo di esame sull'idoneità alla guida.	Raccomandabile
Procedimento coordinato degli attori per fornire agli automobilisti anziani (p. es. a partire da 60 anni) materiale informativo sulla riduzione delle capacità dovute all'età o a una malattia e rilevanti per la sicurezza (p. es. in forma di strumenti di autovalutazione), compreso l'invito a sottoporsi a un test volontario della cataratta (eventualmente promuovere con incentivi)	Raccomandabile
Campagna di comunicazione su base di analisi scientifica per sensibilizzare gli automobilisti anziani (p. es. a partire da 60 anni) nei confronti di limiti prestazionali dovuti all'età o a malattie e rilevanti per la sicurezza	Raccomandabile
Ampliamento del test della vista obbligatorio per ottenere la licenza per allievo conducente: verifica della miopia all'imbrunire/di notte (miopia notturna)	Raccomandabile
Informare gli automobilisti sulla necessità di controlli periodici della capacità visiva (diurna e notturna) a partire da 50 anni (comunicazione attraverso canali esistenti)	Raccomandabile
Introduzione di una licenza di condurre con validità limitata per tutti i conducenti di veicoli a motore (in base alla 3a direttiva sulla patente dell'Ue), legandola a condizioni efficaci per riottenere la patente	Raccomandabile (ma politicamente quasi irrealizzabile in CH poiché rifiutato nell'ambito di Via sicura)
Capacità di guida	
Istruire la polizia in modo da metterla in grado di aumentare la probabilità di riconoscere le persone che guidano sotto l'influsso di droghe e farmaci e per ottimizzare le loro prese di posizione nel quadro del principio fondato su tre pilastri (valutazione della capacità di guida in base a osservazioni della polizia, una perizia medica e analisi del sangue)	Raccomandabile (in combinazione con maggiore numero di controlli relativi a droghe e farmaci)
Sensibilizzare nei confronti della problematica dei farmaci nella circolazione stradale, sia nella categoria degli specialisti (medici, psichiatri, farmacisti) sia nel gruppo dei pazienti e familiari	Raccomandabile
Sviluppo della qualità e garanzia della qualità di offerte esistenti/future di programmi di rieducazione	Raccomandabile
Sanzionamento (procedimento penale e amministrativo) più rapido (prossimo all'infrazione)	Raccomandabile
Campagna di comunicazione su base di analisi scientifica sul tema alcol, in particolare in combinazione con controlli della polizia	Raccomandabile
Prevenzione universale contro le droghe nelle scuole con l'obiettivo di un consumo responsabile delle droghe	Raccomandabile
Campagna di comunicazione su base di analisi scientifica sul tema stanchezza ovvero distrazione (in collaborazione con moltiplicatori)	Raccomandabile
Informazione medica capillare di pazienti con maggiore sonnolenza diurna	Raccomandabile

Continuazione Tabella 2	
Strategie/misure raccomandabili per ridurre gli incidenti automobilistici in Svizzera	
Strategie/Misure	Valutazione
Conducenti di automobili	
Comportamento alla guida	
Intensificare i controlli della polizia in materia di uso delle cinture di sicurezza sui sedili posteriori e dei sistemi di ritenuta per bambini (in particolare sulle strade urbane); accompagnare i controlli con attività comunicative	Raccomandabile
Campagna di comunicazione su base di analisi scientifica sul tema velocità (in combinazione con controlli della polizia intensificati)	Raccomandabile
Aumento degli stimoli per partecipazione volontaria a corsi di educazione stradale mediante ritiro sufficientemente lungo della patente per i delinquenti che anche dopo l'introduzione della misura Via sicura «corsi d'aggiornamento dei conducenti in infrazione» non devono frequentare un corso obbligatorio (p. es. conducente che supera per la prima volta in modo grave i limiti di velocità)	Raccomandabile
Solleciti inviati a chi supera i limiti di velocità (nell'ambito del sistema esistente)	Raccomandabile (ma su base dell'art. 16 a, b e c LCStr non facilmente realizzabile)
Maggiori controlli della polizia in materia di distanza di sicurezza in combinazione con una campagna di comunicazione ben realizzata (valutare l'uso di misuratori della distanza automatici/stazionari)	Raccomandabile (sarebbero utili sviluppi tecnici e precisazioni giuridiche su fattispecie)
Monitorare l'uso delle luci nei prossimi anni e eventualmente realizzare una campagna di comunicazione corroborata da risultati scientifici	Raccomandabile (campagna dipende però dall'evoluzione del tasso d'uso delle luci)
Sensibilizzare e informare gli occupanti di un'auto mediante campagne di comunicazione ben concepite su cinture di sicurezza, anzitutto i passeggeri posteriori e anche sul tema dei sistemi di ritenuta per bambini (in particolare in combinazione con controlli della polizia)	Raccomandabile
Misure generali	
Valutazione del sistema a cascata, in particolare in merito agli inasprimenti delle sanzioni introdotte nell'ambito di Via sicura ed eventualmente proporre delle migliorie	Raccomandabile
Valutare l'uso ampliato del ritiro della patente come misura provatamente efficace all'interno dell'esistente sistema di sanzionamento	Raccomandabile
Automobile	
Valutare scientificamente l'uso di registratori dei dati come misura riabilitativa dopo superamento del limite di velocità	Raccomandabile
Uso di cronotachigrafi per il calcolo individuale dei premi (modello di assicurazione PAYD)	Raccomandabile
Campagna di comunicazione su base di analisi scientifica della situazione per promuovere dei SAG efficaci e eventi informativi per la popolazione	Raccomandabile
Sostenere test di associazioni consumatori come EuroNCAP e divulgare i risultati	Raccomandabile
Spiegare utilità e praticabilità di innovazioni tecnologiche in progetti pilota	Raccomandabile
Obbligo di equipaggiare i veicoli per il trasporto di merci pericolose e per il trasporto di persone con la scatola nera e l'etilometro blocca-motore	Raccomandabile (utilità limitata per occupanti di un'auto)
Infrastruttura	
Garantire a livello federale che le leggi di edilizia (stradale) cantonali e comunali contengano norme secondo le quali l'infrastruttura stradale deve corrispondere allo stato dell'arte	Raccomandabile
Chiedere alle autorità competenti di introdurre regime di velocità 50/30 sulle strade urbane e sensibilizzare la popolazione	Raccomandabile (utilità limitata per occupanti di un'auto)
Sensibilizzare e informare ingegneri e pianificatori rispetto alla sicurezza stradale in generale e le peculiarità della progettazione di impianti stradali durante il master per ottenere il diploma di ingegnere stradale e nella formazione continua: Progettazione di strade urbane a funzione di traffico e progettazione di strade extraurbane	Raccomandabile
Sensibilizzare le autorità competenti nei confronti del significato dell'infrastruttura in materia di sicurezza (consulenze tecniche, eventi a intervalli regolari, pubblicazioni in riviste settoriali)	Raccomandabile
Ricerca sui nessi tra deficit nell'infrastruttura stradale e l'incidentalità con occupanti di un'auto feriti gravemente e morti	Raccomandabile

III. Einleitung

1. Zielsetzung und Inhalt

Die bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung erstellt seit 2004 im Auftrag des Fonds für Verkehrssicherheit (FVS) jährlich ein Sicherheitsdossier mit periodischer Aktualisierung zu diversen Unfallschwerpunkten (z. B. Fussverkehr, Fahrradverkehr, Motorradverkehr, Personenwagen-Insassen). Das vorliegende Dossier ist das vierte, das nach seiner Ersterscheinung im Jahr 2011 einer systematischen Aktualisierung unterzogen worden ist.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erarbeitung von **Handlungsempfehlungen** zur Steigerung der Sicherheit von Personenwagen-Insassen (PW-Insassen). Dieses Dossier hat damit den Anspruch, den **aktuellen Wissensstand** in konzentrierter Form wiederzugeben und wissensbasierte Entscheidungen im Bereich Strassenverkehrsunfallprävention zu ermöglichen. Die Publikation richtet sich an Personen und Institutionen, die für die Planung und Finanzierung von Präventionsmassnahmen oder anderweitigen sicherheitsrelevanten Massnahmen im Strassenverkehr verantwortlich zeichnen.

Kapitel I, S. 13 fasst als **Abstract** den Bericht zusammen. In der **Kurzfassung** (Kap. II, S. 16) werden knapp die zentralen Aussagen der einzelnen Kapitel dargestellt. Das eigentliche Dossier beginnt mit Kapitel III, S. 55, der **Einleitung**. Darin werden die Zielsetzung und die Methodik beschrieben. Es folgt ein Überblick über das **Unfallgeschehen** der PW-Insassen in der Schweiz, aber auch im Vergleich zu Europa (Kap. IV, S. 59). Dieses wird aufgrund der polizeilich

registrierten Strassenverkehrsunfälle dargestellt (differenziert nach diversen Merkmalen wie Unfalltyp, Alter, Geschlecht, Unfallort usw.). Für die Darstellung der Verletzungen wird auf die Daten der Sammelstelle für die Statistik der Unfallversicherung SSUV zurückgegriffen. Das Kapitel V, S. 69 widmet sich den **Risikofaktoren** über alle zentralen Systemelemente von PW-Unfällen: d. h. den Risikofaktoren bei den Lenkenden von Personenwagen (Kap. V.2, S. 69), den Personenwagen (Kap. V.3, S. 95) und der Infrastruktur (Kap. V.4, S. 101). In Kapitel VI, S. 110 werden basierend auf der vorangehenden Risikoanalyse – und wiederum getrennt nach PW-Lenkenden (Kap. VI.1, S. 110), Personenwagen (Kap. VI.2, S. 137) und Infrastruktur (Kap. VI.3, S. 191) – **Interventionen** empfohlen. In Kap. VII, S. 222 werden **Schlussfolgerungen** gezogen.

2. Methodik

Die Sicherheitsdossiers widmen sich in drei Schritten der Unfallforschung: der **Unfall-, Risiko- und Interventionsanalyse**.

Die angewandte Methodik richtet sich nach jener der **Epidemiologie**. Diese befasst sich mit der **Verteilung** und den **Determinanten** von gesundheitsbezogenen Ereignissen und Zuständen in einer definierten Bevölkerungsgruppe und den **Anwendungen** der Ergebnisse zur Steuerung von Gesundheitsproblemen [1]. Aufgrund der **wissenschaftlichen Vorgehensweise** haben die Sicherheitsdossiers den Anspruch, solide Grundlagen für Entscheidungsträger bereitzustellen. «Wissenschaftliche Kenntnis beginnt

dann, wenn man das messen kann, worüber man spricht und es in Zahlen ausdrücken kann» [1]. Das **Zahlenmaterial** für das vorliegende Dossier stammt aus diversen Quellen. Wichtig sind **Zensusdaten**, die seitens der Behörden erhoben und von der bfu spezifisch ausgewertet werden (z. B. die offizielle Unfallstatistik [= polizeilich registrierte Strassenverkehrsunfälle], die registrierten Nichtberufsunfälle der obligatorisch nach der Unfallversicherung [UVG] versicherten Personen, die von SSUV gesammelt werden, der Mikrozensus «Mobilität und Verkehr» 2005/2010 oder die Todesursachenstatistik [2]). Diese Datenquellen fliessen vor allem in das Kapitel Unfallgeschehen ein, werden aber auch verwendet, um z. B. die Relevanz von Risikofaktoren oder das Potenzial von Interventionen für die Schweiz zu validieren. Eigene Datenerhebungen der bfu, wie z. B. die Beobachtungsreihen zur Gurtentragquote oder die jährliche Bevölkerungsbefragung, werden ebenfalls berücksichtigt.

Weitere wichtige Datenquellen sind **Literaturdatenbanken** (z. B. PubMed, Cochrane Library, Safetylit, TRANSPORT). Wenn möglich wird auf **Übersichtsarbeiten** zurückgegriffen. Diese fassen Ergebnisse aus diversen Einzelstudien zusammen und sind daher am aussagekräftigsten⁷. Nicht zu jedem Thema liegen Übersichtsarbeiten vor. **Einzelne Studien** können wichtige Hinweise liefern. Für die Aussagekraft der Studienergebnisse (sowohl der Übersichtsarbeiten als auch der Einzelstudien) ist die **methodische Qualität** entscheidend. Es sei auf die Methoden der Epidemiologie und Biostatistik verwiesen, die hierüber Auskunft geben [1,4]. Mitunter

muss in Ermangelung wissenschaftlicher Studien auf Expertenurteile zurückgegriffen werden.

Die Epidemiologie lebt vom **Vergleich zwischen Gruppen**. Ohne systematische Gruppenvergleiche lassen sich keine wissenschaftlich soliden Aussagen machen. Kennwerte, die aus Gruppenvergleichen resultieren (sogenannt relative Effekte) sagen etwas über die **Stärke eines Zusammenhangs** aus. Nur bei einem guten Studiendesign dürfen relative Effekte **kausal** interpretiert werden (z. B. der fehlende Helm ist die Ursache für die Kopfverletzung). Sowohl in der Risiko- als auch in der Interventionsanalyse sind Aussagen über kausale Zusammenhänge zentral. In der Risikoanalyse interessiert die **Gefährlichkeit** eines Risikofaktors: Wie stark erhöht ein Faktor das Unfallrisiko von PW-Insassen oder ihre Verletzungsschwere? In der Interventionsanalyse interessiert primär die **Wirksamkeit** von Interventionen: Wie stark reduziert eine Massnahme das Unfallrisiko oder die Verletzungsschwere⁸?

Ein in der Unfallforschung häufig verwendetes **Mass für die Stärke eines Zusammenhangs**, ist das **Odds Ratio (OR)**. Die Berechnung des OR basiert auf einem Gruppenvergleich hinsichtlich eines bestimmten Merkmals: z. B. schwer oder tödlich verletzte PW-Lenkende versus leicht verletzte PW-Lenkende hinsichtlich des Merkmals Alter (18–24 Jahre versus 25 Jahre und älter). Daraus resultiert eine Vierfeldertafel (Tabelle 3, S. 57). Beispiel 1 zeigt fiktive Daten mit einem **Kennwert (OR) = 1**. Das Kriterium «Verletzungsschwere» ist in diesem Rechnungsbeispiel unabhängig vom Merkmal «Alter

⁷ Übersichtsarbeiten werden in Form von «systematic Reviews» publiziert, in denen die Ergebnisse diverser Studien systematisch aufgearbeitet wurden. Idealerweise werden die Ergebnisse der Einzelstudien zusätzlich in sogenannten Meta-Analysen mathematisch verrechnet. Ein «pooled Effect» gibt in diesem Fall Auskunft über den aktuellen Wissensstand der be-

rücksichtigten Studien. Häufig sind aber auch narrative Reviewarbeiten, die (ohne eine dokumentierte Systematik im Vorgehen) wichtige Studien zusammenfassen und kommentieren [3].
⁸ Dabei interessiert primär die Wirksamkeit unter Realbedingungen, also im normalen Leben und nicht unter Idealbedingungen, wie z. B. bei mechanischen Tests im Labor.

der PW-Lenkenden». Beispiel 2 zeigt fiktive Daten mit einem **Kennwert (OR) > 1**, d. h., es liegt ein positiver Zusammenhang vor. Ein OR von 5,4 bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für tödliche oder schwere Verletzungen für PW-Lenkende im Alter zwischen 18 und 24 Jahren um den Faktor 5,4 erhöht ist⁹. Würde ein OR < 1 resultieren, stünde dies für einen negativen Zusammenhang. Die Hypothese, dass Neulenkende ein erhöhtes Verletzungsrisiko haben, müsste verworfen werden. Im Gegenteil würden die Daten darauf hinweisen, dass junge PW-Lenkende sogar ein geringeres Verletzungsrisiko aufweisen.

Aus Public-Health-Sicht interessiert aber nicht nur die Gefährlichkeit eines Risikofaktors (dokumentiert durch einen starken Zusammenhang zwischen Risikofaktor und negativen Folgen). Die Unfallrelevanz eines Risikofaktors wird auch durch dessen **Verbreitung** (Prävalenz) bestimmt. Ein sehr gefährlicher Faktor kann sehr selten auftreten und ist daher für die Unfallprävention vorderhand von untergeordneter Relevanz. Umgekehrt ist möglicherweise ein Faktor mit mittlerer Gefährlichkeit sehr weit verbreitet und hat daher aus Public-Health-Sicht Priorität.

Im Kapitel Risikofaktoren (Kap. V, S. 69) werden die Gefährlichkeit, die Verbreitung und die daraus resultierende **Unfallrelevanz der einzelnen Risikofaktoren** je auf einer Sternchen-Skala eingeschätzt

(* bis *****). Für die Prävention hat die Reduzierung von Risikofaktoren mit drei oder mehr Sternchen Priorität, ausser es existieren Massnahmen, die Risikofaktoren mit einer geringen Relevanz sehr wirtschaftlich (geringe Kosten bei hoher Wirksamkeit) reduzieren lassen.

In der Interventionsanalyse werden **Präventionsmöglichkeiten** diskutiert, die zur Reduzierung relevanter Risikofaktoren beitragen (z. B. Erhöhung der Fahrerfahrung für Neulenkende, Fahrassistenzsysteme, Trennelemente in Fahrbahnmitte). Die gesetzten **Ziele**, wie eben die Erhöhung der Fahrerfahrung für Neulenkende, lassen sich durch verschiedene Strategien realisieren. Unter **Strategien** werden Ansätze und Vorgehensweisen verstanden, die der Zielerreichung dienen [5]. Im übergeordneten Sinn handelt es sich z. B. um edukative Strategien (informieren), um legislative Strategien (regulieren und kontrollieren) oder um ökonomische Strategien (Anreize schaffen). Auch Forschungsbedarf kann als Strategie zur Zielerreichung ausgewiesen werden.

Im Kapitel Prävention (Kap. VI, S. 110) werden in einem ersten Schritt Präventionsmöglichkeiten aufgeführt oder Ziele formuliert, die der Reduktion von Risikofaktoren dienen. In einem zweiten Schritt werden Strategien vorgestellt, die der Zielerreichung dienen. Die **Bewertung** dieser (mehr oder weniger konkreten) Strategien erfolgt anhand einer Skala von

Tabelle 3
Berechnungsbeispiele zu Odds Ratio (OR) bezüglich PW-Lenkenden

Alter	Beispiel 1 (kein Effekt)		Beispiel 2 (hoher Effekt)	
	schwer oder tödlich verletzt	leicht verletzt	schwer oder tödlich verletzt	leicht verletzt
18–24	a=70 %	b=70 %	a=70 %	b=30 %
25+	c=30 %	d=30 %	c=30 %	d=70 %
OR=ad/bc	(70*30)/(70*30)=1		(70*70)/(30*30)=5.4	

⁹ Diese Interpretation ist nur zulässig, wenn ein solides Studiendesign vorliegt.

«sehr empfehlenswert», «empfehlenswert», «bedingt empfehlenswert» oder «nicht empfehlenswert» und wird tabellarisch dargestellt. Der Einfachheit halber wird auch von «Massnahmen» gesprochen, obwohl es sich nicht um konkret ausgearbeitete Massnahmen handelt¹⁰.

Die Bewertung der Strategien / Massnahmen im Schweizerischen Kontext erfolgt nach bestem Wissen und Gewissen und ist als Diskussionsgrundlage zu verstehen. Die Diskussion muss insbesondere beim Ausarbeiten konkreter Massnahmen weitergeführt werden.

Die Bewertung der Strategien basiert primär auf der **wissenschaftlichen Evidenz zu deren Wirksamkeit**. Zusätzliche Kriterien sind z. B. die erforderlichen finanziellen und personellen Ressourcen zur Umsetzung einer Intervention (Kosten) und insbesondere deren Verhältnis zum Nutzen aus Public-Health-Sicht (z. B. Anzahl verhinderter Verletzungen oder Todesfälle). Auch ethische Überlegungen (z. B. der Schutz von Kindern als nicht autonome Personen) fliessen in die Bewertung ein. Antizipierte politische oder gesellschaftliche Widerstände gegenüber einer Intervention werden nicht als zentrales Beurteilungskriterium berücksichtigt. Vielmehr wird die fehlende Akzeptanz als Anmerkung hinzugefügt (z. B. empfehlenswert, aber politisch kaum umsetzbar).

Der FVS verfolgt eine Geldvergabepolitik, die auf Schwerpunkte im Unfallgeschehen und wirksame Massnahmen ausgerichtet ist. Voraussetzung dafür ist ein umfassendes Wissensmanagement. Die Verwaltungskommission des FVS hat der bfu einen langfristig angelegten Leistungsauftrag für die Erarbei-

tung der notwendigen Grundlagen erteilt. Die Sicherheitsdossiers decken dabei einen wichtigen Teilauftrag ab. Sie umfassen die präventionsorientierte Analyse von Schwerpunkten im Unfallgeschehen. Diese Dossiers haben den Anspruch, den aktuellen Wissensstand wiederzugeben, um evidenzbasierte Entscheidungen zu ermöglichen.

Die Publikation richtet sich an Personen und Institutionen, die für die Planung und Finanzierung von präventions- oder anderen sicherheitsrelevanten Massnahmen im Strassenverkehr verantwortlich sind.

Im vorliegenden Sicherheitsdossier «Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende» werden das Unfallgeschehen in der Schweiz dargestellt, Risikofaktoren diskutiert und in ihrer Relevanz für schweizerische Verhältnisse gewichtet sowie Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit vorgestellt. Die konkreten Empfehlungen orientieren sich nach den in der Schweiz vorhandenen Rahmenbedingungen.

Da bei PW-Unfällen andere Fahrzeugtypen nur relativ selten involviert sind, wird im vorliegenden Bericht sowohl bei den Risikofaktoren – unterteilt nach den Faktoren Mensch, Fahrzeug und Infrastruktur – als auch bei den Massnahmen der Schwerpunkt auf das System Personenwagen gelegt. Nicht thematisiert wird somit z. B. die Müdigkeitsproblematik bei LKW-Fahrern als Risikofaktor für PW-Lenkende und -Mitfahrende.

¹⁰ Im Auftrag des FVS werden zwei ausgewählte Strategien in separaten Arbeiten präzisiert und zu konkreten Massnahmen verdichtet, dies einerseits zu Selbstbeurteilungsinstrumenten

als Feedback für ältere PW-Lenkende und andererseits Anreizsysteme für PW-Lenkende [6,7].

IV. Unfallgeschehen

1. Datengrundlagen

Die folgenden Auswertungen basieren auf den Daten der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle des Bundesamts für Strassen (ASTRA) [8]. Für die Analyse längerfristiger Trends werden die Daten der Jahre 1980–2013 genutzt. Auswertungen zum aktuelleren Unfallgeschehen basieren auf den Daten der Jahre 2009–2013. Der Fokus auf 5 Unfalljahre ignoriert zwar den abnehmenden Trend in den Unfallzahlen, gleicht aber statistische Zufallsschwankungen aus und erlaubt genauere Aussagen in Detailanalysen als dies bei einer Analyse der Daten eines einzigen Unfalljahrs möglich wäre. Grundsätzlich besteht bei den polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen das Problem einer Dunkelziffer. Nicht alle Unfälle, auch wenn bei diesen Verkehrsteilnehmende verletzt werden, werden von der Polizei registriert. Laut offizieller Unfallstatistik wurden im Jahr 2011 11 480 PW-Insassen bei Unfällen verletzt (10 270 Leichtverletzte und 1210 Schwerverletzte). Anhand verschiedener Datenquellen schätzt die bfu für das gleiche Jahr über 24 400 Verletzte, also doppelt so viele Opfer [9, S. 14]. Da die Registrierungswahrscheinlichkeit mit zunehmender Verletzungsschwere steigt, werden gerade leichte Verletzungen in der offiziellen Unfallstatistik unterschätzt.

Die Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten wird durch die Polizei bestimmt und im Unfallaufnahmeprotokoll (UAP) entsprechend registriert. Als leichte Verletzungen gelten geringe körperliche Beeinträchtigungen, die eine medizinische Behandlung nach sich ziehen können, das Verlassen der Unfallstelle aber aus eigener Kraft erlauben. Wird ein

Unfallbeteiligter länger als einen Tag im Spital behandelt oder von seinen alltäglichen Aktivitäten abgehalten, gilt er als schwer verletzt. Zu den Getöteten zählen Personen, die auf der Unfallstelle oder innerhalb von 30 Tagen an den Unfallfolgen sterben.

Als zusätzliche Datenquellen dienen für den internationalen Vergleich die International Road Traffic and Accident Database (IRTAD) der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) [10]. Da das aktuellste verfügbare Datenjahr 2012 ist, wird für den internationalen Vergleich der Zeitraum 2008–2012 betrachtet.

Für fahrleistungsbezogene Auswertungen werden Daten des Mikrozensus «Mobilität und Verkehr» aus dem Jahr 2010 sowie Erhebungen des Bundesamts für Statistik (BFS) zu den Fahrleistungen im Strassenverkehr genutzt [11,12]. Auswertungen zu den Verletzungen von PW-Insassen basieren auf der UVG-Statistik der SSUV [13].

2. Internationaler Vergleich

In der Schweiz wurden in den Jahren 2008–2012 durchschnittlich 129 PW-Insassen getötet. Bezogen auf die Schweizer Bevölkerung mit einem Durchschnitt von 7,78 Mio. Personen in den Jahren 2008–2012 entspricht dies 17 Getöteten pro 1 Mio. Einwohner. Im internationalen Vergleich steht die Schweiz damit in Bezug auf die Sicherheit von PW-Insassen hinter Japan, den Niederlanden und Grossbritannien an guter 4. Stelle (Abbildung 1, S. 60). In den Ländern, die am schlechtesten abschneiden,

werden teilweise 3-mal so viele Personen pro Einwohner getötet.

Werden die getöteten PW-Insassen den übrigen im Strassenverkehr getöteten Personen gegenübergestellt, zeigt sich eine grosse Variation (Abbildung 2). In der Schweiz kommen auf einen getöteten PW-Insassen etwa 1,6 andere getötete Verkehrsteilnehmende. Ein etwa gleiches Resultat ergibt sich für die USA, dies aber auf wesentlich schlechterem Niveau. Extreme Werte zeigen Japan und Südkorea mit 3,9- bzw. 3,4-mal mehr getöteten anderen Verkehrsteilnehmenden als PW-Insassen. Genau entgegengesetzt ist das Verhältnis in Neuseeland: Dort werden mehr als doppelt so viele PW-Insassen getötet als andere Verkehrsteilnehmende.

Für die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den Ländern können viele Faktoren ausschlaggebend sein. Zum einen bleibt bei der bevölkerungsbezogenen Auswertung die Fahrleistung innerhalb der Länder unberücksichtigt. Daten für alle OECD-Länder liegen nicht vor. Zum andern können auch das durchschnittliche Fahrzeugalter, die Gesetzgebung in Form der gesetzlich vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeiten und die Durchsetzung des geltenden Rechts für die Unterschiede verantwortlich sein. Für die 22 europäischen Länder publizierte der ETSC

(European Transport Safety Council) einen auf die Fahrleistung bezogenen Vergleich [14]. Die Schweiz wies die geringste Anzahl Getöteter pro zurückgelegtem Kilometer auf und belegte den ersten Rang.

Der Vergleich mit Japan, das in der OECD-Rangliste auf dem ersten Platz liegt, zeigt aber auch, dass noch deutlich niedrigere bevölkerungsbezogene Todesfallrisiken möglich sind. Legt man für die Schweiz das Niveau von Japan zugrunde, wären im Jahr 2013 rund 30 PW-Insassen weniger getötet worden.

Abbildung 2
Getötete Verkehrsteilnehmer pro 1 Mio. Einwohner, Ø 2008–2012

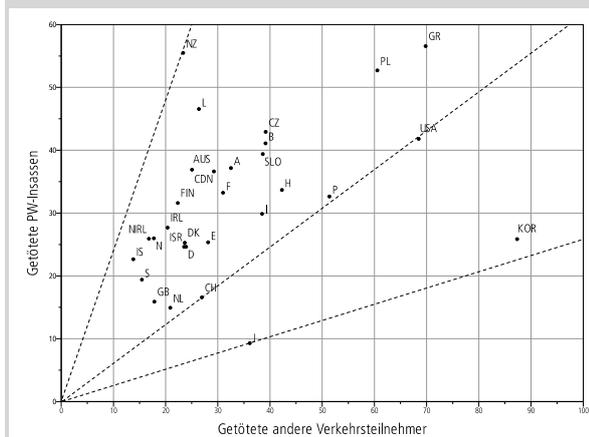
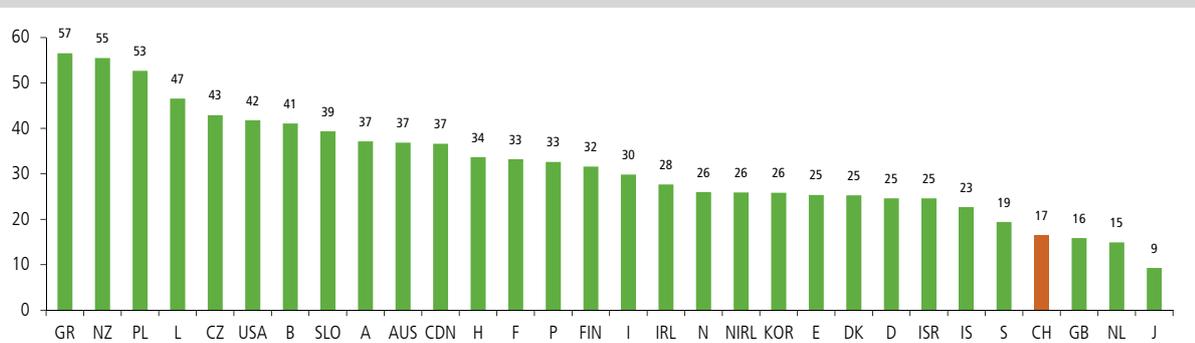


Abbildung 1
Getötete PW-Insassen pro 1 Mio. Einwohner, Ø 2008–2012



Quelle: IRTAD, Auswertungen bfu

3. Langzeitentwicklung

Im Jahr 2009 hatte der Bestand an Personenwagen in der Schweiz die Vier-Millionen-Grenze erstmals überschritten. Im Jahr 2013 waren es bereits 4,3 Mio. Damit kommt auf jeden 2. Einwohner in der Schweiz ein Personenwagen (1980 waren es noch 1 Personenwagen auf 3 Einwohner). In der längerfristigen Entwicklung seit 1980 hat auch die Fahrleistung gemessen in Fahrzeugkilometern von

32 Mrd. Kilometern auf 54 Mrd. zugenommen (Abbildung 3). Von 1980 bis 2001 stieg die Anzahl der bei Strassenverkehrsunfällen leicht verletzten PW-Insassen auf annähernd 15 000. Danach ist eine stetige Abnahme zu beobachten. Die Entwicklung der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen verläuft parallel und nimmt seit 1980 stetig ab. Waren es im Jahr 1980 noch 6189 Schwerverletzte und 595 Getötete, sind es im Jahr 2013 1102 Schwerverletzte und 103 Getötete.

Abbildung 3
Entwicklung der Personenschäden bei PW-Insassen und der Fahrleistung in Fahrzeugkilometern, 1980–2013

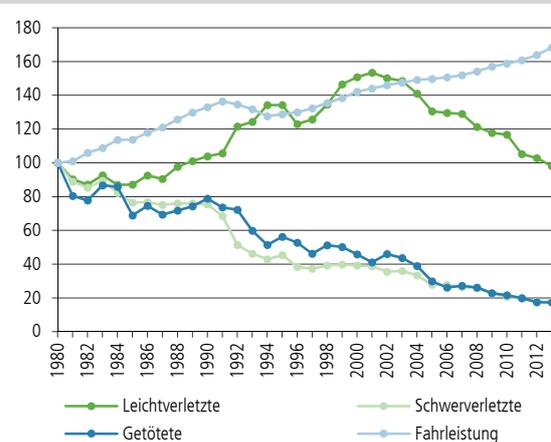
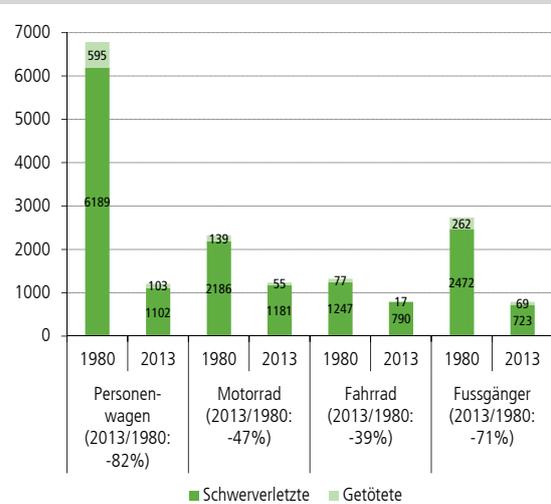


Abbildung 4
Verteilung der schweren Personenschäden nach Verkehrsteilnahme, 1980/2013



Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

Verglichen mit anderen Verkehrsteilnehmenden hat das Unfallgeschehen der PW-Insassen am deutlichsten abgenommen (Abbildung 4). Dies hat zu einer deutlichen Verschiebung der Anteile der Verkehrsteilnehmenden am Gesamtunfallgeschehen geführt. Waren 1980 noch 42 % aller schweren Personenschäden (Schwerverletzte und Getötete) bei den PW-Insassen zu verzeichnen, sank ihr Anteil im Jahr 2013 auf 27 %. Am wenigsten von der positiven Entwicklung profitiert haben die Rad- und Motorradfahrenden.

Männer und Frauen haben als PW-Insassen etwa im gleichen Umfang von der positiven Entwicklung profitiert (Tabelle 4). Die Analyse nach Alter zeigt dagegen Unterschiede: Die jüngeren Altersklassen

Tabelle 4
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen nach Geschlecht und Alter, absolut und pro 100 000 Einwohner, 1980/2013

	Absolut			Pro 100 000 Einwohner		
	1980	2013	2013/1980	1980	2013	2013/1980
Geschlecht						
Männlich	4 234	674	-84%	138	17	-88%
Weiblich	2 549	531	-79%	79	13	-84%
Alter						
0–17	467	54	-88%	30	4	-87%
18–24	2 231	220	-90%	342	32	-91%
25–44	2 344	369	-84%	127	16	-87%
45–64	1 247	320	-74%	91	14	-85%
65+	495	242	-51%	57	17	-70%
Total	6 784	1 205	-82%	108	15	-86%

Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

weisen einen deutlich höheren Rückgang der schweren Personenschäden auf. Vor allem zwei Gründe können hierfür mitverantwortlich sein. Seit 1980 hat die Anzahl der älteren Personen in der Schweizer Bevölkerung massiv zugenommen (+61 % bei den über 64-Jährigen) und die der Jüngeren gleichzeitig abgenommen (-7 % bei den 0- bis 17-Jährigen). Werden die schweren Personenschäden auf den jeweiligen Bevölkerungsanteil bezogen, werden die Unterschiede geringer. Neben der demographischen Entwicklung ist auch die gestiegene Mobilität der heutigen Senioren ein wichtiger Einflussfaktor.

4. Aktuelles Unfallgeschehen

In den Jahren 2009–2013 wurden jährlich durchschnittlich 118 PW-Insassen getötet und 1219 schwer verletzt (Tabelle 5). Dabei waren drei Viertel der Getöteten Männer. Bei den Schwerverletzten beträgt ihr Anteil geringere 56 %. Rund ein Viertel der Getöteten ist 65 Jahre alt oder älter.

Im Jahr 2010 besaßen 81 % aller in der Schweiz wohnhaften Personen (18+ Jahre) einen Führerausweis für Personenwagen. Bei den Frauen findet sich ein geringerer Anteil an Führerausweisbesitzerinnen (74 %) als bei den Männern (88 %). Der Unterschied

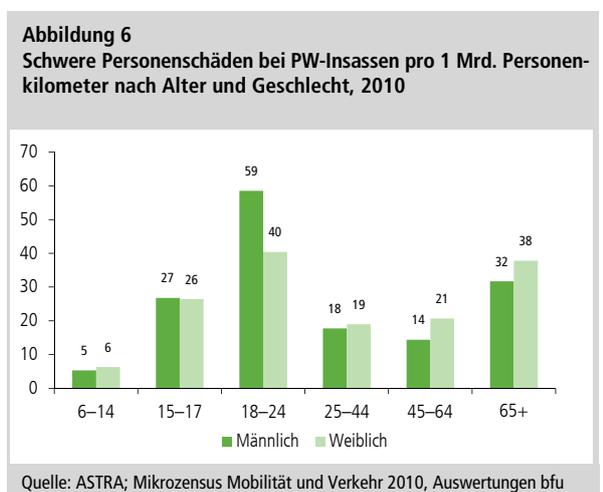
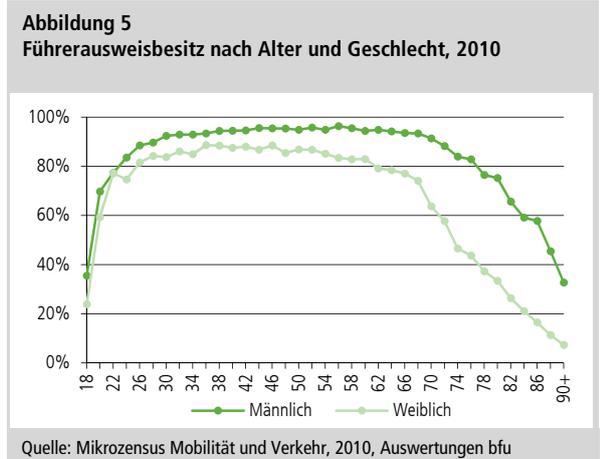
Tabelle 5
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen nach Alter und Geschlecht, Ø 2009–2013

Alter	Schwerverletzte			Getötete		
	Männlich	Weiblich	Total	Männlich	Weiblich	Total
0–6	4	4	8	1	1	2
7–14	8	7	15	1	0	1
15–17	13	12	25	3	1	4
18–24	178	99	277	19	4	22
25–44	218	178	396	21	8	29
45–64	164	144	308	23	7	30
65–74	49	46	94	9	5	14
75+	42	53	95	12	5	17
Total	677	542	1 219	88	31	118

Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

zwischen den Geschlechtern fällt bei den Jüngeren wesentlich geringer aus als bei den Älteren (Abbildung 5). Insgesamt ist ein deutlicher Rückgang der Führerausweisbesitzer bei zunehmendem Alter festzustellen. Dieser Verlauf ist vermutlich ein Geburtskohorteneffekt: Heutzutage ist es durch die weit verbreitete Verfügbarkeit von Personenwagen selbstverständlicher, einen Führerausweis zu erwerben. Auffallend ist, dass aber gerade bei den 18- bis 19-Jährigen weniger als ein Drittel der jungen Erwachsenen einen Ausweis besitzt.

In Bezug auf die mit einem Personenwagen zurückgelegten Kilometer weisen Kinder (6–14 Jahre) das geringste Risiko einer schweren oder tödlichen Verletzung auf, junge Erwachsene (18–24 Jahre) das höchste (Abbildung 6). Während das fahrleistungsbezogene Risiko in den mittleren Altersklassen relativ



konstant bleibt, steigt es im höheren Alter wieder an. Bemerkenswert ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern. Bei den 18- bis 24-Jährigen weisen die Männer ein deutlich höheres Risiko auf als die Frauen. In den Altersklassen der über 25-Jährigen sind die Frauen stärker gefährdet. Über alle Alterklassen hinweg beträgt das Risiko einer schweren oder tödlichen Verletzung bei den Männern 21 und bei den Frauen 23 schwere Personenschäden pro 1 Mrd. Kilometer.

Betrachtet man die Risiken ausschliesslich für die PW-Lenkenden, zeigt sich ein ähnliches Bild: Die 18- bis 24-Jährigen haben ein deutlich höheres Risiko als PW-Lenkende in mittleren Altersklassen. Erst ab 65 Jahren steigt das Risiko wieder an. Auch bei den Lenkenden haben Frauen – ausser bei den 18- bis 24-Jährigen – ein höheres Risiko.

Frauen haben zwar ein höheres Risiko einer schweren oder tödlichen Verletzung, für die Männer enden Unfälle aber häufiger tödlich: Durchschnittlich endeten bei den Männern im Zeitraum 2009–2013 pro 10 000 Personenschäden 147 tödlich, bei den Frauen waren es 52.

Rund 74 % der zwischen 2009 und 2013 schwer verletzten und getöteten PW-Insassen waren die Fahrzeuglenker. Als Mitfahrende kommen häufiger Frauen (35 %) als Männer (20 %) zu Schaden. Kinder und Jugendliche bis 17 Jahre sind fast ausschliesslich unter den Mitfahrenden zu finden. Auch die 18- bis 24-Jährigen und älteren Senioren (75+ Jahre) werden überdurchschnittlich häufig als Mitfahrende schwer verletzt oder getötet.

5. Unfallmerkmale

Von allen schweren Personenschäden bei PW-Insassen in den Jahren 2009–2013 waren 52 % auf Ausserortsstrassen zu beklagen, 32 % innerorts und lediglich 17 % auf Autobahnen (Tabelle 6). Betrachtet man nur die Getöteten sind es ausserorts sogar 64 %. Rund jeder 2. schwere Personenschaden bei PW-Insassen ist auf Schleuder-/Selbstunfälle zurückzuführen, bei den Getöteten sind es sogar 2 von 3. Weitere führende Unfalltypen sind Frontalkollisionen (15 % der schweren Personenschäden) und Auffahrunfälle (14 %). Letztere sind vor allem ein Problem auf Autobahnen (39 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen auf Autobahnen).

Tabelle 6
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen nach Ortslage und Unfalltyp, Ø 2009–2013

	Schwerverletzte				Getötete			
	Innerorts	Ausserorts	Autobahn	Total	Innerorts	Ausserorts	Autobahn	Total
Schleuder-/Selbstunfall	175	329	104	608	18	45	10	73
Überholunfall, Fahrstreifenwechsel	8	25	15	48	1	5	1	7
Auffahrunfall	65	38	82	185	0	1	6	7
Abbiegeunfall	23	35	0	58	0	1	0	1
Einbiegeunfall	33	37	0	70	1	2	0	3
Überqueren der Fahrbahn	25	22	0	47	1	2	0	3
Frontalkollision	51	118	7	176	3	16	1	20
Parkierunfall	7	2	1	10	0	0	0	0
Fussgängerunfall	1	0	0	1	0	0	0	0
Tierunfall	0	2	0	2	0	0	0	0
Andere	8	5	1	14	2	2	0	4
Total	396	613	210	1 219	26	74	18	118

Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

Wie bereits dargestellt, sind Schleuder-/Selbstunfälle (oft mit anschliessender Kollision mit Hindernissen ausserhalb der Fahrbahn) ein Schwerpunkt im Unfallgeschehen der PW-Insassen. Werden die Unfälle nach der Anzahl der beteiligten Fahrzeuge und Fussgänger eingeteilt, zeigt sich, dass in rund 44 % der Unfälle mit schweren Personenschäden bei PW-Insassen nur ein Personenwagen beteiligt war (Abbildung 7). Bei weiteren 44 % waren zwei Objekte beteiligt und nur in 12 % aller Fälle waren 3 oder mehr Objekte beteiligt. Bei den Kollisionen zwischen 2 Gegnern handelt es sich überwiegend um PW-PW-Kollisionen (77 %) (Abbildung 8). Kollisionen mit Transportfahrzeugen (Last- und Lieferwa-

gen) stehen an 2. Stelle (15 %). Kommt es zu Kollisionen zwischen Personenwagen und schwächeren Verkehrsteilnehmenden, werden nur selten PW-Insassen schwer verletzt oder getötet. Während Kollisionen mit Motorrädern knapp 1 % ausmachen, spielen Kollisionen mit Radfahrenden oder Fussgängern praktisch keine Rolle.

6. Unfallursachen

Im Unfallaufnahmeprotokoll werden den Unfallbeteiligten von der Polizei mögliche Ursachen zugeordnet, die einen groben Rückschluss auf die Unfallursachen zulassen. Im Folgenden wird das Ausmass bestimmter Unfallursachen auf der Basis der Unfallprotokolle beschrieben. Erst in einem späteren Kapitel (Kap. V, S. 69) werden – soweit dies möglich ist – Risikofaktoren und Ursachen nach den Methoden der analytischen Epidemiologie genauer beschrieben und nach ihrer Bedeutung gewichtet.

Für jeden an einem Unfall beteiligten Lenker oder Fussgänger kann die Polizei bis zu 3 Mängel vergeben. In den folgenden Auswertungen werden nur die Unfallursachen bei PW-Lenkenden berücksichtigt. Basis sind Unfälle, in denen PW-Insassen schwer verletzt oder getötet wurden. Nicht berücksichtigt sind Unfälle, bei denen nur Kollisionsgegner (Fussgänger, Rad- oder Motorradfahrende) zu Schaden kamen.

Tabelle 7, S. 65 zeigt den Anteil der schweren Personenschäden bei den PW-Insassen, die durch verschiedene Ursachen zustande kamen. Da jedem PW-Lenker mehrere Ursachen zugeordnet werden können und zudem mehrere Personenwagen an einem Unfall beteiligt sein können, addieren sich die Anteile auf über 100 %. An erster Stelle steht die nicht angepasste oder überhöhte Geschwindigkeit mit 37 % aller schweren Personenschäden. Diese

Abbildung 7
Anzahl beteiligter Fahrzeuge/Fussgänger bei schweren PW-Unfällen, Ø 2009–2013

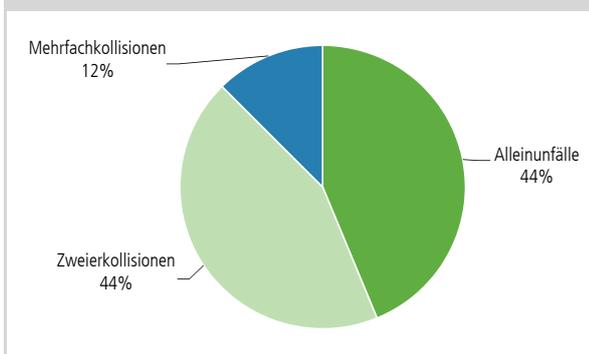
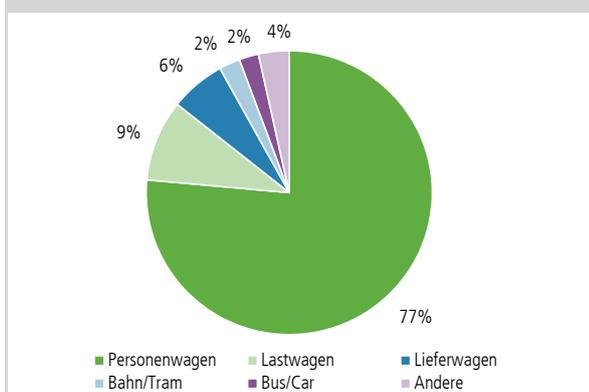


Abbildung 8
Kollisionsgegner bei schweren PW-Kollisionen, Ø 2009–2013 (Zweierkollisionen)



Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

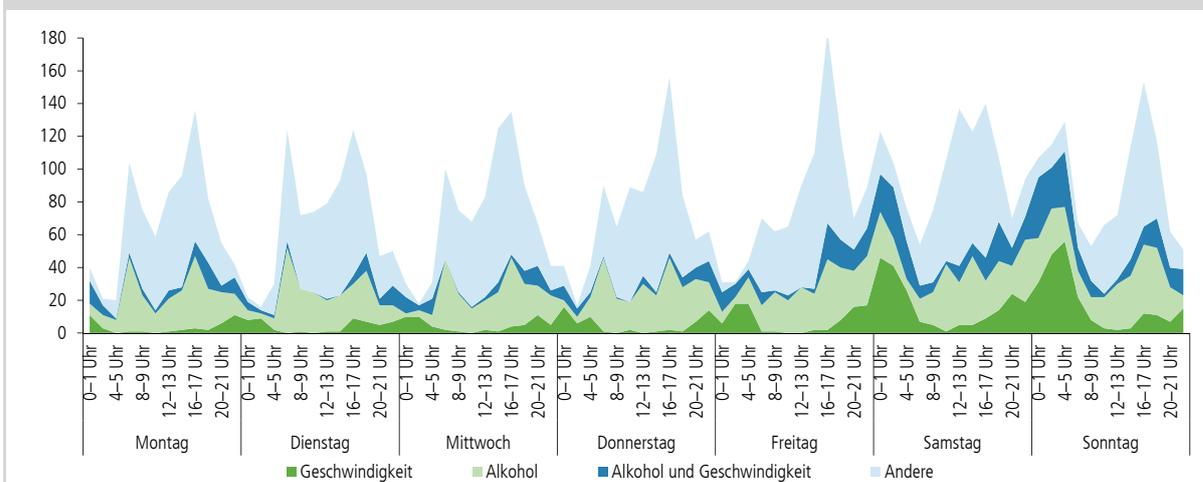
Ursache ist vor allem bei Alleinunfällen ausserorts ein grosses Problem und ist für 60 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen mitverantwortlich. Auch der Konsum von Alkohol ist mit 21 % eine häufige Ursache und spielt ebenfalls bei Alleinunfällen eine Rolle. Eher selten wird dagegen der Konsum von Drogen registriert. Hier muss aber mit einer gewissen Dunkelziffer gerechnet werden.

Unaufmerksamkeit und Ablenkung spielen gemäss polizeilichen Angaben bei rund einem Viertel der schweren Personenschäden eine Rolle und führen vor allem zu Kollisionsunfällen. Das Missachten des Vortrittsrechts ist wie zu erwarten für Kollisionen auf Innerorts- und Ausserortsstrassen verantwortlich. Mängel an den Fahrzeugen oder Mängel an der Strassenanlage spielen dagegen praktisch keine Rolle im Unfallgeschehen der PW-Insassen.

Tabelle 7
Anteil spezifischer Ursachen an schweren Personenschäden bei PW-Insassen nach Ortslage, Ø 2009–2013

	Innerorts			Ausserorts			Autobahn			Total		
	Alleinunfall	Kollision	Total									
Alkohol	42%	13%	25%	34%	11%	21%	22%	12%	16%	35%	12%	21%
Betäubungsmittel	8%	2%	5%	6%	3%	4%	5%	2%	3%	7%	2%	4%
Medikamente	3%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	3%	2%	2%	2%	2%
Übermüdung/Sekundenschlaf	4%	3%	3%	5%	4%	5%	17%	5%	9%	7%	4%	5%
Signalisationsmissachtung	1%	4%	2%	0%	3%	2%	1%	4%	3%	0%	4%	2%
Missachtung der Lichtsignale	0%	7%	4%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	3%	2%
Mangelhafte Fahrzeugbedienung	16%	4%	9%	8%	3%	5%	10%	4%	6%	11%	3%	7%
Unaufmerksamkeit/Ablenkung	19%	28%	24%	18%	23%	21%	22%	43%	35%	19%	28%	25%
Ausserer Einfluss	2%	1%	1%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	2%
Mangelhafter Unterhalt	2%	0%	1%	2%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	1%	2%
Geschwindigkeit	46%	18%	29%	60%	32%	44%	41%	28%	33%	53%	27%	37%
Links-/Rechtsfahren und Einspurigen	2%	11%	7%	1%	15%	9%	3%	12%	8%	2%	13%	8%
Überholen (Situation)	1%	2%	1%	1%	4%	3%	0%	1%	0%	1%	3%	2%
Überholen (Verkehrsablauf)	0%	1%	1%	1%	4%	3%	0%	2%	1%	0%	3%	2%
Missachten des Vortrittsrechts	0%	26%	15%	0%	21%	12%	0%	1%	0%	0%	19%	11%
Andere Fahrbewegungen	2%	11%	8%	1%	6%	4%	1%	29%	18%	1%	12%	7%

Abbildung 9
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen nach Uhrzeit und Wochentag, Alkohol und Geschwindigkeitseinfluss, Σ 2009–2013



Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

Auf Autobahnen sind «andere Fahrbewegungen» für annähernd einen Drittel der schweren Personenschäden durch Kollisionen verantwortlich. Damit ist insbesondere das zu nahe Aufschiessen gemeint.

Werden nicht angepasste oder überhöhte Geschwindigkeit und Alkoholeinfluss gemeinsam betrachtet, zeigt sich nach Wochentagen und Unfallzeit ein eindeutiges Bild: Geschwindigkeit und Alkohol spielen vor allem bei schweren Unfällen in der Nacht eine Rolle. Bei schweren Personenschäden von PW-Insassen, die in den Nächten von Freitag auf Samstag und von Samstag auf Sonntag entstehen, sind beide Ursachen, Geschwindigkeit und Alkohol, führend (Abbildung 9, S. 65).

7. Verletzungen

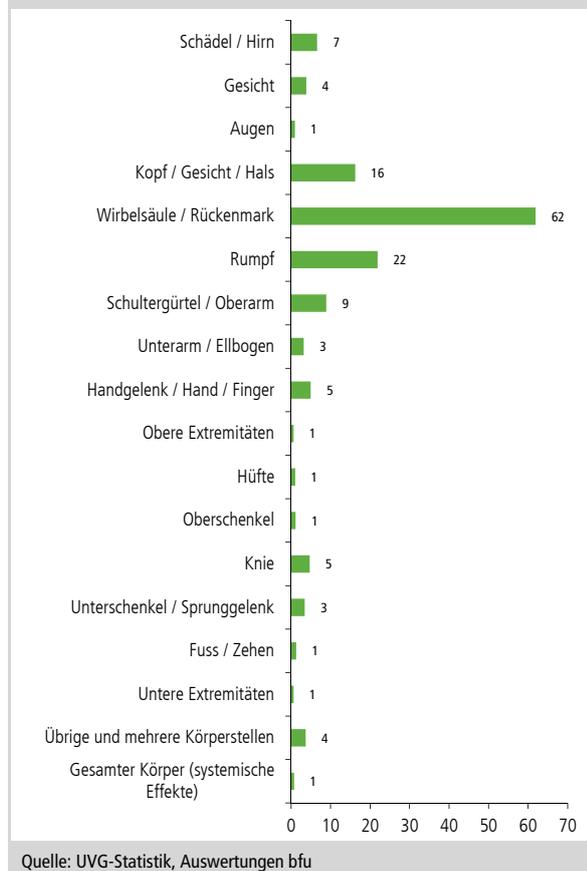
Im Unfallaufnahmeprotokoll der Schweizer Polizei werden bis auf die von den Polizisten eingeschätzte Verletzungsschwere in den Kategorien «leicht verletzt», «schwer verletzt» und «getötet» keine Angaben zu den Verletzungen gemacht. Aus diesem Grund werden die Daten der SSUV als Datengrundlage genutzt. Die SSUV kodiert Verletzungen nach ICD-10 [15]. In den folgenden Auswertungen werden diese Verletzungen in den Kategorien der Barell-Matrix zusammengefasst [16]. Die durch die UVG-Statistik abgedeckte Population besteht aus der angestellten erwerbstätigen Schweizer Wohnbevölkerung sowie registrierten Stellensuchenden. Somit sind Verletzungen von Kindern und älteren Menschen nicht berücksichtigt. In der UVG-Statistik sind Verletzungsmuster ausreichend abgedeckt. Dagegen sind nur einige wenige Merkmale des Unfallereignisses kodiert. Für die Verletzungsart und die Verletzungsschwere entscheidende Faktoren, wie z. B. Kollisionsgeschwindigkeiten, Merkmale der Kollision, Ausstattung des Personenwagens mit

Airbag, persönliches Schutzverhalten usw. sind durch die Statistik nicht abgedeckt.

Die folgende Analyse beschränkt sich auf die Verletzungen von PW-Insassen im Alter von 18 bis 64 Jahren in den Jahren 2008–2012. Das Unfallereignis hat auf öffentlichen Strassen stattgefunden und war eine Kollision mit einem anderen Motorfahrzeug oder ein Selbstunfall (ohne weitere beteiligte Fahrzeuge). Verletzungen von PW-Insassen bei Kollisionen mit Fussgängern, Radfahrenden oder Motorfahrradfahrern sind damit von der Auswertung ausgeschlossen.

In den Jahren 2007–2013 wurden in der UVG-Statistik mehr als 105 000 Verletzte mit rund 162 000 Verletzungen registriert, die den oben genannten Kriterien entsprechen. Dies sind durchschnittlich jährlich

Abbildung 10
Anteil der Verletzungen von PW-Insassen nach Körperregion, Ø 2008–2012



21 000 Verletzte mit 1,5 Verletzungen. Rund ein Viertel aller Verletzten hatten einen Selbstunfall, in zwei Dritteln aller Fälle war ein Personenwagen der Kollisionsgegner. 55 % aller Verletzten sind Frauen, wobei diese einen höheren Anteil an Kollisionen haben als Männer (80 % versus 72 %). Insgesamt waren 82 % der Verletzten die Fahrzeuglenkenden.

Die Verteilung der Verletzungen nach Körperregion zeigt, dass annähernd zwei Drittel aller Verletzungen die Wirbelsäule bzw. das Rückenmark betreffen und ein Fünftel den Rumpf (Abbildung 10, S. 66). Auch der Bereich Kopf, Gesicht und Hals ist mit insgesamt 28 % aller Verletzungen recht häufig betroffen. Der untere Körperbereich ist dagegen seltener betroffen.

Verletzungen der Wirbelsäule sind bei Kollisionen mit anderen Fahrzeugen häufiger zu beobachten als bei Alleinunfällen ohne Beteiligung weiterer Verkehrsteilnehmer. Dagegen sind Schädel-/Hirn-Verletzungen

bei Selbstunfällen mit einem Anteil von 13 % übervertreten.

Wird die Verletzungslokalisierung mit der Information über die Art der Verletzung ergänzt, zeigt sich ein deutliches Bild: 90 % der Wirbelsäulenverletzungen sind Zerrungen der Halswirbelsäule, darunter auch das sogenannte «Schleudertrauma» (Tabelle 8). Bei den Rumpfverletzungen überwiegen mit drei Vierteln aller Verletzungen Prellungen im Bereich des Brustkorbs, des Rückens und Gesässes. Unter den traumatischen Hirnverletzungen werden überwiegend Gehirnerschütterungen («commotio cerebri») diagnostiziert.

Insgesamt machen Verstauchungen, Risse und Zerrungen mehr als 40 % aller Verletzungen aus. Ein weiteres Drittel sind Prellungen (Tabelle 8).

Die Angabe der Verletzungsart nach Körperregion gibt dagegen nur wenig Auskunft, wie schwerwiegend die

Tabelle 8
Anteil der Verletzungen von PW-Insassen nach Körperregion und Verletzungsart, Ø 2008–2012

	Schädel / Hirn	Gesicht	Augen	Kopf / Gesicht / Hals	Wirbelsäule / Rückenmark	Rumpf	Schultergürtel / Oberarm	Unterarm / Ellbogen	Handgelenk / Hand / Finger	Obere Extremitäten	Hüfte	Oberschenkel	Knie	Unterschenkel / Sprunggelenk	Fuss / Zehen	Untere Extremitäten	Übrige und mehrere Körperstellen	Gesamter Körper (systemische Effekte)	Total
Fraktur / Bruch	0.3	1.3	–	–	1.0	1.9	0.6	0.4	0.6	–	–	0.2	0.1	0.3	0.4	–	–	–	7.1
Dislokation, Luxation / Verrenkung	–	0.2	–	–	0.1	–	0.2	–	–	–	0.1	–	0.1	–	–	–	–	–	0.9
Distorsion, Ruptur / Verstauchung, Zerrung	–	–	–	0.2	39.2	0.1	0.8	0.1	0.8	–	–	0.1	0.4	0.5	0.1	–	–	–	42.3
Intrakranielle, innere und Rückenmarksverletzung	4.3	–	–	0.1	0.1	1.4	–	0.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6.0
Offene Wunde	–	1.2	0.1	0.7	–	–	0.1	0.2	0.4	–	–	–	0.2	0.2	–	–	–	–	3.3
Kontusion / Prellung	–	0.6	0.4	7.7	–	11.6	3.8	1.3	1.6	0.2	0.5	0.4	2.4	1.2	0.3	0.2	1.2	–	33.4
Verbrennung / Verätzung	–	–	–	–	–	–	–	–	0.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.2
Eindringen von Fremdkörpern	–	–	0.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.1
Übrige Verletzungen	–	–	–	2.1	–	1.7	0.5	0.1	0.2	0.1	–	–	–	0.2	–	0.2	1.0	0.5	6.7
Total	4.6	3.3	0.6	10.9	40.4	16.9	6.0	2.2	3.6	0.4	0.7	0.7	3.2	2.3	0.9	0.4	2.3	0.5	100.0

Quelle: UVG-Statistik, Auswertungen bfu

Verletzungsfolgen für die Betroffenen sind. Auch innerhalb einer Diagnosegruppe können das Ausmass und die Folgen einer Verletzung stark variieren. Anhand der Indikatoren «Versicherungsleistungen» und «Ausfalltage» zeigt sich bei der Hauptdiagnose «Zerungen der Halswirbel», dass pro UVG-Versicherten durchschnittlich Heilkosten in Höhe von 2000 CHF aufgewendet werden. Der Median liegt jedoch nur bei etwa 500 CHF. Demnach liegen bei der Hälfte aller Fälle die Heilkosten bei 500 CHF oder weniger. Dagegen haben die 10 % der Fälle, die die höchsten Heilkosten verursachen, einen Anteil von 70 % an allen Heilkosten [17].

Neben medizinischen Heilkosten verursachen verletzte PW-Insassen weitere Kosten, z. B. in Form von Versicherungsleistungen, Sachschäden, Produktionsausfällen und Wiederbesetzungskosten. Für das Jahr 2011 schätzt die bfu die materiellen Kosten aller Strassenverkehrsunfälle auf insgesamt 4,2 Mrd. CHF [9, S. 12]. Verletzte und getötete PW-Insassen machen dabei einen Anteil von fast 60 % aus (2,4 Mrd. CHF).

8. Fazit

In den Jahren 2009–2013 **starben** auf Schweizer Strassen durchschnittlich **118 PW-Insassen jährlich**, 1219 wurden schwer verletzt. Ein Vergleich mit anderen Ländern zeigt, dass die Schweiz im Hinblick auf getötete PW-Insassen in der Rangliste einen sehr guten Platz belegt. Der Vergleich mit Japan, das auf dem ersten Platz liegt, zeigt aber auch, dass noch deutlich niedrigere bevölkerungsbezogene Todesfallrisiken möglich sind. Legt man der Schweiz das Niveau von Japan zugrunde, wären im Jahr 2013 rund 30 PW-Insassen weniger getötet worden.

Auch die **langfristige Entwicklung** des Unfallgeschehens der PW-Insassen ist äusserst **positiv**

verlaufen. Die Anzahl der schweren Personenschäden konnte seit 1980 um 82 % reduziert werden. Im gleichen Zeitraum stieg die Fahrleistung der Personenwagen von 32 Mrd. auf 54 Mrd. Fahrzeugkilometer an. Waren 1980 noch 42 % aller schweren Personenschäden (Schwerverletzte und Getötete) bei den PW-Insassen zu verzeichnen, sank dieser Anteil im Jahr 2013 auf 27 %.

Die Auswertungen der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle zeigen, dass **männliche PW-Insassen im Alter von 18 bis 24 Jahren** das höchste Risiko aufweisen, einen schweren Unfall zu erleiden. Zudem sind die Unfallfolgen bei den Männern gravierender: Ihr Anteil an den getöteten PW-Insassen ist deutlich höher als jener der Frauen.

Rund die Hälfte aller schweren Personenschäden bei PW-Insassen ereignet sich auf **Ausserortsstrassen**. Betrachtet man nur die Zahl der Getöteten, sind es ausserorts sogar 64 %. Rund die Hälfte der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen fordern Schleuder-/Selbstunfälle und annähernd ein Drittel Frontalkollisionen und Auffahrunfälle. Von den schweren **Kollisionsunfällen** sind 77 % PW/PW-Kollisionen. Bei den restlichen Unfällen sind die Kollisionsgegner meistens Last- und Lieferwagen.

Gemäss polizeilichen Angaben sind bei registrierten schweren PW-Unfällen neben **Unaufmerksamkeit und Ablenkung** vor allem nicht angepasste **Geschwindigkeit** oder das Überschreiten der signalisierten oder gesetzlichen Höchstgeschwindigkeit sowie **Alkohol** führende Ursachen. Alkohol und Geschwindigkeit in Kombination fordern vor allem bei Unfällen in der **Nacht** und am **Wochenende** einen hohen Anteil aller schweren Personenschäden bei den PW-Insassen.

V. Risikofaktoren

1. Einleitung

In diesem Kapitel werden mögliche Risikofaktoren für PW-Insassen diskutiert und in ihrer Relevanz gewichtet. Diese Risikofaktoren können sich auf die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls beziehen oder auf die Wahrscheinlichkeit, dass bei eingetretenem Unfallereignis ein schwerer Personenschaden entsteht (oder auf beides wie z. B. die Geschwindigkeit). Da bei PW-Unfällen andere Fahrzeugtypen nur relativ selten involviert sind, wird im vorliegenden Bericht der Schwerpunkt auf das System Personenwagen gelegt. Daher wird die Diskussion über Risikofaktoren auf Personenwagen – unterteilt nach den Faktoren Mensch, Fahrzeug und Infrastruktur – eingeschränkt. Nicht thematisiert wird somit z. B. die Müdigkeitsproblematik bei Lastwagenfahrern als Risikofaktor für PW-Lenkende und -Mitfahrende.

Die Risikofaktoren werden sowohl anhand von empirischen Befunden als auch des allgemeinen wissenschaftlichen Kenntnisstands im Sinn von verhaltenspsychologischem, biomechanischem, medizinischem, physikalischem und verkehrstechnischem Fachwissen bestimmt.

2. Personenwagen-Lenkende

2.1 Einleitung

Risikofaktoren, die mit Menschen zusammenhängen, werden den Bereichen **Fahreignung**, **Fahrkompetenz**, **Fahrfähigkeit** oder **Fahrverhalten** zugeordnet.

Die **Fahreignung** umfasst alle körperlichen, geistigen und charakterlichen Grundvoraussetzungen für das sichere Führen von Fahrzeugen im Strassenverkehr. Die häufigsten Gründe für eine Nichteignung sind **Krankheiten und natürliche altersbedingte Veränderungen**.

Fahrkompetenz bezeichnet die erworbene psychische und physische Befähigung des Individuums, am Strassenverkehr teilzunehmen. Dabei ist die psychische Kompetenz im Sinn kognitiver, emotional-motivationaler Informationsverarbeitungsprozesse (Risikokompetenz) weit zentraler als die technische Fahrzeugbedienung als motorisch-physische Fähigkeitskomponente.

Fahrfähigkeit bezeichnet – bei gegebener Fahreignung und Fahrkompetenz – die momentane Befähigung des Individuums, am Strassenverkehr teilzunehmen. Wichtige Risikofaktoren, die die Fahrfähigkeit herabsetzen, sind Faktoren wie Müdigkeit, Unaufmerksamkeit/Ablenkung sowie der Konsum von Substanzen wie Alkohol, Drogen und Medikamenten.

Unter **Fahrverhalten** werden folgende Themen behandelt: die Wahl der Geschwindigkeit oder des Abstands gegenüber dem vorausfahrenden Fahrzeug, das Tragen des Sicherheitsgurts und das Fahren mit Licht am Tag. Mögliche gefährliche Fahrmanöver, wie z. B. das gewagte Überholen, wurden hingegen nicht im Detail abgefasst, um den Rahmen dieser Studie nicht zu sprengen. Zum einen ist es sehr schwierig, die Unfallrelevanz solcher Manöver zuverlässig abzuschätzen. Zum andern

deuten die Daten aus den Polizeiprotokollen darauf hin, dass z. B. der Überholunfall als Unfalltyp eher eine geringe Bedeutung hat¹¹.

In einem 1. Schritt werden spezifische Faktoren betrachtet, die von den PW-Lenkenden oder allenfalls PW-Mitfahrenden ausgehen und die das Risiko, schwere Verletzungen zu erleiden, erhöhen. In einem 2. Schritt wird analysiert, ob die ermittelten Risikofaktoren gewisse soziodemographische Gruppen (Risikogruppen) stärker betreffen als andere (Kap. V.2.13, S. 93).

2.2 Fahreignung: Krankheiten und natürliche altersbedingte Veränderungen

2.2.1 Ausgangslage und Verbreitung

Die Fähigkeit, ein Fahrzeug sicher zu steuern, kann durch verschiedene Krankheiten beeinträchtigt werden [18-20]. Auch die mit fortschreitendem Alter nachlassenden kognitiven, körperlich-motorischen und sensorischen Fähigkeiten können ein Problem für die Verkehrssicherheit darstellen.

Da natürliche altersbedingte Veränderungen nicht selten mit Krankheiten verbunden sind, werden die beiden Themen hier zusammen behandelt.

Die akuten Erscheinungen einer Erkrankung (epileptischer Anfall, Hypoglykämie usw.) treten sporadisch auf und sind unvorhersehbar. In solchen Fällen lässt sich die Fahreignung nur schwer im Voraus ermitteln. Die Prävalenz der Personen, die am Steuer einen epileptischen Anfall oder Ähnliches erleiden, ist sehr gering. Eine Studie in Schweden hat ergeben,

dass zwischen 1959 und 1963 weniger als 1 von 1000 Unfällen einem Anfall (oft mit anschliessender Bewusstlosigkeit) des Lenkers zuzuschreiben ist [19]. Studien aus Finnland und dem Kanton Waadt in der Schweiz [18] zeigen, dass sich der Anteil der aufgrund eines Anfalls (z. B. Herzversagen) tödlich verletzten Personen im Strassenverkehr für den Zeitraum von 1984 bis 1989 in Finnland auf 1,5 % und im Kanton Waadt auf 3,4 % belief.

Die chronischen Auswirkungen einer Krankheit sind beständiger und vorhersehbarer. Die Fahreignung kann somit viel zuverlässiger eingeschätzt werden. Die Prävalenz von PW-Lenkenden, die an einer Krankheit mit chronischen Auswirkungen leiden, ist deutlich höher und nimmt mit dem Alter zu. Bei den Krankheiten, für die ein erhöhtes Unfallrisiko nachgewiesen wurde, handelt es sich insbesondere um:

- Neurologische Krankheiten wie Epilepsie oder Parkinson
- Mental-psychische Störungen wie Demenz oder Depression
- Sucht wie Alkoholismus oder Drogenabhängigkeit
- Diabetes mellitus
- Herz-Kreislauf-Störungen
- Arthritis/lokomotorische Behinderungen

Um den Rahmen des vorliegenden Berichts nicht zu sprengen, wird auf die Bedeutung der einzelnen Erkrankungen nicht im Detail eingegangen. Die Themen Seh- und Hörvermögen werden in Kap. V.2.2, S. 70 behandelt und die Themen Alkohol-, Drogen- und Medikamentenkonsum in Kap. V.2.5 S. 79 und Kap. V.2.6, S. 81.

Die Prävalenz von einigen der oben aufgelisteten chronischen Krankheiten und einigen weiteren wird

¹¹ Überholungen, die zu Kollisionen führen, werden unter «Begegnungsunfall» kodiert. So entsteht vermutlich eine Unterschätzung bei der Kategorie «Überholungsunfälle».

in der Schweiz vom Bundesamt für Statistik (BFS) alle 5 Jahre im Rahmen der Gesundheitsbefragung eruiert (Tabelle 9) [21].

In der Schweiz ist hoher Blutdruck die häufigste chronische Krankheit. Laut wissenschaftlicher Literatur stellt er jedoch keinen besonderen Risikofaktor für Verkehrsunfälle dar [22]. Rheumatische Erkrankungen hingegen, die immerhin 7 % der Bevölkerung ab 15 Jahren betreffen, gelten als nicht unbedeutende Risikofaktoren [21,22].

Eine weitere chronische Krankheit, die anderweitig thematisiert wird, ist die Alkoholsucht. Gemäss der Definition «chronisch risikoreicher Alkoholkonsum» haben 2012 rund 1 % der Schweizer Bevölkerung ab 15 Jahren ein hohes Risiko (Alkoholkonsum von mehr als 60 g/Tag Reinalkohol bei Männern und von mehr als 40 g/Tag Reinalkohol bei Frauen) und 3 % ein mittleres Risiko (Alkoholkonsum von 40 bis 60g/Tag bei Männern und von 20 bis 40g/Tag bei Frauen) [23]. Die Suchtproblematik beschränkt sich aber nicht auf Alkohol. Auch Drogen- und Medikamentenabhängigkeit stellen ein Problem für die Fahreignung dar.

Tabelle 9
Prävalenz chronischer Krankheiten bei der Schweizer Wohnbevölkerung ab 15 Jahren gemäss Gesundheitsbefragung 2012

Chronische Krankheiten	Total
Hoher Blutdruck	13.0 %
Arthrose, (rheumatische) Arthritis	7.3 %
Heuschnupfen, Allergien	6.6 %
Diabetes	4,7 %
Migräne	3.0 %
Asthma	2.9 %
Osteoporose	2.3 %
Krebs, Geschwulst	1.8 %
Chronische Bronchitis / Emphysem	1.4 %
Nierenkrankheit	1.1 %
Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwür	0.9 %
Herzinfarkt	0.9 %
Schlaganfall	0.4 %

Quelle: BFS, Auswertungen bfu

Es ist zu vermuten, dass die Prävalenz von Krankheiten unter den PW-Lenkenden geringer ist als bei der Gesamtbevölkerung. Bei gewissen Erkrankungen ist die Nichteignung eindeutig, wie z. B. bei einer fortgeschrittenen Demenz.

Gemäss dem Administrativmassnahmenregister (ADMAS) des ASTRA war bei den Führerausweisentzügen im Jahr 2013 der Grund des Entzugs in 6 % aller Fälle «Nichteignung (Krankheit/Gebrechlichkeit)» (4759 von insgesamt 81 929 Ausweisentzügen) und in 3 % aller Fälle «Alkoholabhängigkeit/-missbrauch» (2105 Ausweisentzügen). Dabei ist anzumerken, dass ein Teil der Personen, deren Ausweis aufgrund von «Angetrunkenheit» auf unbefristete Zeit entzogen wurde (4108 Fälle), wahrscheinlich auch unter Alkoholsucht leidet. Ferner waren im Jahr 2013 4 % (3277) der Führerausweisentzüge auf Drogensucht zurückzuführen. Führerausweisentzüge wegen Krankheit, Gebrechlichkeit, Sucht, psychischer oder leistungsmässiger Nichteignung geschehen ausserdem selten aufgrund eines Unfalls. Gemäss ADMAS-Daten 2013 war dies der Fall nur in 1 % aller Führerausweisentzüge.

Der Begriff «kognitive Fähigkeiten» bezeichnet die geistige Wahrnehmung, d. h., die Fähigkeit, Signale der Umwelt wahrzunehmen und zu verarbeiten. Die Apperzeptionsleistung (Auffassungsmenge und -geschwindigkeit) halbiert sich beispielsweise in der Altersspanne von 20 bis 80 Jahren. Senioren brauchen mehr Zeit, um Informationen aus der Verkehrsumwelt aufzunehmen. Die Leistung des Arbeitsgedächtnisses reduziert sich: Weniger Informationen werden für eine kürzere Dauer behalten. Neben der Reaktionsgeschwindigkeit ist auch die Reaktionsflexibilität herabgesetzt, sodass schablonenhafte Reaktionen vermehrt zu beobachten sind.

Die Prävalenz von PW-Lenkenden mit **kognitiven Einschränkungen** lässt sich nicht leicht ermitteln. Bezogen auf die ganze Bevölkerung dürfte sie eher gering sein. Ein Hinweis dafür ist z. B. die Prävalenz der Demenz in der Gesamtbevölkerung. Es wird geschätzt, dass rund 110 000 Personen in der Schweiz an Demenz leiden [24]. Dies entspricht einer Prävalenz in der Gesamtbevölkerung von 1 %. Während sie sich bei 65- bis 69-Jährigen noch auf rund 2 % beläuft, steigt sie bei 90- und über 90-Jährigen auf ca. 33 % an. Aufgrund der Alterung der Bevölkerung wird geschätzt, dass sich die Anzahl Personen mit Demenz auf rund 190 000 im Jahr 2013 und auf knapp 300 000 im Jahr 2060 belaufen wird [24].

Mit ansteigendem Alter nehmen **Beweglichkeit und Muskelkraft** ab. Zudem erschwert die Steifigkeit der Nackenmuskulatur und Halswirbel zunehmend die Kopfdrehung. Wie viele Personen wie stark davon betroffen sind, ist schwierig zu beurteilen. Die Beweglichkeit wird u. a. durch Arthrose und (rheumatische) Arthritis eingeschränkt. Gemäss Gesundheitsbefragung 2007 sind 7 % der Gesamtbevölkerung von dieser Erkrankung betroffen. Während sich die Prävalenz bei den 35- bis 44-Jährigen auf 3,3 % beläuft, steigt sie bei den 65- bis 74-Jährigen auf 16 % und bei den 75- und über 75-Jährigen sogar auf 21 %.

Für die Fahrzeuglenkung ist die visuelle Wahrnehmung die wichtigste Sinnesmodalität: ca. 90 % aller fahrrelevanten Informationen werden visuell aufgenommen [18]. «Nur die Augen können Informationen aus grosser Distanz aufnehmen, was bei rascher Fortbewegung unerlässlich ist» [25]. Durch das Ohr können die Geschwindigkeit aufgrund des Motorgeräusches sowie gewisse technische Probleme am Wagen bemerkt werden. Auch andere Verkehrsteilnehmende erregen (durch Hupen und sonstigen

Verkehrslärm) die Aufmerksamkeit dieses Sinnesorgans. Die unmittelbare Umgebung kann z. B. durch die Propriozeption wahrgenommen werden, die u. a. die Fahrzeugvibrationen dank den Empfindungen am eigenen Körper erfasst [25].

Einbussen im **Seh- und Hörvermögen** hängen sehr stark mit dem Alter zusammen. Unter Seh- und Hörvermögen versteht man die Gesamtleistung des Seh- bzw. Hörorgans, also das Auge bzw. das Ohr und die zugehörigen Zentren im Gehirn.

Es gibt unterschiedliche Sehleistungen bzw. **Sehbeeinträchtigungen**, die für den Strassenverkehr relevant sind:

- Verminderter Visus (zentrale Tagessehschärfe): Der Prozess der Visusreduktion schreitet in der Regel langsam voran. Während viele Jugendliche über einen Visus von bis zu 2,8 verfügen, besitzt ein 80-Jähriger durchschnittlich nur noch einen Visus von 0,4 [26]. In vielen Fällen ist die Sehschärfe von PW-Lenkenden unter dem gesetzlichen Minimum, ohne dass die Betroffenen sich dessen bewusst sind. In den allermeisten Fällen lässt sich eine mangelhafte Sehschärfe durch Brillen/Linsen korrigieren [27].
- Gesichtsfeld und peripheres Sehen: Besonders in der älteren Bevölkerungsgruppe kommen Gesichtsfeldausfälle durch eine Verringerung des peripheren Sehens und durch Erkrankungen (z. B. fortgeschrittenes Stadium des Grünen Stars, Schlaganfälle) vor. Während das Gesichtsfeld in der Jugend eine Breite von 175° umfasst, sind es bei Senioren nur noch 140°.
- Dämmerungssehvermögen und Blendempfindlichkeit: Einbussen im Dämmerungssehvermögen bedeuten, dass man mehr Licht benötigt, um einen Gegenstand zu erkennen. Es geht hier um das Kontrastsehen. Dabei muss betont werden,

dass jemand trotz guter Sehschärfe (Visus) bei Nacht und Dämmerung nahezu blind sein kann [27]. Während in Bezug auf Dämmerungssehvermögen 2 % der 20- bis 29-Jährigen für die Nachtfahrt ungeeignet sind (ohne Blendungsquellen), gelten 35 % der 70- bis 79-Jährigen als fahruntauglich. Bezüglich Blendung belaufen sich die entsprechenden Werte auf 3 % bei den 20- bis 29-Jährigen und auf 54 % bei den 70- bis 79-Jährigen [28]. Eine erhöhte Blendempfindlichkeit entsteht ausserdem auch durch Augenkrankheiten wie Katarakt (Grauer Star). Katarakt betrifft 15 % der 60- bis 64-Jährigen und bereits einen Viertel der 65- bis 70-Jährigen [29].

- **Nachtmyopie:** Wenn die Umgebung dunkel ist, kann eine Kurzsichtigkeit entstehen oder sich verschärfen. Im Gegensatz zu allen anderen Aspekten des Sehvermögens betrifft die Nachtmyopie mehr junge als alte Menschen. In einer kanadischen Studie wurde eine Nachtmyopie von mindestens -0,75 dpt bei 17 % aller untersuchten Personen (zwischen 16 und 80 Jahren) respektive bei 38 % der 16- bis 25-Jährigen festgestellt [30].

Gemäss Erhebungen des Schweizerischen Optikverbands (SOV) sehen in der Schweiz gut 20–30 % der Verkehrsteilnehmenden zu schlecht, tragen unzureichende oder keine Sehhilfen, obwohl Letztere nötig wären. Dieser Prozentsatz scheint jedoch hoch im Vergleich zu Studienergebnissen aus Grossbritannien. Dort wurde ermittelt, dass 2–4 % der Lenkenden die Mindestanforderungen bezüglich Sehvermögen nicht erfüllen [31]. In Australien wurde dieser Anteil auf 12 % geschätzt [31]. Es ist erwiesen, dass ein Teil der in Australien untersuchten Lenkenden mit ungenügendem Sehvermögen die Anforderungen mit entsprechender Korrektur eigentlich erfüllen würden. Auch in Grossbritannien hat

eine Erhebung gezeigt, dass ein Teil der Brillen oder Linsen tragenden Lenkenden (insbesondere die jungen) manchmal ohne ihre Sehhilfen am Steuer ihrer Wagen unterwegs sind [31].

Das Sehen verändert sich bereits ab 40 Jahren degenerativ. Schon ab diesem Alter vermindert sich die Kontrastempfindlichkeit und erhöht sich die Blendempfindlichkeit. Auch wenn der Anteil der PW-Lenkenden im mittleren Alterssegment mit Sehbeeinträchtigungen gering ist, handelt es sich letztendlich um eine relevante Anzahl: die Gruppe der 45- bis 64-jährigen PW-Lenkenden legt 38 % der im Jahr 2010 gefahrenen PW-Kilometer zurück (die Gruppe der 65-Jährigen und Älteren nur 9 %) [32]. Zudem ist sich diese Altersgruppe im Gegensatz zu den meisten Senioren ihrer Beeinträchtigungen oftmals nicht bewusst.

Neben Sehverschlechterungen können auch **Beeinträchtigungen des Hörvermögens** die Fahreignung reduzieren. Mit zunehmendem Alter wird der wahrnehmbare Frequenzbereich eingeschränkt. Zudem liegt der Schwellenwert höher, sodass leise Töne nicht mehr wahrgenommen werden. Es treten vermehrt Probleme bei der Lokalisation von Geräuschquellen auf.

Die Prävalenz der Personen mit Hörproblemen beläuft sich in den USA und in Frankreich auf 9 % [18,33]. Es wird davon ausgegangen, dass auch in der Schweiz die Prävalenz in dieser Grössenordnung liegt. Mit zunehmendem Alter steigt der Anteil von Personen mit Hörproblemen. Gemäss der soeben erwähnten französischen Studie ist die Prävalenz bei Kindern unter 10 Jahren sehr gering (0,2 %). Bei Personen zwischen 10 und 40 Jahren beläuft sie sich auf 2 %. Sie erhöht sich bei Personen ab 40 Jahren und erreicht bei Personen zwischen 60 und 74 Jahren

22 % und bei Personen ab 75 Jahren sogar 43 %. Personen mit Hörproblemen sind somit hauptsächlich Senioren: 2 von 3 sind 60 Jahre alt oder älter und 3 von 4 sind 75 Jahre alt oder älter.

Ausserdem nimmt die Zahl der Menschen mit Hörproblemen stetig zu, u. a. aufgrund der Alterung der Bevölkerung. Auch bei Jugendlichen gibt es Anzeichen, dass die Verbreitung der Hörprobleme zunimmt [34].

2.2.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

In einer Meta-Studie im Rahmen des EU-Projekts IMMORTAL wurde ermittelt, dass ein Lenker mit einer gegebenen Krankheit bzw. Beeinträchtigungen im Seh- und Hörvermögen im Durchschnitt ein Risiko von 1,33 hat, in einen Unfall verwickelt zu werden [20]. Alkoholismus (2,0) und neurologische Krankheiten (1,75) weisen die höchsten relativen Risiken auf. In der Meta-Studie wird aber darauf hingewiesen, dass das Ergebnis betreffend Alkoholismus nur auf 3 Studienergebnissen basiert, sodass der Einbezug von weiteren Studien zu anderen Resultaten führen könnte. Andererseits muss erwähnt werden, dass durch die medikamentöse Behandlung mindestens ein Teil der Krankheitssymptome erfolgreich angegangen werden kann.

Die genannten Einbussen bei der kognitiven Informationsverarbeitung haben zur Folge, dass die interne Repräsentation des Verkehrsraums lückenhaft ist. Ausserdem werden die Senioren durch den Verkehr mehr beansprucht und ermüden dementsprechend schneller als der durchschnittliche PW-Lenker.

Dennoch führen viele der genannten Einschränkungen nicht zwangsläufig zu einer höheren Unfallbelastung. Das ist darauf zurückzuführen, dass

die kognitiven Leistungseinbussen nur bei komplexen Aufgaben in Kombination mit Zeitdruck zu einer reduzierten Handlungszuverlässigkeit führen. Wenn Senioren genügend Zeit haben und/oder die Fahrsituation einfach ist, fallen die Einbussen weniger ins Gewicht. Somit kann festgehalten werden, dass Zeitdruck und Komplexitätsgrad der Fahrsituation Moderatorvariablen darstellen, die das Risikoausmass kognitiver Leistungseinbussen bestimmen.

Im Rahmen einer Meta-Studie zeigte sich, dass das Unfallrisiko bei geistigen Störungen (als Extremform kognitiver Beeinträchtigungen) bei $RR=1,72$ ($p<0,05$) liegt [20].

Gemäss offizieller Unfallstatistik sind zwischen 2009 und 2013 1 % der schweren oder tödlichen Verletzungen bei PW-Insassen auf geistige oder körperliche Beeinträchtigungen zurückzuführen.

Im Bereich von körperlich-motorischen Leistungseinbussen ermittelte die Meta-Studie im Fall von Arthritis/lokomotorischen Behinderungen ein Unfallrisiko von $RR=1,17$.

Körperlich-motorische Beeinträchtigungen als potenzielle Mitursache eines Unfalls werden im Rahmen der polizeilichen Unfallprotokollierung nicht erfasst. Die nachfolgende Risikobeurteilung beruht auf einem Expertenrating. Hinzu kommt, dass dank verschiedenen Entwicklungen im Bereich der Fahrzeugtechnik, namentlich Servobremse, elektrische Parkbremse, Automatikgetriebe, Servolenkung und Rückfahrsektoren, diverse körperliche Beeinträchtigungen nicht mehr so stark ins Gewicht fallen wie früher.

Eine im Rahmen des EU-Projekts IMMORTAL durchgeführte Meta-Analyse von 79 Studien weist bei

Sehbeeinträchtigungen eine Risikoerhöhung von 10 % (RR=1,09, p<0,05) aus [20].

Gemäss offizieller Unfallstatistik spielt eine verminderte Sehkraft als unfallwirksamer Einflussfaktor eine vernachlässigbare Rolle (0,2 % aller registrierten Ursachen in den Jahren 2009–2013). Hierbei muss von einer sehr hohen Dunkelziffer ausgegangen werden, da der Polizeibeamte Sehprobleme höchstens dann erkennt, wenn eine im Führerausweis festgehaltene Sehkorrektur (Linsen/Brille) nicht getragen wird. Es muss davon ausgegangen werden, dass ein nicht unwesentlicher Anteil der PW-Lenkenden Sehbeeinträchtigungen aufweist, ohne dass das im Führerausweis vermerkt ist.

Im Vergleich zur Tagesehschärfe, zum Dämmerungssehen und zur Blendempfindlichkeit sind das Farbsehen und das stereoskopische Sehen für eine sichere Teilnahme am Strassenverkehr von untergeordneter Bedeutung [27,35].

Ausserdem konnte nachgewiesen werden, dass Lenkende, für die eine Nachtmyopie von mindestens -0,75 dpt gemessen wurde, öfters in PW-Unfälle verwickelt waren als diejenigen, die keine Nachtmyopie haben [36].

Bezüglich des Hörvermögens zeigte sich im Rahmen einer Meta-Analyse mit 5 Studienergebnissen, dass Hörbeeinträchtigungen das allgemeine Unfallrisiko um rund 20 % (RR=1,19; p<0,05) erhöhen [20]. Dieses Resultat ist mit Vorsicht aufzunehmen, da es nur auf 5 Studienergebnissen basiert, sodass der Einbezug von weiteren Studienergebnissen zu anderen Resultaten führen könnte.

Es ist auch schwer nachvollziehbar, warum eine Beeinträchtigung des Hörvermögens zu einem höheren

Unfallrisiko führen sollte als ein vermindertes Sehvermögen. Im Rahmen der Literatur-Review «Medical Conditions and Driving» wird in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Hörbeeinträchtigung und Strassenverkehrsunfällen die Datenlage bemängelt. Wenige Studien wurden zu diesem Thema durchgeführt und diejenigen, die realisiert wurden, führen zu unterschiedlichen Ergebnissen [18].

Die Datenlage im Bereich des **Hörens** ist unbefriedigend. Es lassen sich daraus kaum Schlüsse über die Unfallrelevanz von Hörbeeinträchtigungen ableiten. Zwar nimmt die Zahl der Menschen mit Hörproblemen stetig zu (auch bei jüngeren Menschen). Dennoch ist von einer geringen Unfallrelevanz auszugehen.

2.2.3 Risikobeurteilung

Analog zu den anderen Risikofaktoren gilt die Risikobeurteilung für alle PW-Insassen (sie beschränkt sich hier also nicht auf die Senioren).

Die Risikobeurteilung der Fahreignung bezüglich Krankheiten und natürlichen altersbedingten Veränderungen sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10
Risikobeurteilung: Fahreignung. Krankheiten und natürliche altersbedingte Veränderungen

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Kognitive Einschränkungen	*	**	*(*)
Körperlich-motorische Einschränkungen	*(*)	*	*(*)
Beeinträchtigtes Sehvermögen	*(*)	*	*(*)
Beeinträchtigtes Hörvermögen	*	*	*

* sehr gering / ***** sehr gross

2.3 Fahreignung: charakterliche Nichteignung

2.3.1 Ausgangslage und Verbreitung

Im Art. 16d SVG¹² wird festgehalten, dass der Lernfahr- oder Führerausweis einer Person auf unbestimmte Zeit entzogen wird, wenn sie (u. a.) aufgrund ihres bisherigen Verhaltens nicht Gewähr bietet, dass sie künftig beim Führen eines Motorfahrzeugs die Vorschriften beachten und auf die Mitmenschen Rücksicht nehmen wird. Damit deckt dieser Gesetzesartikel auch Mängel ab, die nicht unter die explizit erwähnten körperlichen oder geistigen Defizite und Suchtabhängigkeiten fallen¹³. «Charakterliche Mängel in diesem Sinn weisen etwa Personen auf, die im Strassenverkehr Verkehrsdelikte begehen, die auf eine besondere Rücksichtslosigkeit und Aggressivität hinweisen, auf ein völlig unangepasstes Verhalten gegenüber schwächeren Verkehrsteilnehmenden, auf eine übergrosse Risikobereitschaft oder die etwa besonders riskante Fahrmanöver durchführen, obwohl sie wegen eben dieses Verhaltens bereits (allenfalls wiederholt) mit Warnungsentzügen belastet wurden» [38]. Ausserdem wurde am 1. Januar 2013 die obligatorische Anordnung einer Fahreignungsuntersuchung bei bestimmten Tatbeständen wie z. B. bei Verkehrsverletzungen, die auf Rücksichtslosigkeit schliessen lassen, eingeführt (Art. 15d, Abs. 1, Bst c. SVG). Dies ist im Zusammenhang mit dem Kaskadensystem des Führerausweisentzugs und der mit Via sicura verschärften Raserregelung zu sehen.

Gemäss ADMAS-Register des ASTRA erfolgten im Jahr 2013 1459 Ausweisentzüge wegen «charakterlicher

Nichteignung». Dies entspricht 2 % aller Ausweisentzüge. Für 18- bis 29-Jährige liegt der entsprechende Anteil bei 3 %. Ausweisentzüge aufgrund von charakterlicher Nichteignung betreffen hauptsächlich Männer. Lediglich 5 % solcher Ausweisentzüge betreffen Frauen.

Oft sind diese Entzüge mit Alkohol am Steuer, unangepasster Geschwindigkeit¹⁴ oder Fahren trotz Ausweisentzug verbunden.

In der Literatur finden sich viele Studien, die den Zusammenhang zwischen spezifischen Charakterzügen und Unfallrisiko untersucht haben [39-44]. Ein Teil dieser Studien hat sich vor allem auf das Verhalten konzentriert, wie z. B. auf die Risikobereitschaft zu schnell zu fahren oder Verkehrsregeln zu verletzen. Andere Studien haben den Fokus mehr auf die Persönlichkeit gelegt. Dabei wird u. a. das «Fünf-Faktoren-Modell» (Big Five) der Persönlichkeit angewendet. Im Rahmen einer «meta-analytischen Review» wurde z. B. die Beziehung zwischen den fünf Dimensionen der Persönlichkeit (Extraversion, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, Neurotizismus, Offenheit für Erfahrung) und der Unfallimplikation untersucht [42]. Bei «hoher Extraversion», «niedriger Verträglichkeit» und «niedriger Gewissenhaftigkeit» wurde ein signifikantes höheres Unfallrisiko gefunden.

Die Persönlichkeit wird auch im Zusammenhang mit aggressivem Verhalten im Strassenverkehr thematisiert. Diverse Studien zeigen, dass aggressive PW-Lenkende auch in anderen Lebensbereichen zu aggressivem Verhalten neigen [45], was auf eine charakterliche Disposition hinweist. Die dispositionelle Ärgerneigung (häufig intensiven Ärger erleben) ist

¹² Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958, SR 741.01

¹³ Aufgrund des Kaskadensystems, das 2005 eingeführt wurde, wird der Führerausweis auf unbestimmte Zeit entzogen, wenn einem erneut straffälligen Lenker in einem Zeitraum von 10 Jahren vor der Tat der Führerausweis bereits mehrfach (2- bzw. 3-mal, je nach Schwere der jeweiligen Verkehrsregelver-

letzung) entzogen worden war. In diesen Fällen wird automatisch charakterliche Nichteignung postuliert, ohne dass dies vorher gutachterlich abgeklärt werden muss [37].

¹⁴ Neu seit dem 1. Januar 2013: Art. 90 SVG: Definition des Raserdeliktes

mit einem aggressiven Fahrstil assoziiert. So zeigen Fahrer mit dispositioneller Ärgerneigung ein höheres Ausmass an aggressiven Verhaltensweisen gegenüber anderen Fahrern (z. B. drängeln, schneiden) und gegenüber dem eigenen Fahrzeug (z. B. gegen die Tür treten) als Personen, die sich selten ärgern [11,46,47].

Aggressive Verhaltensweisen im Strassenverkehr nehmen mit zunehmendem **Alter** ab: Ältere Personen erleben im Strassenverkehr weniger Ärger und zeigen weniger aggressives Fahrverhalten als jüngere Personen [48,49]. Das **Geschlecht** spielt sowohl beim Ausmass an Ärger wie auch bei der Art des gezeigten aggressiven Verhaltens eine Rolle [50]. Unter Männern ist aggressives Verhalten im Strassenverkehr stärker verbreitet als unter Frauen. Das trifft vor allem auf die schwereren Ausdrucksformen zu [51]. Männer reagieren nicht nur stärker auf Ärger auslösende Situationen, sie scheinen diese auch als frustrierender und ärgerlicher zu erleben als Frauen [50].

Ausserdem lassen verschiedene Studien vermuten, dass die Risikobereitschaft bzw. der Erlebnishunger, zum Teil genetisch bestimmt wird [39,52]. Gewisse Hormone wie Norepinephrine, Testosterone und Dopamine sind im menschlichen Organismus unterschiedlich stark vertreten und bewirken je nach Zusammenspiel ein mehr oder weniger ausgeprägtes Risikoverhalten.

Der Anteil der PW-Lenkenden, der aus charakterlichen Gründen für das Lenken eines Personenwagens nicht geeignet ist, ist schwierig zu eruieren. Oft ist aufgrund des Verhaltens (z. B. nahe aufschliessen, drängeln, nicht ausweichen, unangepasste Geschwindigkeit) nicht klar, ob es sich um charakterlich aggressives Verhalten handelt oder um eine einmalige (situationsbedingte) riskante Verhaltensweise.

Gemäss Expertenrating wird von einer Prävalenz der Lenkenden mit charakterlicher Nichteignung von ca. 1 bis 2 % ausgegangen.

2.3.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Diejenigen Studien, die den Fokus auf die Persönlichkeit gelegt haben, kommen tendenziell zu einem weniger eindeutigen Zusammenhang zum Unfallgeschehen als diejenigen, die sich auf das Fahrverhalten konzentriert haben. Bei Personen mit einem risikoreichen Fahrverhalten (erhöhte Geschwindigkeit, Fahren ohne Führerausweis, bereits straffälliger Lenker) steigt die Wahrscheinlichkeit, sich in einem Verkehrsunfall zu verletzen, um 2- bis 4-mal [43,53].

Personen, die sich für das sichere Fahren eines Personenwagens als charakterlich ungeeignet erweisen, gehören zu einer Hochrisikogruppe. Ihr Anteil am Verkehrsgeschehen ist aber mit geschätzten wenigen Prozenten als gering einzustufen [54].

2.3.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fahreignung bezüglich der charakterlichen Nichteignung wird in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11
Risikobeurteilung: Fahreignung. Charakterliche Nichteignung

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Charakterliche Nichteignung	*	***	*

* sehr gering / ***** sehr gross

2.4 Fahrkompetenz: Risikokompetenz und Fahrfertigkeit

2.4.1 Ausgangslage und Verbreitung

In Bezug auf die Fahrkompetenz wird hier der Fokus auf die jungen Neulenkenden gelegt.

Neulenkende (männliche noch weit mehr als weibliche) sind bei bestimmten Unfalltypen überrepräsentiert. Insbesondere bei schweren **Selbst-/Schleuderunfällen** fällt die Beteiligung von jungen Lenkern auf. Verursacht werden diese Unfälle durch exzessive Geschwindigkeiten, Alkohol und/oder Müdigkeit. Letztlich führt dies zum Verlust über die Kontrolle des Autos. Dabei handelt es sich oft um Nachfahrten an Wochenenden [55-57].

Die hohe Unfallbeteiligung von Neulenkenden ist das Ergebnis einer unausgereiften Risikokompetenz [58]. Risikokompetenz ist primär ein kognitives emotional-motivationales Konstrukt. Der Fokus liegt bei **Informationsverarbeitungsprozessen**: die aktuelle Situation muss in Bezug auf das eigene Können richtig eingeschätzt und potenzielle Risiken beurteilt werden. Die Informationsverarbeitung ist bei Jungen

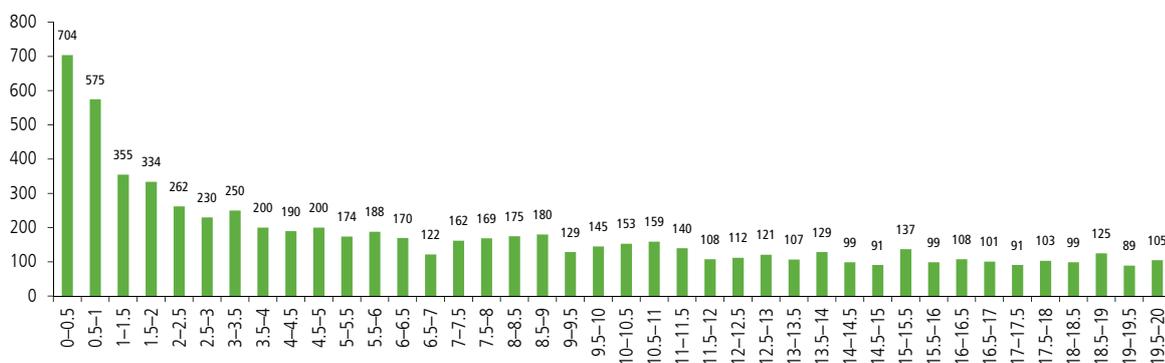
noch weit mehr als bei Erwachsenen durch Emotionen gesteuert. Analytische Überlegungen sind sekundär. Nicht selten resultieren dadurch der Sicherheit abträgliche Entscheide oder gefällte sichere Entscheide (z. B. nicht alkoholisiert zu fahren) werden durch gegenläufige Motive in der konkreten Situation torpediert.

Die unausgereifte Risikokompetenz der Neulenkenden ist einerseits auf ihre **fehlende Fahrerfahrung** sowie andererseits auf ihre **biologische und soziale Unreife**, die mit einem riskanteren Lebensstil einhergeht, zurückzuführen [55,59-62].

Defizite bei Grundfertigkeiten wie dem Bedienen des Fahrzeugs oder der Kenntnis der Verkehrsregeln führen kaum zu schweren Unfällen. Einen negativen Aspekt haben diese Defizite aber indirekt, weil dadurch anfänglich viel Aufmerksamkeit absorbiert wird, die folglich nicht für Prozesse höherer Ordnung (z. B. Gefahrenwahrnehmung, Selbstkontrolle) zur Verfügung steht. Zudem hat sich die Bedienung der Personenwagen durch verschiedene technische Innovationen wie synchronisierte Getriebe, (Halb-)Automatikgetriebe, Servolenkung, Antiblockiersystem (ABS), Antischlupfregelung (ASR) u. a. m. deutlich vereinfacht.

Abbildung 11

Anzahl schwer verletzte oder getötete Verkehrsteilnehmer in Unfällen wo PW-Lenkende die Hauptverursacher sind, nach Alter des Führerausweises (in Jahren), Σ 2011–2013



2.4.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

In den Jahren 2009–2013 starben in der Schweiz pro Jahr durchschnittlich 22 18- bis 24-Jährige in einem Personenwagen. Der überwiegende Teil von ihnen als Lenkende. Dies sind 19 % aller PW-Getöteten (dabei legt diese Altersgruppe nur 8 % aller gefahrenen Kilometer zurück [32, S. 12]).

Dem Sicherheitsgewinn durch die zunehmende Fahrerfahrung wird gegenüber der zunehmenden biologischen und sozialen Reife mehr Relevanz zugesprochen [62, S. 768]. Insbesondere die deutliche Reduktion der durch PW-Lenkende verursachten schweren Unfälle bereits nach wenigen Monaten selbständiger Fahrpraxis lässt sich kaum auf die zunehmende Reife, sondern vielmehr auf die zunehmende Fahrerfahrung zurückführen (Abbildung 11).

2.4.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung bezüglich der ungenügenden Risikokompetenz sowie der ungenügenden Fahrfer-tigkeit wird in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12
Risikobeurteilung: Fahrkompetenz. Ungenügende Risiko-kompetenz und ungenügende Fahrfer-tigkeit

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahren-potenzial	Unfall-relevanz
Ungenügende Risikokompetenz	*	***	****
Ungenügende Fahrfer-tigkeit	*	*	*

* sehr gering / ***** sehr gross

¹⁵ Diese Zahlen berücksichtigen u. a. den Konsum von Alkohol, der nicht kommerzialisiert (bzw. besteuert) wird, wie z. B. die Eigenproduktion von Alkohol. Es wird geschätzt, dass weltweit ca. ein

2.5 Fahrfähigkeit: Fahren im angetrunkenen Zustand (FiaZ)

2.5.1 Ausgangslage und Verbreitung

Die Schweiz gehört zu den Ländern mit dem grössten Alkoholkonsum. Der Pro-Kopf-Konsum (Einwohner ab 15 Jahren) von reinem Alkohol belief sich 2010 auf 10,7 l in der Schweiz bzw. 6,2 l weltweit [63]¹⁵. Zwischen 1990 und 2010 ist allerdings der Alkoholkonsum in Europa gesamthaft gesunken (EU-Mitgliedsstaaten sowie Norwegen und Schweiz) [64].

Die jährlichen Zahlen der eidgenössischen Alkoholverwaltung zeigen, dass der Alkoholkonsum in den zwei letzten Jahrzehnten auch in der Schweiz rückläufig ist. Auch wenn der Alkoholkonsum abgenommen hat, ist er weiterhin auf einem hohen Niveau. Jüngere Zahlen, basierend auf Bevölkerungsbefragungen (Suchtmonitoring-Befragung), weisen auch darauf hin, dass der risikoreiche Alkoholkonsum (Rauschtrinken und/oder chronisch risikoreicher Konsum) in der Schweiz leicht angestiegen ist (2011: 20,2 % und 2013: 22,0 %).

Für diesen Bericht massgebend ist jedoch nicht der Alkoholkonsum insgesamt, sondern das «Fahren im angetrunkenen Zustand» (FiaZ). Das Ausmass von FiaZ wird im Idealfall auf der Basis von zufällig ausgewählten Fahrzeuglenkenden ermittelt (Roadside Survey).

Im Rahmen des EU-Projekts DRUID (Driving under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines) wurden zwischen Januar 2007 und Juli 2009 Roadside-Surveys in 13 verschiedenen Ländern durchgeführt. Dabei wurde ermittelt, dass im Durchschnitt dieser 13 Länder der Anteil von Lenkenden, die unter

Viertel der alkoholischen Getränke nicht kommerzialisiert werden, in der Schweiz aber nur knapp 5 %.

Einfluss von Alkohol (ab 0,1 ‰) fahren, sich auf 3,9 % beläuft. Dieser Wert umfasst Lenkende, die nur unter Alkoholeinfluss standen (3,5 %), und diejenigen, die sich unter Einfluss von Alkohol und weiteren psychoaktiven Substanzen befanden (0,4 %). Die höchste Prävalenz wurde in Italien ermittelt (9,6 %), gefolgt von Belgien (6,7 %) [65].

In der Schweiz wurde fast zur gleichen Zeit (zwischen Oktober 2006 und April 2008) ein Roadside-Survey durchgeführt. Dieser beschränkte sich jedoch auf die Romandie. Rund 1000 Lenkende wurden an 24 verschiedenen Orten zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Tag kontrolliert. Dabei stellte sich heraus, dass rund 5 % der Fahrer mit Alkohol im Blut (auch unter 0,5 ‰) in einem Motorfahrzeug unterwegs waren [66].

Laut einer Untersuchung über die regionalen Unterschiede im Verkehrsunfallgeschehen gehört Alkoholkonsum zu den Risikofaktoren, die die grössten Differenzen zwischen den drei Landesteilen aufweisen [67]. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, für die gesamte Schweiz gesicherte Aussagen über den FiaZ-Anteil zu machen. Auf der Basis obiger Befunde kann geschätzt werden, dass der Anteil im Bereich von 1 bis 5 % liegt. An Wochenendnächten ist dieser Anteil wahrscheinlich deutlich höher.

2.5.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Die empirisch aufgezeigte rasche Zunahme der Unfallwahrscheinlichkeit ab 0,5 ‰ BAK (Blutalkoholkonzentration) und die geschätzte Häufigkeit von FiaZ lässt keinen Zweifel an der Bedeutsamkeit alkoholbedingter Beeinträchtigungen der Fahrfähigkeit.

Diese erstrecken sich in erster Linie auf Wahrnehmungsleistungen, in zweiter Linie auf kognitive Leistungen und schliesslich auf sensomotorische Koordinationsleistungen. Solchen Leistungsveränderungen stehen alkoholbedingte Motivationsveränderungen gegenüber, woraus sich alkoholspezifische Wechselwirkungen zwischen objektiven Leistungsmöglichkeiten und subjektiven Zielsetzungen ergeben [68].

Gemäss aktuellen Erkenntnissen aus dem europäischen Projekt DRUID [65, S. 59] erhöht sich das Unfallrisiko bei steigender BAK exponentiell: Das Risiko, bei einem Unfall verletzt zu werden, erhöht sich je nach BAK wie folgt (Odds Ratios kontrolliert für Alter und Geschlecht, Konfidenzintervalle in Klammern):

- BAK von 0,1 bis 0,49 ‰: +1,2 (+0,8 – +1,7)
- BAK von 0,5 bis 0,79 ‰: +3,6 (+2,3 – +5,7)
- BAK von 0,8 bis 1,19 ‰: +13,4 (+8,1 – +21,9)
- BAK von 1,2 ‰ und mehr: +62,8 (+44,5 – +88,6)

Grundsätzlich beläuft sich das Risiko, bei einem Unfall verletzt zu werden, wenn Alkohol im Spiel ist, auf 8,3. Das Risiko, bei einem Unfall getötet zu werden, ist noch viel höher [65].

Die rasche Zunahme der Unfallwahrscheinlichkeit mit zunehmendem Alkoholisierungsgrad und die Auftrenshäufigkeit von FiaZ sind dafür verantwortlich, dass Alkoholkonsum eine **zentrale Unfallursache** darstellt. Rund jeder fünfte Unfall in den Jahren 2009–2013 (mit schwer verletzten oder getöteten PW-Insassen) wird in der Schweiz gemäss den Polizeiprotokollen durch alkoholisierte Lenkende verursacht¹⁶. Es liegen grosse Unterschiede zwischen den Sprachregion vor. In der Romandie werden 30 % al-

¹⁶ Im Sicherheitsdossier «Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden» [69] wurde ermittelt, dass rund 15 % der Unfälle in der Schweiz sich verhindern liessen, wenn Alkohol und Fahren getrennt würden. Die Relevanz von FiaZ ist weit höher, wenn der Fokus wie im vorliegenden Dossier nur auf

den PW-Insassen liegt. Rund ein Fünftel (22 %) der schwer oder tödlich verletzten PW-Insassen verunfallte gemäss polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen, weil ein PW-Lenker alkoholisiert unterwegs war.

ler schweren oder tödlichen Verletzungen bei PW-In-sassen dem Alkoholkonsum zugeschrieben. Die entsprechenden Anteile in der Deutschschweiz und im Tessin belaufen sich auf 16 % bzw. 23 %. Möglicherweise beruht ein Teil dieser Unterschiede auf verschiedener Unfallaufnahmepraxis in den drei Sprachregionen [67, S. 77].

2.5.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fahrfähigkeit bezüglich Fahren im angetrunkenen Zustand wird in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13
Risikobeurteilung: Fahrfähigkeit. Fahren im angetrunkenen Zustand (FiaZ)

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Fahren im angetrunkenen Zustand	*	****(*)	*****

* sehr gering / ***** sehr gross

2.6 Fahrfähigkeit: Fahren unter Drogen- und Medikamenteneinfluss

2.6.1 Ausgangslage und Verbreitung

Nicht nur das Fahren unter Einfluss von Alkohol, sondern auch das Fahren unter Einfluss von Drogen und Medikamenten stellt ein wichtiges Problem für die Sicherheit auf den Strassen dar. Anders jedoch als beim Alkohol handelt es sich bei Drogen und Medikamenten um eine Vielfalt von Substanzen mit unterschiedlichen Wirkungsweisen [70]. Ob sie einzeln oder in Kombination eingenommen werden, kann ebenfalls einen wichtigen Einfluss auf die Fahrfähigkeit haben. Es wird geschätzt, dass von den rund 25 000 in der Schweiz vertriebenen Medikamenten ca. 3500 die Fahrfähigkeit beeinträchtigen können. Insbesondere zu Beginn einer Behandlung oder nach einer Änderung der Dosierung machen sich negative Auswirkungen auf die Fahrfähigkeit bemerkbar. Andererseits können durch die Medikation die Symptome einer Krankheit gelindert werden, sodass sich die Fahrfähigkeit auch verbessern lässt [70].

Hinweise über das tatsächliche Ausmass von Fahrten unter Einfluss von Drogen und Medikamenten können dank der in der Romandie durchgeführten Roadside-Survey ermittelt werden [66]. Von all den Fahrern, deren Speichel untersucht wurde, waren 4 % unter Einfluss von Drogen und 10 % unter Einfluss von Medikamenten, welche die Fahrfähigkeit beeinträchtigen können.

Die Roadside-Surveys, die im Rahmen des europäischen Projekts DRUID durchgeführt wurden, ergaben einen Anteil der Lenkenden, die unter Drogeneinfluss fahren, von lediglich 1,9 %. Der entsprechende Anteil der Lenkenden unter Einfluss von Medikamenten lag bei 1,4 % [71].

Verglichen mit den Resultaten des DRUID-Projekts erscheinen die in der Roadside-Survey ermittelten Werte als sehr hoch. Die Differenz lässt sich aber zu einem grossen Teil durch methodische Unterschiede erklären. So belief sich z. B. die Anzahl von untersuchten Substanzen (inkl. Ethanol und verschiedene Drogen) auf 23 im DRUID-Projekt und auf 107 in der westschweizerischen Studie. Im DRUID-Projekt wurden beispielweise Medikamente wie Antidepressiva oder Antiepileptika ausgelassen. Zudem waren die Cut-Off-Werte (Grenzwerte), ab welchen die Präsenz einer Substanz nachgewiesen wird, unterschiedlich definiert.

Im Rahmen einer schweizerischen Untersuchung bezüglich Lenkende, die die Polizei verdächtigt hat, unter Drogeneinfluss zu fahren, wurde in der Tat bei 89 % der Personen mindestens eine psychoaktive Substanz nachgewiesen [72]¹⁷. Die meist verbreiteten Substanzen waren Cannabinoide (bei 48 % aller untersuchten Personen), Alkohol (35 %), Kokain (25 %), Opiate (10 %), Amphetamine (7 %), Benzodiazepine (6 %) und Methadon (5 %). Im Vergleich zu früheren Studien ist die Substanz Kokain (11 % im Jahr 1996 und 13 % im Jahr 2005) häufiger geworden und Opiate viel seltener (36 % im Jahr 1996 [73] und 9 % im Jahr 2005 [74]). Diese Ergebnisse spiegeln Veränderungen auf dem Markt der illegalen Drogen und bei den Konsumgewohnheiten wider.

Die Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht (EMCDDA) stellt in ihrem Bericht «Europäischer Bericht 2014. Trends und Entwicklung» fest, dass in der europäischen Drogenproblematik Heroin eine geringere Rolle spielt als in der Vergangenheit, während Stimulanzien, synthetische Drogen, Cannabis und Arzneimittel immer mehr an Bedeutung gewinnen. Sie weist auch auf

die zunehmende Rolle des Internets bei der Gestaltung der Verkaufswege hin [75].

2.6.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Inwiefern trägt der Konsum einer bestimmten psychoaktiven Substanz zu einem Unfall bei? Die Resultate variieren je nach Substanz und Studiendesign. In einem OECD-Bericht wurden die Resultate von 24 Studien zusammengefasst, die weltweit zwischen 1982 und 2008 realisiert worden sind [76]. Nur in etwa der Hälfte der Studien über Cannabis konnte z. B. ein erhöhtes Unfallrisiko nachgewiesen werden. Zu weniger heterogenen Ergebnissen kam eine im Jahr 2012 veröffentlichte Meta-Analyse, die nur epidemiologische Studien berücksichtigt hat, die das Unfallrisiko anhand eines akuten und vor kurzem erfolgten Cannabiskonsums berechnet haben: 7 von 9 Studien kamen zum Schluss, dass Cannabiskonsum zu einem erhöhten Unfallrisiko führt [77]. Im Durchschnitt wurde eine Verdoppelung des Unfallrisikos berechnet. Einige Studien, die den Einfluss der Konsummenge von Cannabis untersuchten, haben gezeigt, dass es eine Wirkung in Abhängigkeit von der Dosis gibt [78-80].

Die im Rahmen des EU-Projekts DRUID durchgeführten Forschungsarbeiten (Fall-Kontroll-Studien basierend auf Roadside- und Hospital-Surveys), die Ende 2011 veröffentlicht wurden, kommen zu folgenden Ergebnissen (kontrolliert für Alter und Geschlecht, Konfidenzintervalle in Klammern) [65]:

- Amphetamine: +8,4 (+3,9 – +17,8)
- Kokain: +3,3 (+1,4 – +7,8)
- THC: +1,4 (+0,9 – +2,8)
- Alkohol und Droge(n): +28,8 (+18,4 – +45,1)

¹⁷ In dieser Studie wurden aber Fälle mit Verdacht auf ausschliesslich Alkohol nicht berücksichtigt.

Sehr hohe Risiken ergeben sich insbesondere durch Mischkonsum.

Medikamente können die Vigilanz, die Konzentrationsfähigkeit, sensomotorische Funktionen sowie die emotionale Anteilnahme an der Umwelt verändern, was Auswirkungen auf die Informationsverarbeitung, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Handlungskontrolle hat [81].

Bezüglich der Einnahme von Benzodiazepinen kommt eine Meta-Analyse von 14 Studien zum Schluss, dass Benzodiazepine das Unfallrisiko um 50 % erhöhen (RR=1,54; p<0,001) [20].

Die im Rahmen des EU-Projekts DRUID durchgeführten Forschungsarbeiten haben ergeben, dass das Risiko, bei einem Unfall verletzt zu werden, durch Fahrten unter Medikamenteneinfluss erhöht wird [65]. Folgende Odds Ratios (kontrolliert für Alter und Geschlecht, Konfidenzintervalle in Klammern) wurden ermittelt:

- Benzodiazepine und «Z-Medikamente»¹⁸: +2,0 (+1,4 – +2,9)
- Medizinale Opioide: +9,1 (+6,4 – +12,8)

Wenn mehrere psychoaktive Substanzen eingenommen werden, steigt das Unfallrisiko deutlich an. In einer Studie liess sich feststellen, dass bei Personen ab 45 Jahren die Wahrscheinlichkeit umso grösser war, verantwortlich für den Unfall zu sein, je mehr psychoaktive Medikamente sie eingenommen haben. Dieses Risiko erhöhte sich bei der Einnahme von 1, 2 oder mehr als 2 psychoaktiven Medikamenten (versus keinem Medikament) von 1,89 auf 4,23 bzw. 7,99 [82]. In einer weiteren Studie konnte aufgezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit zu verunfallen für einen

PW-Lenker (ab 50 Jahren) umso grösser war, je mehr Medikamente eingenommen wurden (auch nicht-psychoaktive Medikamente) [83]. Grund dafür könnten u. a. die möglichen negativen Wechselwirkungen von den verschiedenen eingenommenen Medikamenten sein. Den Autoren ist jedoch bewusst, dass die Anzahl Medikamente auch den gesundheitlichen Zustand des Lenkenden widerspiegelt. Es ist nicht auszuschliessen, dass der schlechte Gesundheitszustand des Fahrers Grund für den Unfall ist.

Von allen PW-Insassen, die in den Jahren 2009–2013 in schwere Unfälle verwickelt wurden, waren 4,2 % in Unfälle mit Drogenverdacht und 2,0 % in Unfälle mit Verdacht auf Medikamentenkonsum involviert. Da Medikamente und Drogen gemäss Literatur nicht selten zusammen auftreten, dürfen diese Anteile nicht einfach addiert werden. Die Angaben widerspiegeln lediglich Verdachtsmomente der Polizei (ohne Überprüfung). Es ist davon auszugehen, dass die Angaben der Polizei das tatsächliche Ausmass unterschätzen.

Aufgrund mehrerer Studien aus verschiedenen Ländern schätzt das Weltverkehrsforum der OECD in seinem im Jahr 2010 veröffentlichten Bericht, dass von allen verletzten oder getöteten Fahrzeuglenkenden zwischen 14 und 17 % unter Einfluss von Drogen oder Medikamenten standen [76].

Da PW-Lenkende unter Einfluss von Drogen oder Medikamenten zum Teil allein fahren, wird die Unfallrelevanz für PW-Insassen nicht so hoch eingeschätzt wie für PW-Lenkende. Es ist zu vermuten, dass in der Schweiz zwischen 6 und 8 % der schweren Unfälle von PW-Insassen auf illegale Drogen oder Medikamente zurückzuführen sind.

¹⁸ Z-Medikamente sind Schlafmittel, die so bezeichnet werden, weil sie mit «Z» beginnen (Zolpidem, Zopiclon und Zaleplon). Im DRUID-Projekt wurden jedoch nur Zolpidem und Zopiclon

berücksichtigt. Die Z-Medikamente wirken ähnlich wie Benzodiazepine, gehören aber eigentlich zu einer anderen Medikamentenklasse.

2.6.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fahrfähigkeit bezüglich Fahren unter Drogen- und Medikamenteneinfluss wird in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14
Risikobeurteilung: Fahrfähigkeit. Fahren unter Drogen- und Medikamenteneinfluss

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Negative Auswirkungen aufgrund von illegalen Drogen	*	***(*)	**
Negative Auswirkungen aufgrund von Medikamenten	*	***(*)	*

* sehr gering / ***** sehr gross

¹⁹ In den polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen der Schweiz ist gemäss Polizeiangaben bei schweren Unfällen in

2.7 Fahrfähigkeit: Ablenkung

2.7.1 Ausgangslage und Verbreitung

Die Ausführungen in diesem Kapitel fokussieren auf spezifische, ausserhalb der Person liegende Stimuli, die zu **Ablenkung** führen. Nicht thematisiert wird der Risikofaktor **Unaufmerksamkeit**. Letzterer betrifft Prozesse, die im Innern des Lenkers ablaufen, unspezifisch und der Prävention kaum zugänglich sind¹⁹.

Eine auch von der WHO (World Health Organization) benutzte Definition von Ablenkung lautet: «Distraction is the diversion of attention away from activities critical for safe driving towards a competing activity.» [84, S.3,85, S. 7]

Die Ablenkungsquellen befinden sich sowohl innerhalb als auch ausserhalb des Fahrzeugs. Als «ablenkende Tätigkeiten im Fahrzeug» gelten u. a. Telefonieren am Steuer, Essen, Rauchen, Gespräche führen, oder Bedienung von elektronischen Geräten wie Radio, CD-Player, Navigationssystemen. Beispiele für Ablenkungen ausserhalb des Fahrzeugs sind das Betrachten von Gebäuden, Personen, Situationen oder Werbeplakaten [85]. In diesem Bericht wird zudem darauf hingewiesen, dass Werbekampagnen in Form von Videos die Fahrleistung noch stärker beeinträchtigen als (statische) Plakate.

Viele Studien wurden weltweit durchgeführt, um die Verbreitung der verschiedenen ablenkenden Tätigkeiten zu ermitteln. Dabei kamen mehrere Studiendesigns zur Anwendung [86]:

- Haushaltsbefragungen
- Erhebungen am Strassenrand
- Beobachtungsstudien im Fahrzeug mit Kamera-Aufzeichnungen («Naturalistic driving studies»)

rund einem Viertel der Fälle Unaufmerksamkeit im übergeordneten Sinn mit im Spiel.

In Haushaltsbefragungen wird die Verbreitung von ablenkenden Tätigkeiten wahrscheinlich aufgrund der sozialen Erwünschtheit unterschätzt. Bei Erhebungen am Strassenrand werden bestimmte ablenkende Tätigkeiten beobachtet, meistens das Telefonieren mit dem Handy in der Hand. In solchen Erhebungen wird die Exposition hingegen eher überschätzt, denn die Beobachtungen finden hauptsächlich tagsüber von Montag bis Freitag und bei eher tiefen Geschwindigkeiten statt. «Naturalistic driving studies» können viel detailliertere Auskünfte über die Verbreitung verschiedener ablenkender Tätigkeiten geben. Auch bei diesem Studiendesign ist es schwierig, z. B. die kognitive Ablenkung zu eruieren oder nachts bei schlechten Lichtverhältnissen die ablenkenden Tätigkeiten zu erkennen. Ausserdem wird das Verhalten der Lenkenden durch die im Fahrzeug eingebauten Kameras vermutlich beeinflusst [85].

Gemäss einer «Naturalistic driving study», die im Jahr 2003 in den USA durchgeführt wurde, waren Lenkende in ca. 30 % der Zeit, während der sie fahren, in eine weitere Aktivität involviert. Am meisten Zeit beanspruchten die Gespräche mit Passagieren (rund 15 %), gefolgt von Essen und Trinken, inkl. deren Vorbereitung (4,6 %), «inneren Ablenkungen» (3,8 %), «äusseren Ablenkungen» (1,6 %), Rauchen (1,6 %), Handhabung von Audiogeräten (1,4 %) und Telefonieren (1,3 %) [87].

Gemäss einer Studie, die in der Schweiz realisiert und 2012 veröffentlicht wurde, stellte das Rauchen (mit Ausnahme der Gespräche, die nicht berücksichtigt wurden) die grösste Ablenkungsquelle dar (rund 4 % der gesamten aufgezeichneten Fahrzeit), gefolgt von «Telefonieren, inkl. mehrmaliges Tippen» (2,4 %) sowie «Essen und Trinken, inkl. Ess-/Trinkwaren ergreifen» (0,6 %) [88]. Am häufigsten wurde aber das Anschauen von Objekten ausserhalb des

Fahrzeugs festgestellt (durchschnittlich 10-mal pro 15 Minuten). Es ist jedoch sehr schwierig zu beurteilen, wie gross das Ausmass der Ablenkung durch die verschiedenen Sekundäraktivitäten ist [85]. Die Auswirkung dieser Aktivitäten auf die Fahrleistung kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden, wie z. B. durch die Eigenschaften der Lenkenden, die Anforderungen der Fahraufgaben oder die konkurrierenden Aufgaben [89]. Schliesslich finden sich einige Hinweise darauf, dass Lenker dazu tendieren, als gefährlich eingestufte Ablenkungen in weniger anspruchsvolle Lenk-Phasen zu verlegen (Stillstand, gerade Abschnitte).

2.7.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Es ist davon auszugehen, dass die verschiedenen ablenkenden Tätigkeiten unterschiedlich gefährlich sind. Am meisten geforscht wurde in den Bereichen «Telefonieren am Steuer» und «Anwesenheit von Passagieren» [90].

Gemäss der Literaturreview «Mobile phone use: a growing problem of driver distraction» steigt das Unfallrisiko sowohl durch das Telefonieren mit dem Handy in der Hand als auch durch das Telefonieren mit der Freisprechanlage um das 4-Fache [85].

Aus der bfu-Bevölkerungsbefragung vom März 2014 ist ersichtlich, dass in der Wahrnehmung der Schweizer Bevölkerung das Telefonieren mit dem Handy in der Hand viel gefährlicher erscheint als das Telefonieren mit der Freisprechanlage [9, S. 34].

Bei allen Verhaltensweisen kann man beobachten, dass Personen, die selbst hin und wieder das angesprochene Verhalten zeigen, dieses als wenig gravierend betrachten. So schätzen z. B. Personen, die gemäss eigener Aussage oft mit der Freisprechanlage

telefonieren, diese Verhaltensweise als deutlich weniger gefährlich ein als diejenigen, die geantwortet haben, dass sie nie mit der Freisprechanlage telefonieren.

Die schweizerische Studie «Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer» kommt zum Schluss, dass «[...] das Thema «Benutzung des Mobiltelefons am Steuer» mit Abstand den höchsten Handlungsbedarf auf[zeigt], wobei unter Benutzung jede Verwendung des Mobiltelefons gemeint ist und nicht nur das Telefonieren selbst. [...] Der Handlungsbedarf ist bei Fahrzeugen mit Freisprechanlagen grösser als bei Fahrzeugen ohne Sprechanlage. Offensichtlich wird die Freisprechanlage nicht benutzt oder das Telefon wird trotz Freisprechanlage während des Telefonierens in der Hand gehalten» [88].

Einige Studien deuten darauf hin, dass Passagiere die Fahrweise der Lenkenden negativ beeinflussen können. Dabei ist anzumerken, dass die Anwesenheit von Passagieren nicht nur zu möglichen Ablenkungen führt, sondern auch spezifische Verhaltensweisen beim Lenkenden hervorrufen kann, wie z. B. riskantes Fahren, um den Mitfahrenden zu imponieren. Dies scheint besonders bei jungen Lenkenden der Fall zu sein, sodass in den meisten US-Staaten ein Passagierverbot unterschiedlicher Ausprägung besteht [90,91]. Je mehr Mitfahrende im Auto sind, desto grösser erweist sich das Unfallrisiko [91]. Ebenso können kleine Kinder als Passagiere eine bedeutende Ablenkungsquelle sein [92]; «Vortrag Ve-lma Burns, März 2014 in Irland».

Unfallrisiken für weitere ablenkende Tätigkeiten wurden im Rahmen der «100-Car Naturalistic Driving study» berechnet [93]. Als besonders gefährlich erweisen sich Tätigkeiten wie «Nach einem sich bewegendem Objekt greifen» (OR=8,8) oder «Blick auf ein Ereignis ausserhalb des Fahrzeugs richten» (OR=3,7).

Für Neulenkende stellen ablenkende Tätigkeiten eine deutlich höhere Gefahr dar als für erfahrene Lenkende. So wurden z. B. für Neulenkende folgende Odds Ratio ermittelt: 8,3 für das Tippen einer Telefonnummer und 8,0 für das Ergreifen eines Objekts im Fahrzeug. Für erfahrene Lenkende beliefen sich die entsprechenden Odds Ratio auf 2,5, bzw. 1,2, wobei nur der erste Wert signifikant ist [94].

In einer weiteren Studie, die in Frankreich durchgeführt wurde, wurde geschätzt, dass 8 % der Unfälle den ablenkenden Tätigkeiten zugeschrieben werden [95]. Aktivitäten wie das Ergreifen eines Objekts im Fahrzeug, Rauchen und Anschauen von Objekten/Ereignissen ausserhalb des Fahrzeugs waren mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit verbunden, Schuld am Unfall zu sein.

Gordon schätzt aufgrund von mehreren Studien basierend auf den Resultaten von Unfallprotokollen, dass zwischen 10 und 12 % der Unfälle durch ablenkende Tätigkeiten mitverursacht werden [96]. Er fügt hinzu, dass dieser Anteil wahrscheinlich unterschätzt ist. Für die Polizei am Unfallort ist es oft schwierig, die genauen Ablenkungsquellen und Ursachen festzustellen.

Aufgrund der neuen Erkenntnisse bezüglich Ablenkung wird angenommen, dass in 8–10 % der schweren Unfälle Ablenkung im Spiel ist.

2.7.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fahrfähigkeit bezüglich Ablenkung wird in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15 Risikobeurteilung: Fahrfähigkeit. Ablenkung			
Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Ablenkung	**	***	***

* sehr gering / ***** sehr gross

2.8 Fahrfähigkeit: Übermüdung

2.8.1 Ausgangslage und Verbreitung

Verstärkte Müdigkeit ist ein weit verbreitetes Phänomen. Es muss davon ausgegangen werden, dass insgesamt rund 25 % der Bevölkerung schlafbezogene Schwierigkeiten haben und 10 % der Bevölkerung dadurch auch tagsüber beeinträchtigt sind. 5 % der Bevölkerung leiden sogar an exzessiver Tagesmüdigkeit. Müdigkeit am Steuer kann neben Erkrankungen wie dem Schlafapnoe-Syndrom auch durch a) Konsum von Alkohol, Drogen oder Medikamenten, b) Nacht- und Nachmittagsfahrten, c) zu kurze Schlafdauer sowie d) zu lange Fahrtdauer entstehen. Auf der Basis der verfügbaren Studienergebnisse kann grob geschätzt werden, dass aufgrund der genannten Ursachen ca. 5 % der Fahrzeit bei einer Übermüdung in fahrbeeinträchtigtem Ausmass absolviert wird.

Die Wahrscheinlichkeit von Müdigkeit am Steuer hängt vom Alter, Geschlecht sowie von der beruflichen Tätigkeit ab. Zu den Gruppen mit erhöhtem Unfallrisiko durch Übermüdung zählen neben den jungen Erwachsenen auch Lenkende ab rund 50 Jahren, Männer, Schichtarbeitende (insbesondere bei Nachtarbeit bzw. langen und unregelmässigen Arbeitszeiten), Berufschaffeuere und Lenkende mit Schlafstörungen wie Schlafapnoe. Während übermüdete junge Erwachsene eher in den frühen Morgenstunden in Unfälle verwickelt werden, kommt es bei älteren Personen häufiger am Nachmittag zu solchen Unfällen [97,98]. In Finnland hat sich ausserdem herausgestellt, dass sich Müdigkeitsunfälle vermehrt in den Sommermonaten ereignen [98].

2.8.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Müdigkeit schmälert die Fahrfähigkeit. Dies zeigt sich beispielsweise darin, dass die Fahrspur schlechter eingehalten wird und die Steuerung abrupter ausfällt. Übermüdete Lenkende reagieren auch weniger adäquat auf Umweltinformationen (wie z. B. auf eine Geschwindigkeitsreduzierung des vorderen Fahrzeugs). Müdigkeit kann auch die Motivation zum Schutzverhalten reduzieren, da emotionales Entscheiden zunimmt und rationales Denken unterdrückt wird. Übermüdete Fahrzeuglenkende haben durch die genannten Einbussen ein erhöhtes Unfallrisiko. Empirische Studien deckten auf, dass das Unfallrisiko durch Nachtfahrten zwischen 2 und 5 Uhr um das 4-Fache, durch eine vorgängige 11-stündige Arbeitsschicht um das 2-Fache, durch eine 11-stündige Fahrzeit um das 7-Fache, durch eine auf 5 Stunden reduzierte Schlafdauer auf das 3-Fache und durch eine Schlafstörung um das 3- bis 8-Fache ansteigt [99-103]. Eine summarische Risikoangabe ist indessen kaum möglich.

Der Anteil des Unfallgeschehens, der durch Schläfrigkeit am Steuer bedingt ist, wurde lange Zeit unterschätzt, nicht zuletzt, weil Müdigkeit in der offiziellen Unfallstatistik aufgrund der Erfassungsprobleme selten ausgewiesen wird. Gemäss offizieller Unfallstatistik der Jahre 2009–2013 sind 5,2 % aller schwer und tödlich verletzten Personen auf «momentanen Schwächezustand» zurückzuführen. Darunter werden sowohl «Übermüdung» als auch «Schwächeanfall» subsumiert. Empirische Untersuchungen zur Schläfrigkeitsproblematik belegen jedoch, dass Müdigkeit ein substantiellerer Einflussfaktor von Strassenverkehrsunfällen darstellt. Die meisten Studien ermitteln, dass Schläfrigkeit bei 10–30 % aller Verkehrsunfälle eine Mit-

ursache darstellt [99,104-107]. Werden die Alkoholfälle ausgeschlossen, dürfte der Anteil müdigkeitsbedingter Unfälle auf 10–15 % aller schweren Unfälle sinken [108]. Unter Ausschluss weiterer konfundierender Risikofaktoren, wie insbesondere Dunkelheit und überhöhte Geschwindigkeit, dürfte sich der Wert schätzungsweise auf rund 10 % verringern.

2.8.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fahrfähigkeit bezüglich Übermüdung wird in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16
Risikobeurteilung: Fahrfähigkeit. Übermüdung

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Fahren im übermüdeten Zustand	*	***(*)	***

* sehr gering / ***** sehr gross

2.9 Fahrverhalten: Unangepasste Geschwindigkeit

2.9.1 Ausgangslage und Verbreitung

In der Schweiz ist das zu schnelle Fahren ein weit verbreitetes Phänomen. Die Übertretungsrate variiert jedoch stark nach Tageszeit, Witterungsbedingungen, Strassentyp, Verkehrsaufkommen und Ortslage. 2010 fuhren ausserorts 31 % und auf Autobahnen 18 % der PW-Lenkenden zu schnell. Innerorts waren es 16 % [109]. Von allen Ausweiszügen im Jahr 2013 sind 36 % auf Geschwindigkeitsüberschreitungen zurückzuführen [110]. In rund 90 % der Fälle erfolgten diese Entzüge, ohne dass sich im Vorfeld ein Unfall ereignet hatte.

2.9.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Die Geschwindigkeit ist einer der zentralsten Unfall- und Verletzungsrisikofaktoren im Strassenverkehr. Einerseits verkürzen hohe Geschwindigkeiten die Zeit, um auf spät erkennbare oder plötzlich auftauchende Hindernisse zu reagieren. Andererseits fällt der Zusammenhang zur Verletzungswahrscheinlichkeit bzw. -schwere überproportional stark ins Gewicht, führt doch eine hohe Geschwindigkeit zu einem überproportional verlängerten Anhalteweg bzw. (im Fall eines Hindernisses) zu einer überproportional erhöhten Kollisionsgeschwindigkeit [111]: Wo ein mit 30 km/h fahrendes Auto nach einer Vollbremsung still steht, weist ein Fahrzeug mit einer Ausgangsgeschwindigkeit von 40 km/h, dessen Lenker am gleichen Ort gleich schnell reagiert, noch immer eine Geschwindigkeit von 30 km/h auf und bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h hat an diesem Punkt noch gar kein Geschwindigkeitsabbau stattgefunden.

Die relativ kleinen Hochrisikogruppen, wie die oft thematisierten Raser, verursachen zwar schwere Unfälle, bilden aber nicht das Hauptproblem. Sehr viel bedeutsamer sind die Folgen der zahlreichen, meist verkannten geringeren Geschwindigkeitsüberschreitungen oder anderer Arten von geschwindigkeitsbezogenem Fehlverhalten wie das Nichtanpassen an Linienführung, an Strassenverhältnisse, an Verkehrsverhältnisse und an Sichtverhältnisse. Neue wissenschaftliche Arbeiten beschreiben unter dem Stichwort «Power-Model» einen weit folgenreicheren Zusammenhang zwischen Durchschnittsgeschwindigkeit und Unfallgeschehen als bisher angenommen [112]. So erhöhen z. B. 5 km/h zu viel im Innerortsbereich das Gefährdungspotenzial um ein Vielfaches gegenüber 5 km/h zu viel auf Autobahnen.

Gemäss offizieller Unfallstatistik sind rund 38 % aller schwer verletzten oder getöteten PW-Insassen in den Jahren 2009–2013 der Unfallursache Geschwindigkeit zuzuordnen. Dabei sollte aber berücksichtigt werden, dass die Polizei am Unfallort ein Geschwindigkeitsvergehen nicht immer zweifelsfrei feststellen kann und daher die Bedeutung von Geschwindigkeit als Unfallursache vermutlich unterschätzt wird

Zudem bestehen grosse Unterschiede zwischen den Sprachregionen sowie nach Strassentypen. Gemäss offizieller Unfallstatistik der Jahre 2009–2013 waren bei 44 % aller verletzten oder getöteten PW-Insassen in der Romandie, bei 37 % in der Deutschschweiz und bei 23 % im Tessin auf nicht angepasste Geschwindigkeit zurückzuführen. Diese Disparitäten könnten zum Teil auch Ausdruck einer unterschiedlichen Unfallaufnahmepraxis in den drei Sprachregionen sein [67, S. 77]. Die entsprechenden Werte belaufen sich auf 30 % innerorts, 45 % ausserorts und 35 % auf Autobahnen. Die Länge des Strassennetzes

innerorts respektive ausserorts erklärt zum Teil die oben erwähnten regionalen Unterschiede [67]. Aus dieser Studie geht hervor, dass die Ausserortsstrassen in der Romandie einen grösseren Teil des Strassennetzes ausmachen als in den anderen Landesteilen der Schweiz.

2.9.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung des Fahrverhaltens bezüglich unangepasster Geschwindigkeit wird in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17
Risikobeurteilung: Fahrverhalten. Unangepasste Geschwindigkeit

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Unangepasste Geschwindigkeit	**	*****	*****

* sehr gering / ***** sehr gross

2.10 Fahrverhalten: Ungenügender Sicherheitsabstand

2.10.1 Ausgangslage und Verbreitung

Ein zu geringer Sicherheitsabstand zwischen zwei Fahrzeugen stellt eine wichtige Ursache für Verkehrsunfälle dar. Je höher die Geschwindigkeit ist, desto grösser muss die Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug sein, damit kein Auffahrunfall passieren kann. Dabei ist zu beachten, dass der Bremsweg vor allem von älteren und zum Teil auch von schwereren Fahrzeugen länger ist.

Nach Art. 34 Abs. 4 SVG ist allen Strassenbenützern gegenüber ein ausreichender Abstand zu wahren, namentlich beim Kreuzen und Überholen sowie beim Neben- und Hintereinanderfahren. Art. 12 Abs. 1 VRV²⁰ präzisiert, dass beim Hintereinanderfahren der Abstand ausreichen muss, um auch bei überraschendem Bremsen des vorausfahrenden Fahrzeugs rechtzeitig bremsen zu können. Als Faustregel dafür gilt der «Zwei-Sekunden-Abstand», d. h., dass der Sicherheitsabstand einer zurückgelegten Distanz von mindestens 2 Sekunden entspricht.

In Frankreich wurden ab 2002 grossangelegte Messungen zu den Zeitabständen zwischen den Fahrzeugen vorgenommen [113]. Die ersten Messungen wurden bei ca. 1 Mio. Fahrzeugen, verteilt auf 16 Standorte auf Autobahnen und Ausserortsstrassen, in der Haute-Normandie, zwischen März und August 2002 durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass 23 % der Lenker (auch von Lastwagen) weniger als 2 Sekunden Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug einhalten. Bei 9 % ist der Abstand kleiner als 1 Sekunde. Bei dichtem Verkehr erhöht sich der Prozentsatz von Lenkern, die weniger als

2 Sekunden Sicherheitsabstand einhalten, um mehr als das 2-Fache. Nachts wird der Sicherheitsabstand deutlich seltener unterschritten als tagsüber (Faktor 2).

Es wird davon ausgegangen, dass diese Prozentsätze von Lenkenden, die den Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug nicht einhalten, in der Schweiz ähnlich sind.

2.10.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Physikalisch-technische Tatsache ist, dass der grösste Teil der gefahrenen Geschwindigkeit beim Bremsen erst auf den letzten Metern des Bremswegs abgebaut wird [114]. Fehlt ein Zehntel des notwendigen Anhaltewegs, fährt man z. B. beim Anprall noch 18 km/h, falls die gefahrene Geschwindigkeit vor dem Anhalten 30 km/h war. Es scheint, dass insbesondere Neulenkende den Anhalte-Bremsweg infolge mangelnder Erfahrungswerte schlecht abschätzen können [114].

Gemäss offizieller Unfallstatistik sind zwischen 2009–2013 7 % der schweren oder tödlichen Verletzungen bei PW-Insassen auf den Mangel «zu nahes Aufschliessen» zurückzuführen. Auf Autobahnen liegt dieser Wert viel höher (19 %) als auf Innerortsstrassen (6 %) oder Ausserortsstrassen (3 %).

2.10.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung des Fahrverhaltens bezüglich ungenügenden Sicherheitsabstands ist in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18 Risikobeurteilung: Fahrverhalten. Ungenügender Sicherheitsabstand			
Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Ungenügender Sicherheitsabstand	**(*)	***	**(*)
* sehr gering / ***** sehr gross			

²⁰ Verkehrsregelverordnung vom 13. November 1962, SR 741.11

2.11 Fahrverhalten: Verzicht auf das Fahren mit Licht am Tag

2.11.1 Ausgangslage und Verbreitung

Durch das Einschalten des Lichts können die Verkehrsteilnehmenden einander schneller erkennen und Distanz und Geschwindigkeit besser einschätzen. Dadurch erhöht sich die Strassenverkehrssicherheit. Am 1. Januar 2014 ist das Obligatorium Fahren mit Licht am Tag in Kraft getreten (Art. 41 SVG). Bis Ende 2013 galt eine Soll-Vorschrift, die am 1. Januar 2002 eingeführt wurde. Sie hatte lediglich empfehlenden Charakter und dementsprechend wurde die Missachtung nicht sanktioniert. Die Einschaltquote bei Personenwagen bei schöner Witterung (hell und sonnig, höchstens leicht bewölkt) lag 2014 bei 94 %. PW-Lenkende in der Romandie (90 %) und im Tessin (89 %) fahren etwas weniger oft mit Licht am Tag als jene in der Deutschschweiz (94 %). Ein Jahr zuvor, d. h. vor Einführung des Obligatoriums, belief sich die Einschaltquote schweizweit auf 68 % (bfu-Pressemitteilung vom 19. August 2014).

2.11.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Zahlreiche Studien belegen, dass die Anzahl der Kollisionen am Tag dank des Fahrens mit Licht am Tag reduziert werden können [115-117]. Der Effekt des Fahrens mit Licht am Tag hängt u. a. von der Umgebungsbeleuchtung, dem Breitengrad und den Wetterbedingungen ab. Es hat sich herausgestellt, dass dieser in den nördlichen Regionen, wie z. B. Skandinavien, grösser ist als in Gegenden, die sich südlicher befinden. In Deutschland wurde ermittelt, dass durch eine obligatorische Einführung des Fahrens mit Licht am Tag die Anzahl der verletzten PW-Insassen um 3 % reduziert werden

könnte [116]. Im Rahmen einer Meta-Analyse wurde ermittelt, dass durch die Einführung des Obligatoriums die Anzahl Unfälle mit Verletzten bei frontalen und seitlichen Kollisionen von Personenwagen um 10 % abgenommen hat [118].

Dadurch, dass immer weniger Personenwagen ohne Licht am Tag unterwegs sind, ist die Unfallrelevanz in den letzten Jahren gesunken.

2.11.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung des Fahrverhaltens bezüglich des Verzichts auf Tagfahrlicht wird in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19
Risikobeurteilung: Fahrverhalten. Verzicht auf das Fahren mit Licht am Tag

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Verzicht auf das Fahren mit Licht am Tag	*	*	*

* sehr gering / ***** sehr gross

2.12 Fahrverhalten: Verzicht auf den Sicherheitsgurt

2.12.1 Ausgangslage und Verbreitung

In der Schweiz ist das Tragen von Sicherheitsgurten in den Personenwagen seit 1981 auf den Vordersitzen und seit 1994 auf den Rücksitzen obligatorisch. Gemäss Erhebungen am Strassenrand, die 2014 in der Schweiz durchgeführt wurden, trugen 94 % der PW-Lenkenden den Gurt [9]. Die Beifahrer auf den Vordersitzen weisen eine praktisch identische Gurtentragquote auf (93 %), während Letztere sich bei den Passagieren auf den Rücksitzen nur auf 77 % beläuft. Die PW-Lenkenden gurten sich auf der Autobahn (97 %) häufiger an als auf Ausserortsstrassen (93 %) und innerorts (92 %). Ausserdem liegt die Gurtentragquote in der Deutschschweiz (92 %) und in der Romandie (89 %) wesentlich höher als im Tessin (81 %). Die meisten OECD-Länder weisen höhere Gurtentragquoten auf als die Schweiz. In Frankreich und in Deutschland belaufen sie sich nahezu auf 100 % bei jedem Strassentyp.

2.12.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Der Sicherheitsgurt ist eine der wichtigsten Schutzvorrichtungen für Fahrzeuginsassen [119]. Die Nutzung des Sicherheitsgurts hat keinen Einfluss auf die Anzahl Unfälle, aber sie verringert die Verletzungen und Todesfälle der PW-Insassen, falls es zu einem Unfall kommt. Die Schutzwirkung des Gurts wurde in zahlreichen Studien ermittelt [117,120]. Durch das Nichttragen des Gurts erhöht sich dementsprechend die Wahrscheinlichkeit, in einem Verkehrsunfall schwer oder tödlich verletzt zu werden. Es wurde berechnet, dass das Risiko für PW-Insassen, auf den Vordersitzen schwer oder tödlich zu verunfallen, durch das Nichttragen des Gurts verdoppelt

wird. Auf den Rücksitzen beläuft sich das erhöhte Risiko, bei Nichttragen eines Gurts schwer oder tödlich zu verunfallen, auf etwa +25 % [117].

Gemäss Abschätzungen des Rettungspotenzials des Sicherheitsgurts wären in der Schweiz im Jahr 2013 rund 8 Personen weniger getötet und 72 weniger schwer verletzt worden, wenn die Gurttragquote 100 % betragen hätte.

Dadurch, dass die Gurttragquote in den letzten Jahren gestiegen ist, hat sich die Unfallrelevanz entsprechend reduziert.

2.12.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung des Fahrverhaltens bezüglich des Verzichts auf den Sicherheitsgurt wird in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20 Risikobeurteilung: Fahrverhalten. Verzicht auf den Sicherheitsgurt			
Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Verzicht auf den Sicherheitsgurt	*	***	*

* sehr gering / ***** sehr gross

2.13 Identifizierung auffälliger Risikogruppen

Bisher wurden einzelne, spezifische Faktoren betrachtet, die von den PW-Lenkenden oder allenfalls PW-Mitfahrenden ausgehen können und das Risiko erhöhen, schwere Verletzungen zu erleiden. Nachfolgend wird der Frage nachgegangen, ob die identifizierten Risikofaktoren bei gewissen soziodemographischen Gruppen in konzentrierter Form auftreten, sodass sie eine besondere Gefahr darstellen. Die Identifizierung von Risikogruppen ist wichtig, da es hilft, relevante Zielgruppen der Präventionsarbeit zu definieren.

Um Risikogruppen zu identifizieren, können expositionsbereinigte Unfallraten herangezogen werden. Dabei werden die Unfallzahlen anhand der Kilometerleistung relativiert (Anzahl schwer oder tödlich verletzte PW-Insassen pro 100 Mio. Personenkilometer). Die Analyse der expositionsbereinigten Unfallraten zeigt, dass sowohl junge Erwachsene (18–24 Jahre) als auch Senioren ein erhöhtes Risiko aufweisen, in einen schweren Verkehrsunfall involviert zu werden. Während die jungen Fahrzeuglenkenden im Alter zwischen 18 und 24 Jahren gegenüber dem Durchschnitt ein um den Faktor 2,2 erhöhtes Risiko haben, beläuft sich der entsprechende Faktor bei Lenkenden von 65 Jahren und mehr auf 1,5 (Tabelle 21).

Tabelle 21
Schwere Personenschäden bei den PW-Lenkenden (Ø 2009–2013) pro 100 Mio. km (2010), nach Alter

Alter	Total
18–24	5.4
25–44	1.6
45–64	1.6
65+	3.7
Total	2.4

Diese zwei Risikogruppen, junge Erwachsene und Senioren, werden immer wieder im Rahmen allgemeiner Untersuchungen thematisiert. Bei den jungen Fahrzeuglenkenden liegen die Gründe einerseits bei jugendtypischen Eigenschaften (Risikotoleranz, Imponieren, emotionales Handeln) und andererseits in den noch geringen Fahrerfahrungen (Gefahrenkognition, Fahrzeugbedienung, Blickverhalten). Bei den Senioren sind verschiedenste altersbedingte Leistungseinbußen zu beklagen, wie reduziertes Hör- und Sehvermögen, nachlassendes kognitives Leistungstempo sowie körperlich-motorische Einschränkungen.

Die Ursachen für die Auffälligkeit junger Fahrzeuglenkender liegen insbesondere in ihrem Fahrverhalten und ihrer Fahrfähigkeit. Dass (männliche) Junglenker ein höheres Kollisionsrisiko aufweisen als Junglenkerinnen, weist in die gleiche Richtung.

Junge Erwachsene (vor allem männliche) gehen vermehrt Risiken ein als ältere Erwachsene. Zentrale Motive sind Identitätsfindung, Anerkennung und Gruppenanschluss. Durch die starke Ausrichtung auf die Gleichaltrigengruppe (Peer group) haben gleichaltrige Passagiere einen starken Einfluss auf junge Lenkende und können risikoreiches Fahrverhalten verstärken. Bestimmte Persönlichkeitsvariablen stehen in direktem Zusammenhang mit einer risikoreichen Fahrweise. Sehr aggressive und wenig empathische Neulenkende haben die Tendenz, riskant und schnell zu fahren [62].

Die häufig fehlenden negativen Konsequenzen risikoreichen Verhaltens und die Beobachtung gefährlicher, aber erfolgreicher Verhaltensweisen anderer tragen dazu bei, dass die Idealisierung des eigenen Fahrkönnens ungeachtet der objektiven Gefahren verfestigt wird [121].

Der Grund für das erhöhte Risiko bei den betagten Fahrzeuglenkenden liegt bei den abnehmenden kognitiven und sensomotorischen Fähigkeiten, wobei dies natürlich individuell unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Ausserdem umfasst die Alterskategorie «Senioren» oft eine Spanne von 20 bis 30 Jahren, denn die heutige Lebenserwartung beläuft sich auf rund 80 Jahre bei den Männern und 84 Jahre bei den Frauen.

Altersbedingte Einschränkungen äussern sich beispielsweise an Verkehrsknoten. Es handelt sich dabei um Verkehrssituationen, die reich an schnell zu verarbeitenden Informationen sind. Zudem stellen auch Dämmerungs- und Nachtzeiten ein Problem dar, da sich die visuellen Einschränkungen besonders bei geringer Beleuchtung bemerkbar machen.

2.14 Fazit

Die von PW-Lenkenden ausgehenden Risikofaktoren werden klassisch in die Bereiche Fahreignung, Fahrkompetenz und Fahrfähigkeit unterteilt. Zusätzlich werden Risikofaktoren des beobachtbaren Verhaltens wie die Geschwindigkeitswahl oder das Gurttragen diskutiert (unabhängig davon, ob die Ursache bei der fehlenden Fahreignung, Fahrkompetenz oder Fahrfähigkeit liegt).

Die **Fahreignung** kann durch krankheits- oder altersbedingte Defizite eingeschränkt sein (z. B. Diabetes, Demenz, Alkoholsucht, reduziertes Sehvermögen) oder durch eine charakterliche Nichteignung (aufgrund gewisser Persönlichkeitseigenschaften). Eine **Krankheitsdiagnose** führt aber nicht zwangsläufig zu einer eingeschränkten Fahreignung. Entscheidend sind vielmehr die vorhandenen **funktionalen Einschränkungen** nach Berücksichtigung von Behandlungsmöglichkeiten (z. B. Brille,

Medikamente) oder von eigenen Kompensationsmöglichkeiten (z. B. Verzicht auf Nachtfahrten). Die **Unfallrelevanz** alters- oder krankheitsbedingter Einschränkungen und charakterlicher Persönlichkeitsschwächen ist im Vergleich zu den im Folgenden dargestellten Risikofaktoren bei den Fahrzeuglenkenden **eher gering**.

Bezüglich der **Fahrkompetenz** wirkt sich vor allem **die unausgereifte Risikokompetenz** der PW-Lenkenden negativ auf die Sicherheit der PW-Insassen aus. Dies vor allem bei jungen Neulenkenden: Aufgrund ihrer geringen Fahrerfahrung und ihrer sozialen Unreife resultieren bei der Verarbeitung von Informationen oft sicherheitsabträgliche Entschiede. Kaum unfallrelevant sind hingegen motorische Fahrfertigkeiten.

Bei gegebener Fahreignung und Fahrkompetenz kann dennoch die **momentane Fahrfähigkeit** beeinträchtigt sein. Risiken für die PW-Insassen bestehen insbesondere durch das Fahren in angetrunkenem Zustand. Gut 20 % der schwer oder tödlich verletzten PW-Insassen verunfallen, weil ein PW-Lenker alkoholisiert unterwegs ist. Es gilt zu bedenken, dass ein Teil dieser Alkoholdelikte auf fehlende Fahreignung zurückzuführen ist (Alkoholsucht oder charakterliche Nichteignung). Drogen und Medikamente führen ebenfalls zu einem erhöhten Unfallrisiko, sind aber in der Gesamtpopulation der PW-Lenkenden weniger verbreitet als Alkohol oder andere Faktoren wie Müdigkeit und Ablenkungen diverser Art, die die momentan Fahrfähigkeit einschränken.

Wichtige Risikofaktoren des **beobachtbaren Verhaltens** sind die unangepasste **Geschwindigkeit** sowie der Verzicht auf das **Tragen eines Sicherheitsgurts**. Eine deutlich geringere – aber nicht zu

vernachlässigende – Relevanz haben ein ungenügender **Sicherheitsabstand** und der Verzicht auf **Tagfahrlicht**.

Bei (männlichen) **Junglenkern** häufen sich insbesondere Risikofaktoren im Bereich der Fahrkompetenz: Ihre Entscheidungsfindung ist oft emotionsgesteuert und durch Motive beeinflusst, die der Sicherheit entgegenwirken. Auch im Bereich der charakterlichen Nichteignung fallen sie durch schnelles und rücksichtsloses Fahrverhalten auf. Zudem ist diese Zielgruppe weniger oft angegurtet. Bei **Senioren** treten insbesondere krankheits- und altersbedingte Einschränkungen häufiger auf als in anderen Altersgruppen. Auch im **mittleren Alterssegment** finden sich zentrale Risiken, etwa bedingt durch Sehbeeinträchtigungen oder Alkoholsucht.

3. Personenwagen

3.1 Einleitung

In diesem Kapitel wird auf negative Auswirkungen von Eigenschaften, die eng mit dem Personenwagen zusammenhängen (Fahrzeugmasse, -grösse sowie Aufbau der Karosserie, Autofarbe, technischer Zustand und Reifen), eingegangen. Nicht thematisiert werden jene Risiken, die sich für die PW-Insassen durch das Nicht-Vorhandensein von sicherheitsspezifischen Fahrzeugtechnologien wie z. B. ABS, die Konstruktion der Knautschzone oder die lichttechnische Ausstattung ergeben. Der Effekt dieser Technologien auf die Sicherheit der PW-Insassen wird im Präventionskapitel Personenwagen (Kap. VI.2, S. 137) thematisiert.

Nach 130 Jahren Fahrzeugentwicklung sind die meisten Merkmale mit negativem Einfluss auf die Sicherheit der Fahrzeuginsassen ausgemerzt. Wichtige Themen in früheren Jahrzehnten waren die Windschutzscheiben aus Sicherheitsglas, sichere Lenkräder und gepolsterte Armaturenbretter. In den 60er-Jahren gab es noch ein spektakuläres Beispiel für ein Fahrzeug mit sehr problematischer Strassenlage – den Chevrolet Corvair –, was aber heute kaum noch vorkommen dürfte.

Die technischen Normen für Fahrzeuge werden von der UN ECE (United Nations Economic Commission) entwickelt und von den Mitgliedsstaaten verabschiedet. Zurzeit gibt es Reglemente R1–R128. Themen sind z. B. Beleuchtung, Bremsen, Innenausstattung, Kopfstützen, Sicherheitsgurte, aber auch Spiegel, Geräusche und Abgase. Die anerkannten ECE-Reglemente sind Bestandteil der VTS²¹. Das amerikanische Gegenstück zu den UN ECE-Regelungen sind die Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS).

²¹ Verordnung vom 19. Juni 1995 über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge, SR 741.41

3.2 Unterschiede der Massen bei PW-Kollisionen

3.2.1 Ausgangslage und Verbreitung

Während kleinere Personenwagen oft unter 1 t wiegen, können Sport Utility Vehicles (SUV) und Geländewagen durchaus ein Leergewicht von mehr als 2,5 t erreichen. Mittlerweile ist etwa jeder sechste Neuwagen ein SUV. Innerhalb der Kategorie der Personenwagen existieren also beträchtliche Massenunterschiede.

Berechnungen in den USA haben ergeben, dass bei Kollisionen von zwei Personenwagen, deren Massen sich um mehr als 20 % unterscheiden, der Lenker des leichteren Wagens ein 2-fach höheres Risiko hat, getötet zu werden, als der Lenker des schwereren Wagens [122]. Unterscheiden sich die Massen um 100 %, dann ist die Wahrscheinlichkeit, tödlich zu verunfallen, beim Lenker des leichteren Wagens 12-mal grösser als beim Lenker des schwereren Fahrzeugs. Eine französische Studie ist zum Ergebnis gekommen, dass bei einer Kollision von einem Fahrzeug von mehr als 1150 kg mit einem Fahrzeug unter 850 kg das Risiko, tödlich zu verunfallen, 9-mal grösser ist für den Lenker im leichteren Wagen [123]. Erfreulicherweise hat sich zumindest in Bezug auf die Kollisionen zwischen SUV und kleineren Fahrzeugen das Problem relativiert [124]. In einer neuen Schweizer Untersuchung konnten keine Auffälligkeiten im Unfallgeschehen der SUV festgestellt werden. Weder die Unfallrate noch die Rate verschuldeter Unfälle waren bei diesen erhöht [125]. In Bezug auf die Verletzungsschwere der Fahrzeuginsassen ergab sich ein Trend zu schweren Verletzungen bei kleineren Fahrzeugen. Auch für die Unfallgegner sind SUV nicht gefährlicher als andere

Personenwagen. Allerdings wurden in dieser Analyse keine Lenkermerkmale, wie z. B. das Alter, berücksichtigt, die einen erheblichen Effekt haben können.

Auch das Problem des höheren Risikos eines Selbstunfalls mit Überschlag aufgrund des höheren Schwerpunkts der SUV scheint durch den Schleuderschutz ESC (Elektronische Stabilitätskontrolle) deutlich vermindert worden zu sein [126]. Da es aber auch ohne Schleudern zu Überschlagsunfällen kommen kann, ist dieses Problem noch nicht vollständig beseitigt.

3.2.2 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Massenunterschiede bei PW-Kollisionen wird in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22 Risikobeurteilung: Massenunterschiede bei PW-Kollisionen			
Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Bedeutende Massenunterschiede bei PW-Kollisionen	**	**	**

* sehr gering / ***** sehr gross

3.3 Fahrzeugfarbe

3.3.1 Ausgangslage und Verbreitung

Die Wahl der Autofarbe hängt von der persönlichen Farbvorliebe ab und beruht oftmals auf pragmatischen Überlegungen. Demgegenüber spielen explizite Sicherheitsüberlegungen wahrscheinlich keine nennenswerte Rolle.

In der Schweiz waren 2012 die meist verkauften Autofarben silbern/grau (36 %), gefolgt von schwarz (20 %), blau (17 %) sowie weiss und rot (9 %).

3.3.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Verschiedene Studien konnten einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Fahrzeugfarbe und Unfallrisiko nachweisen. Die Ergebnisse sind jedoch nicht alle kongruent. Die im Jahr 2003 publizierte neuseeländische Fall-Kontroll-Studie kommt beispielweise zur Erkenntnis, dass silberne Personenwagen im Vergleich zu den am häufigsten vorkommenden weissen Autos ein ca. halb so grosses Risiko (OR=0,4) haben, in einen folgenschweren Unfall verwickelt zu werden [127]. Die australische Studie, die im Jahr 2007 veröffentlicht wurde, deutet dagegen an, dass silberne Autos (im Vergleich zu weissen Autos) ein erhöhtes Risiko darstellen (OR=1,10) [128]. In dieser Studie wird auch an Aspekten der neuseeländischen Studie, wie z. B. die Nichtberücksichtigung von wichtigen konfundierenden Faktoren, Kritik geübt. Gemäss der australischen Studie sind die unsichersten Farben bei Autos (bei Tageslicht) schwarz (OR=1,12), gefolgt von grau (OR=1,11), silbern (OR=1,10), blau und rot (je OR=1,07). Bei Dämmerung ist das Unfallrisiko von schwarzen gegenüber weissen Autos um 47 % höher. Bei gewissen Farben sind keine

statistisch signifikanten Zusammenhänge mit einem Unfallrisiko ersichtlich und bei keiner Farbe konnte festgestellt werden, dass sie ein kleineres Unfallrisiko aufweist als weiss.

Bei einer weiteren Fall-Kontroll-Studie kommen spanische Forscher zum Schluss, dass helle Farben wie weiss und gelb mit dem geringsten Unfallrisiko einhergehen, wobei sich der stärkste Effekt während des Tages bei bedecktem Himmel zeigt (OR=0,91) [129]. Auch Shuman [130] attribuiert leuchtenden Farben wie z. B. orange, gelb oder hellgrün einen Sicherheitsvorteil.

Die verfügbaren Studien weisen in die Richtung, dass dunkle Farben die Unfallwahrscheinlichkeit erhöhen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass durch den zunehmend grösseren Anteil von Fahrzeugen, die bei Tag mit Licht fahren, die Frage der Farbe an Bedeutung verliert.

3.3.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fahrzeugfarbe wird in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23
Risikobeurteilung: Fahrzeugfarbe

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Dunkle Fahrzeugfarben	**	*	*

* sehr gering / ***** sehr gross

3.4 Technischer Zustand

3.4.1 Ausgangslage und Verbreitung

Auf Schweizer Strassen ist ein Teil der Fahrzeuge mit Sicherheitsmängeln unterwegs. Das genaue Ausmass ist schwierig zu eruieren. Ewert [131] geht in seiner Modellrechnung davon aus, dass es nicht mehr als 10 % aller Fahrzeuge sind, wobei Beleuchtung und Reifen am häufigsten betroffen sind. Im Rahmen der Anhörung zur Neuregelung der periodischen Nachprüfintervalle präsentierte das ASTRA Ergebnisse einer Untersuchung der asa (Vereinigung der Strassenverkehrsämter), wonach 20 % der Fahrzeuge, die bei der Motorfahrzeugkontrolle geprüft werden, erhebliche Mängel aufwiesen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass auch schon falsch eingestellte Frontscheinwerfer oder eine defekte Kennzeichenbeleuchtung als erheblicher Mangel gelten.

3.4.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

In der offiziellen Unfallstatistik machen mangelhafter Unterhalt und technische Defekte nur einen sehr kleinen Teil des Unfallgeschehens aus. Je nach Verletzungsschwere betrifft dies maximal anderthalb Prozent der Verunfallten [131]. Allerdings bedeutet dies nicht, dass der Unfall dadurch verursacht worden sein muss. Es war eine von möglicherweise mehreren Mitursachen. Vertiefte Unfallanalysen – allerdings älteren Datums – kamen jedoch zu höheren Werten im Bereich von 6 bis 12%.

Es ist bekannt, dass Fahrzeuge mit technischen Mängeln mehr Unfälle haben. Ebenso ist aber auch bekannt, dass sich durch Motorfahrzeugkontrollen zwar die Mängel, nicht aber die Unfälle verringern [132,133]. Der Grund dafür ist wahrscheinlich,

dass Mängel und Unfälle eine gemeinsame Ursache haben, nämlich Merkmale des Lenkers wie Alter oder sozio-ökonomische Schicht.

3.4.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung des technischen Zustands wird in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24
Risikobeurteilung: Technischer Zustand

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Technische Mängel am Personenwagen	*	*	*

* sehr gering / ***** sehr gross

3.5 Reifen

3.5.1 Ausgangslage und Verbreitung

Die Bedeutung der Reifen für die Verkehrssicherheit ist offensichtlich, da sie den einzigen Kontakt mit der Strasse herstellen. Hannawald et al. [134] kommen aufgrund von Analysen der deutschen GIDAS-Unfalldatenbank zum Schluss, dass zwar Reifenversagen nur sehr selten vorkommt (0,14 % der analysierten PW-Unfälle), dass aber die Haftung der Reifen bei 34 % der Unfälle eine Rolle gespielt hat. Zu etwas anderen Ergebnissen kommt die Studie von Choi [135] aus den USA. Er fand heraus, dass bei 9 % der Reifen in der Pre-Crash-Phase des Unfalls ein Problem bestand. Folgende Faktoren gingen mit deutlich erhöhten Risiken von Reifenunfällen einher: Reifenunterdruck von mehr als 25 %, Reifenprofil von unter 1,6 mm (wobei sich hier eine Dosis-Wirkungsbeziehung ergab: je stärker das Profil, umso geringer das Unfallrisiko). Gute Reifen verringern darüber hinaus das Unfallrisiko bei schwierigen Wetterbedingungen und vermindern die Wahrscheinlichkeit von Überschlagsunfällen.

Reifen mit ungenügendem Profil und/oder mit zu geringem Luftdruck stellen ein Sicherheitsrisiko dar. Ungeeignete Reifen (wie z. B. Sommerreifen auf Schnee und Eis) erhöhen ebenfalls das Unfallrisiko. Die viel propagierte Regel, dass Winterreifen ab einer Temperatur von weniger als 7 °C besser sind als Sommerreifen stimmt anscheinend nicht. Auf trockener Strasse haben Sommerreifen auch bei tieferen Temperaturen deutlich kürzere Bremswege als Winterreifen. Letztere sind jedoch auf nasser Strasse bei Temperaturen unter 10 °C überlegen [136,137]. Auf Schnee sind die Winterreifen den Sommerreifen weit überlegen.

Auch wenn die gesetzlich vorgeschriebene Mindestprofiltiefe bei 1,6 mm liegt (Art. 58 Abs. 4 VTS), sollten Reifen bereits bei einer Restprofiltiefe von 3 mm (Sommerreifen) bzw. 4 mm (Winterreifen) ersetzt werden. Ab 4 mm Profiltiefe nimmt die Haftung bei nasser Fahrbahn messbar ab, was eine Erhöhung der Gefahr von Aquaplaning bedeutet.

Bereits eine Luftdruckunterschreitung von 0,5 bar führt zu Sicherheitseinbussen. Die Kontrolle des Fahrzeugs und die Haftung der Reifen lassen nach; der Bremsweg, selbst mit ABS, verlängert sich auf nasser Fahrbahn. Zudem kann ein zu niedriger Luftdruck zur Überbeanspruchung des Reifens führen. Schon bei einer Luftdruckunterschreitung von 0,3 bar steigt die Temperatur im Reifen bei höheren Geschwindigkeiten auf über 120 °C an, was zum Auseinanderbrechen des Reifens führen kann.

Die Prävalenz der Personenwagen, die mit ungeeigneten oder mangelbehafteten Reifen unterwegs sind, ist schwierig zu eruieren. Sie kann teilweise mit Hilfe einer im Jahr 2008 durch die FIA Foundation, die Bridgestone Corporation sowie nationale Automobilclubs in 14 europäischen Ländern realisierten Untersuchung geschätzt werden. Kostenlose Sicherheitschecks in Einkaufszentren und auf öffentlichen Parkplätzen bei ca. 31 000 Personenwagen wurden durchgeführt. Rund 10 % der untersuchten Reifen wiesen eine Profiltiefe unter 1,6 mm auf und ca. 12 % aller PW-Lenkenden waren aufgrund von zu geringem Reifendruck mit erhöhtem Risiko unterwegs. Studien in Norwegen, die allerdings in den 80er-Jahren durchgeführt wurden, deuten auf eine Prävalenz von höchstens 5 % der Personenwagen hin, die mit einer Profiltiefe von weniger als 1,6 mm unterwegs sind.

3.5.2 Gefahrenpotenzial und Unfallrelevanz

Mit welchem Unfallrisiko ungeeignete oder mangelbehaftete Reifen verbunden sind, ist schwierig zu ermitteln; nur wenige Studien wurden in diesem Themenfeld realisiert. Hingegen gibt es präzise Schätzungen über die Auswirkungen von ungeeigneten oder mangelbehafteten Reifen auf die Bremswege oder die Bodenhaftung.

So wurde z. B. berechnet, dass sich bei Reifen mit einem zu geringen Luftdruck von 1,0 bar im Vergleich zu korrekt gefüllten Reifen der Bremsweg um ca. 10 % verlängert [138].

Die Bedeutung der ungeeigneten oder mangelbehafteten Reifen als Unfallursache zu eruieren, ist auf der Basis der amtlichen Unfalldaten nur bedingt möglich. Ein zu geringer Luftdruck ist z. B. nicht immer erkennbar. «Abgenützte Reifen», «fehlende Schneeketten oder Winterreifen», «Platzen eines Luftreifens/Entweichen der Luft» sowie «Ablösen von aufgummierten Reifen» werden als separate Kategorien in der polizeilichen Unfallprotokollierung erhoben. Für die Jahre 2009–2013 wurden sie als mögliche Unfallursache nur in etwa 0,5 % der Fälle festgehalten. Auch wenn dieser Wert die effektive Unfallrelevanz der ungeeigneten oder mangelbehafteten Reifen sehr wahrscheinlich unterschätzt,

kann davon ausgegangen werden, dass die Unfallrelevanz relativ klein ist.

3.5.3 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Reifen wird in Tabelle 25 dargestellt.

3.6 Fazit

Bei den Fahrzeugen stehen als Risiken **sicherheitsrelevante Eigenschaften des Fahrzeugs** wie Fahrzeugmasse, Autofarbe, technischer Zustand und Reifen im Fokus²².

Eine nicht zu vernachlässigende Relevanz für die Sicherheit der PW-Insassen haben grosse **Unterschiede der Masse** der bei Kollisionen beteiligten Personenwagen. Die Gefahr durch die in Mode gekommenen SUV und Geländewagen scheint sich jedoch zu verringern. Eine besondere Gefährdung der Unfallgegner scheint nicht mehr vorzuliegen. Die Unfallrelevanz der **Autofarbe** ist als gering einzustufen – insbesondere durch das 2014 in Kraft gesetzte Obligatorium für Fahren mit Licht am Tag. Auch die Bedeutung des **technischen Zustands** der Personenwagen sowie der **Bereifung** ist in der Schweiz als wenig sicherheitsrelevant zu werten.

Risikofaktor	Verbreitung	Gefahrenpotenzial	Unfallrelevanz
Ungeeignete oder mangelbehaftete Reifen	*(*)	*(*)	*

* sehr gering / ***** sehr gross

²² Hier nicht thematisiert werden jene Risiken, die sich für die PW-Insassen durch das Nichtvorhandensein von sicherheitsspezifischen Fahrzeugtechnologien wie z. B. ABS, die Konstruktion der Knautschzone oder die lichttechnische Aus-

stattung ergeben. Der Effekt dieser Technologien auf die Sicherheit der PW-Insassen wird im Massnahmenkapitel Fahrzeug behandelt.

4. Infrastruktur

4.1 Einleitung

Die Strassenverkehrsinfrastruktur wird für Verkehrsteilnehmende dann zum Risikofaktor, wenn sie nicht nach den Regeln der Baukunde geplant, projiziert und realisiert wurde. Diese Regeln sind primär in den Normen des VSS (Forschung und Normierung im Strassen- und Verkehrswesen) enthalten. Doch auch ein striktes Befolgen der VSS-Normen gewährleistet keine risikofreie Infrastruktur. Den VSS-Normen inhärent ist, dass sie einerseits nie auf dem neuesten Stand sein können und andererseits bisweilen einen Kompromiss zwischen der Evidenz und dem politisch/technisch Machbaren darstellen.

Grundsätzlich genügen für eine sichere Strasseninfrastruktur zwei Voraussetzungen:

- Die Strasseninfrastruktur ist derart zu projektieren und auszuführen, dass die Lenkenden ihre Fahrweise intuitiv der jeweiligen Situation anpassen und somit nicht zu Fahrfehlern verleitet werden. Damit wird die Strategie der primären Prävention (Verhindern von Unfällen) angestrebt. Dieser Ansatz läuft auch unter dem Begriff der selbsterklärenden Strasse.
- Da Fehler nie ganz ausgeschlossen werden können, muss eine adäquate Infrastruktur auch die Auswirkungen von Fahrfehlern minimieren. Fahrfehler sollen demnach möglichst keine bzw. keine schweren Unfälle zur Folge haben. Dieser Ansatz greift auf der Ebene der sekundären Prävention ein (Mildern von Unfallfolgen) und ist auch unter dem Begriff fehlerverzeihende Strasse bekannt.

Defizite der Strassenverkehrsinfrastruktur im verkehrstechnischen Sinn lassen sich in drei Typen gliedern:

- fehlende Infrastrukturelemente (z. B. fehlendes Gefahrensignal, fehlende Leitplanke oder fehlende Fussgängerschutzinsel),
- fehlerhafte Systemkomponenten (z. B. zu schmale Radstreifen oder nicht verankerte Leitplanke),
- falsche Systemkomponenten (z. B. Radstreifen anstatt Radweg oder Kreuzung mit Rechtsvortritt anstatt Vortrittsregelung).

Forschungsergebnisse zu derartigen Risiken liegen kaum in genügend präziser Form vor. Auch gehen solche Defizite nicht direkt aus der offiziellen Unfallstatistik hervor. In Anlehnung an die Methode der verkehrstechnischen Unfallanalyse [139,140] wurden daher sogenannte «mögliche infrastrukturelle Defizite» aus den polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen abgeleitet. Indizien für mögliche infrastrukturelle Defizite, die für PW-Insassen relevant sind, wurden aus Analysen über häufige Unfalltypen, über die zentralen Unfallstellen sowie über häufig von der Polizei festgehaltene Hauptursachen gesucht.

Ein solches Vorgehen erlaubt es zwar aufzuzeigen, welche infrastrukturellen Situationen den grössten Handlungsbedarf aufweisen. Hingegen geht daraus nicht hervor, wodurch dieser Handlungsbedarf entsteht. So können sowohl eine grosse Verbreitung als auch eine grosse Gefährlichkeit von infrastrukturellen Defiziten ausschlaggebend sein.

4.2 Grobanalyse

4.2.1 Nach Unfalltypen/Unfallstellen

Die offizielle Unfallstatistik der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle unterscheidet zwischen 65 verschiedenen und durchnummerierten Unfalltypen, die wiederum in 10 Kategorien (A bis K) zusammengefasst werden.

Eine erste Analyse zeigt, dass manche der 65 Unfalltypen gleichartig sind und somit auf gleichartige infrastrukturelle Defizite schliessen lassen (z. B. «Frontalkollision mit einem entgegenkommenden Fahrzeug» und «Kollision beim Überholen mit entgegenkommendem Fahrzeug»). Solche Unfalltypen wurden deshalb in Anlehnung an Ewert et al. zu einer neuen Unfalltypen-Klasse zusammengefasst [141].

Im Weiteren zeigt sich, dass gewisse Unfalltypen kaum Rückschlüsse auf infrastrukturelle Mängel oder Interventionen zulassen (z. B. «Kollision mit einem Haustier»). Es finden sich aber auch ganze Kategorien von Unfalltypen, die kaum Folgen für PW-Insassen haben (z. B. «Fussgängerunfälle»). All diese Unfalltypen wurden zu einer Restklasse zusammengefasst.

Die Unfalltypen wurden in Abhängigkeit von Ortslage (innerorts, ausserorts, Autobahn) und Unfallstelle (gerade Strecke, Kurve, Einmündung und Kreuzung, andere) ausgewertet. Die Resultate finden sich in Tabelle 26, S. 103.

Von den rund 6700 schwer verletzten und getöteten PW-Insassen in den Jahren 2009–2013 sind rund ein Drittel innerorts, die Hälfte ausserorts und ein Sechstel auf Autobahnen zu verzeichnen.

Tabelle 26
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen nach Unfalltyp, Unfallstelle und Ortslage (2009–2013)

	Gerade Strecke			Kurve			Knoten			Andere			Total		
	Gerade Strecke	Kurve	Knoten	Gerade Strecke	Kurve	Knoten	Gerade Strecke	Kurve	Knoten	Gerade Strecke	Kurve	Knoten	Gerade Strecke	Kurve	Knoten
Schleuder-/Selbstunfall ohne Kollision mit festem Hindernis, parkiertem Fahrzeug oder Fussgänger	1	7	3	39	77	3	2	121	18	5	0	0	0	0	23
Schleuder-/Selbstunfall mit Kollision mit anderen (bewegten) Verkehrsteilnehmern	32	61	24	11	128	108	257	376	33	5	0	1	39		
Schleuder-/Selbstunfall mit Kollision mit Objekten auf der Fahrbahn	60	21	20	13	114	11	25	17	33	14	0	2	49		
Schleuder-/Selbstunfall mit Kollision mit Objekten ausserhalb der Fahrbahn	218	316	78	313	846	38	12	1 209	269	144	2	4	419		
Anderer Schleuder-/Selbstunfall	33	19	6	13	71	39	65	4	23	12	0	0	35		
Total Schleuder-/Selbstunfälle	344	424	131	64	963	510	1 270	73	376	180	2	7	565		
Kollision mit entgegenkommenden Fahrzeugen	108	170	15	0	293	317	454	2	26	18	0	2	46		
Auffahrunfall	224	22	79	2	327	137	21	35	378	60	2	1	441		
Kollision beim Queren, Ab-/Einbiegen	45	13	348	2	408	48	11	423	1	0	0	0	1		
Anderer Kollision	12	4	7	0	23	33	14	3	52	18	2	0	72		
Total Kollisionen	389	209	449	4	1 051	535	500	463	457	96	4	3	560		
Anderer Unfalltypen (Tier, Parken usw.)	29	8	23	37	97	27	17	4	13	2	0	0	15		
Total	762	641	603	105	2 111	1 072	1 787	540	846	278	6	10	1 140		

Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

Tabelle 27
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen nach Kollisionsobjekten (2009–2013; Mehrfachnennungen möglich)

Kollisionsobjekt	Gerade Strecke	Kurve	Knoten	Andere	Total
Innerorts					
Zaun/Mauer/Geländer	139	164	48	32	383
Baum	47	52	16	7	122
Leitschranke	14	22	4	3	43
Schild/Mast/Pfosten	74	76	37	9	196
Fallende Böschung	11	32	11	12	66
Steigende Böschung	8	27	2	2	39
Geparktes Fahrzeug	35	20	11	23	89
Insel/Inselfosten	35	15	35		85
Tier	0	0	0	0	0
Andere	50	53	25	17	145
Total Innerorts	413	461	189	105	1 168
Ausserorts					
Zaun/Mauer/Geländer	78	211	17	6	312
Baum	106	345	11	5	467
Leitschranke	48	117	13	1	179
Schild/Mast/Pfosten	66	156	29	1	252
Fallende Böschung	81	222	13	7	323
Steigende Böschung	52	175	4	3	234
Geparktes Fahrzeug	3	12	2	3	20
Insel/Inselfosten	3	3	19		25
Tier	7	1	0	0	8
Andere	54	116	23	3	196
Total Ausserorts	498	1 358	131	29	2 016
Autobahn					
Zaun/Mauer/Geländer	89	51	1	1	142
Baum	17	15	0	0	32
Leitschranke	228	114	0	2	344
Schild/Mast/Pfosten	39	19	0	0	58
Fallende Böschung	31	3	0	0	34
Steigende Böschung	59	27	0	0	86
Geparktes Fahrzeug	5	2	0	0	7
Insel/Inselfosten	4	1	0	0	5
Tier	2	1	0	0	3
Andere	44	9	0	2	55
Total Autobahn	518	242	1	5	766
Alle Ortslagen					
Zaun/Mauer/Geländer	306	426	66	39	837
Baum	170	412	27	12	621
Leitschranke	290	253	17	6	566
Schild/Mast/Pfosten	179	251	66	10	506
Fallende Böschung	123	257	24	19	423
Steigende Böschung	119	229	6	5	359
Geparktes Fahrzeug	43	34	13	26	116
Insel/Inselfosten	42	19	54	0	115
Tier	9	2	0	0	11
Andere	148	178	48	22	396
Total Ortslagen	1 429	2 061	321	139	3 950

Quelle: ASTRA, Auswertungen bfu

Die Auswertung der Anzahl schwer verletzter und getöteter PW-Insassen nach Unfalltypen, Ortslage und Unfallstelle zeigt, dass wenige Kombinationen einen grossen Anteil abdecken. Berücksichtigt man nur die 8 häufigsten Kombinationen Unfallstelle/Unfalltypen, so lassen sich innerorts 73 % und ausserorts 83 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen abdecken. Auf Autobahnen lassen sich mit den 3 häufigsten Kombinationen 69 % erfassen. Die Fokussierung auf diese wenigen Kombinationen ermöglicht demnach eine effiziente Suche nach Infrastrukturdéfiziten und entsprechenden Interventionen.

Als auffälligstes Ergebnis ist wohl zu werten, dass ein Unfalltyp über alle Ortslagen hinweg einen Grossteil der Unfälle ausmacht. Es ist der Unfalltyp **«Kollisionen mit festen Objekten»** ausserhalb der Fahrbahn mit 30 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen innerorts, 35 % ausserorts und 37 % auf Autobahnen. Die detailliertere Analyse der Kollisionsobjekte (Tabelle 27, S. 104) zeigt dabei je nach Ortslage andere relevante Kollisionsobjekte. Andererseits machen **innerorts Kollisionen beim Queren und Einbiegen** knapp 20 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen aus, **ausserorts** sind es **Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen** mit 23 % und auf **Autobahnen** sind es **Auffahrkollisionen** mit 39 %.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Analyse der Unfallfolgen. Diese lässt sich aussagekräftig anhand des Anteils der Schwerverletzten und Getöteten an allen Verletzten darstellen. Ausserorts liegt dieser Anteil mit 16,9 % fast 2,5-mal so hoch wie innerorts. Die Aufschlüsselung nach Unfalltypen zeigt, dass die Kollisionen mit festen Objekten sowie mit entgegenkommenden Fahrzeugen die schwersten Folgen nach sich ziehen. Auf Autobahnen sind erwartungsgemäss Unfälle mit

entgegenkommenden Fahrzeugen (Geisterfahrer) am schwersten, aber sehr selten.

4.2.2 Nach Hauptursache

Analog zu den Unfalltypen sieht die offizielle Unfallstatistik vor, jedem Unfallobjekt (Fahrzeug oder Fussgänger) aus einer Liste von 209 Ursachen eine Hauptursache zuzuteilen. Die Befunde dieser Auswertung sind jedoch nicht so ergiebig wie die Auswertung nach Unfalltypen. Einerseits gibt es häufige Ursachen, die nicht auf Interventionen an der Infrastruktur schliessen lassen (z. B. Einwirkung von Alkohol). Andererseits lässt sich im Gegensatz zur Auswertung nach Unfalltypen nicht mit ein paar wenigen Kombinationen ein Grossteil der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen abdecken. Aus diesem Grund wird auf eine tabellarische Darstellung verzichtet und die relevanten Erkenntnisse nachfolgend erläutert:

- **Innerorts:** Die häufigsten schweren Personenschäden bei PW-Insassen mit infrastruktureller Relevanz sind innerorts auf Vortrittsmissachtungen verschiedenster Art (Lichtsignalanlage, Rechtsvortritt, Stop, kein Vortritt, Linksabbiegen) zurückzuführen. Überraschenderweise ist jedoch auch die Unfallursache «Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linienführung» verhältnismässig häufig.
- **Ausserorts:** Erwartungsgemäss hat ausserorts eine der Linienführung unangepasste Geschwindigkeit die meisten Schwerverletzten und Getöteten zur Folge. Das Nichtgewähren des Vortrittsrechts hat aber auch ausserorts eine unerwartet hohe Relevanz.
- **Autobahn:** Die häufigsten schweren Personenschäden bei PW-Insassen mit infrastruktureller Relevanz sind auf Autobahnen erwartungsgemäss auf eine den Verhältnissen nicht angepasste Geschwindigkeit zurückzuführen.

4.3 Innerorts

4.3.1 Relevante Unfalltypen/Unfallstellen

Die relevantesten Erkenntnisse aus der Auswertung nach Unfalltypen und Unfallstellen im Innerortsbereich lassen sich wie folgt zusammenfassen.

30 % der 2111 innerorts schwer verletzten und getöteten PW-Insassen waren bei **Kollisionen mit festen Objekten** ausserhalb der Fahrbahn (Unfalltyp Nr. 3) zu verzeichnen, rund die Hälfte davon in Kurven. Dazu kommt noch ein Anteil von 5 % schwerer Personenschäden bei Kollisionen mit festen Objekten auf der Fahrbahn. Die weitaus häufigsten Kollisionsobjekte sind dabei gemäss der offiziellen Unfallstatistik «Schilder/Pfosten/Masten» und «Zaun/Mauer/Geländer» (Tabelle 27, S. 104).

Kollisionen beim Queren/Abbiegen (knapp 20 %, insbesondere in Knoten), Auffahrunfälle (15 %) und Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen (14 %, vor allem in Kurven) sind hinsichtlich schwer verunfallter PW-Insassen innerorts ebenso relevante Unfalltypen.

Die Aufschlüsselung nach Unfallstelle zeigt, dass auf Geraden, Kurven und Knoten mehr oder weniger der gleiche Anteil schwer verletzter und getöteter PW-Insassen entfällt (knapp ein Drittel).

4.3.2 Relevante Hauptursachen

Innerorts sind folgende Hauptursachen, die im Hinblick auf die Realisierung einer für PW-Insassen adäquaten Infrastruktur aufschlussreich sein könnten, häufig genannt:

- Ablenkung und Unaufmerksamkeit
- Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linienführung
- Missachten des signalisierten Vortritts (auch an Lichtsignalanlagen)
- Zu nahes Aufschliessen

4.3.3 Mögliche infrastrukturelle Defizite

Die einzelnen Unfalltypen können auf verschiedene mögliche infrastrukturelle Defizite zurückgeführt werden. Ebenso können infrastrukturelle Defizite verschiedene Unfalltypen verursachen. Ein Überblick über die möglichen Zusammenhänge ist in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28 Relevante Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen sowie resultierende mögliche infrastrukturelle Defizite innerorts						
Mögliche infrastrukturelle Defizite	Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn	Frontalkollisionen	Auffahrunfälle	Unfälle in Knoten	Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linienführung	Missachten des signalisierten Vortritts
Inadäquates Geschwindigkeitsregime	X		X		X	
Strassenraumgestaltung auf verkehrorientierten Strassen mit der Nutzung inkompatibel	X	X			X	
Feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn in ungenügendem Abstand, zu starr, form-aggressiv, ungeschützt, an kritischer Lage	X				X	
Inadäquate Knotengestaltung (falscher Knotentyp, falsche Betriebsform, ungenügende Sichtweiten)			X	X		X
Nicht normgerechte Beleuchtung	X	X	X	X		

4.4 Ausserorts

4.4.1 Relevante Unfalltypen/Unfallstellen

Die Auswertung nach Unfalltypen zeigt hinsichtlich Verteilung erstaunlicherweise ähnliche Resultate wie die Analyse der Unfalltypen im Innerortsbereich.

Die **Kollisionen mit festen Objekten** ausserhalb der Fahrbahn haben mit einem Anteil von 35 % auch ausserorts den grössten Teil der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen. Die Aufschlüsselung nach Unfallstelle zeigt weiter, dass 70 % davon in Kurven zu verzeichnen sind. Allein die **Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn in Kurven** machen 25 % sämtlicher schwer verletzter und getöteter PW-Insassen ausserorts aus.

Mit 23 % aller Nennungen sind dabei Bäume die weitest häufigsten Kollisionsobjekte (Tabelle 27, S. 104), gefolgt vom Kollisionsobjekt «Zaun/Mauer/Geländer».

Ein vergleichbarer Unfalltyp, und zwar **Schleuder-/Selbstunfälle mit anschliessender Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer**, macht ebenfalls rund 11 % der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen aus. Fast die Hälfte aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen ausserorts sind

demnach auf einen Unfall mit Kontrollverlust des Fahrzeugs zurückzuführen.

Weitere relevante Unfalltypen sind die **Frontalkollisionen** (23 %) und **Auffahrunfälle** (6 %). Letztere sind vor allem auf gerader Strecke zu verzeichnen (rund 70 % aller Auffahrunfälle).

Die Aufschlüsselung nach Unfallstelle zeigt, dass die weitaus meisten schweren Personenschäden von PW-Insassen in Kurven zu beklagen sind (52 %). Beachtlich ist jedoch auch, dass selbst ausserorts 16 % aller PW-Insassen in **Knoten** schwer verletzt oder getötet wurden.

4.4.2 Relevante Hauptursachen

Bei Unfällen mit schwer verletzten und getöteten PW-Insassen ausserorts sind folgende Ursachen, die für die Realisierung einer adäquaten Infrastruktur Aufschluss geben könnten, auffällig häufig genannt:

- Ablenkung und Unaufmerksamkeit
- Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linieneinführung und an die Strassenverhältnisse
- Missachten des signalisierten Vortritts (auch an Lichtsignalanlagen)
- Falsches Spurhalten in Kurven

Tabelle 29
Relevante Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen sowie resultierende mögliche infrastrukturelle Defizite ausserorts

Mögliche infrastrukturelle Defizite	Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn	Frontalkollisionen	Auffahrunfälle	Unfälle in Knoten	Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linieneinführung	Missachten des signalisierten Vortritts	Falsches Spurhalten in Kurven
Feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn in ungenügendem Abstand, zu starr, formaggressiv, ungeschützt, an kritischer Lage	X				X		
Linienführung nicht selbsterklärend	X	X			X		X
Punktuell inadäquate Tempolimits	X				X		X
Inadäquate Knotengestaltung (falscher Knotentyp, falsche Betriebsform, ungenügende Sichtweiten)			X	X		X	
Überholen auf kritischen Abschnitten nicht unterbunden		X					

4.4.3 Mögliche infrastrukturelle Defizite

Die einzelnen Unfalltypen können auf verschiedene mögliche infrastrukturelle Defizite zurückgeführt werden. Ebenso können infrastrukturelle Defizite verschiedene Unfalltypen verursachen. Ein Überblick über die möglichen Zusammenhänge ist in Tabelle 29, S. 107 dargestellt.

4.5 Autobahn

4.5.1 Relevante Unfalltypen

Die Unfallanalyse nach Unfalltypen zeigt folgende zwei relevante Unfalltypen auf Autobahnen:

Unerwarteterweise sind auch auf Autobahnen **Kollisionen mit festen Objekten** (auf und ausserhalb der Fahrbahn) am häufigsten (41 % aller Getöteten und Schwerverletzten). Die Aufschlüsselung nach Kollisionsobjekten zeigt, dass in rund der Hälfte dieser Kollisionen die Leitplanke das Kollisionsobjekt ist. Auffällig ist, dass selbst auf Autobahnen verhältnismässig oft das Kollisionsobjekt «Zäune/Mauern/Geländer» genannt ist. Aber auch die steigende Böschung spielt als Kollisionsobjekt eine erhebliche Rolle.

Bei der Betrachtung der Häufigkeit von **Kollisionsobjekt**-Nennungen darf natürlich nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Leitplanke (insbesondere die Mittelleitplanke) als Richtungstrennungselement fester Bestandteil des Systems «Autobahn» und damit omnipräsent ist und eher als Präventionsmassnahme zur Verhinderung von Frontalkollisionen betrachtet werden muss. Unter diesem Punkt fallen die 344 Nennungen der Leitplanke als Kollisionsobjekt weniger stark ins Gewicht im Vergleich zu den 237 Nennungen der Einzelobjekte «Insel/Inselfosten», «Schild/Pfosten/Mast», «Baum» und «Zaun/ Mauer/Geländer».

Mit 39 % der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen machen die **Auffahrunfälle** einen fast so grossen Anteil aller schweren Personenschäden aus. Die meisten davon finden sich auf gerader Strecke.

4.5.2 Relevante Hauptursachen

Bei Unfällen mit schwer verletzten und getöteten PW-Insassen auf Autobahnen sind folgende zwei möglichen Hauptursachen überwiegend häufig genannt:

- Ablenkung und Unaufmerksamkeit
- Zu nahes Aufschliessen

4.5.3 Mögliche infrastrukturelle Defizite

Die einzelnen Unfalltypen können auf verschiedene mögliche infrastrukturelle Defizite zurückgeführt werden. Ebenso können infrastrukturelle Defizite verschiedene Unfalltypen verursachen. Ein Überblick über die möglichen Zusammenhänge ist in Tabelle 30 dargestellt.

4.6 Fazit

Defizite der Strassenverkehrsinfrastruktur im verkehrstechnischen Sinn können in fehlende, fehlerhafte und falsche Systemkomponenten unterteilt werden (z. B. fehlendes Gefahrensignal, zu grosser Kurvenradius oder eine Kreuzung, die anstatt mit einer Stoppsignalisation im Rechtsvortritt betrieben

Tabelle 30
Relevante Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen sowie resultierende mögliche infrastrukturelle Defizite auf Autobahnen

Mögliche infrastrukturelle Defizite	Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn	Auffahrunfälle
Feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn zu nahe, zu starr, formaggressiv, ungeschützt, an kritischer Lage	X	
Ungenügende Leistungsfähigkeit von Ausfahrten		X

wird). Forschungsergebnisse zu derartigen Risiken liegen kaum in genügend präziser Form vor. Auch gehen solche Defizite nicht direkt aus der schweizerischen Strassenverkehrsunfallstatistik hervor. In Anlehnung an die Methode der **verkehrstechnischen Unfallanalyse** wurden daher sogenannte **mögliche infrastrukturelle Defizite** aus den polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen **abgeleitet**. **Indizien für solche Defizite**, die für PW-Insassen relevant sind, wurden aus Analysen über häufige Unfalltypen, über die zentralen Unfallstellen sowie über häufig von der Polizei festgehaltene Hauptursachen gesucht.

3 von über 60 verschiedenen **Unfalltypen**, die in den Polizeiprotokollen aufgeführt werden, sind für zwei Drittel der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen entscheidend:

- **Selbst-/Schleuderunfälle, die zu einer Kollision mit einem festen Objekt ausserhalb der Fahrbahn führen:** Sie betreffen 34 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen (innerorts 30 %, ausserorts 35 %, auf Autobahnen 37 %).
- **Auffahrunfälle:** Sie betreffen 14 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen (innerorts 15 %, ausserorts 6 %, auf Autobahnen 39 %).
- **Frontkollisionen mit einem entgegenkommenden Fahrzeug:** Sie betreffen 16 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen (innerorts 14 %, ausserorts 23 %, auf Autobahnen 43 %).

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall schwere Folgen nach sich zieht (schwere Verletzungen oder Tod) ist bei Auffahrunfällen aber weit geringer als bei den beiden anderen Unfalltypen.

Absolut gesehen ereignen sich die meisten schweren Unfälle von PW-Insassen in **Kurven** (40 %). Diese Unfallstelle ist besonders relevant auf Ausserortsstrassen, wo sich der Anteil an schwer verletzten oder getöteten Personen in Kurven auf 52 % beläuft. 17 % der schweren Unfälle von PW-Insassen ereignen sich an **Knoten** (innerorts 29 %).

Analysen der **Hauptursachen** in der schweizerischen Statistik der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle sind bezüglich Indizien für mögliche infrastrukturelle Defizite nicht sehr ergiebig. Einerseits gibt es häufige Hauptursachen, die nicht auf Infrastruktureinflüsse schliessen lassen (z. B. Einwirkung von Alkohol). Andererseits lässt sich im Gegensatz zur Auswertung nach Unfalltypen nicht ein Grossteil der schwer verletzten und getöteten PW-Insassen auf ein paar wenige Hauptursachen zurückführen.

Differenziert nach Ortslage lassen sich aufgrund dieser relevanten Unfalltypen, Unfallstellen sowie Hauptursachen die folgenden möglichen infrastrukturellen Defizite ableiten. Dabei ist zu beachten, dass dasselbe **infrastrukturelle Defizit** mehrere Unfalltypen zur Folge haben kann:

- **Innerorts:** inadäquates Geschwindigkeitsregime, mit der Nutzung inkompatible Strassenraumgestaltung, feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, inadäquate Knotengestaltung, inadäquate Wahrnehmbarkeit von Infrastruktur und Betrieb bei Nacht
- **Ausserorts:** feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, nicht selbsterklärende Linienführung, inadäquate Höchstgeschwindigkeit, inadäquate Knotengestaltung, nicht unterbundenen Überholen auf kritischen Abschnitten
- **Autobahnen:** feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, ungenügende Leistungsfähigkeit auf Ausfahrten.

VI. Prävention

1. Personenwagen-Lenkende

1.1 Einleitung

Im vorliegenden Kapitel wird aufgezeigt, wie die Sicherheit der PW-Insassen erhöht werden kann, indem **direkt auf die Fahrzeuglenkenden** Einfluss genommen wird. Nicht an dieser Stelle thematisiert werden sicherheitserhöhende Präventionsmöglichkeiten, die **indirekt** auf den Lenker (insbesondere sein Fahrverhalten) einwirken. Indirekte Massnahmen aus dem Bereich der Fahrzeugtechnologie – wie z. B. diverse Fahrassistenzsysteme dies leisten – werden im Kap. VI.2, S. 137 thematisiert. Indirekte Massnahmen im Bereich Infrastruktur – wie z. B. selbsterklärende Strassen – werden im Kap. VI.3, S. 191 thematisiert.

Der Schwerpunkt der hier diskutierten Interventionsansätze richtet sich auf die **primäre Prävention** (Verhinderung von Unfällen mit Schwerverletzten oder Getöteten). Massnahmen im Bereich der Sekundärprävention (Verminderung der Verletzungsschwere), wie z. B. das Gurtentragverhalten bzw. die korrekte Nutzung von Rückhaltesystemen bei Kindern, werden nur am Rand thematisiert. Massnahmen im Rahmen der tertiären Prävention (z. B. das Nothelfer-Wissen der PW-Insassen) werden nicht diskutiert.

Die Erarbeitung der Massnahmen erfolgt zweistufig. In einem 1. Schritt werden übergeordnete **Präven-**

tionsziele festgelegt (z. B. keine Fahrten in ange-trunkenem Zustand). In einem 2. Schritt werden **Präventionsmassnahmen formuliert**, wie diese Ziele erreicht werden können (zur Verhinderung von FiaZ z. B. Alkoholkampagne, Intensivierung der Polizei-kontrollen bezüglich Alkohol usw.).

Die Ausführungen gliedern sich nach den Faktoren **Fahreignung, Fahrkompetenz, Fahrfähigkeit** und nach sicherheitsrelevanten Aspekten des aktuellen **Fahrverhaltens** (Definitionen: Kap. V.2, S. 69).

1.2 Fahreignung

1.2.1 Ausgangslage

Die Fahreignung umfasst alle körperlichen, geistigen und charakterlichen Grundvoraussetzungen für das sichere Führen von Fahrzeugen im Strassenverkehr.

Krankheiten oder **natürliche altersbedingte Veränderungen** können zu schwerwiegenden kognitiven²³ oder körperlich-motorischen Einschränkungen, aber auch zu schweren Beeinträchtigungen im Seh- oder Hörvermögen führen. Dies kann so weit gehen, dass die vom Gesetzgeber vorgesehe-nen medizinischen Mindestanforderungen nicht erfüllt sind.

Eine **charakterliche Nichteignung** liegt vor, wenn jemand aufgrund von Mängeln in seiner Persönlich-keit oder Einstellung nicht Gewähr bietet, sich künf-

²³ Beispiel einer kognitiven Nichteignung: Bei einer Person mit ausgeprägter Alkoholproblematik zeigt sich in der verkehrspsychologischen Untersuchung ihrer Hirnleistungsfähigkeit, dass

der jahrelange chronische Alkoholüberkonsum bereits Hirn-schäden verursacht hat [142].

tig beim Führen eines Motorfahrzeugs an die Vorschriften zu halten und auf andere Rücksicht zu nehmen²⁴.

Im Kap. V.2, S. 69 wurde für diese Faktoren (aufgrund ihrer Verbreitung bei Fahrzeuglenkenden und ihres Gefahrenpotenzials) die in Tabelle 31 dargestellte Unfallrelevanz für die Schweiz ermittelt.

Bei **Senioren** finden sich altersbedingte Einschränkungen (sei es in Folge von natürlichen Veränderungen oder Krankheiten) häufiger und ausgeprägter. Somit erstaunt es nicht, dass Senioren im Durchschnitt gegenüber 25- bis 64-jährigen Verkehrsteilnehmenden pro gefahrenen Kilometer ein erhöhtes Unfallrisiko aufweisen (Tabelle 21, Kap. V.2.13, S. 93). Zwar gleichen viele Senioren ihre altersbedingten Defizite aus, indem sie langsamer und defensiver fahren oder Fahrten unter schwierigen Bedingungen, wie z. B. bei Nacht vermeiden. Es scheint jedoch, dass dieses vorbildliche Kompensationsverhalten nicht ausreicht, um ihre Defizite vollständig auszugleichen. Aufgrund der demografischen Entwicklung wird diese Altersgruppe an Relevanz zunehmen.

Das Thema Fahreignung darf aber nicht auf Senioren beschränkt werden. Bei älteren **Lenkenden im erwerbstätigen Alter** ist vor allem an Einschränkungen im Bereich der visuellen Wahrnehmung zu

Tabelle 31
Risikofaktoren zu Fahreignung

Risikofaktor	Unfallrelevanz
Kognitive Einschränkungen	*(*)
Körperlich-motorische Einschränkungen	*(*)
Beeinträchtigt Sehvermögen	*(*)
Beeinträchtigt Hörvermögen	*
Charakterliche Nichteignung	*

* sehr gering / ***** sehr gross

²⁴ Beispiel einer charakterlichen Nichteignung: Eine betroffene Person zeigt im Rahmen der verkehrspsychologischen Fahreignungs-Begutachtung keinerlei Problembewusstsein, sondern

denken. Das Sehen verändert sich bereits ab 40 Jahren degenerativ. Die Gruppe der 45- bis 65-jährigen PW-Lenkenden legt 38 % der im Jahr 2010 gefahrenen PW-Kilometer zurück (jene der 65-Jährigen und Älteren 9 %) [32]. Auch wenn nur ein geringer Prozentsatz der Lenkenden im mittleren Alterssegment visuelle Wahrnehmungsdefizite hat, handelt es sich doch um eine relevante Anzahl. Da sich Einschränkungen in der Sehfähigkeit schleichend entwickeln, sind sich viele Betroffene ihrer Defizite nicht ausreichend bewusst [143].

Bei **jüngeren Verkehrsteilnehmenden** (insbesondere Männern), die durch massives oder wiederholtes verkehrsdelinquentes Verhalten im Bereich ihrer Geschwindigkeitswahl oder durch Drängeln und Rechtsüberholen auffällig werden, ist insbesondere deren **charakterliche Eignung** zu prüfen.

Nichteignung durch Alkohol (krankheits- oder charakterlich bedingt) findet sich unabhängig vom Alter.

1.2.2 Zielsetzung

Folgende Ziele sind durch geeignete Massnahmen zu erreichen:

- PW-Lenkende müssen ihre verkehrsrelevanten Leistungsdefizite und die damit einhergehenden Gefahren **kennen**.
- PW-Lenkende mit Beeinträchtigungen müssen ihr **Fahrverhalten** (auf freiwilliger Basis oder gezwungenermassen) **anpassen**.
- Für den Fall, dass die Beeinträchtigungen zu ausgeprägt sind, als dass ein sicheres Fahrverhalten noch möglich ist, oder es an Einsicht dazu fehlt, muss sichergestellt sein, dass die **Fahrerlaubnis eingeschränkt oder entzogen** wird.

macht geltend, dass die bisherigen Trunkenheitsfahrten nur dumme Zufälle und grosses Pech gewesen seien [142].

Diese Zielsetzung gilt unabhängig davon, ob die Beeinträchtigungen aufgrund von Krankheiten, natürlichen degenerativen Prozessen im Alter oder charakterlichen Eigenschaften vorhanden sind. Je nach Ursache der verkehrsrelevanten Leistungsdefizite bedarf es jedoch – wie im Folgenden dargelegt – anderer Massnahmen.

1.2.3 Umsetzung

a) Rechtliche Vorschriften

Gemäss VZV²⁵ müssen Motorfahrzeug-Lenkende gewisse medizinische Mindestanforderungen erfüllen (Art. 7 Abs. 1 VZV). Anhang 1 der VZV präzisiert diese medizinischen Mindestanforderungen. Voraussichtlich im Jahr 2015 ist eine Aktualisierung dieser medizinischen Mindestanforderungen vorgesehen. Bei der Aktualisierung der medizinischen Mindestanforderungen geht es insbesondere darum, diese an den heutigen Stand der Wissenschaft und Technik anzupassen. So stehen zum Beispiel bessere Hörgeräte zur Verfügung als früher. Für PW-Lenkende sind aktuell Minimalanforderungen an das Nervensystem, das Seh- und Hörvermögen, den Brustkorb und die Wirbelsäule, das Herz und die Gefässe, die Bauch- und Stoffwechselorgane sowie die Gliedmassen formuliert. Diese Einteilung soll ab 2015 angepasst werden, sodass z. B. die verkehrsmedizinische Relevanz der einzelnen Krankheiten besser berücksichtigt wird [144]. Die Fahreignungsabklärung soll ebenfalls voraussichtlich im Jahr 2015 verbessert werden. Es sollen gesamtschweizerisch einheitliche Qualitätssicherungsmaßnahmen festgelegt werden.

Bezüglich des **Sehvermögens** legt die VZV fest, dass a) die Sehschärfe, b) das Gesichtsfeld und c) die Augenbeweglichkeit (Doppelsehen) überprüft werden müssen²⁶ (Art. 9 Abs. 2 lit. a VZV).

Überprüft werden diese Anforderungen im Rahmen des obligatorischen Sehtests zur Erlangung des Lernfahrausweises. Bei Einreichung der Unterlagen darf dieser summarische Sehtest nicht älter als 24 Monate sein. Systematisch wird das Sehvermögen erst wieder bei 70-jährigen und älteren PW-Lenkenden überprüft. Das geschieht im Rahmen der obligatorischen, im Zwei-Jahres-Rhythmus durchgeführten ärztlichen Kontrolluntersuchung zur Abklärung der körperlich-geistigen Fahreignung (Art. 27 Abs. 1 lit. b VZV).

Als Manko der geltenden Anforderungen ist die **Ausklammerung des Dämmerungssehvermögens, der Blendempfindlichkeit und der Nachtmyopie** zu nennen. Im Gegensatz zu allen anderen Sehbeeinträchtigungen ist Nachtmyopie bei jungen Erwachsenen weiter verbreitet als bei Senioren [30]. Den Personen ist oft nicht bewusst, dass sie unter einer Nachtmyopie leiden. Sie denken, es sei normal, dass man in der Nacht viel schlechter sieht. Eine Korrektur für die Nacht wäre indes angebracht (eine stärkere als für den Tag bzw. überhaupt eine, wenn am Tag keine störende Kurzsichtigkeit vorliegt). Zu überlegen ist, ob der obligatorische Sehtest zur Erlangung des Lernfahrausweises nicht Abklärungen über das Vorhandensein einer Nachtmyopie enthalten sollte. Bei deutlichem Nichterfüllen der Anforderungen an das Dämmerungssehvermögen kann ein **Nachtfahrverbot** ausgesprochen werden²⁷.

²⁵ Verordnung vom 27. Oktober 1976 über die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr, SR 741.51

²⁶ Für die Kategorien C und D, für Berufschaffere und Fahrlehrer wird zudem das Stereosehen und die Pupillenmotorik überprüft (Art. 9 Abs. 2 lit. b VZV).

²⁷ Die bereits bestehende Möglichkeit zur Beschränkung der Fahrberechtigung dürfte wahrscheinlich mit Bundesratsbeschluss im Jahr 2015 präziser geregelt werden. Damit wird z. B. klargestellt, dass die kantonalen Behörden die Fahrberechtigung z. B. mit einem Autobahn- oder Nachtfahrverbot

Bezüglich des **Hörens** existiert in der VZV (Art. 7, Anhang 1 VZV) für PW-Lenkende lediglich die Einschränkung, dass gehörlose Einäugige vom Fahren ausgeschlossen sind. Diese Ausnahme soll wie schon erwähnt voraussichtlich durch einen Bundesratsbeschluss im Jahr 2015 aufgehoben werden. Somit werden alle Hörbeeinträchtigungen gar bis zu Gehörlosigkeit vom Gesetzgeber als unproblematisch eingestuft.

Weitere medizinische Mindestanforderungen

werden im Gesetz nicht präzise formuliert. Im Gesuch zur Erlangung des Lernfahrausweises (Anhang 4 VZV) wird der Gesundheitsstatus sehr oberflächlich erfragt (Selbstauskunft). Die Zulassungsbehörde prüft, ob die Voraussetzungen für den Erwerb eines Lernfahrausweises erfüllt sind (Art. 11b VZV). Hat die Zulassungsbehörde Zweifel an der körperlichen, charakterlichen oder psychischen Eignung, muss sich der Gesuchsteller einer Spezialuntersuchung unterziehen. Die aktuellen Anforderungen der Spezialuntersuchung sind nicht präzise formuliert. In Bezug auf das Herz und die Gefässe oder die Bauch- und Stoffwechselorgane dürfen gemäss Anhang 1 VZV z. B. «keine hochgradigen Kreislaufstörungen» bzw. «keine schweren Stoffwechselstörungen» vorliegen. Aufgrund welcher Kriterien beispielsweise jemand mit einer Herzrhythmusstörung oder einer Zuckerkrankheit noch fahren darf (oder nicht), wird nicht definiert. Zu bemängeln ist insbesondere auch die unzureichende Präzisierung in Bezug auf die Anforderungen an das Nervensystem.

verknüpfen oder Fahrten auf eine bestimmte Strecke, beispielsweise von einem Weiler in ein Dorf, beschränken können. Auch Beschränkungen auf bestimmte Fahrzeugarten (z. B. nur Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h oder weniger) oder auf individuell angepasste oder ausgestattete Fahrzeuge (z. B. mit Rückfahrkamera oder Bremsassistent) sind darunter zu subsumieren.

²⁸ Unter psychischen Anforderungen versteht der Gesetzgeber im engeren Sinn kognitive Anforderungen. Denkbar wäre, dass rein begrifflich unter psychischen Anforderungen auch charakterliche subsumiert werden könnten. Die Auslegung ist jedoch nicht in diesem Sinn.

Kognitive Minimalanforderungen (z. B. für Personen mit einer beginnenden Demenz) oder charakterliche Anforderungen werden nicht aufgeführt. In Bezug auf charakterliche Minimalanforderungen fehlt gemäss geltendem Recht die Grundlage auf Verordnungsebene, charakterliche Minimalanforderungen definieren zu können, (Art. 25, Abs. 3 lit. A SVG sieht lediglich vor, dass der Bundesrat nach Anhören der Kantone Vorschriften über minimale körperliche und psychische²⁸ Leistungsanforderungen aufstellt). Mit der Aktualisierung der medizinischen Mindestanforderungen, die voraussichtlich im Jahr 2015 beschlossen werden, sollen gewisse Präzisierungen angebracht werden. Zum Beispiel ist gemäss Anhang 1 VZV geplant, dass bei Vorliegen einer Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) eine stabile Blutzuckereinstellung ohne verkehrsrelevante Unter- oder Überzuckerungen vorhanden sein muss.

Nach Erlangung des definitiven Führerausweises

für Personenwagen kann bei Verdacht eine vom Strassenverkehrsamt angeordnete verkehrsmedizinische oder verkehrspsychologische Fahreignungsabklärung angeordnet werden [145,146]²⁹.

Seit dem 1. Januar 2013 bzw. dem 1. Juli 2014 gibt es eine obligatorische Anordnung einer Fahreignungsuntersuchung bei bestimmten Tatbeständen, z. B. beim Fahren unter Einfluss von Alkohol (bei **1,6 ‰** oder mehr) oder von Betäubungsmitteln, oder bei Verkehrsregelverletzungen, die auf Rücksichtslosigkeit schliessen lassen (Art. 15d, Abs. 1 SVG).

²⁹ Ein entsprechender Verdacht wird insbesondere durch zwei Hauptinstanzen dem zuständigen Strassenverkehrsamt gemeldet: entweder durch den Hausarzt, der bei einem Senioren ab 70 Jahren den alle zwei Jahre fälligen Gesundheitscheck durchgeführt hat, oder durch die Polizei, die einen sich im Verkehr auffällig verhaltenden Lenker entdeckt hat. Seit dem 1. Juli 2014 sind auch Meldungen durch Privatpersonen auf Verordnungsebene geregelt: «Meldet eine Privatperson der kantonalen Behörde Zweifel an der Fahreignung einer anderen Person, so kann die kantonale Behörde beim behandelnden Arzt einen Bericht einholen. [...]» (Art. 30a, Abs. 1 VZV).

Die Fahreignungsuntersuchung soll bei verkehrsmedizinischen Fragestellungen durch einen Verkehrsmediziner und bei verkehrspsychologischen Fragestellungen durch einen Fachpsychologen für Verkehrspsychologie / Verkehrspsychologen durchgeführt werden (Art. 28a VZV).

Grundsätzlich ist bei Fahreignungsabklärungen an die Problematik **ungenügend valider und verlässlicher Testinstrumente** zu denken (bei körperlichen, psychischen und charakterlichen Diagnoseinstrumenten). Besonders wichtig ist diese Problematik im Zusammenhang mit Screeningverfahren (Reihenuntersuchungen für alle). Es besteht die Gefahr, dass viele Personen als krank diagnostiziert würden, obwohl sie es gar nicht sind, und umgekehrt. Screeningverfahren sind nur dann sinnvoll, wenn in der zu untersuchenden Bevölkerungsgruppe eine hohe Prävalenz des gefragten Kriteriums vorliegt. Aus diesem Grund ist z. B. von einer Überprüfung der charakterlichen Fahreignung bei Neulenkenden anhand von psychologischen Tests abzuraten. Auch ist kritisch zu überdenken, ob eine Reihenuntersuchung für Personen ab 70 Jahren sinnvoll ist bzw. in Bezug auf welche Diagnosen ein Screening in dieser Altersgruppe sinnvoll ist [147]. Die Überprüfung der Fahreignung sollte primär **nach auffälligem Verhalten** – das vom Gesetzgeber zu definieren wäre – angeordnet werden (also kein Screening für alle). Ein zentraler Teil der medizinischen und psychologischen Fahreignungsabklärung ist das **Gespräch** über die Krankheitseinsicht oder die Einstellung zu vollzogenen Regelverstössen. Somit wird in der heutigen Praxis dem Umstand Rechnung getragen, dass Krankheitsdiagnosen oder psychologische/kognitive Testergebnisse allein kaum Auskunft geben über die Fahreignung. Entscheidend ist, wie jemand seine Krankheitsdiagnose bzw. seine problematische Persönlichkeitsdisposition reflektiert und damit umgeht

(z. B. zuverlässige Einnahme von Medikamenten oder geeignete Strategien, um den Hang zu hoher Impulsivität nicht im Verkehr auszuleben). Solche Faktoren lassen sich nur in einem **persönlichen Gespräch** eruieren [146].

In diesem Zusammenhang ist weiter zu berücksichtigen, dass medizinische und psychologische Testinstrumente für die Fahreignung unter realen Bedingungen nur beschränkt aussagekräftig sind. Bei der Überprüfung der Fahreignung sollte nicht die Diagnose einer Krankheit (physischer oder psychischer Natur), sondern das Ausmass der **funktionalen Einschränkung** durch die Krankheit im Vordergrund stehen [148]. Diese kann z. B. durch eine Kontrollfahrt geklärt werden, die gemäss geltendem Recht angeordnet werden kann (Art. 29 VZV) – aber z. B. gerade bei Senioren selten angeordnet wird [38]. Bevor jemandem aufgrund einer Krankheit (Diabetes, körperliche Behinderung, Hörprobleme usw.) die Fahreignung abgesprochen wird, sollten Möglichkeiten der Therapie, Rehabilitation und/oder technischer Hilfsmittel ausgenutzt werden.

Auch mit der geplanten Einführung der Via-sicura-Massnahme «Qualitätssicherung bei der Fahreignungsabklärung» dürften weiterhin Fragen offen bleiben. Wie ist die genaue Arbeitsteilung zwischen Verkehrsmedizinern und Verkehrspsychologen? Die Zuweisung der verkehrsauffälligen Probanden sollte durch die kantonale Behörde nach möglichst einheitlichen Kriterien erfolgen. Dies bedingt ein gewisses Fachwissen seitens der Behörde. Grundsätzlich sollten Personen, die wegen Alkohol oder Drogen auffällig wurden, zunächst den Verkehrsmedizinern zugewiesen werden. Bei Personen mit einem Alkoholwert von über 1,6 ‰ sollte – falls keine Abhängigkeit, sondern «lediglich» Missbrauch vorliegt – neben dem Verkehrsmediziner

immer auch ein Verkehrspsychologe hinzugezogen werden, um zu entscheiden, welche Art der Intervention am sinnvollsten ist. Personen mit charakterlicher Auffälligkeit hingegen sollten direkt an die Verkehrspsychologen überwiesen werden.

Mitarbeiter der Strassenverkehrsämter sollten **geschult und weitergebildet** werden. Zuständige Personen für die Entscheidung über eine Fahreignungsuntersuchung sollen mit hinreichender Sicherheit über die Notwendigkeit und Art solcher Untersuchungen entscheiden können.

Es ist ausserdem zu prüfen, ob die Einführung einer befristeten Gültigkeit des Führerausweises für alle PW-Lenkenden, in Anlehnung an die dritte Führerscheinrichtlinie der EU sinnvoll wäre³⁰. Eine solche Massnahme hängt jedoch stark von der Qualität und Umsetzbarkeit der zu definierenden Bedingungen für die Verlängerung des Ausweises ab und ist politisch in der Schweiz kaum umsetzbar. Sie wurde 2012 im Rahmen von Via sicura abgelehnt.

b) Informationsvermittlung

Personen mit psychischen Erkrankungen, starken kognitiven Beeinträchtigungen oder charakterlicher Nichteignung sind über diesen Zugang nicht zu erreichen.

Alle anderen Fahrzeuglenkenden müssen bezüglich sicherheitsrelevanter Leistungseinschränkungen sensibilisiert und informiert werden. Dabei genügt es keinesfalls, ausschliesslich mögliche Defizite zu benennen und aufzulisten. Vielmehr müssen die **Symptome** der Defizite im Sinn von Warnsignalen, wie sie sich im alltäglichen Verkehr äussern,

aufgezeigt werden, sodass eine Art Selbstdiagnose möglich wird (wie z. B. vermehrtes Auftreten kritischer Situationen, spätes Reagieren mit abruptem Bremsen, vermehrte Spiegelungen auf nasser Fahrbahn, ein Gefühl, dass die andern immer schlechter fahren und einen zu Notmanövern zwingen usw.). Das ist deshalb wichtig, weil die betroffenen Personen infolge der normalerweise schleichenden Leistungsverschlechterung diese oftmals gar nicht bemerken (Gewöhnungseffekt). Neben dem Darlegen der Symptome ist es wichtig, die Betroffenen anzuleiten, **was sie bei Einschränkungen tun sollten**. Die Möglichkeiten sind vielfältig und reichen von der einfachen Anpassung des Fahrverhaltens (z. B. Verzicht auf Nachtfahrten) über die freiwillige Beurteilung des Fahrverhaltens (z. B. beim TCS) bis hin zur freiwilligen Rückgabe des Führerausweises bzw. dem Besuch eines Facharztes für weitere Abklärungen. Eine gute Möglichkeit, um zur Selbstdiagnose anzuregen und Handlungsempfehlungen abzugeben, sind **Selbstbeurteilungsinstrumente**. Für Senioren sind vor allem im englischsprachigen Raum diverse spezifische Instrumente erhältlich. Inwiefern Selbstbeurteilungsinstrumente zu tatsächlichen Verhaltensanpassungen führen, ist noch nicht vollständig geklärt. Als Aufklärungsmittel sind sie aber auf jeden Fall sinnvoll [149].

Vor allem ihre Sehkraft sollten PW-Lenkende bereits vor dem 70. Altersjahr regelmässig überprüfen lassen. Die Organisation CIECA (The International Commission for driving testing) empfiehlt, dass periodische Kontrollen des Sehvermögens bereits ab dem 60. Altersjahr eingeführt werden. Ein Obligatorium dürfte sich jedoch als schwierig erweisen. Denn die im Rahmen von Via sicura vorgeschlagene periodische Augenkontrolle (schon ab 50 Jahren) wurde im

³⁰ Richtlinie 2006/126/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 2006 über den Führerschein, Anhang III, Ziffer 6

Jahr 2012 durch das Parlament abgelehnt. Tatsache ist, dass sich das Sehen schon ab dem Alter von 40 Jahren degenerativ verändert. Die Kontrastempfindlichkeit vermindert sich und die Blendungsempfindlichkeit erhöht sich. Somit ist es empfehlenswert, die PW-Lenkenden über die Notwendigkeit periodischer Kontrollen des Tages- und Sehvermögens ab 50 Jahren (über bereits bestehende Kanäle) zu informieren. Die Aufforderung eines freiwilligen Sehtests auf den grauen Star (Katarakt) ab 60 Jahren, eventuell gefördert durch Anreize, ist ebenfalls empfehlenswert.

Informationsvermittlung hat im Vergleich zu rechtlichen Massnahmen den Vorteil, auf grössere **Akzeptanz** zu stossen – sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der Politik. Informationsvermittlung ist aber nur bei guter Qualität und bei geringen Streuverlusten sinnvoll. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine umfassende Information der PW-Lenkenden folgende Elemente beinhalten sollte: Symptombeschreibung, Defizitbezeichnung und Handlungsempfehlung. Informationsbroschüren und Selbstbeurteilungsinstrumente können über verschiedene Kanäle gestreut werden (Internet, Arztpraxen, Beratungsstellen, Optik-/Akustikgeschäfte, Verkehrsclubs usw.). Unseres Wissens existieren kaum systematische Bemühungen, um Senioren mit Informationsmaterial zu bedienen. Lediglich Strassenverkehrsämter versenden systematisch zusammen mit dem Aufgebot zur Fahreignungsabklärung eine spezifische Broschüre an 70-jährige Senioren. Sinnvoll wäre sicher ein koordiniertes Vorgehen unter den Akteuren – inklusive Qualitätssicherung über das Informationsmaterial. Gut konzipierte **Kommunikationskampagnen** zur besseren Informiertheit aller Motorfahrzeuglenkenden können zusätzlich sinnvoll sein. Es können dadurch auch Personen erreicht werden, die noch nicht zur oben erwähnten Zielgruppe

gehören (z. B. ab 70 Jahren, die gezielt informiert werden sollten). Weit unter dem Seniorenalter beginnen z. B. Leistungsdefizite im Sehvermögen.

1.3 Fahrkompetenz

1.3.1 Ausgangslage

Die Fahrkompetenz wird anfänglich im Rahmen der Fahrausbildung erworben (1. Phase) und festigt sich durch Weiterbildung, Fahrerfahrung und zunehmende biologische und soziale Reife (2. Phase).

Zur Erlangung der Fahrkompetenz ist es notwendig, aber keinesfalls hinreichend, das **Fahrzeug korrekt und automatisiert bedienen** zu können sowie die **allgemeinen Verkehrsregeln** zu **kennen**. Entscheidender für die spätere Unfallwahrscheinlichkeit ist eine ausgeprägte **Risikokompetenz**, d. h. die Kompetenz, das eigene Fahrkönnen richtig einzuschätzen, Gefahrensituationen vorgängig zu erkennen, sichere Entscheide zu fällen und diese auch im Konflikt mit sicherheitsabträglichen Motiven umzusetzen (d. h. beispielsweise, sich nicht durch die momentane Stimmungslage oder Passagiere zu risikoreichem Fahrverhalten verleiten zu lassen).

Tabelle 32 zeigt deutlich, dass die Defizite bei der Risikokompetenz – im Sinn von kognitiver, emotional-motivationaler Informationsverarbeitungsprozesse – weit unfallrelevanter sind als die Defizite bei der Fahrfertigkeit.

Risikofaktor	Unfallrelevanz
Ungenügende Risikokompetenz	****
Ungenügende Fahrfertigkeit	*
* sehr gering / ***** sehr gross	

1.3.2 Zielsetzung

Globales Ziel ist es, **Fahranfänger umfassend auszubilden**. Einen Überblick über notwendige Kompetenzen liefert die GDE-Matrix (Goals of Driver Education [150], Tabelle 33, S. 118). Die unteren Ebenen (Basic Skills), in denen z. B. die Kompetenz, ein Auto manövrieren zu können, zugeordnet wird, sind notwendig, aber nicht hinreichend. Zentral ist vor allem auch die Fähigkeit der Selbstreflexion über alle vier Ebenen hinweg (rechte Spalte). Die **Risikokompetenz** steht in engem Zusammenhang mit den **höheren Ebenen (Higher Skills) der GDE-Matrix** und der **Selbstreflexion**. Dies bedeutet z. B., dass man sich mit sich selbst, mit seiner generellen Risikobereitschaft, seiner generellen Empfänglichkeit für Gruppendruck, seinen Werten, seinem Lebensstil und der Rolle des Autos / des Autofahrens in dieser Hinsicht auseinandersetzt [151].

Risikokompetenz umfasst nebst dem Gefahrenbewusstsein die wichtige Dimension der **Selbststeuerungsfähigkeiten** (Abbildung 12). Risikokompetenz ist somit eine **spezifische** Kompetenz [58].



³¹ Quelle: Arbeitspapier aus dem bfu-Projekt OPERA-3, das die Optimierung der Fahrausbildung in der Schweiz unter

Die Erlangung der Fahrkompetenz und insbesondere der Risikokompetenz ist ein langwieriger Prozess und setzt das **Verarbeiten persönlicher Erfahrungen** voraus. Ergänzend zur Förderung der Risikokompetenz sind wirksame repressive Mittel sinnvoll. Des Weiteren können Massnahmen im Bereich Personenwagen (Kap. VI.2, S. 137) oder Infrastruktur (Kap. VI.3, S. 191) zur Kompensation mangelhafter Risikokompetenz beitragen.

Aufgrund des vorhandenen Handlungsbedarfs sind in der Schweiz folgende Präventionsziele zu priorisieren:

- Verbesserung der Risikokompetenz insbesondere durch Fahrerfahrung, Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten
- Einsatz wirksamer repressiver Mittel zur Kompensation eingeschränkter Risikokompetenz

1.3.3 Umsetzung

In der **1. Ausbildungsphase** sollte vermehrt der Schulung von «Higher Skills» sowie der Selbstreflexion auf allen Ebenen der GDE-Matrix Beachtung geschenkt werden. Risikokompetenz als kognitives, emotional-motivationales Konzept der Informationsverarbeitung spielt beim Fällen und Umsetzen sicherer Handlungsentscheide eine zentrale Rolle. Risikokompetenz kann im Rahmen des **Verkehrskundeunterrichts (VKU)** gefördert werden, dessen Wirkung insgesamt deutlich verbessert werden kann. Hilfreich sind Tools wie beispielsweise die CD-Drives [152], die das Gefahrenmanagement (Hazard Perception) der Neulenkenden ausbilden und fördern. Entsprechend sollte die **Theorieprüfung** um das Element Gefahrenmanagement erweitert und mit speziell entwickelten Tests geprüft werden³¹. Diese Theorieprüfung sollte ausserdem

besonderer Berücksichtigung der bisherigen Prüfungen zum Ziel hat.

nach dem VKU stattfinden. Eine deutliche Verbesserung in der **praktischen Ausbildung** kann erreicht werden, wenn diese stärker strukturiert ist, das begleitete Fahren gefördert wird (nicht nur im Alternativmodell der vorgezogenen Fahrausbildung) und kommentiertes Fahren, was anhand z. B. der CD-Drives auch im VKU gelernt wird, vermehrt praktiziert wird. Die praktische Führerprüfung sollte in Anlehnung an die Ausbildung die verschiedenen Aspekte sicheren Fahrens (neben Fahrtechnik und situationsangepasstem Fahren auch Risikokompetenz) besser abdecken.

Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten lassen sich zwar bereits in der 1. Phase schulen. Für eine hohe Risikokompetenz bedarf es aber einer gewissen – allein verantwortlichen – Fahrerfahrung. Somit sollten Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten in der **2. Ausbildungsphase** zentral sein (Weiterausbildungskurse = WAB-Kurse). Auch

sollte weiter am Gefahrenbewusstsein gearbeitet werden.

Unter dem Projektnamen OPERA-3 (**OPT**imierung **ER**ste Ausbildungsphase der Fahrausbildung) werden unter der Leitung des ASTRA in verschiedenen Arbeitsgruppen und mit Beteiligung aller in der Fahrausbildung und Zulassungsprüfung involvierten Institutionen Verbesserungsvorschläge für die erste Phase der Fahrausbildung erarbeitet. Gleichzeitig sollten dabei die Bestimmungen der Europäischen Richtlinie 2006/126/EG miteinbezogen und nach Möglichkeit umgesetzt werden. Darüber wird im Jahr 2015 eine Anhörung durchgeführt werden.

Im Projektverlauf wurde der Auftrag auf die **2. Ausbildungsphase ausgedehnt** (Probephase, WAB-Kurse). Zudem wurde ein **Modell einer vorgezogenen Fahrausbildung** als alternatives Ausbildungsmodell ausgearbeitet.

Tabelle 33 GDE Matrix		
Wissen und Können	Risikoerhöhende Faktoren	Selbstbeurteilung
Lebensziele und Fähigkeiten für das Leben		
Lebensstil	Risikobereitschaft	Kontrolle von Impulsen
Gruppe	Sensationslust	Fähigkeit zur Selbstbeobachtung und Selbstwahrnehmung
Alter	Selbstwertgefühl stärken	Eigene Vorbedingungen
Motive	Gruppendruck	
Selbstkontrolle	Gruppennormen	
Persönliche Werte		
Ziele und Kontext des Fahrens		
Wahl des Transportmittels	Alkohol, Drogen	Eigene Motive beeinflussen
Wahl der Zeit	Müdigkeit	Entscheidung
Rolle von Motiven	Stosszeiten	Selbstkritisches Denken
Streckenplanung	Junge Beifahrer	Typische Fahrabsichten
		Riskante Fahrmotive
Fahren im Verkehr		
Verkehrsregeln	Missachtung der Regeln	Angepasstheit der fahrerischen Fähigkeiten
Kooperation	Zu dichtes Auffahren	Eigener Fahrstil
Gefahrenwahrnehmung	Glätte	Persönliche Sicherheitsmargen
Automatisierung	Schwächere Verkehrsteilnehmer	Stärken und Schwächen in gefährlichen Situationen
Antizipation gefährlicher Situationen	Ungenügende Geschwindigkeitsanpassung	
Geschwindigkeitsanpassung	Informationsüberflutung	
Abstand		
Kontrolle über das Fahrzeug		
Funktionen des Fahrzeugsicherheitssystems	Keine Sicherheitsgurte	Angepasstheit der Fähigkeit zur Kontrolle über das Fahrzeug
Kontrolle über das Fahrzeug	Versagen der Fahrzeugsysteme	Stärken und Schwächen beim elementaren Fahrkönnen
Physikalische Gesetze	Abgefahrene Reifen	Stärken und Schwächen der Fähigkeiten in gefährlichen Situationen
Fahrzeugeigenschaften	Schwierige Bedingungen	

Im Hinblick auf die Unfallprävention sind folgende Punkte der Verordnung wichtig bzw. sie fehlen:

Der Erwerb von Fahrkompetenz (von Basic bis Higher Skills) ist anspruchsvoll. Wichtig sind daher in Zukunft für die Anbieter verbindliche Vorgaben zu den Inhalten, idealerweise das Bereitstellen von qualitativ hochstehendem Unterrichtsmaterial. Die Qualitätssicherung muss grundsätzlich ein wichtiges Ziel sein – nicht nur in Bezug auf die Aus- und Weiterbildung. Auch Qualitätsstandards für die theoretische und praktische Prüfung in allen Kantonen sind notwendig und Vermittlungs- respektive Prüfungsmethoden (z. B. Coaching) müssen geschult werden. Praktische Fahrerfahrung ist zentral. Nicht nur im Rahmen des Alternativmodells der vorgezogenen Fahrausbildung ist eine Mindestdauer von 1 Jahr anzustreben. Ein Logbuch zur Koordination zwischen Fahrschule und begleitetem Üben sollte verbindlich sein. In der 2. Phase sollte mindestens ein eintägiger WAB-Kurs obligatorisch bleiben: ein gesamtschweizerisches Curriculum definiert praxisnahe Übungen und eine die Selbstreflexion fördernde Bearbeitung der Thematik mit dem Ziel einer erhöhten Risikokompetenz.

Je nach künftiger Wirkung der Massnahmen im Rahmen von Via sicura und OPERA-3 wird zu prüfen sein, ob weitere **restriktive Massnahmen** (z. B. Nachtfahrverbot, Passagiereinschränkung, Beschränkung des Leistungsgewichts der Fahrzeuge, Überholverbot, totales Telefonierverbot) sinnvoll sind.

Da die Wirkung der Grundausbildung (1. und 2. Phase) mit der Zeit verblassen kann, wären grundsätzlich periodische Wiederholungskurse für alle

denkbar, um die Lerninhalte aufzufrischen. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass der Nutzen von Schulungskursen für fahrerfahrene Lenkende gering und infolge der hohen Kosten nicht effizient ist. Zudem besteht ohnehin schon bereits jetzt die Möglichkeit, eine Kontrollfahrt anzuordnen, wenn die Behörden die Fahrkompetenz eines Lenkers in Frage stellen (Art. 29 VZV). Auch kann gemäss Art. 40 VZV eine Nachschulung angeordnet werden.

1.4 Fahrfähigkeit: substanzbedingte Beeinträchtigungen

1.4.1 Ausgangslage

Alkohol, Drogen und ein beachtlicher Teil der Medikamente sind psychoaktiv, d. h., sie beeinflussen nicht nur die Konzentrationsfähigkeit und die Reaktionsgeschwindigkeit, sondern können auch die emotionale Anteilnahme an der Umwelt verändern und zu Müdigkeit führen. Im Rahmen des Sicherheitsdossiers «Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden» [69] hat die bfu die Problematik von Alkohol, Drogen und Medikamenten **ausführlich** für die Situation in der Schweiz beschrieben und notwendige Massnahmen formuliert.

Die rasche Zunahme der Unfallwahrscheinlichkeit mit zunehmendem Alkoholisierungsgrad und die Auftrenshäufigkeit von **FiaZ** sind dafür verantwortlich, dass Alkohol eine **zentrale Unfallursache** darstellt. Rund jeder fünfte Unfall in den Jahren 2009–2013 (mit schwer verletzten oder getöteten PW-Insassen) wird in der Schweiz gemäss Polizeiprotokollen durch Alkohol verursacht³². Der Alkohol spielt in der Romandie und im Tessin bei schweren PW-Unfällen eine

³² Im Sicherheitsdossier «Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden» [69] wurde ermittelt, dass rund 15 % der Unfälle in der Schweiz sich verhindern liessen, wenn Alkohol und Fahren getrennt würden. Die Relevanz von FiaZ ist weit höher, wenn der Fokus wie im vorliegenden Dossier nur auf

den PW-Insassen liegt. 22 % der tödlichen oder schwer verletzten PW-Insassen verunfallte laut polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen, weil ein PW-Lenker alkoholisiert unterwegs war.

deutlich grössere Rolle als in der Deutschschweiz. Möglicherweise beruht ein Teil dieser sprachregionalen Disparitäten auf einer unterschiedlichen Unfallaufnahmepraxis [67, S. 77].

Die alkoholursächliche Fahrnfähigkeit im Sinn des Gesetzes beginnt seit dem 1. Januar 2005 bei der 0,5‰-Grenze. Für bestimmte Fahrer kategorien gilt jedoch seit dem 1. Januar 2014 ein Alkoholverbot bzw. 0,1 ‰. Dazu gehören die Berufschaffeuere, die Neulenkenden (Inhaber von einem Führerausweis auf Probe), die Fahrschüler, die Fahrlehrer und die Begleitpersonen von Lernfahrten. Die alkoholische Beeinträchtigung beginnt medizinisch bereits unter 0,5 ‰ [142]. Das Unfallrisiko von Neulenkenden nimmt bereits bei geringen Promillewerten zu, dies insbesondere durch ihre mangelnde Routine und ihre hohe Beeinflussbarkeit durch emotionale Faktoren.

Grundsätzlich ist zu bedenken, dass Fahren in ange-trunkenem Zustand oft mit charakterlichen Proble-men oder Sucht zusammenhängt und daher nicht immer systematisch von dem Thema Fahreignung zu trennen ist (Kap. V.2.2, S. 70 Kap. V.2.3, S. 76, Kap. VI.1.2, S. 110).

Die Unfallrelevanz von **illegalem Drogen- und Me-dikamentenkonsum** in der Schweiz, die die Fahr-fähigkeit beeinträchtigen, ist schwer zu schätzen. Es ist

Tabelle 34
Risikofaktoren zu Fahrfähigkeit. Substanzbedingte
Beeinträchtigungen

Risikofaktor	Unfallrelevanz
Fahren im angetrunkenen Zustand	*****
Negative Auswirkungen aufgrund von illegalen Drogen oder Medikamenten	**(*)

* sehr gering / ***** sehr gross

³³ Diese Regelung gilt für: THC (Cannabis), freies Morphin (Heroin, Morphin), Kokain, Amphetamin, Methamphetamin und

zu vermuten, dass in der Schweiz zwischen 6 und 8 % der schweren Unfälle von PW-Insassen auf illegale Drogen oder Medikamente zurückzuführen sind. Gefährlich ist insbesondere der Mischkonsum (verschiedene Drogen oder Drogen mit Alkohol). Aber auch der Konsum einzelner Substanzen (Kokain, Cannabis usw.) kann die Fahrfähigkeit einschränken.

Seit dem 1. Januar 2005 gilt in der Schweiz für einige Betäubungsmittel³³ Fahrnfähigkeit als erwiesen, wenn sie im Blut des Fahrzeuglenkers nachgewiesen werden (sogenannte Null-Toleranz, Art. 2 Abs. 2 VRV). Demgegenüber ist bei Medikamenten eine generell negative Beurteilung nicht möglich, da die Fahrfähigkeit durch Medikamentenkonsum nicht nur eingeschränkt werden kann, sondern dadurch unter Umständen erst sichergestellt wird (Tabelle 34). Bei Medikamenten und allen anderen Betäubungsmitteln (als diejenigen, die im Art. 2 Abs. 2 VRV aufgelistet sind) wird das sogenannte Drei-Säulen-Prinzip angewandt: Die Fahrfähigkeit wird anhand von polizeilichen Beobachtungen, ärztlichen Gutachten und Blutuntersuchungen beurteilt.

1.4.2 Zielsetzung

Das globale Präventionsziel im Bereich der Fahrfähigkeit liegt darin, sicherzustellen, dass die Fahrzeuglenkenden über ausreichende körperliche und psychische Fähigkeiten verfügen, um das sichere Lenken eines Fahrzeugs **auch in einer nicht vor-aussehbarer, schwierigen Verkehrssituation** gewährleisten zu können [153].

Dieses Ziel ist durch folgende Teilaspekte präzisierbar:

- Keine Verkehrsteilnahme als Lenker über dem gesetzlichen Grenzwert von 0,5 ‰ bzw. 0,1 ‰

Designerdrogen (MDEA = Methylenedioxyethylamphetamin und MDMA = Methylenedioxyamphetamin).

- Keine Fahrten unter Einfluss von illegalen Drogen, namentlich THC (Cannabis), freies Morphin (Heroin, Morphin), Kokain, Amphetamin, Methamphetamin und Designerdrogen (MDEA, MDMA)
- Keine Fahrten unter negativer Einwirkung von Medikamenten

Im Folgenden werden **zentrale** Massnahmen gegen FiaZ und Fahren unter negativem Einfluss von Drogen und Medikamenten, die direkt beim Lenker ansetzen, diskutiert. Massnahmen bieten sich auch im Bereich der Fahrzeugtechnologie (Kap. VI.2, S. 137) und der Infrastruktur (Kap. VI.3, S. 191) an. Die hier in Kürze dargestellten Massnahmen wurden ausführlich im Sicherheitsdossier «Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden» thematisiert [69].

1.4.3 Umsetzung bezüglich Alkohol

In der Verkehrssicherheitsarbeit hat die systematische Ausschöpfung **generalpräventiver Anstrengungen** stets ein hohes Gewicht: Die grosse Masse der Verkehrsteilnehmenden soll sich von vornherein korrekt und sicher verhalten. In der **Ausbildung** (1. und 2. Phase) muss das Thema Alkohol zielgruppengerecht angegangen werden. Darüber hinaus haben internationale Erfahrungen gezeigt, dass ein **kombiniertes Strategiepaket** bestehend aus einem angemessenen **niedrigen BAK-Grenzwert**, der Erlaubnis zur **anlassfreien Überwachung** dieser Grenze und der **Sanktionsandrohung** in Form des Führerausweisentzugs gegen FiaZ wirken. Diese im Gesetz verankerten Massnahmen entfalten ihr Wirkungspotenzial jedoch nur dann, wenn die PW-Lenkenden davon ausgehen müssen, mit einer recht hohen **Wahrscheinlichkeit in eine Alkoholkontrolle zu geraten**. Diese als subjektive Entdeckungserwartung bezeichnete Verhaltensdeterminante ist in der

Schweiz noch zu tief, sodass es einer Steigerung der polizeilichen Kontrollaktivität bedarf.

Um den polizeilichen Kontrollaufwand zu reduzieren, wurde im Rahmen von Via sicura beschlossen, die **Beweiskraft der Atemkontrolle** einzuführen bzw. auszudehnen. Voraussichtlich ab dem 1. Juli 2016 soll neu die Atem-Alkoholprobe auch bei Werten von 0,8 ‰ oder mehr bzw. 0,4 mg/l oder mehr unterschrittlich anerkannt und gerichtlich verwertet werden.

Eine Kontrollintensivierung ist zur Steigerung der subjektiven Entdeckungserwartung unumgänglich. Sie kann durch flankierende Massnahmen massgebend unterstützt werden. So sollten die **Kontrollen nicht versteckt durchgeführt** werden, sondern möglichst sichtbar und auffällig. Diese Überwachungsstrategie bietet sich im Bereich der Alkoholkontrollen (im Gegensatz zu Geschwindigkeitskontrollen) besonders an, da für den Fahrzeuglenkenden keine Möglichkeit besteht, kurzfristig Korrekturhandlungen vorzunehmen. Eine weitere Strategie zur Steigerung der subjektiven Kontrollerwartung liegt in der Erhöhung der Aufmerksamkeit in den Massenmedien. Eine breite **Öffentlichkeitsarbeit der Polizei** mit Vorankündigung von Kontrollen und Mitteilung der Kontrollergebnisse ist anstrebenswert. Eine weitere wichtige generalpräventive Möglichkeit, das alkoholbedingte Unfallgeschehen zu reduzieren, liegt darin, die **künftige Generation** von Motorfahrzeuglenkenden **frühzeitig** für die Problematik von Alkohol am Steuer **zu sensibilisieren und entsprechendes Sicherheitsverhalten zu fördern**. Hierzu sollte die Alkoholproblematik a) im Rahmen der regulären Schulausbildung thematisiert werden, b) in der 1. Phase der Fahrausbildung (z. B. im Verkehrskundeunterricht) behandelt werden und c) in den WAB-Kursen der Zwei-

Phasen-Fahrausbildung genügend Raum erhalten. Gut konzipierte Kommunikationskampagnen können helfen, Lenkende, deren Ausbildung schon lange zurückliegt, für das Thema Alkohol im Strassenverkehr zu sensibilisieren. Wann immer möglich sollten Kommunikationskampagnen durch medial begleitete Polizeikontrollen ergänzt werden.

Im Bereich der **Spezialprävention** zeigen internationale Erfahrungen, dass die **Kombination von Führerausweisentzug und Nachschulungskurs** als Verknüpfung von bestrafendem und bildendem Element sinnvoll ist. Im Rahmen von mehreren EU-Projekten (ANDREA im Jahr 2002, SUPREME im Jahr 2007 und DRUID im Jahr 2009) wurden die Merkmale hervorgehoben, die für die Wirksamkeit der Kurse von zentraler Bedeutung sind. Besonders erwähnenswert sind folgende Punkte:

- Es sollen verschiedene Nachschulungskurse, zugeschnitten auf die **Art der Widerhandlung** (Alkohol, Drogen, Geschwindigkeit usw.) angeboten werden.
- Inhaltlich sollen die Kurse psychologische und therapeutische Ansätze mit edukativen Elementen beinhalten. Der Schwerpunkt soll ausserdem auf die **Selbstreflexion** und weniger auf die Lehre gesetzt werden.
- Die moderierende Person soll über spezielle **psychologische Grundqualifikationen** sowie eine hohe Sozial- und Fachkompetenz verfügen.
- Die **kulturellen** und **ethnischen** Hintergründe der Teilnehmenden sollen berücksichtigt werden.
- Auf die **Qualitätssicherung** bei den Anbietern und Programmen soll geachtet werden.

Ausserdem hat sich gezeigt, dass **Führerausweisentzüge lang genug dauern** sollten, damit sich

der Besuch eines freiwilligen Nachschulungskurses aus Sicht des Delinquenten wegen der verminderten Entzugsdauer lohnt, was z. B. bei einem Führerausweisentzug von 3 Monaten nicht der Fall ist, da ein vorzeitiger Erhalt des Ausweises nicht in Frage kommt (Art. 17, Abs. 1 SVG). Wichtig ist auch, dass bei Delikten eine zeitnahe Sanktionierung erfolgt.

In der Schweiz wurde im Rahmen von Via sicura 2012 beschlossen, dass Nachschulungskurse **obligatorisch** angeordnet werden können. Personen, denen der Führerausweis für mindestens 6 Monate wegen **wiederholter** verkehrgefährdender Widerhandlungen entzogen wird, müssen einen Nachschulungskurs besuchen (dies betrifft nicht nur Delikte wie Alkohol oder Drogen, sondern auch Geschwindigkeitsübertretungen usw.)³⁴. Auch z. B. für **Ersttäter** mit einer BAK von **mindestens 0,8 ‰** oder unter Einfluss von **Betäubungsmitteln** sind die Nachschulungskurse obligatorisch (Art. 16e Entwurf-SVG. Der Zeitpunkt des Inkrafttretens dieses durch das Parlament beschlossenen Artikels ist zurzeit noch offen). Ersttäter mit einer BAK zwischen 0,5 und 0,79 ‰ (oder z. B. mit einem erstmaligen Geschwindigkeitsdelikt) können freiwillige Nachschulungskurse besuchen und dadurch (unter gewissen Bedingungen) die Dauer des Führerausweisentzugs reduzieren.

1.4.4 Umsetzung bezüglich Drogen und Medikamenten

Es sind Massnahmen anzustreben, die den Konsum illegaler Drogen und den negativen Einfluss von Medikamenten im Strassenverkehr **insgesamt** zum

³⁴ Nicht Zielpublikum dieser Nachschulungskurse sind Lenkende, denen der Führerausweis vorsorglich entzogen wurde, weil ernsthafte Zweifel an ihrer Fahreignung bestehen (z. B. wegen Alkohol- bzw. Betäubungsmittelabhängigkeit oder Rücksichts-

losigkeit). Diese Lenkenden müssen in der Regel ein verkehrsmmedizinisches oder -psychologisches Gutachten absolvieren. Wird die Fahreignung bejaht, kann wiederum ein obligatorischer Nachschulungskurs verfügt werden.

Thema haben (oder allenfalls getrennt nach illegalen Drogen und Medikamenten, je nach Zielgruppe). Die Konzentration auf einzelne Substanzen innerhalb dieser Aufspaltung (z. B. Cannabis oder einzelne Medikamentengruppen) ist nur bei hoch wirksamen Massnahmen, die gleichzeitig ressourcenarm (finanziell und personell) sind, sinnvoll.

Um eine hohe subjektive Erwartungswahrscheinlichkeit, in eine Polizeikontrolle zu geraten, erreichen zu können, müssen **Polizeikontrollen** gut sichtbar sowie örtlich und zeitlich variabel durchgeführt werden. Sehr ungünstig ist es, wenn Drogenkonsumenten oder Personen unter negativer Einwirkung von Medikamenten allfällige Kontrollen unentdeckt passieren. Es ist sinnvoll, die eigentliche Kontrolltätigkeit der Polizei durch aufklärende, edukative Gespräche mit den PW-Lenkenden zu ergänzen.

Für die Polizei hilfreich sind einfache diagnostische Hilfsmittel zum Nachweis von Betäubungsmittelkonsum vor Ort. Solche **Vortests** dürfen gemäss geltendem Gesetz nicht anlassfrei durchgeführt werden. Diese haben (im Vergleich zu Urinproben) den Vorteil, dass kürzlich eingenommene Substanzen gemessen werden, die effektiv negative Auswirkungen auf die Fahrfähigkeit der Lenkenden haben [154]. Leider sind die heute auf dem Markt erhältlichen Speichelschnelltests, die von der Polizei aus praktischen Gründen bevorzugt werden, aus diagnostischer Sicht als Beweismittel unzulänglich (zu geringe Sensitivität, d. h. viele Lenker mit Substanzkonsum werden vom Test nicht erkannt). Aufgrund der aufgeführten Einschränkungen (vor allem mangelnde Zuverlässigkeit) der zurzeit gängigen Vortests ist von einer Ausdehnung der Beweiskraft von Schnelltests abzusehen. Lediglich das Ergebnis der Blutanalyse darf zu rechtlichen Sanktionen führen. Da die Polizei also nicht anlassfrei, sondern nur auf Verdachtsbasis

handeln kann, sind die **Beamten** dementsprechend zu **schulen**. Wenn die Polizei durch Schulung die Erkennungswahrscheinlichkeit vor Ort erhöhen kann, liefert sie einen wichtigen Beitrag zu einer der wirksamsten Massnahmen: dem **Führerausweisentzug**. Fahren unter Einfluss von Betäubungs- oder Arzneimitteln (unabhängig von der Dosis) wird dem Fahren mit mindestens 0,8 ‰ Alkohol gleichgesetzt. Neben den Administrativmassnahmen drohen Lenkenden, die infolge Arznei- oder Betäubungsmittelinflusses in nicht fahrfähigem Zustand ein Fahrzeug führen, auch **Strafen** (Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder eine Geldstrafe).

Neben der eigentlichen Sanktionierung durch administrative und strafrechtliche Sanktionen können Unfälle von Lenkenden, die infolge von Arznei- oder Betäubungsmittelinfluss fahrunfähig waren, auch **versicherungsrechtliche Folgen** in Form von Leistungskürzungen in der Unfallversicherung nach sich ziehen.

Die **Null-Toleranz-Politik** führt auch zu Kritik. Bemängelt wird etwa, dass der Substanzkonsum nicht nach Dosis-Wirkungs-Überlegungen geahndet werde (anhand sogenannter Gefährdungs-Grenzwerte), wie dies beim Alkohol der Fall sei [155]. So werde letztlich die effektive Leistungsminderung nicht berücksichtigt.

Grundsätzlich bedarf es einer **universellen Drogenprävention** mit dem Ziel eines verantwortungsbewussten Drogen- (und Medikamenten)konsums vor allem von Jugendlichen und jungen Erwachsenen.

Spezifischer ist sicherzustellen, dass das Thema Drogen in der **1. und 2. Ausbildungsphase** gebührend und zielgruppengerecht behandelt wird.

Kommunikationskampagnen, die das Zielpublikum primär über Massenmedien adressieren (idealerweise ergänzt durch persönliche Kontakte), können zu einer allgemeinen Sensibilisierung für die Problematik beitragen. Aufgrund der eher geringen Unfallrelevanz sind solche aber wenig empfehlenswert. Es ist zudem sehr zu bezweifeln, dass insbesondere die Zielgruppe der Drogenkonsumenten für Kommunikationskampagnen empfänglich ist.

Fachpersonen wie Ärzten und Apothekern kommt eine zentrale Bedeutung bei der **Information der Konsumenten** hinsichtlich möglicher Nebenwirkungen von Medikamenten zu. Im Rahmen des EU-Projekts DRUID wurden Tools für **Ärzte** und Apotheker entwickelt, um z. B. innerhalb der therapeutischen Klasse nach einer sicheren Alternative zu suchen oder um zu ermitteln, welches Medikament in Kombination mit einem anderen zu verkehrsrelevanten Auswirkungen führt. Damit können Ärzte und Apotheker gezielter informieren. Hilfreich für die Informiertheit der Betroffenen können auch **Piktogramme** auf den Medikamentenpackungen sein, die auf negative Auswirkungen auf die Fahrfähigkeit hinweisen. Menschen, die auf Medikamente angewiesen sind, wissen oft nichts von deren möglichen Auswirkungen auf die Fahrfähigkeit. Nur in wenigen Ländern kommen Piktogramme auf Arzneimittelverpackungen zum Einsatz (Dänemark, Frankreich, Niederlande, Slowakei und Finnland), durch die die Patienten über etwaige Nebenwirkungen informiert werden [156]. Schliesslich sollen Medikamente, die bei ausgewählten Krankheitsbildern häufig eingenommen werden und zur Beeinträchtigung der Fahrfähigkeit führen können, zusammen mit den fachspezifischen Patientenorganisationen und Ärztesellschaften definiert und laufend webbasiert kommuniziert werden.

1.5 Fahrfähigkeit: Beeinträchtigungen durch Müdigkeit und Ablenkung

1.5.1 Ausgangslage

Durch **Müdigkeit** der Fahrzeuglenkenden bedingte Unfälle kommen nicht nur während der Nacht vor, sondern können sich zu jeder Tagesstunde ereignen. Müdigkeitsunfälle kommen insbesondere auf monotonen Langstrecken (d. h. vor allem auf Autobahnen und Ausserortsstrecken) vor.

Die meisten Studien ermitteln (Kap. V.2.8, S. 87), dass Schläfrigkeit bei 10–30 % aller Verkehrsunfälle eine Mitursache darstellt. Werden die Alkoholfälle ausgeschlossen, dürfte der Anteil müdigkeitsbedingter Unfälle auf 10–15 % aller schweren Unfälle sinken. Unter Ausschluss weiterer konfundierender Risikofaktoren wie insbesondere Dunkelheit und überhöhte Geschwindigkeit dürfte sich der Wert schätzungsweise auf rund 10 % verringern.

Es kann davon ausgegangen werden, dass bei schweren Unfällen in rund 25 % der Fälle **Unaufmerksamkeit** im übergeordneten, unspezifischen Sinn mit im Spiel ist. Der Anteil an **Ablenkung**, die durch konkrete, ausserhalb des Lenkers liegende Stimuli ausgelöst wird, liegt bei rund 8–10 % (Kap. V.2.7, S. 84). Meistens sind die kognitiven Ressourcen eingeschränkt, und zwar wegen einer Unterhaltung mit Passagieren oder wegen eines Stimulus ausserhalb des Fahrzeugs (attraktive Panoramen, Aufsehen erre-

Tabelle 35
Risikofaktoren zu Fahrfähigkeit. Beeinträchtigungen durch Müdigkeit und Ablenkung

Risikofaktor	Unfallrelevanz
Fahren im übermüdeten Zustand	***
Ablenkung beim Fahren	***

* sehr gering / ***** sehr gross

gende Vorgänge im Blickfeld). Hinzu kommt ein grosser Anteil von Ablenkung durch die Bedienung von Geräten (Tabelle 35).

1.5.2 Zielsetzung

Folgende Teilziele müssen verfolgt werden:

- PW-Lenkende müssen über mögliche Ursachen und das erhöhte Unfallrisiko von Müdigkeit informiert sein sowie vor allem längerfristige Möglichkeiten zur Müdigkeitsverhinderung, aber auch kurzfristige zur Wiederherstellung der Vigilanz kennen
- Keine Fahrten in übermüdetem Zustand
- PW-Lenkende müssen ihre kognitiv-visuelle Aufmerksamkeit ausschliesslich dem Strassenverkehr widmen, insbesondere sind das Telefonieren (mentale Ablenkung) und lang andauernde Blickabwendungen (visuelle Ablenkung) zu unterbinden
- Keine Ablenkung beim Fahren

Im Folgenden werden **zentrale** Massnahmen gegen Müdigkeit und Ablenkung beim Fahren, die direkt beim Lenker ansetzen, diskutiert. Massnahmen bieten sich auch im Bereich der Fahrzeugtechnologie (Kap. VI.2, S. 137) und der Infrastruktur (Kap. VI.3, S. 191) an. Die hier in Kürze dargestellten Massnahmen wurden ausführlich im Sicherheitsdossier «Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden» thematisiert [69].

1.5.3 Umsetzung bezüglich Müdigkeit

Wichtig ist, dass **PW-Lenkende** über Müdigkeitssymptome informiert werden und diese ernst nehmen. Gleichzeitig müssen sie über tatsächlich und nur vermeintlich hilfreiche Gegenmassnahmen Bescheid wissen. Lediglich das Powernapping (kurzes Nickerchen, allenfalls mit vorgängigem Kaffeekonsum)

zeigte sich in Untersuchungen als wirksam. Grundsätzlich sollten Informationen nicht primär die **kurzfristige Wiederherstellung der Wachheit beim Fahren** in den Vordergrund stellen (Symptombekämpfung), sondern **generelle Strategien, die zur Reduzierung von Müdigkeit am Steuer führen** (z. B. mehr schlafen, Verzicht auf Nachmittags- und Nachtfahrten, insbesondere bei Senioren). Ein beachtlicher Anteil der Müdigkeit am Steuer ist auf körperliche (Schlaf-)Störungen zurückzuführen. **Ärzte** müssen Patienten mit exzessiver Müdigkeit umfassend informieren und für eine adäquate Behandlung sorgen. Gut konzipierte **Kommunikationskampagnen** können zu einer Sensibilisierung breiter Teile der Öffentlichkeit beitragen. Bereits während ihrer **Fahrausbildung** sollten Lenkende adäquat informiert werden.

Was bei der Präventionsarbeit von Müdigkeitsunfällen weitgehend fehlt, sind **repressive Mittel**.

1.5.4 Umsetzung bezüglich Ablenkung

Die Anforderungen an die Aufmerksamkeit der Fahrzeugführer sind im heute geltenden Strassenverkehrsrecht im Grossen und Ganzen **ausreichend** umschrieben. Eine Konkretisierung dieser Anforderungen im Sinn eines expliziten gesetzlichen Verbots weiterer Nebentätigkeiten am Steuer ist grundsätzlich weder möglich noch sinnvoll, denn eine solche Aufzählung wäre kaum abschliessend möglich. Einen nennenswerten Beitrag zur Steigerung der Verkehrssicherheit würde jedoch ein **globales Handyverbot** (inklusive Freisprechanlage) während der Fahrt leisten. Ein solches ist aber bezüglich politischer Durchsetzbarkeit und Vollzug unrealistisch.

Werbung im Strassenraum sollte weiterhin sehr restriktiv behandelt werden. Diese Forderung wurde

bereits bei der Revision der Signalisationsverordnung³⁵ im Jahr 2004 gestellt und vom Gesetzgeber nur teilweise berücksichtigt.

Edukative Massnahmen sind insbesondere notwendig, weil Repression bei vielen Ablenkungen kaum möglich ist. Ablenkende Aktivitäten werden von den Lenkern gemeinhin als nicht sehr gefährlich eingestuft. Sorgsam entwickelte **Kommunikationskampagnen** können die Lenker möglicherweise für die Problematik der Ablenkung sensibilisieren. Wichtig dabei ist die Information, dass für Lenkende das Telefonieren mit der Freisprechanlage ebenso gefährlich ist wie das Telefonieren mit dem Handy in der Hand. Die Sensibilisierung des Telefonpartners stellt ebenfalls eine Möglichkeit dar: Wenn diesem klar wird, dass sich die Person am anderen Ende der Leitung am Steuer befindet, soll er das Gespräch abbrechen. Dies könnten auch Moderatoren von Livesendungen am Radio/TV demonstrieren, wenn PW-Lenkende während der Sendung telefonieren. Daneben gilt es, in der **Fahrausbildung** (1. und 2. Phase) dem Thema Ablenkung gebührend Achtung zu schenken. (Vgl. vermehrte Thematisierung des Gefahrenbewusstseins Kap. VI.1.3.3, S. 117).

1.6 Fahrverhalten

1.6.1 Ausgangslage

Der Lenker hat durch sein konkretes Fahrverhalten einen entscheidenden Einfluss auf das Unfallrisiko. Von besonderer Bedeutung sind die Geschwindigkeitswahl, das Abstandsverhalten und das Einschalten des Lichts (auch am Tag). Zudem können die PW-Insassen ihr Verletzungsrisiko durch die Nutzung des Sicherheitsgurts reduzieren.

Überhöhte oder nicht angepasste **Geschwindigkeit** ist die Unfallursache Nummer 1. Mit steigender Geschwindigkeit nehmen die Unfallwahrscheinlichkeit und die Verletzungsschwere überproportional zu. Fast 40 % der schwer oder tödlich verletzten PW-Lenkenden und -Mitfahrenden verunfallten, weil ein PW-Lenker mit überhöhter oder nicht angepasster Geschwindigkeit unterwegs war (Kap. V.2, S. 69).

Der Anteil an Motorfahrzeuglenkenden, der die Geschwindigkeitsgrenze übertritt, ist von der Ortslage abhängig und beträgt innerorts 16 %, ausserorts 30 % und auf Autobahnen 22 %. Junglenker neigen stärker zum Schnellfahren als Personen anderer Altersklassen. Allerdings bekennt sich 1 von 10 Automobilisten jeden Alters dazu, sich nie oder nur selten an die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit zu halten [157]. Geschwindigkeitsdelikte sind die Ursache von 36 % aller Führerausweisentzüge (zum Teil kombiniert mit anderen Gründen) [110].

Ungenügender Abstand ist ein weiterer Aspekt, der in engem Zusammenhang mit der Sicherheit steht (Kap. V.2.10, S. 90). Unglücklicherweise kommt dieses Verhalten oft in Kombination mit einer nicht angepassten Geschwindigkeit vor, was die Unfallrelevanz erhöht. Beim Heckaufprall kann es insbesondere zu Schleudertraumen bzw. Nackenverletzungen kommen. Durch die teilweise langjährigen und schweren Leiden der Betroffenen ergibt sich ein beachtliches Public-Health-Potenzial.

Gemäss offizieller Unfallstatistik sind zwischen 2009–2013 6,9 % der schweren oder tödlichen Verletzungen bei PW-Insassen auf den Mangel «zu nahes Aufschliessen» zurückzuführen. Auf Autobahnen liegt

³⁵ Signalisationsverordnung vom 5. September 1979, SR 741.21

dieser Wert viel höher (18,6 %) als auf Innerortsstrassen (6,4 %) oder Ausserortsstrassen (3,3 %).

Verzicht auf Fahren mit Licht am Tag: Fahrzeuge ohne eingeschaltete Beleuchtung tagsüber werden schlechter und später erkannt. Zudem wird die Distanz zum Fahrzeug grösser und seine Geschwindigkeit geringer eingeschätzt als bei Fahrzeugen mit Licht.

Der Effekt des Fahrens mit Licht am Tag hängt u. a. von der Umgebungsbeleuchtung, dem Breitengrad und den Wetterbedingungen ab. Es hat sich herausgestellt, dass dieser in den nördlichen Regionen, wie z. B. Skandinavien, grösser ist als in Gegenden, die sich südlicher befinden (Kap. V.2.11, S. 91).

Verzicht auf den Sicherheitsgurt: Die Entstehung von schweren oder tödlichen Verletzungen bei PW-Insassen auf den Vordersitzen lassen sich durch das Tragen des Sicherheitsgurts um je rund die Hälfte reduzieren. Auf den Rücksitzen reduziert sich das Risiko für schwere oder tödliche Verletzungen um je rund 25 % [117]. Da in der Schweiz die Gurtentragquote in den letzten Jahren stetig gestiegen ist, hat sich das Rettungspotenzial vermindert. Die Unfallrelevanz betreffend Fahrverhalten ist in der Tabelle 36 beschrieben.

Tabelle 36 Risikofaktoren zu Fahrverhalten	
Risikofaktor	Unfallrelevanz
Unangepasste Geschwindigkeit	*****
Ungenügender Sicherheitsabstand	**(*)
Verzicht auf Tagfahrlicht	*
Verzicht auf den Sicherheitsgurt	* (Verletzungsrelevanz)
* sehr gering / ***** sehr gross	

1.6.2 Zielsetzung

Übergeordnetes Ziel ist ein partnerschaftliches, vorausschauendes und sicherheitsorientiertes Fahrverhalten der PW-Lenkenden. Dieses umfasst konkret:

- eine situationsangepasste Geschwindigkeitswahl
- ein adäquates Abstandsverhalten
- Fahren mit Licht am Tag
- erwachsene PW-Insassen tragen den Sicherheitsgurt; Kinder sind gemäss gesetzlicher Grundlagen mit Kinderrückhaltesystemen gesichert

Im Folgenden werden **zentrale** Massnahmen zur Förderung der erwähnten Verhaltensweisen, die direkt beim **Lenker** ansetzen, diskutiert. Massnahmen bieten sich auch im Bereich der **Fahrzeugtechnologie** (Kap. VI.2, S. 137) und der **Infrastruktur** (Kap. VI.3, S. 191) an.

1.6.3 Umsetzung bezüglich Geschwindigkeit

Die hier in Kürze dargestellten Massnahmen wurden ausführlich im Sicherheitsdossier «Der Faktor Geschwindigkeit im motorisierten Strassenverkehr» thematisiert [158].

Eine wirksame Präventionsstrategie verfolgt **zwei Ansätze**: Einerseits sollen in der Spezialprävention Hochrisikogruppen angesprochen werden (z. B. Raser), andererseits in der Generalprävention die breite Masse.

In der **Spezialprävention** geht es konkret darum, Motorfahrzeuglenkende, die mit massiv unangemessener Geschwindigkeit unterwegs sind, zu erfassen und zu sanktionieren (Strafen und Administrativmassnahmen wie beispielsweise Führerausweisentzüge) sowie vor einem Rückfall zu bewahren. Zum spezialpräventiven Ansatz sind auch edukative oder gar

therapeutische Massnahmen zu zählen, die in Kombination mit Führerausweisentzug angewandt werden.

Am 1. Januar 2013 sind mehrere Massnahmen bezüglich Spezialprävention in Kraft getreten. Der Begriff «Raser» wird in Art. 90, Abs. 4 SVG konkretisiert. Damit ist eine Person gemeint, die die zulässige Höchstgeschwindigkeit wie folgt überschreitet:

- um mindestens 40 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit höchstens 30 km/h beträgt,
- um mindestens 50 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit höchstens 50 km/h beträgt,
- um mindestens 60 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit höchstens 80 km/h beträgt,
- um mindestens 80 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit mehr als 80 km/h beträgt.

Ebenso gilt als «Raser», wer durch vorsätzliche Verletzung elementarer Verkehrsregeln das hohe Risiko eines Unfalls mit Schwerverletzten oder Todesopfern eingeht, namentlich durch waghalsiges Überholen, krasse Missachtung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder Teilnahme an einem nicht bewilligten Rennen.

Der Führerausweis wird für mindestens 2 Jahre entzogen, im Wiederholungsfall für immer, mindestens aber für 10 Jahre. Die Strafandrohung für diese Delikte ist eine Freiheitsstrafe von 1 bis zu 4 Jahren.

Bei Verkehrsregelverletzungen, die auf Rücksichtslosigkeit schliessen lassen (z. B. massive Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeit) muss eine **Fahreignungsuntersuchung** angeordnet werden (Art. 15d, Abs. 1, Bst. c. SVG).

Bei skrupelloser Tatbegehung kann das Gericht die Einziehung eines Motorfahrzeugs anordnen (Art. 90a SVG).

Ferner ist im Rahmen von Via sicura auch der Einbau von Datenaufzeichnungsgeräten bei Geschwindigkeitstätern vorgesehen (der Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Bestimmung ist im Moment noch offen).

Ausserdem werden künftig obligatorische Nachschulungskurse für Personen, denen der Führerausweis für mindestens 6 Monate wegen wiederholter verkehrsgefährdender Widerhandlungen (z. B. Geschwindigkeitsübertretungen) entzogen wurde, angeordnet (der Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Via-sicura-Massnahme steht heute ebenfalls noch nicht fest. Es ist dann zu prüfen, ob Personen, denen der Führerausweis erstmalig wegen Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit entzogen wird, weiterhin einen freiwilligen Nachschulungskurs besuchen dürfen, der eine vorzeitige Wiedererlangung des Führerausweises ermöglicht).

Der Fokus auf Personen mit extremen Delikten hat seine Berechtigung, darf aber in seiner Wirkung nicht überschätzt werden. Aufgrund der wissenschaftlichen Erfahrung mit verschiedenen Massnahmen ist die **Generalprävention** mindestens genauso wichtig. Dabei muss das Geschwindigkeitsverhalten breiter Schichten der Bevölkerung angesprochen werden, die sich keinesfalls als Raser und allenfalls nicht einmal als Schnellfahrer sehen. Aber angesichts der grossen Zahl von jährlich über **2 Mio. polizeilich festgestellten Geschwindigkeitsübertretungen** (bei rund 5 Mio. Fahrberechtigten) ist offensichtlich, dass es sich nicht nur um ein Problem einer kleinen Minderheit handelt. Zentrales Ziel der Prävention muss sein, dass sich die grosse Masse von vorneherein an Verkehrsregeln hält. Eine vermehrte Gefahrensensibilisierung bezüglich der Geschwindigkeitswahl sollte bereits in der **1. und 2. Ausbildungsphase** stattfinden (Kap. VI.1.3.3, S. 117). Das Gefühl, dass das Überschreiten der

Höchstgeschwindigkeit bzw. eine gemäss den Verhältnissen unangepasste Geschwindigkeit – **auch in geringem Mass** – bereits **schwerwiegende Konsequenzen** haben kann, muss verstärkt werden. Nach der Fahrausbildung wird die breite Masse von Lenkenden nicht mehr erreicht. Gut konzipierte **Kommunikationskampagnen** können das Thema Geschwindigkeit bei dieser Zielgruppe ins Bewusstsein rücken.

Zentral für das Geschwindigkeitsverhalten der Motorfahrzeuglenkenden im Sinn der Generalprävention ist auch die **subjektive Kontrollerwartung** bezüglich der polizeilichen Überwachung. Hier ist in den vergangenen Jahren Erhebliches geleistet worden. Mittlerweile wird in der Schweiz bei über 500 Mio. Fahrzeugen pro Jahr die Geschwindigkeit gemessen. Die allermeisten Kontrollen werden mit **stationären, unbemannten Mess-Systemen** (Starenkästen) durchgeführt. Letztere haben allerdings das Problem, dass ihr Standort bald bekannt ist und sie dann eine wesentlich geringere präventive Wirkung haben als die stationären, bemannten Kontrollen an regelmässig wechselnden Standorten. Sie sind aber auf jeden Fall bei Unfallhäufungsstellen sinnvoll. Von den in der Schweiz auf Geschwindigkeit kontrollierten Fahrzeugen sind nur 4 % ausserorts unterwegs, obwohl mehr als die Hälfte der Getöteten im Strassenverkehr auf das Konto dieser Strassenkategorie geht. Hier besteht Handlungsbedarf.

Aus generalpräventiver Sicht ist es wichtig, dass es nebst den stationären, unbemannten Mess-Systemen ausreichend **stationäre, bemannte Geschwindigkeitskontrollen** gibt, die klar als solche erkennbar sind. Im besten Fall werden die Erhebungsorte und Kontrollzeiten zufällig ausgewählt, sodass die Motorfahrzeuglenkenden das

Gefühl haben, die Verkehrspolizei könne jederzeit und überall kontrollieren. Die Problematik dieses nachgewiesenermassen sehr wirkungsvollen Vorgehens ist, dass man auch manchmal an Orten und zu Zeiten kontrolliert, wo nur wenig gefahren wird und die Geschwindigkeiten kaum überhöht sind. Dies gegenüber der Öffentlichkeit und den Behörden zu kommunizieren, ist wichtig («Hier passiert doch nie etwas ...»).

Strafen und Administrativmassnahmen sollten möglichst **zeitnah am Delikt** angeordnet werden. Sinnvoll könnte die Einführung von **«Incentive Letters»** sein, also persönliche Briefe, die darauf hinweisen, dass die kaskadenartige Verschärfung der Strafen durch zukünftiges Wohlverhalten vermieden werden kann.

Insgesamt muss bezüglich verhaltensändernden Interventionen für das Fahren mit angepasster Geschwindigkeit (z. B. Kampagnen, Verkehrserziehung, Nachschulung) festgehalten werden, dass sie einen **umfassenden gesellschaftlichen Ansatz** verlangen, der die demographischen Faktoren, die physische und soziale Umwelt, Persönlichkeits- und Entwicklungsfaktoren, die Fahrkompetenz u. a. m. berücksichtigt. **Eindimensionale Ansätze**, die z. B. die PW-Lenkenden nur über Wissensvermittlung zu einer adäquaten Geschwindigkeitswahl zu motivieren versuchen, werden **kaum zum Ziel führen**.

1.6.4 Umsetzung bezüglich Abstand

Viele PW-Lenkende verkennen die Gefahren des zu dichten Hinterherfahrens und missachten die Empfehlung, einen Abstand von mindestens 2 Sekunden zum voranfahrenden Fahrzeug einzuhalten.

ten³⁶. Deshalb ist es wichtig, die Abstandsproblematik bereits im **Rahmen der Fahrausbildung** (1. und 2. Phase, in der Theorie sowie in der Praxis) adäquat und zielgruppengerecht zu thematisieren. Neben der Erhöhung des Gefahrenbewusstseins können **repressive Mittel** (Polizeikontrollen, Art und Höhe der Sanktionierung) einen Beitrag zum regelkonformen Abstandsverhalten leisten. Wie im Folgenden dargestellt, ist Repression allerdings beschränkt einsetzbar.

Nach Art. 34, Abs. 4 SVG ist allen Strassenbenützern gegenüber ein ausreichender Abstand zu wahren, namentlich beim Kreuzen und Überholen sowie beim Neben- und Hintereinanderfahren. Art. 12, Abs. 1 VRV präzisiert, dass beim Hintereinanderfahren der Abstand ausreichen muss, um auch bei überraschendem Bremsen des vorausfahrenden Fahrzeugs rechtzeitig bremsen zu können. Nach Widerhandlung gegen diese Strassenverkehrsvorschriften kann der Führerausweis entzogen werden, in schweren Fällen für mindestens 3 Monate. Umgekehrt hat ein PW-Lenker z. B. auf der Autobahn die Überholspur selbst dann für die nachfolgenden Fahrzeuge zum Überholen frei zu machen, wenn diese ihn nur durch Überschreitung der Geschwindigkeit überholen können³⁷.

Nur wenige Schweizer Kantonspolizeien führen **Abstandsmessungen** durch, u. a. deshalb, weil der «Zwei-Sekunden-Abstand» oder der «halbe Tachowert» als Faustregel bei der heutigen Verkehrsdichte praktisch kaum mehr möglich sei [159]. «Jene Kantone, die systematische Überprüfungen vornehmen, weisen eine föderalistische Buntscheckigkeit bezüglich der Kriterienwahl auf, die zu einer Verzeigung

führen. Gleiches gilt für die Qualifikation der Fälle (Art. 90 Ziffer 2 SVG) und – wohl in noch grösserem Mass – für die auszufällende Strafe» [159].

Schaffhauser stellt fest, dass es schwer verständlich sei, warum einem zu geringen Abstandsverhalten (Drängeln) von der Verfolgungsseite kaum besondere Aufmerksamkeit geschenkt werde, obwohl die entsprechende Technik bereitstehe [153]. Es bestehe ein offensichtliches Ungleichgewicht zwischen der Verfolgung «reiner» Geschwindigkeitsdelikten und Abstandsdelikten. Giger hält dem entgegen, dass die Einhaltung eines ausreichenden Abstands im Sinn von Art. 34, Abs. 4 SVG ein **äusserst schwierig zu beweisender Tatbestand** sei [160]. Somit liege beinahe stets ein Beweisnotstand vor. Dies führe dazu, dass ein zu geringer Sicherheitsabstand sich meist der justizialen Gerechtigkeit entziehe. Der Weg aus diesem Dilemma müsse über eine **noch präzisere gesetzgeberische Formulierung** in Verbindung mit der **Entwicklung besserer technischer Möglichkeiten** zur einwandfreieren Bestimmung von Abständen zwischen sich fortbewegenden Fahrzeugen führen. Bei polizeilichen Abstandskontrollen werden die Vorgänge normalerweise mit einer Videokamera gefilmt. Damit kann bestimmt werden, wie lange mit ungenügendem Abstand gefahren und auch welcher Minimalabstand dabei eingehalten wurde. Das ASTRA legt fest, welche Geräte hierzu verwendet werden dürfen (Art. 9, Abs. 2 SKV³⁸). Mobile Polizeikontrollen mit Videosystemen in neutralen Dienstwagen (Nachfahrtachograf) sind nicht sehr effizient. Zu prüfen wäre der Einsatz **stationärer/automatisierter Abstandskontrollgeräte**. Ein erstes solches Gerät (Verkehrskontroll-System) ist in der Schweiz

³⁶ Die häufig herangezogene Faustregel «halber Tachoabstand» (Abstand von halb so vielen Metern als die Geschwindigkeit in km/h beträgt) entspricht einem Abstand von 1,8 Sekunden und genügt bei Tag auf ebener, trockener Fahrbahn.

³⁷ Zwei Bundesgerichtsurteile von 2008 und 1978 <http://www.verkehrs-recht.ch/fliessender-verkehr-allgemein-zu-nahe-nachfahren-draengeln>, Zugriff am 15.09.2014.

³⁸ Verordnung über die Kontrolle des Strassenverkehrs vom 28. März 2007, SR 741.013

seit August 2010 zugelassen. Es ist wichtig, unfaire Verzeigungen, z. B. wenn ein Lenker durch ein vor ihm auf die Überholspur ausscherendes Fahrzeug zu einem ungenügenden Abstand gedrängt wurde, zu vermeiden. Durch die oben erwähnten Videofilme und die Beachtung von Regeln zum Aufstellen der Geräte können diese vermindert werden. Falls trotzdem eine unfaire Verzeigung erfolgt ist, kann der Vorwurf immer noch in Zweifel gezogen werden (der Rechtsschutz ist also gewährleistet).

1.6.5 Umsetzung bezüglich Fahren mit Licht am Tag

Seit dem 1. Januar 2014 ist das Fahren mit Licht am Tag in der Schweiz obligatorisch.

Die Lichteinschaltquote von Personenwagen bei schöner Witterung lag 2014 (Nach Einführung des Obligatoriums am 1. Januar 2014) bei 94 %. Ein Jahr zuvor belief sich die Einschaltquote schweizweit noch auf 68 % [161]. Die Zukunft wird zeigen, ob die Einschaltquote auf so einem hohen Niveau erhalten bleibt. Aus der Entwicklung lässt sich der weitere Handlungsbedarf ableiten.

1.6.6 Umsetzung bezüglich Sicherheitsgurt

Seit 1981 ist das Tragen von Sicherheitsgurten auf den **Vordersitzen** von Personenwagen **obligatorisch**, seit 1994 auch auf den **Rücksitzen**. Bezüglich der Verwendung von **Kindersitzen** wurde am 1. April 2010 eine strengere Regelung in Kraft gesetzt. Kinder bis 12 Jahre oder kleiner als 150 cm müssen in einem Kinderrückhaltesystem gesichert sein. Auf Plätzen mit Beckengurt muss ab dem 7. Geburtstag keine Kinderrückhaltevorrichtung verwendet werden.

Die gesetzlich verankerte Pflicht, sich anzuschallen bzw. Kinder gemäss den gesetzlichen Vorschriften zu sichern, kann von der Polizei **anlassfrei kontrolliert** werden. Eine Zuwiderhandlung wird mit 60 CHF bestraft (Anhang 1 Ziffer 312.1 und 2 OBV³⁹).

Polizeiliche Kontrollen sind sehr wirksam in Bezug auf die Erhöhung der Gurtentragquote [162]. Sowohl die wahrgenommene Intensität der Kontrollen als auch die Höhe der Bussen und die Schnelligkeit der Bestrafung spielen dabei eine Rolle [163]. **Begleitende, gut konzipierte Kommunikationskampagnen** können dabei von Nutzen sein [164].

Leider kontrolliert die Polizei **in der Schweiz oft nicht explizit nach Sicherheitsgurten**, obwohl dies rechtlich gesehen erlaubt ist [158]. Vielmehr handelt es sich meistens um Kontrollen mit einem anderen Hauptzweck (z. B. Alkohol oder allgemeine Kontrollen), bei denen die Benutzung des Sicherheitsgurts ebenfalls kontrolliert wird.

Im Jahr 2014 sind gemäss Beobachtungen 6 % der PW-Lenkenden und 7 % der erwachsenen Beifahrer nicht angegurtet gefahren [9]. Bei erwachsenen Rücksitzpassagieren sind es 23 %. Innerorts beträgt die Tragquote 92 %. Gemäss einer schweizerischen repräsentativen Bevölkerungsbefragung [165] bei PW-Lenkenden wissen fast 100 % der Befragten, dass es ein **Gurtenobligatorium** gibt (das Obligatorium auf Rücksitzen ist etwas weniger **bekannt**). Auffallend ist, dass **Angehörige einer tiefen sozialen Schicht**⁴⁰ signifikant schlechter über ein Obligatorium informiert sind. Insofern verwundert auch nicht, dass gemäss eigener Auskunft gut 4 % der Personen mit einer tiefen Schulbildung sich nie

³⁹ Ordnungsbussenverordnung vom 4. März 1996, SR 741.031

⁴⁰ Indikator dafür ist, dass Personen mit einer tiefen Schulbildung

sowie Personen, die auf dem Bau oder im Gastgewerbe arbeiten, signifikant von der Grundgesamtheit abweichen.

angurten. Hingegen gurten sich lediglich 0,5 % der Personen mit einer hohen Schulbildung nie an. Dass der entsprechende Wert für Personen mit mittlerer Schulbildung mit 1,6 % dazwischen liegt, deutet auf einen kausalen Zusammenhang zwischen Schulbildung und Gurtentragquote hin. 15 % der PW-Lenkenden in der Schweiz **bezweifeln**, dass das Tragen der Gurten auf den Rücksitzen einen **Sicherheitsnutzen** bringt (über 20 % der Personen mit tiefer Schulbildung bzw. unter 10 % der Personen mit hoher Schulbildung). Nebst dem Zweifel am Nutzen werden **weitere Gründe** gegen das Tragen eines Gurts auf Rücksitzen genannt: Einschränkung der persönlichen Freiheit (24 % Zustimmung), un bequem und unkomfortabel (40 % Zustimmung), einengend (48 % Zustimmung). Im Rahmen einer **Kommunikationskampagne** müssten derartige Gründe berücksichtigt werden. Zudem sollten gezielt Angehörige tiefer sozialer Schichten angesprochen werden. Kommunikationskampagnen sollten wenn immer möglich mit **Polizeikontrollen** (und begleitender Öffentlichkeitsarbeit) kombiniert werden.

Ein **Belohnungssystem** zur Erhöhung der Gurtentragquote hat sich zwar in anderen Ländern als wirksam gezeigt [166], erscheint aber in Anbetracht der gegebenen Rahmenbedingungen in der Schweiz (gesetzliches Obligatorium, hohe Tragquote) als weniger Erfolg versprechend.

1.7 Präventionsmassnahmen allgemein

In der Schweiz wurde das bereits erwähnte **Kaskadensystem** am 1. Januar 2005 eingeführt. Die verschärften Regeln zum Führerausweisenzug sollen insbesondere der Verkehrssicherheit dienen und Widerhandlungen härter sanktionieren. In vielen EU-

Ländern gilt hingegen ein Punkteführerscheinsystem, das ein ähnliches Ziel verfolgt, nämlich die Verkehrsteilnehmenden vor wiederholten Verkehrsregelverletzungen durch Prävention, Selektion und Korrektur abzuschrecken und zu schützen [167]⁴¹. Im Rahmen einer Untersuchung wurde das schweizerische Führerausweisenzugssystem (Kaskadensystem) mit der generellen Funktionsweise eines Punkteführerscheinsystems verglichen und Weiterentwicklungsvorschläge wurden entworfen [168]. Im Fazit werden u. a. folgende Punkte hervorgehoben: «Die Bekämpfung der Strassendelinquenz – insbesondere diejenige von wiederholten Verkehrsregelverletzungen – könnte grundsätzlich statt durch ein Kaskadensystem alternativ auch durch ein Punkteführerscheinsystem angegangen werden. [...] Heute existiert in der Schweiz schon sehr viel von dem, was von BestPoint als Good Practice empfohlen wird. [...] Aufgrund des aktuellen Wissensstands kann im Moment nicht davon ausgegangen werden, dass die Einführung eines Punkteführerscheinsystems in der Schweiz einen präventiven Zusatznutzen generieren würde.» [168].

Insbesondere die Umsetzung aller geplanten Via sicura-Massnahmen mit Bezug auf die Sanktionierung/Korrekturen von Fehlverhalten soll «konstruktiv-kritisch» begleitet werden. Dies betrifft z. B. die Neuregelung «Sanktionierung von durch Neulenker begangenen Alkoholdelikten» (seit dem 1. Januar 2014), die Einführung einer Halterhaftung für Ordnungsbussen (seit dem 1. Januar 2014) oder die Neugestaltung des Nachschulungs-Kurswesens (Zeitpunkt des Inkrafttretens steht noch nicht fest).

Die positive Auswirkung eines Führerausweisenzugsystems auf die Verkehrssicherheit hängt stark

⁴¹ Die empfehlenswerten Praktiken für ein Punkteführerscheinsystem wurden im EU-Projekt «BestPoint» von September 2010 bis September 2012 zusammengetragen. Das

Punkteführerscheinsystem (oder ein ähnliches System) gibt es in insgesamt 21 EU-Ländern.

von der Häufigkeit der polizeilichen Kontrollen und der begleitenden Kommunikationsarbeit ab. Mittels gezielten Polizeikontrollen und effizienter Kommunikation bezüglich Überwachungsaktivitäten und über das Führerausweisenzugssystem soll die empfundene Wahrscheinlichkeit, den Führerausweis verlieren zu können, erhöht werden.

Es gibt eindeutige Belege für die unfallverhütende Wirkung der Administrativmassnahme Führerausweisenzug. Immerhin wird für diesen Zeitraum das Ausmass des Autofahrens vermindert (obwohl viele Delinquenten trotz Ausweisenzug Auto fahren). Siegrist empfiehlt auf der Grundlage verschiedener Studien zusätzlich noch verhaltensorientierte Kurse [169]. Bereits die Androhung eines Führerausweisenzugs führt zu erheblich verringerten Rückfallraten, wie Corbett et al. herausfanden [170]. Die Drohung ist sogar wirksamer als die Erfahrung eines vorherigen Ausweisenzugs.

1.8 Fazit

Die PW-Lenkenden können einen bedeutenden Beitrag zur Steigerung ihrer eigenen Sicherheit und jene ihrer Passagiere leisten. Dementsprechend ist es nur folgerichtig, das **Verhalten** der Fahrzeuglenkenden gezielt zu beeinflussen. Das globale Ziel besteht darin, ein vorausschauendes, sicherheitsorientiertes und partnerschaftliches Fahrverhalten zu fördern, wobei der **Geschwindigkeitswahl** und dem **Abstandsverhalten** besondere Bedeutung zukommen muss. Das Tragen des **Sicherheitsgurts** entscheidet zudem oft über Leben oder Tod.

Neben der direkten Beeinflussung des konkreten Fahrverhaltens müssen grundsätzlich die Bereiche Fahreignung, Fahrkompetenz und Fahrfähigkeit

Thema der Prävention sein. Dabei bedarf es einerseits Massnahmen, die sich an alle richten und möglichst dazu beitragen, Risiken zu reduzieren, bevor etwas passiert (**Generalprävention**). Andererseits sind Massnahmen notwendig, die sich gezielt an Hochrisikogruppen richten, die durch ihr Risikoverhalten auffallen (**Spezialprävention**).

Die Sicherstellung einer ausreichenden **Fahreignung** sollte in der Schweiz optimiert werden. Wichtig ist insbesondere eine gesamtschweizerische **Qualitätssicherung**, indem Inhalte, Zuständigkeiten und Abläufe definiert werden. Die **Möglichkeit einer Fahreignungsabklärung** sollte von den Behörden mehr genutzt und nach einheitlichen Kriterien angewendet werden – insbesondere bei schweren oder wiederholten Verkehrsdelikten, die auf eine charakterliche Nichteignung hinweisen. Einen wichtigen Beitrag dazu leistet die beschlossene, aber noch nicht in Kraft getretene Via-sicura-Massnahme «Qualitätssicherungen bei der Fahreignungsabklärung und Aktualisierung der medizinischen Mindestanforderungen».

Zur Steigerung der **Fahrkompetenz, insbesondere der Risikokompetenz**, kann sowohl die 1. als auch die 2. Phase der Fahrausbildung beitragen. Wichtig ist, dass auf allen Ebenen (**1. und 2. Phase**, Schulungs- und Prüfungsinhalte) die **«Higher Skills» der GDE-Matrix** (Goals for Driver Education) stärker berücksichtigt werden. Die Erlangung der Fahrkompetenz und insbesondere der Risikokompetenz ist ein langwieriger Prozess, der neben ausgehnter Fahrerfahrung (begleitetes Üben) Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten erfordert. Ergänzend sind wirksame **repressive Massnahmen** sinnvoll. Geschwindigkeitskontrollen sollten vermehrt auch ausserorts stattfinden.

Die **Fahrfähigkeit** kann durch eine Vielzahl von Faktoren kurzfristig eingeschränkt sein. Alkohol, illegale Drogen und Medikamente, Müdigkeit und Ablenkungen diverser Art sind im Strassenverkehr keine Seltenheit. Das Risiko zu verunfallen kann sich bei jedem dieser Faktoren um ein Mehrfaches erhöhen. Aufgrund ihrer Verbreitung und ihrer Gefährlichkeit ist die Unfallrelevanz von Alkohol, Müdigkeit und Ablenkung am grössten. Das Unfallgeschehen auf Schweizer Strassen liesse sich durch das Eliminieren dieser Risikofaktoren deutlich reduzieren. Dies kann durch universelle Massnahmen erreicht werden, die sich an alle PW-Insassen, insbesondere die Lenkenden richten. Darüber hinaus sind aber gewisse Personengruppen mit spezifischen Massnahmen anzugehen. Vor allem junge Lenkende und Männer sind überdurchschnittlich häufig infolge beeinträchtigter Fahrfähigkeit in Unfälle verwickelt. Geeignete **edukative Massnahmen** sollten das Ziel haben, die Risikokompetenz der PW-Lenkenden im Allgemeinen und jene junger Lenkender und Männer im Speziellen zu steigern. Bereits in der 1. Ausbildungsphase sollte mehr Gewicht auf diesen Aspekt gelegt werden. Die Gefahr, bei **Polizeikontrollen** zur Rechenschaft gezogen zu werden, ist – auch beim Alkohol – nach wie vor zu gering. Allerdings sind die polizeilichen Kontrollmöglichkeiten der Fahrfähigkeit eingeschränkt. Zwar lässt sich Alkohol am Steuer relativ leicht feststellen; bei Müdigkeit, illegalen Drogen und Medikamenten wird es für die Polizei vor Ort schon deutlich schwieriger. Ablenkung kann nur schwer überprüft werden: Kaum ist der Polizist in Sicht, wird die ablenkende Handlung unterlassen. Fortschritte in der **Fahrzeugtechnologie** werden in Zukunft völlig neue Möglichkeiten bieten, Fahrunfähigkeit am Steuer zu erkennen, zu warnen und gar einzugreifen (insbesondere bei Alkohol und Müdigkeit, aber auch bei visueller Ablenkung). Geeignete

Infrastrukturmassnahmen helfen bei Fahrunfähigkeit nicht nur, Unfälle zu verhindern, sondern können auch der Verletzungsminimierung dienen.

In Tabelle 37 sind Massnahmen/Strategien aufgeführt, die der dargestellten Zielsetzungen im Bereich PW-Lenkende dienen.

Tabelle 37 Strategien/Massnahmen zur Reduktion von Personenwagenunfällen bezüglich Personenwagen-Lenkenden	
Strategien/Massnahmen	Beurteilung
Fahreignung	
Qualitätssicherung bei der Fahreignungsabklärung (Präzisierungen über Inhalte und Abläufe) und präzise körperliche und psychische Mindestanforderung auf Verordnungsebene	Empfehlenswert (Handlungsbedarf hängt von der Umsetzung der angenommenen Via sicura-Massnahme ab)
Schulung der zuständigen Personen in den Strassenverkehrsämtern, damit sie schweizweit nach den gleichen Kriterien über die Notwendigkeit und Art von Fahreignungsuntersuchung entscheiden.	Empfehlenswert
Koordiniertes Vorgehen unter den Akteuren zur systematischen Bedienung von älteren PW-Lenkenden (z. B. ab 60 Jahren) mit Informationsmaterial zu sicherheitsrelevanten, alters- oder krankheitsbedingten Leistungsbeeinträchtigungen (z. B. in Form von Selbstbeurteilungsinstrumenten), inkl. Aufforderung einen freiwilligen Sehtest auf grauen Star durchführen zu lassen (eventuell durch Anreize fördern)	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zur Sensibilisierung älterer PW-Lenkenden (z. B. ab 60 Jahren) bezüglich sicherheitsrelevanter, alters- oder krankheitsbedingter Leistungsbeeinträchtigungen	Empfehlenswert
Erweiterung des obligatorischen Sehtests zur Erlangung des Lernfahrausweises: Überprüfen der Kurzsichtigkeit bei Dämmerung/Nacht (Nachtmyopie)	Empfehlenswert
Informieren der PW-Lenkenden über Notwendigkeit periodischer Kontrollen des (Tages- und Nacht-) Sehvermögens ab 50 Jahren (Kommunikation über bereits bestehende Kanäle)	Empfehlenswert
Einführung einer befristeten Gültigkeit des Führerausweises für alle PW-Lenkenden (in Anlehnung an die 3. Führerscheinrichtlinie der EU) bei Verknüpfung mit wirksamen Wiedererlangungsbedingungen	Empfehlenswert (aber politisch in der CH kaum umsetzbar, da im Rahmen von Via sicura abgelehnt)
Fahrverbot für Personen ab einem bestimmten Alter	Nicht empfehlenswert (da Alter ungeeigneter Prädiktor für Fahreignung)
Systematische Überprüfung (Screening) der charakterlichen Eignung bei Neulenkern	Nicht empfehlenswert (da diagnostische Testgüte schlecht)
Fahrkompetenz	
Qualitätsentwicklung und -sicherung der 1. und 2. Phase der Fahrausbildung. Insbesondere vermehrte Berücksichtigung von «Higher Skills» gemäss GDE-Matrix – Goals for Driving Education (wie Motive, Persönlichkeit, Wertvorstellungen, Selbstreflexion, Selbststeuerungsfähigkeiten) in der 1. und 2. Ausbildungsphase in Theorie, Praxis und Prüfungen	Sehr empfehlenswert
Ausgedehnte Fahrpraxis für Neulenkende in Form von begleitetem Üben	Sehr empfehlenswert
Restriktive Massnahmen wie z.B. Nachtfahrverbot, Passagiereinschränkung, Überhol- oder Telefonierverbot für Neulenkende in der Lern- und Probephase	Bedingt empfehlenswert (nur falls sich Massnahmen im Rahmen von Via sicura und Opera3 als zu wenig wirksam erweisen sollten)
Periodische, obligatorische Wiederholungskurse für alle PW-Lenkenden	Nicht empfehlenswert (schlechtes Kosten-Nutzen-Verhältnis)

Fortsetzung Tabelle 37 (Fortsetzung) Strategien/Massnahmen zur Reduktion von Personenwagenunfällen bezüglich Personenwagen-Lenkenden	
Strategien/Massnahmen	Beurteilung
Fahrfähigkeit	
Auswirkungen von Alkohol, Müdigkeit, Ablenkung, Drogen und Fahren unter Medikamenteneinfluss in der 1. und 2. Ausbildungsphase vermehrt didaktisch zielgruppengerecht thematisieren (nicht nur Wissen vermitteln, sondern primär auf Handlungsumsetzung fokussieren).	Sehr empfehlenswert
Intensivierung gut sichtbarer und durch Medienpräsenz begleiteter Polizeikontrollen bezüglich Alkohol, Drogen, Medikamenten	Sehr empfehlenswert
Umfassendes Telefonierverbot beim Fahren (inkl. Freisprechanlage)	Sehr empfehlenswert (aber politisch in der CH kaum umsetzbar)
Schulung der Polizei zur Erhöhung der Erkennungswahrscheinlichkeit von Fahrten unter Einfluss von Drogen und Medikamenten und zur Optimierung ihrer Stellungnahmen im Rahmen des Drei-Säulen-Prinzips (Beurteilung der Fahrfähigkeit anhand von polizeilichen Beobachtungen, ärztlichen Gutachten und Blutuntersuchungen)	Empfehlenswert (in Verbindung mit erhöhter Kontroll-dichte bzgl. Drogen und Medikamenten)
Sensibilisieren über die Medikamentenproblematik im Verkehr – sowohl bei Fachpersonen (Ärzte, Psychiater, Apotheker) als auch bei Patienten und Angehörigen	Empfehlenswert
Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung bestehender/zukünftiger Angebote von Nachschulungsprogrammen	Empfehlenswert
Schnellere (zeitnahe) Sanktionierung (Strafe- und Administrativmassnahmen) bei Delikten	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zum Thema Alkohol – insbesondere in Kombination mit Polizeikontrollen	Empfehlenswert
Universelle Drogenprävention in Schulen mit dem Ziel eines verantwortungsvollen Drogenkonsums	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zu den Themen Müdigkeit bzw. Ablenkung (in Zusammenarbeit mit Multiplikatoren)	Empfehlenswert
Umfassende ärztliche Aufklärung von Patienten mit erhöhter Tagesschläfrigkeit	Empfehlenswert
Fahrverhalten¹	
Intensivieren von Geschwindigkeitskontrollen generell, insbesondere ausserorts; Kontrolltätigkeit kommunikativ begleiten	Sehr empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zum Thema Geschwindigkeit (in Kombination mit intensivierten Polizeikontrollen)	Empfehlenswert
Anreizsteigerung für freiwillige Teilnahme an Nachschulungskursen durch genügend lange Ausweisenzugsdauer bei Delinquenten, die auch nach Einführung der Via sicura Massnahme «Nachschulung von fehlbaren Fahrzeuglenkern und Fahrzeuglenkerinnen» keinen obligatorischen Kurs besuchen müssen (z. B. Ersttäter von schwerwiegenden Geschwindigkeitsdelikten)	Empfehlenswert
Mahnbriefe für Geschwindigkeitsdelinquenten (im Rahmen des bestehenden Systems)	Empfehlenswert (aber auf der Grundlage der Art. 16 a, b und c SVG nicht einfach umsetzbar)
Vermehrte Polizeikontrollen bzgl. Sicherheitsabstand in Kombination mit einer gut konzipierten Kommunikationskampagne (zu prüfen wäre der Einsatz automatischer/stationärer Abstandskontrollgeräte)	Empfehlenswert (hilfreich wären technische Weiterentwicklungen und gesetzliche Präzisierungen über den Tatbestand)
Monitoring der Lichteinschaltquote in den nächsten Jahren und gegebenenfalls Durchführung einer wissenschaftlich abgestützten Kommunikationskampagne	Empfehlenswert (Kampagne hängt jedoch von der Entwicklung der Lichteinschaltquote ab)
Sensibilisieren und Informieren der PW-Insassen durch gut konzipierte Kommunikationskampagnen zum Thema Sicherheitsgurt primär bei den Rücksitzpassagieren und zum Thema Kinderrückhaltevorrichtung (insbesondere in Kombination mit Polizeikontrollen)	Empfehlenswert
Intensivierte Polizeikontrollen bzgl. Nutzung von Sicherheitsgurten auf den Rücksitzen und von Kinderrückhaltesystemen (insbesondere innerorts); Kontrolltätigkeit kommunikativ begleiten	Empfehlenswert
Allgemeine Massnahmen	
Evaluation des Kaskadensystems, insbesondere in Bezug auf die im Rahmen von Via sicura eingeführten Sanktionierungsverschärfungen und evtl. Verbesserungsvorschläge	Empfehlenswert
Erweiterter Einsatz des Führerausweisenzuges als nachweislich wirksame Massnahme innerhalb des bestehenden Sanktionierungssystem prüfen	Empfehlenswert

¹ Massnahmen zur Sicherstellung der Fahreignung, -kompetenz und -fähigkeit, die sich auf das Fahrverhalten auswirken, werden nicht nochmals aufgeführt

2. Personenwagen

2.1 Einleitung

Bei der Steigerung der Sicherheit von PW-Insassen kommt der Fahrzeugtechnik eine entscheidende Rolle zu [171,172]. Dabei gilt es nicht nur, Mängel zu beseitigen, die vom Fahrzeug selbst ausgehen, sondern insbesondere mögliches Fehlverhalten der Fahrzeuglenkenden aufzufangen. Insgesamt können Fahrzeuge folgende drei Funktionsbereiche abdecken:

Primäre Prävention in der Pre-Crash-Phase: Unfälle verhindern (Kap. VI.2)

Die Grundvoraussetzung für ein unfallfreies Fahren sind natürlich betriebssichere Fahrzeuge, wobei vor allem bei den Reifen durch die ständige Abnutzung die Gefahr eines mangelhaften Zustands besteht (Kap. VI.2.2.1, S. 138). Ebenfalls elementar sind lichttechnische Ausstattungselemente, die nicht nur das «Sehen» (Kap. VI.2.2.2, S. 140), sondern auch das «Gesehen werden» (Kap. VI.2.2.3, S. 145) gewährleisten. Völlig neuartige Möglichkeiten bei der aktiven Sicherheit bieten sogenannte Fahrassistenzsysteme (FAS). FAS können den PW-Lenker bei gewissen Fahraufgaben wie der Stabilisierung und der Bremsung (Kap. VI.2.2.4, S. 147), aber auch bei der Längs- (Kap. VI.2.2.5, S. 149) und Querführung (Kap. VI.2.2.6, S. 153) unterstützen. Sie können den Lenker bei drohenden Gefahren warnen und notfalls sogar aktiv ins Fahrgeschehen eingreifen, um kritische Situationen zu entschärfen. Ein ebenfalls Erfolg versprechender, aber noch wenig genutzter Bereich stellt die Überwachung der Lenkenden dar (Kap. VI.2.2.7, S. 155). Noch in der Entwicklung befinden sich sogenannte kooperative Systeme, die es erlauben, mit anderen Fahrzeugen und mit Infrastrukturelementen Daten auszutauschen (Kap. VI.2.2.8, S. 161).

Sekundäre Prävention in der Crash-Phase: Verletzungen verhindern (Kap. VI.2.3)

Ist ein Unfall trotz der aktiven Sicherheitssysteme unvermeidbar, kommen die sogenannten passiven Schutzsysteme zum Einsatz. Sie sollen die Belastungen und somit die Verletzungsgefahr für die PW-Insassen reduzieren. Die Fahrzeugstruktur mit Knautschzone und Fahrgastzelle soll die auf die Insassen einwirkende Energie soweit reduzieren, dass physische Grenzen der Insassen nicht überschritten werden (Kap. VI.2.3.4, S. 174). Um zu verhindern, dass die Insassen auf harte Strukturen schlagen, werden Sicherheitsgurte (Kap. VI.2.3.1, S. 166) und verschiedene Typen von Airbags (Kap. VI.2.3.2, S. 169) eingesetzt. Sitze und Kopfstützen haben insbesondere die Funktion, die Belastungen für die Wirbelsäule zu verringern (Kap. VI.2.3.3, S. 172).

Tertiäre Prävention in der Post-Crash-Phase: Spätfolgen verhindern (Kap. VI.2.4)

Nachdem sich der Unfall ereignet hat, gilt es, die eingetretenen Verletzungen möglichst rasch medizinisch zu versorgen, damit diese nicht zum Tod oder zu bleibenden Behinderungen führen. Deshalb ist es wichtig, so schnell wie möglich die Rettungsdienste zu alarmieren und an den Unfallort zu lotsen (Kap. VI.2.4.1, S. 177). Auch weitere Gefahren wie z. B. Brände und Folgeunfälle sind zu vermeiden (Kap. VI.2.4.2, S. 178).

In Anbetracht des hohen Sicherheitsnutzens von fahrzeugtechnischen Massnahmen stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten bestehen, um die **Verbreitung und den Einsatz** der verschiedenen Systeme aktiv zu fördern. Diesem Aspekt wird in Kap. VI.2.5, S. 178 nachgegangen.

Kap. VI.2.6, S. 187 gibt eine kurze **Zusammenfassung** aller diskutierten fahrzeugtechnischen Sicherheitsmöglichkeiten. Lesende, die sich nur für

spezifische technische Fahrzeugsysteme interessieren, finden im Anhang (Kap. VIII, S. 223) eine Übersicht dazu.

2.2 Massnahmen zur Unfallverhinderung

Fahrzeugsysteme, die die Entstehung von Unfällen verhindern, werden als **aktive Sicherheitsausstattung** bezeichnet. Dazu gehören beispielsweise grundlegende Elemente, wie eine gute Bereifung, die Fahrzeugbeleuchtung oder auch die Bremsanlage. Diese klassischen Ausstattungselemente werden zunehmend durch FAS ergänzt, die ganz neue Möglichkeiten und damit noch nie dagewesene Sicherheitspotenziale bieten.

Aus psychologischer Sicht wird die Entstehung eines Unfalls immer wahrscheinlicher, wenn die Anforderungen der Verkehrssituation die Leistungsmöglichkeiten des Lenkers übersteigen bzw. die Aufgabenschwierigkeit ein für ihn bewältigbares Mass übersteigt [173]. Moderne FAS (oder auch ADAS = Advanced Driver Assistance Systems) setzen genau an diesem Punkt an. Sie sollen die Diskrepanzen zwischen den Anforderungen der Verkehrssituation und dem Leistungsvermögen des Lenkers beseitigen. Dies gelingt beispielsweise, indem den Lenkenden durch Warnhinweise zusätzliche zeitliche Spielräume für die Planung und Durchführung sicherer Fahrhandlungen eingeräumt werden oder indem durch Eingriffe in die Fahrdynamik die bereits verlorengegangene Kontrolle zurückgegeben wird.

In Anbetracht der hohen Sicherheitspotenziale von FAS werden diese nachfolgend schwergewichtig behandelt. Demgegenüber werden andere Bereiche wie z. B. die allgemeine Betriebssicherheit ausgeklammert, da sie unter den in der Schweiz geltenden

Rahmenbedingungen eine vernachlässigbare Unfallrelevanz aufweisen.

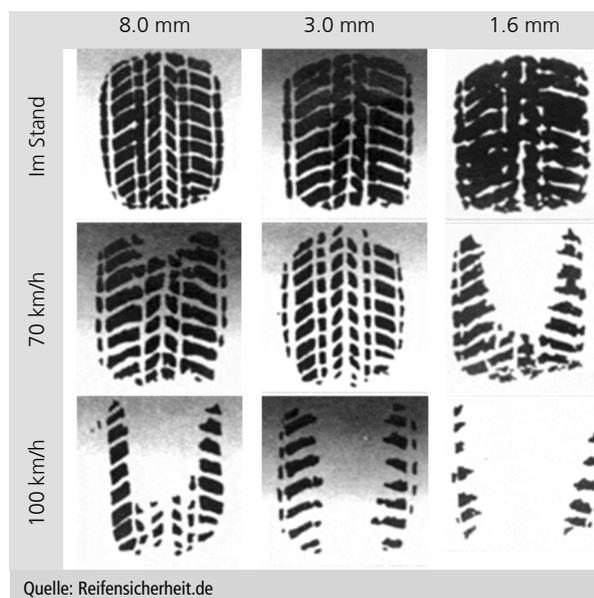
2.2.1 Reifen

Reifenzustand

Reifen mit genügendem Profil und Druck stellen eine Grundvoraussetzung für ein betriebssicheres Fahrzeug dar.

Profiltiefe: Die gesetzliche Mindestprofiltiefe liegt bei 1,6 mm (Art. 58, Abs. 4 VTS). Am Reifen selbst sind Abnutzungsanzeiger (TWI = Tread Wear Indicator) angebracht, die die gesetzlich erlaubte Mindestprofiltiefe anzeigen. Dennoch sollten Reifen nicht bis auf die gesetzliche Mindestprofiltiefe abgefahren werden, sondern bereits bei einer Restprofiltiefe von 3 mm (Sommerreifen) bzw. 4 mm (Winterreifen) ersetzt werden. Unter 4 mm Profiltiefe nimmt die Haftung bei nasser Fahrbahn messbar ab (Abbildung 13). Insbesondere bei Breitreifen besteht dann eine erhöhte Aquaplaning-Gefahr.

Abbildung 13
Bodenkontakt bei nasser Fahrbahn in Abhängigkeit von der Profiltiefe und der Fahrgeschwindigkeit

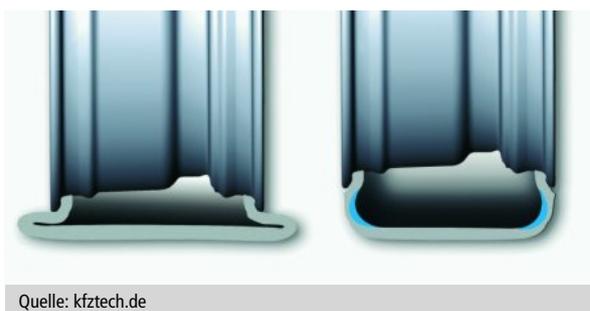


Reifendruck: Ein korrekter Luftdruck ist sicherheitsrelevant und verbessert die Fahreigenschaften in den Bereichen Haftung, Kurvenstabilität und Bremsweg. Ein zu geringer Luftdruck kann zur Überbeanspruchung des Reifens führen. Schon bei einer Luftdruck-Unterschreitung von 0,3 bar steigt die Temperatur im Reifen bei höheren Geschwindigkeiten auf über 120 °C an, was zum Auseinanderbrechen des Reifens führen kann.

Reifentyp: Es gibt keine gesetzliche Bestimmung, die die Verwendung von Sommerreifen im Winter ausdrücklich verbietet. Winterreifen haften aufgrund ihrer speziellen Kautschuk-Mischung bei Eis und Schnee deutlich besser als Sommerreifen. Letztere haben demgegenüber eine bessere Bodenhaftung und gewähren höhere Fahrstabilität bei Kurvenfahrten und kürzere Bremswege. Sogenannte Ganzjahresreifen sind indessen nicht empfehlenswert, da sie einen schlechten Kompromiss darstellen und insbesondere für den Wintereinsatz nur bedingt tauglich sind.

Run-Flat-Reifen: Reifen mit Notlaufeigenschaften sind selbsttragende Reifen. Ein zusätzliches Gummielement im Inneren verhindert das Einfallen des beschädigten Reifens bei Druckverlust (Abbildung 14). Im Pannenfall bieten sie mehr Sicherheit [174]. Da ein Druckverlust bei diesen Spezialreifen übersehen werden könnte, müssen sie parallel mit einem Reifendruck-Kontrollsystem betrieben werden.

Abbildung 14
Gegenüberstellung eines normalen Reifens und eines Reifens mit Notlaufeigenschaften



Quelle: kfztech.de

Wirksamkeit: Eine norwegische Meta-Analyse ermittelte, dass eine Vergrößerung der Profiltiefe von weniger als 2 mm auf 2–3 mm das Unfallrisiko vor allem auf nassen Strassen um 19 % und eine weitere Erhöhung auf 3–5 mm nochmals um 9 % reduziert [117]. Auch Winterreifen erbringen bei niedrigen Temperaturen auf nasser Fahrbahn einen deutlichen Sicherheitsvorteil gegenüber Sommerreifen. Dennoch muss festgehalten werden, dass Probleme bei der Bereifung, wie z. B. ein abgenutztes Profil, ein defekter Reifen und Druckverlust, aber auch der Einsatz von winteruntauglicher Bereifung, bei der Entstehung schwerer Unfälle eine sehr geringe Rolle spielen (gemäss offizieller Unfallstatistik 0,5 % der Unfälle von Personenwagen). Unter Berücksichtigung der Dunkelziffer dürfte der Nutzen von Massnahmen zur Verbesserung der Reifen recht gering sein. Elvik und Vaa [117] kommen zum Schluss, dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis für eine Erhöhung der geltenden Mindestprofiltiefe von 1,6 mm auf 3 mm unter 1 wäre (0,3), sich also finanziell nicht lohnt.

Reifendruckkontrollsysteme: TPMS (Tyre Pressure Monitoring System)

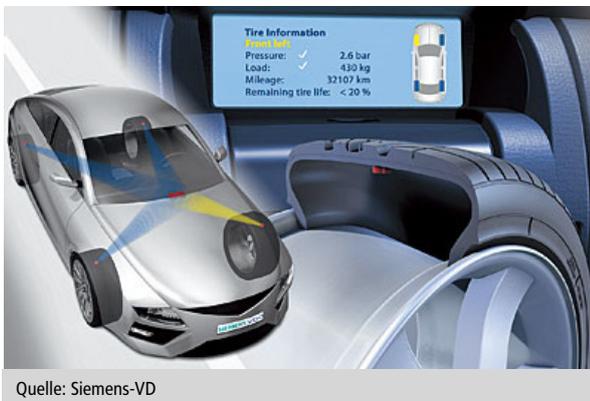
Reifendruckkontrollsysteme signalisieren dem Lenker den zu geringen Reifendruck. Sie sorgen nicht nur für mehr Sicherheit, sondern verbessern zudem den Fahrkomfort und reduzieren den Kraftstoffverbrauch, da eine erhöhte Reibung durch einen zu geringen Reifendruck vermieden wird. Neuere Systeme liefern nicht nur Informationen über den reinen Reifendruck, sondern auch über den Beladungszustand des Fahrzeugs. Sie können diese auch an andere elektronische Fahrzeugsysteme, wie Bremsassistent und Stabilitätskontrolle, übermitteln [175] (Abbildung 15). Kritisch anzumerken ist,

dass TPMS erst ab einem Druckverlust von mindestens 20 % oder bei weniger als 1,5 bar Alarm geben müssen [176].

Künftige Systeme könnten weiter gehen und Informationen über die Bodenhaftung sammeln [177].

Wirksamkeit: Eine Potenzialabschätzung im Rahmen des EU-Projekts TRACE ergab, dass durch Reifendruckkontrollsysteme rund 1 % der schweren Verletzungen reduziert werden könnte [173]. Zwei Studien zur ökonomischen Kosten-Nutzen-Analyse von FAS ergaben, dass Reifendruckkontrollsysteme sich wirtschaftlich nicht rechnen. Das heisst, die Kosten für das System übersteigen den Nutzen durch die verhinderten Unfälle [178,179].

Abbildung 15
Reifendruckkontrollsystem



Quelle: Siemens-VD

⁴² Bei illegalen Nachrüstsets, die nur aus Xenon-Lampen, Kabel und einem Vorschaltgerät bestehen, fehlt diese Regulierung, wodurch sie eine Gefahr darstellen.

2.2.2 Sichtverbesserung

Die Sicht des Lenkers kann verbessert werden, indem bessere Leuchtmittel, eine variable Lichtverteilung in Quer- und Längsrichtung sowie Nachtsichtgeräte eingesetzt werden.

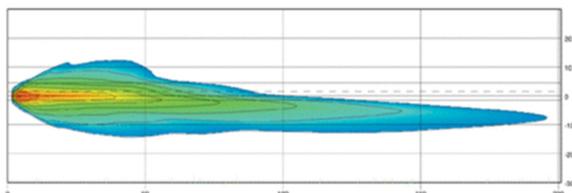
Lichtquelle

Xenon-Scheinwerfer (Gasentladungslampen) haben die spektrale Verteilung von Tageslicht und unterstützen somit das menschliche Auge nahezu optimal [180]. Gegenüber den konventionellen Halogenglühlampen weisen sie grössere Sichtbarkeitsweiten, breitere seitliche Lichtverteilung und eine höhere Fahrbahnleuchtdichte auf (Abbildung 16).

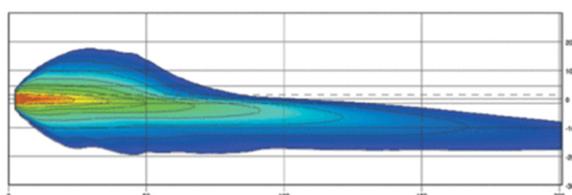
Als ein möglicher Nachteil gegenüber den konventionellen Halogenglühlampen wird die Blendungsgefahr diskutiert. Detaillierte Untersuchungen können die Hypothese der grösseren objektiven Blendwirkung nicht bestätigen [181]. Werden die gesetzlichen Bedingungen eingehalten, dann können Faktoren wie Lichtfarbe, Lichtaustrittsfläche usw. zwar zu einem unterschiedlichen subjektiv erlebten Blendgefühl (Discomfort Glare) führen, die objektive Sehleistung (Disability Glare) ist aber in allen Fällen nahezu identisch [182]. Entscheidend ist jedoch die Sauberkeit der Scheinwerfer: Schmutz verursacht Streulicht, das andere Verkehrsteilnehmende blenden kann. Deshalb ist für jede Xenon-Ausstattung eine Reinigungsanlage vorgeschrieben. Zudem müssen Xenon-Scheinwerfer mit einer automatischen Leuchtweitenregulierung ausgestattet sein. Diese passt mittels Hinterachsen-Sensoren innerhalb von Millisekunden die Leuchtweite an und schützt den Gegenverkehr vor Blendung⁴² (Abbildung 17).

Abbildung 16
Ausleuchtung

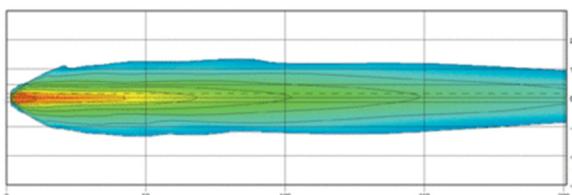
Halogen-Abblendlicht



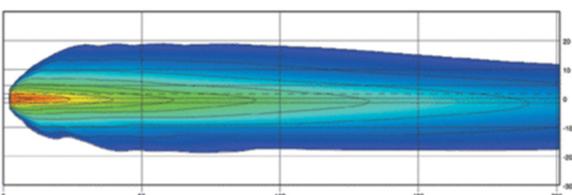
Xenon-Abblendlicht



Halogen-Volllicht



Xenon-Volllicht



Quelle: hella.com

Abbildung 17
Xenon-Scheinwerfer



Quelle: Autobild

LED-Scheinwerfer (Light Emitting Diode): Erste systematische Untersuchungen bei realen Testfahrten zeigten, dass LED-Scheinwerfer in den Aspekten Helligkeit auf der Fahrbahn und Sichtbarkeitsweite sehr gut sind [183] (Abbildung 18). Die Vorteile der LED-Technologie sind: sehr lange Lebensdauer, hohe Ausfallssicherheit, ermüdungsfreies Licht und schnelles Einschaltverhalten (wichtig für Bremslicht) [184]. Im Jahr 2013 kam das erste Fahrzeug mit LED-Frontscheinwerfern auf den Markt und mittlerweile sind sogar erste Kompaktfahrzeuge damit ausgestattet.

Wirksamkeit: Xenon-Scheinwerfer erhöhen die Sichtdistanz und damit die verfügbare Reaktionszeit gegenüber konventionellen Lampen um bis zu rund 50 % [180]. Obwohl eine bessere Ausleuchtung der Strasse und die damit einhergehende frühere Erkennung von Gefahren grundsätzlich von Vorteil sind, ist es schwierig die Sicherheitseffekte abzuschätzen. Gegenwärtig ist nämlich noch nicht bekannt, ob die bessere Sicht zu einer schnelleren Fahrweise animiert, sodass der Sicherheitsgewinn gegebenenfalls geschmälert wird [185]. Frühere Erfahrungen mit der Einführung der Halogenscheinwerfer in den 60er-Jahren entkräften diese Befürchtungen jedoch. Damals sanken die Unfallzahlen um 7 %, der positive Effekt der besseren Beleuchtung wurde zumindest nicht vollständig kompensiert [117].

Abbildung 18
LED-Scheinwerfer



Quelle: auto-motor-sport

Laterale Lichtanpassung

Konventionelle Scheinwerfer sind auf Geradeausfahrten ausgelegt, sodass die Strasse bei Kurvenfahrten oder beim Abbiegen in eine Querstrasse ungenügend ausgeleuchtet wird [186]. Dieses Problem kann durch zwei Systeme aufgehoben werden (Abbildung 19):

Abbildung 19
Statisches und dynamisches Kurvenlicht

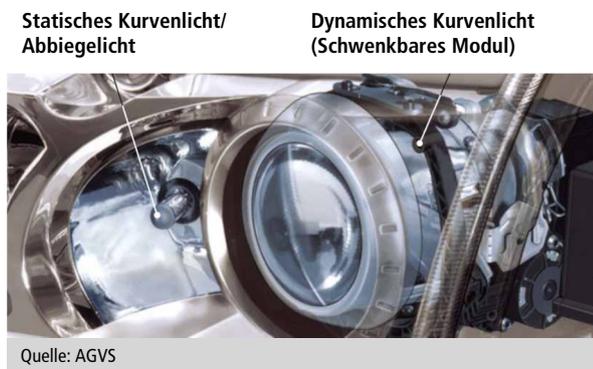


Abbildung 20
Dynamisches Kurvenlicht

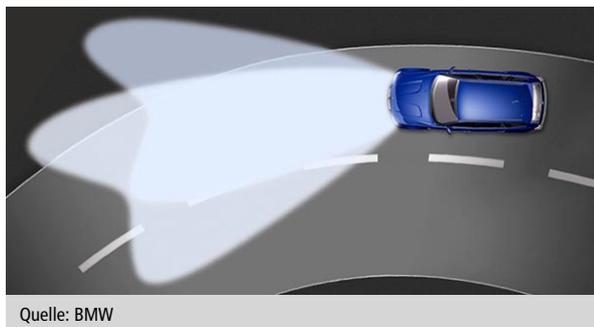
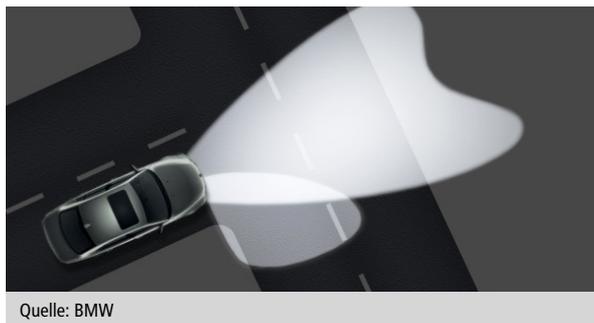


Abbildung 21
Statisches Kurvenlicht/Abbiegelicht



Dynamisches Kurvenlicht: Dabei werden die Fahrzeugscheinwerfer bei Kurvenfahrten in Abhängigkeit des Lenkeinschlags oder künftig auch aufgrund von elektronischen Strassenkarten nach rechts bzw. links gedreht, sodass die Fahrbahn gemäss der Fahrtrichtung ausgeleuchtet wird (Abbildung 20).

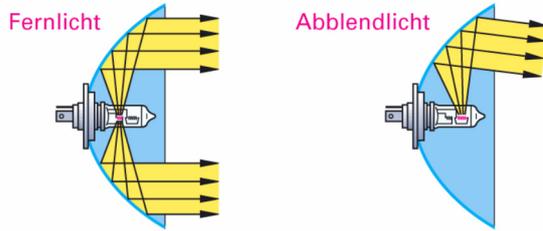
Statisches Kurven-/Abbiegelicht: Ein nach der Seite gerichtetes Licht wird zugeschaltet, wenn der Lenker beim Abbiegen den Blinker betätigt, damit die Querstrassen besser ausgeleuchtet werden (Abbildung 21).

Wirksamkeit: Eine verbesserte Ausleuchtung der Strasse bringt zwar per se einen Sicherheitsgewinn mit sich. Gegenwärtig ist jedoch noch unklar, wie stark der Sicherheitsgewinn durch Risikokompensationseffekte wie insbesondere schnelleres Fahren geschmälert wird [187]. Eine Studie des amerikanischen Insurance Institute for Highway Safety konnte jedoch aufzeigen, dass die Versicherungskosten für Fahrzeuge mit Kurvenlichtern geringer waren als für Fahrzeuge ohne. Dies betraf sowohl Unfälle mit Sachschäden als auch solche mit Personenschäden. Die Kosten waren jeweils um etwa 10 % geringer. Es erwiesen sich jedoch nicht alle Systeme als gleich wirksam [188].

Longitudinale Lichtanpassung

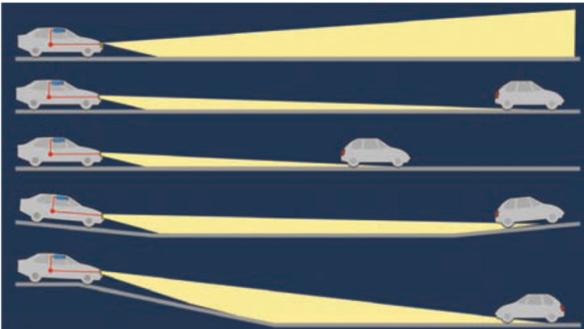
Die Beleuchtung muss den Spagat zwischen zwei gegenläufigen Anforderungen erfüllen. Zum einen soll der Verkehrsraum möglichst weiträumig und hell ausgeleuchtet werden. Zum andern darf das Licht andere Verkehrsteilnehmende – vor allem den entgegenkommenden Verkehr – nicht blenden. Konventionelle Beleuchtungsanlagen lösen dieses Problem, indem bei entgegenkommendem Verkehr von Fern- auf Abblendlicht umgeschaltet werden kann und dabei eine reduzierte Ausleuchtung in Kauf genommen wird (Abbildung 22).

Abbildung 22
Fern- und Abblendlicht



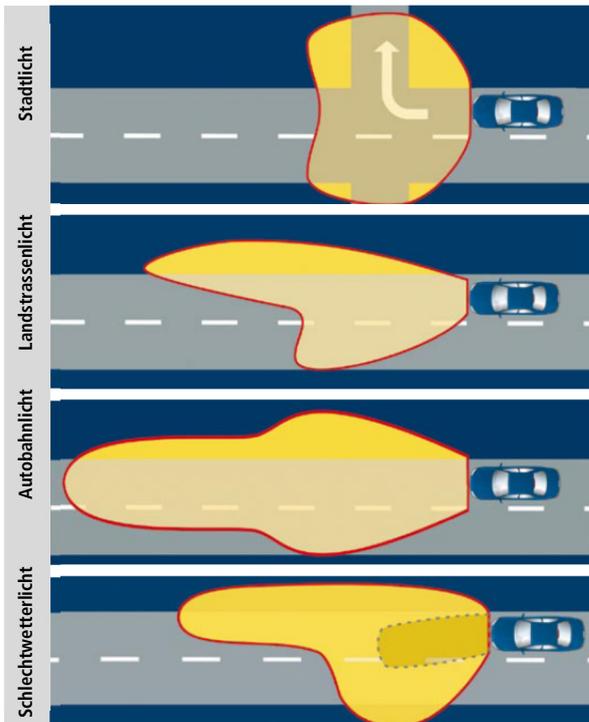
Quelle: AGVS

Abbildung 23
Adaptive Leuchtweitenregulierung



Quelle: Vision Zero International

Abbildung 24
Die vier Lichtverteilungen des AFS (Adaptive Frontlichtsysteme)



Quelle: Kalze 2008

Moderne Lichtsysteme kennen nicht nur die genannten beiden Zustände, sondern erweitern den Funktionsumfang beträchtlich:

Adaptive Leuchtweitenregulierung: Die einfachere Variante von Leuchtweitenregulierungen sind sogenannte Fernlichtassistenten, die in Abhängigkeit der jeweiligen Gegebenheiten automatisch zwischen Abblend- und Fernlicht umschalten. Neuere Systeme regulieren die Ausleuchtweite stufenlos. Hierzu misst das System kontinuierlich die Abstände zu entgegenkommenden und vorausfahrenden Fahrzeugen und passt die Ausleuchtweite fortlaufend an (Abbildung 23).

Adaptive Frontlichtsysteme (AFS) sind seit 2007 zulässig und in europäischen Regelungen hinsichtlich ihrer Lichtleistung, Anbau- und Schaltvorschrift genau beschrieben. Automatisch wird eine der vier definierten Abblendlichtverteilungen (Stadtlcht, Landstrassenlicht, Autobahnlicht, Schlechtwetterlicht) eingeschaltet (Abbildung 24).

Blendfreies Fernlicht (partielles Fernlicht): Auch dieses System arbeitet auf der Basis von Sensoren, die andere Verkehrsteilnehmende erkennen. Beim blendfreien Fernlicht wird jedoch nicht die Ausleuchtweite reguliert, sondern mit konstantem Fernlicht (d. h. mit maximaler Ausleuchtweite) gefahren

Abbildung 25
Blendfreies Fernlicht



Quelle: Hella

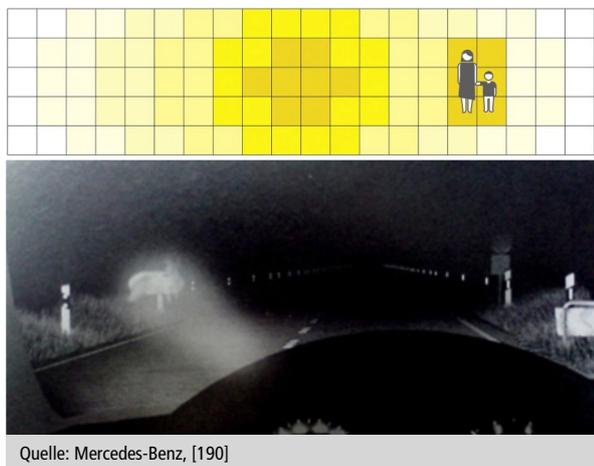
(Abbildung 25). Im Fall entgegenkommender oder vorausfahrender Verkehrsteilnehmer wird eine lichtfreie Fläche ausgespart, sodass eine Blendung vermieden wird [186].

Wirksamkeit: Es bestehen Bedenken, dass die optimierte Strassenausleuchtung die Lenker zu einer schnelleren Fahrweise animieren könnte [185]. Eine erste Simulatorstudie zu adaptiven Frontlichtsystemen konnte derartige Effekte zwar nicht nachweisen [189]. Im Rahmen des EU-Projekts TRACE wird von einem Rettungspotenzial von lediglich 0,6 % aller Schwerverletzten ausgegangen [173].

Gefahrenmarkierungslicht

Mit Hilfe eines Kamerasystems werden potenzielle Kollisionsobjekte (z. B. Fussgänger oder Tiere) auf oder neben der Fahrbahn von der Fahrzeugsensorik detektiert und gezielt mit einem Richtscheinwerfer angestrahlt. So werden die Gefahrenquellen wesentlich früher erkannt und bewusst wahrgenommen, sodass eine rechtzeitige Anpassung des Fahrverhaltens möglich wird (Abbildung 26 [190]).

Abbildung 26
Lichtverteilung bei einem Gefahrenmarkierungslicht



Wirksamkeit: Gefahrenmarkierungslichter befinden sich noch in der Entwicklung und empirische Befunde zum Sicherheitsnutzen fehlen noch. Der Sicherheitsnutzen für die PW-Insassen selbst dürfte jedoch bescheiden sein. Dieses System kommt primär den äusseren Kollisionsgegnern zugute.

Nachtsichtgeräte

Durch den Einsatz von Nachtsichtgeräten erhält der Lenker Informationen, die über den räumlichen Abdeckungsbereich der Scheinwerfer hinausgehen. Dabei werden Objekte vor dem Fahrzeug durch Infrarotsensoren erfasst und das Bild entweder auf die Frontscheibe projiziert (sogenannte Head-Up-Displays, HUDs) oder auf einem sekundären Display im Armaturenbrett dargestellt (Abbildung 27). Zurzeit stehen sich zwei Technologien gegenüber: Nahinfrarot (NIR) und Ferninfrarot (FIR). Bei NIR wird das Vorfeld des Fahrzeugs mit einer Infrarot-Lichtquelle angestrahlt und das reflektierte Licht wird von einer Kamera aufgenommen. Bei FIR registriert eine Wärmebildkamera direkt die Abstrahlungswärme von Objekten und Personen. Es bestehen bereits Anstrengungen, die beiden Systeme gemeinsam einzusetzen und ihre Daten zu fusionieren.

Abbildung 27
Nachtsichtgerät mit sekundärem Display



Wirksamkeit: In einer Fahrsimulatorstudie zeigte sich, dass die Reaktionszeit bei Hindernissen auf der Fahrbahn deutlich verkürzt werden kann. Infolge des ständigen Blickwechsels zwischen Display und Strasse hatten die Lenker indessen mehr Mühe bei der Querführung des Fahrzeugs und bei der Realisierung einer gleichmässigen Fahrweise [191]. Durch den Einsatz von Head-Up-Displays anstelle der Anzeige im Armaturenbrett dürfte die Querführung verbessert werden. Auf der Basis von CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe) wurde abgeschätzt, dass durch Nachtsichtgeräte 3,5 % aller Getöteten und knapp 5 % aller Schwerverletzten verhindert werden könnten [173]. Der Grossteil des Rettungspotenzials betrifft die äusseren Kollisionsgegner. Die PW-Insassen profitieren nur geringfügig davon [192].

2.2.3 Erkennbarkeitssteigerung

Die in Kap. VI.2.2.2, S. 140 beschriebenen Technologien optimieren die Wahrnehmung der Fahrumgebung bei Dunkelheit und Nebel. Demgegenüber werden im vorliegenden Kapitel Technologien dargestellt, die das eigene Fahrzeug für andere Verkehrsteilnehmende besser erkennbar machen.

Abbildung 28
Tagfahrleuchte



Quelle: Audi

Tagfahrleuchten DRL (Daytime Running Lights)

Das Fahren mit Licht am Tag ist in der Schweiz seit dem 1. Januar 2014 obligatorisch. Das Nichtbefolgen wird mit einer Busse von 40 CHF bestraft. Lenker von Fahrzeugen, die noch kein Tagfahrlicht haben, können mit Einschalten des Abblendlichts dieser Pflicht nachkommen. Tagfahrlichter haben gegenüber der Verwendung des Abblendlichts den Vorteil, dass die hintere Beleuchtung ausgeschaltet bleibt, sodass Bremsungen besser erkannt werden (Abbildung 28). Allerdings scheint nicht allen Lenkern von Fahrzeugen mit Tagfahrlichtern klar zu sein, dass beispielsweise in Tunnels das Abblendlicht eingeschaltet werden muss, u. a. um ein Rücklicht zu haben.

Wirksamkeit: Die allermeisten Untersuchungen zu den Auswirkungen von Fahren mit Licht am Tag auf das Unfallgeschehen kommen zu positiven Ergebnissen [116,117,193]. Frontal- und Seitenkollisionen können um ca. 10 %, Auffahrunfälle um 14 % und Mehrfachkollisionen um 6 % gesenkt werden [117]. Obwohl die Wirksamkeit von Fahren mit Licht am Tag in den nördlicheren Ländern grösser ist, dürfen auch in anderen Ländern positive Effekte erwartet werden. Kosten-Nutzen-Analysen deckten auf, dass infolge der verhinderten Unfällen ein finanzieller Gewinn entsteht [117,194].

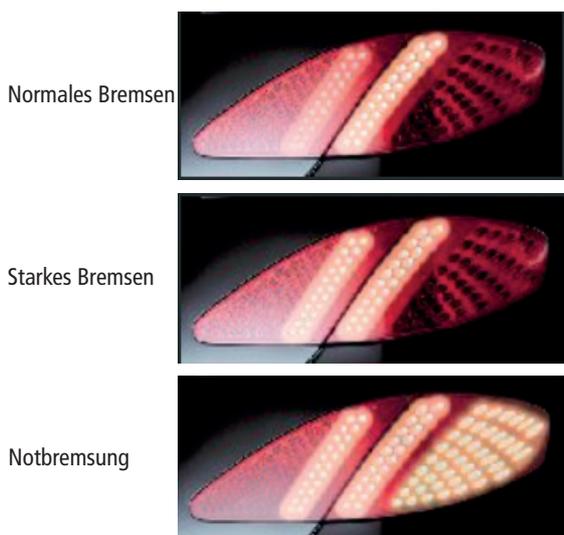
Adaptives Bremslicht

Die dritte Bremsleuchte gehört bereits zur Standardausrüstung neuer Personenwagen. Auffahrunfälle können dadurch um 14 % reduziert werden [117]. Das Bremslichtsignal signalisiert dem nachfolgenden Verkehr jedoch nur, dass gebremst wird, die Lenkenden erhalten indessen keine Information über die Stärke des Bremsmanövers. Letzteres kann

durch den Einsatz von zwei sich nicht ausschließenden Systemen erreicht werden: adaptive und blinkende Bremslichter.

Adaptives Bremslicht: Leuchtfläche und -dichte werden mit zunehmender Bremskraft erhöht. Dies wird von den nachfolgenden Lenkenden intuitiv als Annäherung an das vorausfahrende Fahrzeug wahrgenommen (Abbildung 29).

Abbildung 29
Adaptives Bremslicht



Quelle: al-lighting.de

Abbildung 30
Blinkendes Bremslicht



Quelle: Mercedes-Benz

Blinkende Leuchten: Ab einem gewissen Verzögerungswert beginnen die Bremslichter zu flackern. Dies hat einen hohen Auffälligkeitswert und ist besonders geeignet, um die Aufmerksamkeit des nachfolgenden Lenkers selbst bei Ablenkung auf das verzögernde Fahrzeug zu lenken (Abbildung 30). Eine ähnliche Variante ist das automatische Einschalten der Warnblinkanlage bei starkem Bremsen.

Die genannten Systeme zeigen dem nachfolgenden Verkehr eine erhöhte Fahrzeugverzögerung bzw. eine Gefahrensituation an. Die Signale können auch miteinander kombiniert werden.

Wirksamkeit: Untersuchungen zeigen, dass sich die Bremsreaktionen der PW-Lenkenden um bis zu 0,2 Sekunden verkürzen, wenn in Notbremssituationen statt des herkömmlichen Bremslichts ein rotblinkendes Warnsignal erfolgt. Der Anhalteweg verkürzt sich dadurch bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h um rund 4,4 m, bei 100 km/h sogar um rund 5,5 m. Eine auf der Basis von europäischen Unfalldaten (CARE) durchgeführte Abschätzung des Rettungspotenzials ergab eine Reduktion der Schwerverletzten um rund 1 % [173].

Reflektierende Materialien

In der Nacht kann die Sichtbarkeit der Fahrzeugflanken durch Reflexelemente in der Karosserie und in den Reifen erhöht werden und Unfälle im Kreuzungsbereich vermeiden helfen. Reflektierendes Material besteht aus einem spiegelnden Untergrund mit winzigen Glaskügelchen, die eintreffendes Licht brechen und zurückwerfen (Abbildung 31).

Wirksamkeit: Erfahrungen zum Einsatz von reflektierendem Material zur Kennzeichnung der Umrissse von Personewagen fehlen noch. Eine holländische Studie zu Lastwagen kommt zum Schluss, dass das Rettungspotenzial relativ gering ist und dass sich Kosten und Nutzen in etwa aufheben [195]. Die Befunde sind jedoch nur bedingt auf Personewagen übertragbar.

Abbildung 31
Reflektierende Markierung



Abbildung 32
Vergleich der Lenkbarkeit während einer Vollbremsung eines Personewagens ohne ABS (links) bzw. mit ABS (rechts)



Quelle: Mercedes-Benz

2.2.4 Stabilisierung und Bremsung

Antiblockiersystem ABS (Anti-lock Braking System)

Falls die Räder bei einer starken Bremsung blockieren, lässt sich das Fahrzeug nicht mehr richtig lenken (Abbildung 32). Zudem kann sich der Bremsweg verlängern. Mit ABS lassen sich diese Probleme vermeiden, indem es einem möglichen Blockieren der Räder durch Regelung des Bremsdrucks in kurzen Intervallen entgegenwirkt.

Wirksamkeit: Fahrversuche konnten die positiven Auswirkungen auf die Fahrdynamik (wie verbesserte Lenkfähigkeit, kürzerer Bremsweg auf Strassen mit geringer Haftung, erhöhte Seitenstabilität beim Bremsen in Kurven) bestätigen. Die dadurch zu erwartenden Rückgänge auf der Unfalllebene liessen sich zunächst nicht nachweisen [196-200]. Der Grund hierfür wird u. a. in der Verhaltensadaptation der PW-Lenkenden gesehen: Im Vertrauen, ein gutes Bremssystem eingebaut zu haben, sind die Lenkenden risikoreicher gefahren als ohne ABS [201]. Als Indiz hierfür gilt der Befund, dass bei ABS-ausgestatteten Fahrzeugen zwar das Kollisionsrisiko sinkt, dafür aber das Risiko für Alleinunfälle steigt [202]. Ausserdem sind viele der Untersuchungen zu ABS in den ersten Jahren nach der Einführung durchgeführt worden, als nur ein relativ bescheidener Anteil der Fahrzeuge mit ABS ausgestattet war. Zu dieser Zeit lag das Problem vor, dass ABS-Fahrzeuge ein erhöhtes Risiko aufwiesen, vom nachfolgenden Fahrzeug gerammt zu werden [203]. Die Ergebnisse neuerer Studien weisen darauf hin, dass die negativen Effekte verschwinden [197,204]. So fand eine Studie aus Grossbritannien, dass das Unfallrisiko durch ABS um 3 % gesenkt wird [192]. Eine amerikanische Untersuchung kommt auf eine Reduktion von 6 % [205].

Bremsassistent BAS (Brake Assistant System)

In Notsituationen bremsen die meisten Lenker zu zögerlich. Selbst bei einer schnellen Reaktion wird das Bremspedal nicht mit der für eine maximale Verzögerung erforderlichen Kraft durchgetreten. Bremsassistenten erkennen anhand der Geschwindigkeit der Pedalbetätigung solche Notbremssituationen und reagieren, indem sie den Bremsdruck automatisch auf das maximal mögliche Niveau erhöhen (Abbildung 33). Dieser Bremsdruck liegt weit über dem Wert, den die Lenker normalerweise ausüben. Auf diese Weise wird der kürzest mögliche Bremsweg erreicht und dadurch die Wahrscheinlichkeit zu kollidieren signifikant reduziert [206].

Neuere Bremsassistentensysteme führen nicht mehr eine Vollbremsung durch, sondern eine Zielbremsung. Hierbei wird nur so stark gebremst, wie nötig ist, um die Kollision mit dem Objekt vor dem Fahrzeug zu verhindern. Dadurch verlängert sich für den nachfolgenden Verkehr die zur Verfügung stehende Anhaltstrecke, sodass Auffahrunfälle vermieden werden können.

Wirksamkeit: Eine Studie, die auf deutschen Daten basiert, ermittelt ein Rettungspotenzial von 1,3 % bei den Getöteten und 5,1 % bei den Ver-

letzten [192]. Gemäss einer spanischen Studie können durch Bremsassistenten sogar zwischen 6,5 und 9 % der Getöteten bei PW-Insassen verhindert werden [207]. Eine schwedische Untersuchung sagt für das Jahr 2015 voraus, dass Bremsassistentensysteme 20 % der Getöteten bei Fahrzeugkollisionen verhindern werden [192]. Bremsassistentensysteme weisen eine hohe Effizienz auf: Unter Einbezug weiterer Verkehrsteilnehmender, wie insbesondere Radfahrende und Fussgänger, die ebenso von Bremsassistentensystemen profitieren, liegt das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei 1 zu 11 [207].

Elektronische Stabilitätskontrolle ESC (Electronic Stability Control)

ESC wirkt dem Ausbrechen des Wagens im Grenzbereich entgegen (Abbildung 34). Durch gezieltes automatisches Bremsen einzelner Räder kann sowohl das Über- als auch das Untersteuern eines Fahrzeugs verhindert werden. ESC wird in Fachkreisen auch als Fahrdynamikregelung und landläufig als Schleuderschutz bezeichnet.

Wirksamkeit: Obwohl zu Beginn der Markteinführung gewisse Risikokompensationseffekte zumindest bei Lenkenden mit einem risikoreichen Fahrverhalten möglich waren [208,209], hat ESC ein

Abbildung 33
Verzögerungsverstärkung beim Bremsassistenten

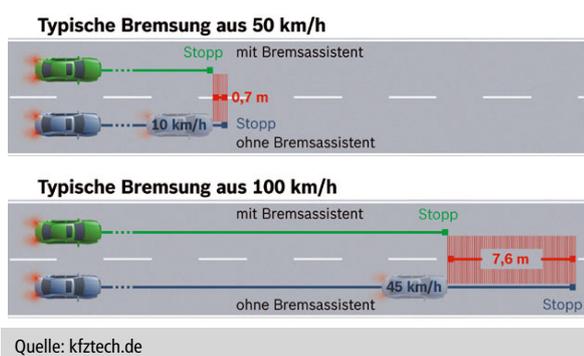
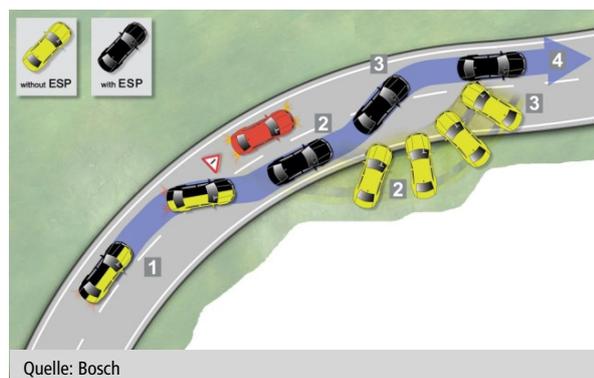


Abbildung 34
Wirkung der elektronischen Stabilitätskontrolle im zeitlichen Ablauf (1-> 2-> 3-> 4)



enormes Sicherheitspotenzial [126,210-213]. Eine deutsche Studie schätzt auf der Basis aller verfügbaren wissenschaftlichen Studien zu ESC, dass bei einer 100%igen Verbreitung das Gesamtunfallgeschehen mit verletzten PW-Insassen um rund 7–11 % reduziert werden kann. Bezogen auf die Getöteten ergibt sich sogar eine Reduktion von 15 bis 20 % [187]. Die allergrössten Auswirkungen zeigen sich bei Alleinunfällen (-30 bis -70 %) [214]. Aber auch Kollisionsunfälle werden positiv beeinflusst: Eine Meta-Analyse ermittelte eine Reduktion von beinahe einem Drittel [215]. SUV, die einen höheren Schwerpunkt aufweisen, profitieren von ESC mehr als Personenwagen mit konventioneller Bauhöhe [216,217]. Ein erhöhter Nutzen zeigt sich auch bei ungünstigen Strassenbedingungen [218,219]. Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von ESC zeigen, dass der finanzielle Nutzen durch die verhinderten Unfälle die Systemkosten bei weitem übersteigt [117,194,220].

2.2.5 Längsführung

Geschwindigkeitsassistenz ISA (Intelligent Speed Assistance)

Die Geschwindigkeit hat einen starken Einfluss auf das Unfallrisiko, insbesondere auf die Verletzungs-

Abbildung 35
Geschwindigkeitsassistenz



Quelle: Siemens

schwere [221]. Eine Analyse internationaler Studien zum Zusammenhang von Geschwindigkeit und Unfällen kam zum Schluss, dass eine Veränderung von 1 km/h in der Durchschnittsgeschwindigkeit zu einer Änderung von 3 % im Unfallgeschehen mit Personenschäden führt [222]. Neben der Reduktion ist auch eine Harmonisierung der gefahrenen Geschwindigkeit (Reduktion der Varianz) anzustreben [223].

Bei der Geschwindigkeitsassistenz werden die PW-Lenkenden bei der Einhaltung der lokal geltenden Geschwindigkeitsgrenzen unterstützt (Abbildung 35). Die Geschwindigkeitsgrenzen werden entweder aus einer digitalen Karte gelesen und/oder durch eine Verkehrszeichenerkennung ermittelt. Während bei digitalen Karten kurzfristige Änderungen der erlaubten Geschwindigkeit (z. B. an Baustellen) nur mit hohem Aufwand aktualisiert werden können [224], kämpfen Verkehrszeichenerkennungen insbesondere mit der Zuordnung der erkannten Zeichen zur richtigen Fahrspur.

Neben den bereits auf dem Markt erhältlichen rein informierenden und warnenden Systemen (zum Teil als Speed Alert bezeichnet) könnten künftige Systeme auch aktiv eingreifen und die Geschwindigkeit automatisch anpassen. Zwischen den **informierenden** und den **autonomen** Geschwindigkeitssystemen liegen die **unterstützenden** Systeme: Besonders aussichtsreich erscheint dabei die Kombination mit einem Feedback-Gaspedal, das mit gezieltem Gegendruck gegen den Fahrerfuss die Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit kenntlich macht (Abbildung 36). Derartige **aktive Gaspedale** stossen nicht nur auf eine hohe Akzeptanz, sondern reduzieren auch die empfundene Beanspruchung beim Fahren [225].

Dynamisches ISA: Der Wirkungsbereich von ISA-Systemen kann erweitert werden, indem nicht nur die Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit berücksichtigt wird, sondern auch die unangepasste Geschwindigkeit unterhalb der Höchstgeschwindigkeit: z. B. bei definierten Gefahren wie Unfallhäufungsstellen, Nebel, Glättegefahr oder Kindergärten/Schulen (Gefahrenpunktwarner) oder wenn mit zu hoher Geschwindigkeit auf eine vorausliegende Kurve gefahren wird (Kurvengeschwindigkeitswarner, Curve Speed Warning CSW⁴³) (Abbildung 37). Ein dynamisches ISA erfordert jedoch den Datenaustausch zwischen den Fahrzeugen und den Infrastrukturschnittstellen (Kap. VI.2.2.8, S. 161). Sofern mindestens 30 % der Fahrzeuge mit einem derartigen Warnsystem ausgestattet wären, würden gemäss Simulatorstudien auch nicht ausgerüstete Fahrzeuge profitieren [226].

Abbildung 36
Aktives Gaspedal (Erläuterung siehe Text)

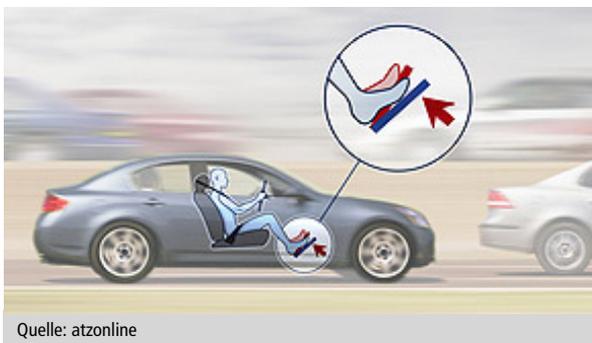


Abbildung 37
Kurvengeschwindigkeitswarner



⁴³ Dieses System wird im Rahmen des euroFOT-Projekts vom Automobilhersteller Ford getestet.

Wirksamkeit: Massnahmen zur Geschwindigkeitsreduktion gehören zu den wirkungsvollsten Sicherheitsmassnahmen im Strassenverkehr [221]. In einem dänischen Feldversuch zeigte sich, dass die Fahrzeit oberhalb der Geschwindigkeitsgrenze durch ein warnendes ISA um über 30 % gesenkt werden kann [227]. Der Einfluss von ISA ist im Innerortsbereich geringer als bei den höheren Ausserortsgrenzen [228,229]. ISA führt neben der besseren Einhaltung von Geschwindigkeitsgrenzen auch zu einer Harmonisierung der gefahrenen Geschwindigkeiten [229,230].

Gemäss zwei unabhängiger Studien könnten warnende ISA die Anzahl tödlicher Unfälle um 17–18 % reduzieren [231,232]. Das Rettungspotenzial von aktiv eingreifenden, nicht übersteuerbaren Systemen wird sogar als doppelt so gross eingeschätzt [232]. Die Akzeptanz solcher autonomer Systeme ist jedoch sehr gering [233,234]. Das e-Safety Forum geht davon aus, dass bei einer vollständigen Implementierung in allen Fahrzeugen die Anzahl der Unfälle mit Verletzungsfolge auf Landstrassen um 10 % reduziert werden könnte [187]. Innerorts wäre die Reduktion der Verletzungen gemäss einer schwedischen Feldstudie mit 20 % sogar doppelt so hoch (inkl. Kollisionsgegner) [235].

Mehrere Untersuchungen zum Kosten-Nutzen-Verhältnis ergeben, dass der Nutzen von ISA grösser ausfällt als die Kosten für das System [117,194].

In Europa existieren bereits mehrere Initiativen zur Förderung von ISA wie etwa in Schweden, Grossbritannien (London) und Belgien (Gent) [236]. Darüber hinaus gibt es in der Schweiz und der EU für Lastwagen über 3,5 t und Personentransportfahrzeuge für

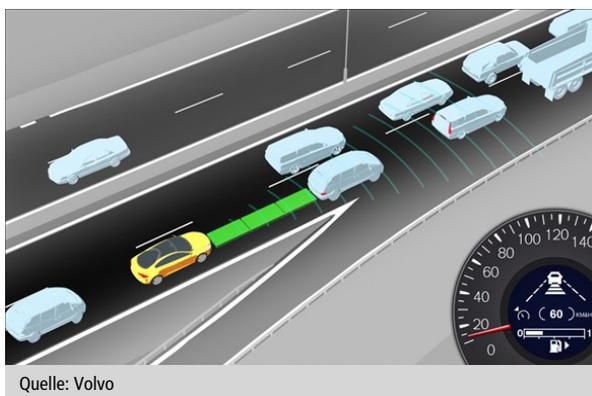
mehr als 8 Personen ein Obligatorium für Geschwindigkeitsbegrenzer. Diese sind allerdings nicht als intelligent zu bezeichnen, da die Begrenzung nicht auf die aktuell geltende Höchstgeschwindigkeit angepasst wird, sondern nur vom Fahrzeug abhängt.

Abstandsregeltempomat ACC (Adaptive Cruise Control)

Das Akronym ACC hat sich in der internationalen Automobilindustrie etabliert und bezeichnet eine Geschwindigkeitsregelung mit Abstandskontrolle. Dabei handelt es sich um ein System, das wie ein konventioneller Tempomat bei freier Fahrt die voreingestellte Geschwindigkeit beibehält, diese jedoch automatisch reduziert wenn ein vorausfahrendes Fahrzeug langsamer fährt. ACC hält automatisch den erforderlichen Abstand zum vorderen Fahrzeug ein (Abbildung 38). Deshalb wird das System auch als automatische Distanzregelung oder kurz Abstandsregler bezeichnet.

Wirksamkeit: Die mentale Beanspruchung der PW-Lenkenden kann durch ACC signifikant reduziert werden [237,238]. Dennoch führt es nicht zum subjektiven Kontrollverlust. Die Lenkenden

Abbildung 38
Abstandsregeltempomat (ACC)



⁴⁴ Die Stop-and-Go-Funktion erweitert den nutzbaren ACC-Geschwindigkeitsbereich bis zum Stillstand. Konventionelle ACC arbeiten in der Regel nicht unterhalb von 40 km/h.

haben immer noch das Gefühl, das Fahrzeug zu kontrollieren [238]. Simulationsberechnungen zeigen, dass durch ACC grössere Abstände eingehalten werden [191] und die Wahrscheinlichkeit für Auffahrunfälle um rund 50 % gesenkt werden kann [117,239]. Problematisch erscheint indessen, dass ACC möglicherweise nicht ganz die bis anhin erwarteten positiven Effekte auf die Verkehrssicherheit hat. Insbesondere die Rückgabe der Fahraufgabe an den Lenker dauert lange (ca. 5 Sekunden) und führt zu deutlich längeren Reaktionszeiten. [240]. Im EU-Projekt TRACE wird das Rettungspotenzial bei Schwerverletzten auf 11 % beziffert [192]. ACC stellt eine Technologie dar, die sich auch aus wirtschaftlicher Sicht lohnt, d. h., der Nutzen übersteigt die Kosten [143,189,190]. Kessler et al. hingegen kommen zum Schluss, dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis kleiner als 1 ist, ACC mit FCW für Personenwagen sich also finanziell nicht lohnt [241].

Zu bedenken ist, dass trotz der positiven Sicherheitseffekte gewisse negative Auswirkungen wie gesteigerte Unaufmerksamkeit [192,242] und vermehrte Ausübung von Nebentätigkeiten während der Fahrt [241] (wenn auch vorwiegend in unkritischen Situationen) stattfinden. Daher sollte das ACC eine sogenannte Stop-and-Go-Funktion⁴⁴ umfassen und mit Kollisionswarn- oder Kollisionsvermeidungssystemen kombiniert werden [243].

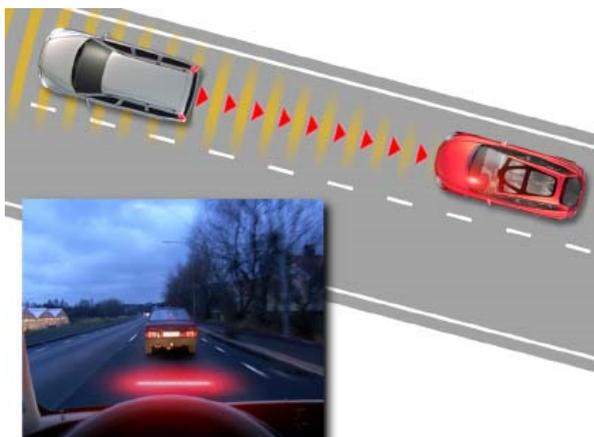
Kollisionswarnsystem FCW (Forward Collision Warning)

Dank vorausschauender Sensoren erkennt das System eine drohende Kollision und macht die PW-Lenkenden darauf aufmerksam, damit diese rechtzeitig reagieren können. Je nach Fahrzeughersteller erfolgt

die Warnung durch einen spürbaren Bremsruck, ein akustisches oder optisches Signal oder durch Straffen des Sicherheitsgurts⁴⁵. Damit im Fall einer Reaktion des Lenkers das Fahrzeug möglichst rasch reagiert, können gleichzeitig der Bremsdruck erhöht und die Bremsbacken an die Bremsscheiben herangefahren werden.

Wirksamkeit: Kollisionswarnsysteme (Abbildung 39) können die Reaktionszeit verringern, insbesondere bei reduzierter Aufmerksamkeit [244]. Wie Untersuchungen in Simulatoren zeigen, stossen Kollisionswarnsysteme bei den Lenkenden auf Akzeptanz [245] und Vertrauen [246]. Die notwendige Bedingung ist jedoch, dass Falschmeldungen selten vorkommen [247,248]. Potenzialabschätzungen zeigen, dass bei einer frühen Warnung bis zu 80 % der Auffahrunfälle verhindert werden könnten. Falls es dennoch zu einer Kollision kommt, könnte die Unfallschwere um 97 % reduziert werden. Bei einer späten Warnung beträgt die Reduktion von Auffahrunfällen noch 50 % und die Verletzungsreduktion noch 88 % [249]. Auf das Gesamtunfallgeschehen bezogen, könnten gemäss dem Projekt TRACE rund

Abbildung 39
Kollisionswarnsystem (FCW)



Quelle: Volvo

7 % aller Schwerverletzten verhindert werden [173]. Das amerikanische Insurance Institute for Highway Safety [188] konnte aufzeigen, dass FCW zu weniger Unfällen und Sachschäden führte (etwa 10 %). Für Personenschäden gab es kein signifikantes Ergebnis (die Resultate sind aber ähnlich hoch wie für Unfälle und Sachschäden). Kollisionswarnsysteme können nicht nur die Sicherheit des ausgerüsteten Fahrzeugs erhöhen, sondern tragen auch allgemein zur Sicherheit bei, indem sie zu einem gleichmässigeren Verkehrsfluss führen und die Staugefahr senken [250,251]. Kollisionswarnsysteme stellen eine wirtschaftliche Technologie dar, d. h., die eingesparten Kosten durch die verhinderten Unfälle sind grösser als die Kosten des Systems [252].

Kollisionsvermeidungssystem ACA (Advanced Collision Avoidance) und CMS (Collision Mitigation System)

Kollisionsvermeidungssysteme, die auch als aktive Gefahrenbremsung oder automatische Notbremssysteme bezeichnet werden, warnen den Lenker nicht nur, sondern greifen zur Vermeidung einer sich anbahnenden Kollision aktiv ins Fahrgeschehen ein (Abbildung 40). Kollisionsvermeidungssysteme sind wirksamer als Kollisionswarnsysteme [188]. Während gegenwärtig erhältliche Systeme nur eine (Teil-)Bremsung ausführen, sollen künftige Systeme auch automatisch ein Ausweichmanöver einleiten können [253]. Ein Schritt auf dem Weg dahin könnten Systeme wie der Notausweichassistent (ESA = Emergency Steering Assist) sein, der ab etwa 2018 auf den Markt kommen könnte [254]. Er optimiert die Schnelligkeit und Genauigkeit der Reaktion des Fahrers.

⁴⁵ Das Straffen des Gurts dient nicht nur als Warnsignal, sondern erhöht gleichzeitig die Wirksamkeit des Gurts (Gurtstraffer, Kap. VI.2.3.1, S. 149).

Derartige Technologien können nicht nur Unfälle verhindern, die durch visuelle Ablenkung (wie z. B. beim Bedienen der Musikanlage) verursacht werden, sondern auch solche, die durch die «Looked-but-Failed-to-See»-Problematik entstehen. Gemeint sind damit Unfälle, bei denen sich das kritische Hindernis oder Fahrzeug durchaus im Sehfeld des unfallverursachenden Lenkers befand, ohne dass es von ihm erkannt wurde. Aus psychologischer Sicht wird dieses Phänomen zumeist mit Kapazitätsbegrenzungen der visuellen Aufmerksamkeit, der Selektivität des Prozesses des visuellen Abtastens oder der fehlerhaften Integration relevanter Merkmale der Szenerie erklärt [175].

Wirksamkeit: Insbesondere Auffahrkollisionen lassen sich mit diesem System reduzieren. Wie Analysen von Auffahrunfällen aufdecken, haben die Verursacher in rund 20 % der Unfälle zwar voll gebremst, aber zu spät. Ferner wird bei fast 50 % aller Unfälle nicht ausreichend stark und in über 30 % der Unfälle gar nicht gebremst [175].

Eine amerikanische Untersuchung mit Fahrversuchen und Unfallanalysen kam zum Schluss, dass Kollisionsvermeidungssysteme 6–5 % der Auffahrunfälle verhindern können [255]. Auf der Basis französischer Unfalldaten wurde ermittelt, dass Notbremssysteme

Abbildung 40
Vom Fahrzeug ausgelöste Notbremsung



Quelle: Bosch

die Anzahl schwerer und tödlicher Verletzungen um fast 15 % senken können (unter der Annahme, dass die Fahrzeuge gute Crash-Eigenschaften aufweisen) [256]. Eine Potenzialabschätzung unter Einbezug von Simulationen zur Vorhersage der Verletzungsfolgen ermittelte einen Wert von 9 % weniger Schwerverletzten [173]. Es muss festgehalten werden, dass die Potenzialabschätzungen verschiedener Studien sehr stark divergieren: Insgesamt reichen die Angaben von einigen wenigen Prozent bis weit über die Hälfte aller tödlichen Unfälle [192]. Neben methodischen Aspekten dürfte auch die technische Systemauslegung entscheidend für das konkrete Sicherheitspotenzial sein.

2.2.6 Querführung

Während die Systeme im vorherigen Kapitel die Fahrgeschwindigkeit regulieren, betreffen die nachfolgend dargestellten Systeme den Bereich des Lenkens. Diese können zwei unterschiedliche Funktionen abdecken: einerseits das Halten der Spur (LDW/LKS), andererseits das Wechseln der Spur (LCA).

Spurverlassungswarner LDW (Lane Departure Warning)

Spurverlassungswarner sollen das ungewollte Verlassen der Fahrspur verhindern. Hierzu werden mittels Sensoren die Fahrbahnmarkierungen erfasst und die Position des Fahrzeugs in der Fahrspur bestimmt. Bei Unterschreitung eines bestimmten Abstands zur Fahrbahnmarkierung wird der Lenker gewarnt. Bei gesetztem Richtungsblinker ist das System temporär ausgeschaltet (Abbildung 41).

Die Fahrspurerkennung kann entweder durch ein Kamerasystem hinter der Windschutzscheibe (Abbildung 42) oder durch eine Infrarotsensorik am

Unterboden des Fahrzeugs realisiert werden. Je nach Hersteller erfolgen die Warnungen akustisch oder per Vibration im Fahrersitz bzw. Lenkrad, teilweise in Kombination mit visuellen Warnsignalen.

Wirksamkeit: Spurverlassungswarner stellen eine wirksame Massnahme dar, um das Abkommen von der Strasse zu verhindern [257]. Im Rahmen eines Feldversuchs in den Niederlanden zeigte sich, dass die Häufigkeit unabsichtlichen «Überfahrens» einer Strassenmarkierung um 35 % vermindert wird [258]. Im Durchschnitt kann der Lenker durch den Spurverlassungswarner 0,5 Sekunden früher reagieren als ohne System [187]. Von diesem Zeitgewinn ausgehend, schätzt eine europäische Studie, dass Frontalkollisionen um 25 %, seitliche

Streifkollisionen um 60 % und Unfälle durch Abkommen von der Strasse um 25 % reduziert werden können [190]. Der Fahrzeugzulieferer Bosch schätzt das Rettungspotenzial in Deutschland auf 12 % aller tödlich und 9 % aller schwer Verletzten [194]. Eine auf Spanien bezogene Analyse kommt zum Schluss, dass Spurverlassungswarner 10 % aller Unfälle auf Landstrassen verhindern können [194]. Das eSafety-Forum geht davon aus, dass tödliche Unfälle um 2–4 % reduziert werden können [194]⁴⁶. Überraschenderweise konnte das Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) in seiner Analyse der Versicherungskosten kaum Effekte für LDW finden. Das System von Volvo wirkte sich zwar positiv, aber nicht signifikant aus, die Systeme von Mercedes und Buick waren in Bezug auf Sachschäden sogar negativ (aber ebenfalls nicht signifikant).

Abbildung 41
Spurerkennung bei einem Spurverlassungswarner

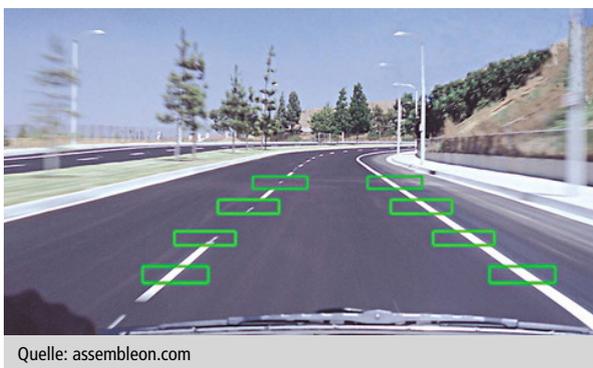


Abbildung 42
Sensor eines Spurverlassungswarners



Studien zur Wirtschaftlichkeit kommen zum Schluss, dass durch den Einsatz von Spurverlassungswarnern ein finanzieller Gewinn resultiert [252,259]. Die Ergebnisse zur ökonomischen Bewertung müssen jedoch angesichts der IIHS-Resultate im realen Unfallgeschehen kritisch gesehen werden.

Spurhalteunterstützung LKS (Lane Keeping Support)

Die Spurhalteunterstützung (LKS) geht einen Schritt weiter als der Spurverlassungswarner (LDW). Bei einem unbeabsichtigten Verlassen der Fahrspur wird das Fahrzeug durch einen aktiven Lenkeingriff zurück in die Spur geführt (Abbildung 43). Ob ein Wechsel der Fahrspur beabsichtigt ist, erkennt die Funktion beispielsweise am Setzen des Blinkers oder an der Stärke der Lenkbewegung. Die Funktion ist durch den Lenker jederzeit übersteuerbar.

⁴⁶ Die dargelegten Wirksamkeitsangaben sind lediglich Abschätzungen. Vergleichende Studien, die das Unfallgesche-

hen von entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugen untersuchen, liegen bisher noch nicht vor.

Wirksamkeit: Im Rahmen einer Studie zur Sicherheitsabschätzung von intelligenten Fahrzeugsystemen wurde für die Spurhalteunterstützung ermittelt, dass die Anzahl der Getöteten um bis zu 15 % verringert werden kann [260]. Die Anzahl der Schwerverletzten könnten gemäss dem EU-Projekt TRACE um 6 % gesenkt werden [173]. Unfallstudien, die Erfahrungen aus dem Realverkehr widerspiegeln, fehlen gegenwärtig noch.

Spurwechselassistent LCA (Lane Change Assistance) und BSD (Blind Spot Detection)

Der Spurwechselassistent warnt die PW-Lenkenden beim Spurwechsel vor drohenden Kollisionen mit Fahrzeugen auf der Nachbarspur (Abbildung 44). Da derartige Systeme auch jene Bereiche abdecken, die in den Rückwärtsspiegeln nicht sichtbar sind, wer-

den sie auch als Blind-Spot-Detection (Totwinkel-Erkennung) bezeichnet. Die Systeme werden üblicherweise beim Betätigen des Blinkers aktiviert. Die Erfassung der Hindernisse erfolgt mit Radarsensoren, Kameras oder Laserscannern. Warnungen werden optisch durch Leuchtanzeigen, meist im Bereich der Aussenspiegel, akustisch oder haptisch durch Vibration des Lenkrads, der Fahrersitzfläche oder des Blinkerhebels angegeben.

Wirksamkeit: Eine amerikanische Studie im Realverkehr konnte aufzeigen, dass durch eine Totwinkel-Warnung die Sicherheit erhöht werden kann, da ein Grossteil der PW-Lenkenden nicht nach hinten schaut, bevor die Fahrspur gewechselt wird [261]. Experten gehen davon aus, dass ungefähr 4 von 10 Kollisionen, die sich beim Spurwechseln ereignen, durch Spurwechselassistenten verhindert liessen [192].

Auf der Basis einer Analyse des Unfallgeschehens in Deutschland wurde geschätzt, dass Spurwechselassistenten in Kombination mit Spurverlassungswarnern zu 7 % weniger Unfällen führen [262]. Der Spurwechselassistent für sich allein betrachtet hat gemäss dem EU-Projekt TRACE ein Rettungspotenzial von 3 % bei schweren Verletzungen [173]. Die Unfallschwere bei Seitenkollisionen dürfte sich um rund 10 % reduzieren [192]. Alle bisher verfügbaren Angaben sind lediglich theoretische Abschätzungen auf der Basis der Funktionsweise des Systems.

Abbildung 43
Spurhalteunterstützung



Abbildung 44
Spurwechselassistent (LCA)



2.2.7 Fahrerüberwachung

Die Überwachung des Fahrzeuglenkers kann verschiedene Aspekte umfassen. Einerseits kann mittels Sensoren kontrolliert werden, ob beim Lenker eine beeinträchtigte **Fahrfähigkeit** vorliegt – insbesondere infolge von Alkoholkonsum, Übermüdung oder

visueller Ablenkung. Neben dieser Zustandsüberwachung kann auch das **Fahrgeschehen** mittels Datenaufzeichnungsgeräten (Blackbox) erfasst werden. Neben dem Monitoring der Fahrfähigkeit und des Fahrverhaltens kann zudem überprüft werden, ob eine Person über eine **Fahrberechtigung** verfügt.

Führerausweiskontrolle

Eine grundlegende Erfordernis zur Verbesserung der Verkehrssicherheit liegt darin, fahrungeeignete und nicht autorisierte Personen vom Fahren abzuhalten [223]. Diesbezüglich problematisch ist insbesondere, dass ein beachtlicher Anteil der Verkehrsdelinquenten trotz Führerausweisentzug mit ihrem Fahrzeug unterwegs ist. Verhindern liesse sich dieses Problem durch **elektronische Führerausweise**, die als Zündschlüssel genutzt werden [263,264]. Dadurch könnte sichergestellt werden, dass das Fahrzeug nur von Personen mit einer Fahrberechtigung gefahren wird (Abbildung 45). Auch liessen sich spezifische Fahreinschränkungen realisieren wie beispielsweise eine (noch nicht existierende) Geschwindigkeitsbeschränkung für junge Neulenkende oder ein Nachtfahrverbot für Personen mit geringem Dämmerungssehvermögen und gesteigerter Blendempfindlichkeit.

Entwickelt und getestet wurde der elektronische Führerausweis in Schweden [265].

Abbildung 45
Elektronische Überprüfung des Führerausweises



Quelle: orn.l.gov

Wirksamkeit: Im Rahmen einer australischen Studie wurde abgeschätzt, dass durch elektronische Führerausweise bis zu 8 % aller Unfälle in ihrer Unfallsschwere reduziert werden könnten [266]. Eine europäische Studie kommt auf ein Rettungspotenzial von 1 bis 5 % bei den Getöteten [192]. In Kombination mit Fahreinschränkungen (z. B. Geschwindigkeitsgrenzen für Neulenkende) steigt der Nutzen deutlich an.

Datenaufzeichnungsgeräte

Im vorliegenden Bericht wird die Bezeichnung «Datenaufzeichnungsgerät» als Oberbegriff für zwei unterschiedliche Systeme verwendet: a) Unfalldatenspeicher und b) Fahrdatenschreiber. Während Unfalldatenspeicher nur einige Sekunden vor und nach einem Unfallereignis permanent speichern, werden beim Fahrdatenschreiber Informationen über das Fahrverhalten **kontinuierlich** aufgezeichnet, was weitergehende Anwendungen ermöglicht. Mit der landläufigen Bezeichnung «Blackbox» können beide Systeme gemeint sein.

a) Unfalldatenspeicher (UDS)

ADR (Accident Data Recorder)

EDR (Event Data Recorder)

Unfalldatenspeicher werden auch als Crash-Recorder bezeichnet und üblicherweise mit UDS (Unfalldatenspeicher) oder ADR (Accident Data Recorder) abgekürzt. Die Geräte zeichnen verschiedene unfallrelevante Parameter in hohem Detaillierungsgrad auf (wie z. B. Verzögerung, Querschleunigung oder Fahrgeschwindigkeit). Die gespeicherten Daten werden nach ca. 30 Sekunden fortlaufend wieder gelöscht. Nur wenn vom System ein Zusammenstoss detektiert wird, werden die Daten permanent im Gerät

gespeichert. Die Daten dienen dann der Unfallrekonstruktion und Schuldabklärung. Geräte, die die Datenspeicherung nicht nur bei einem Unfall auslösen, sondern auch bei anderen kritischen Fahrsituationen (z. B. Notbremsung) oder auf Fahrerwunsch, werden auch als Ereignisdatenspeicher EDR (Event Data Recorder) bezeichnet.

Gewisse Automobilhersteller verbauen in ihren Fahrzeugen zu Diagnosezwecken standardmässig Speichermodule, die u. a. auch unfallrelevante Daten aufzeichnen. In den USA hat die Verkehrsbehörde NTSB (National Transportation Safety Board) den hohen Nutzen derartiger Daten erkannt und deshalb eine Empfehlung an die Automobilhersteller abgegeben. Danach sollten unfallrelevante Informationen aus den in den Fahrzeugen verbauten Speichermodulen gewonnen werden können. Gemäss Schätzungen werden 2010 ungefähr 85 % aller Neufahrzeuge in den USA mit Speichermodulen ausgeliefert [267]. Ab 2015 werden in den USA alle Fahrzeuge obligatorisch mit Crash-Recordern ausgestattet sein. Die Daten der meisten Fahrzeuge können mit einem frei erhältlichen Gerät über eine Schnittstelle ausgelesen werden. Inwiefern dieses System auch in Europa Anwendung finden wird, bleibt abzuwarten.

Abbildung 46
Ereignisdatenspeicher mit integrierter Kamera



Quelle: EAS Surveillande

Auf dem Markt sind auch verschiedene Ereignisdatenschreiber erhältlich, die nachträglich in die Fahrzeuge eingebaut werden können (Abbildung 46).

Wirksamkeit: Der Unfalldatenspeicher soll primär die Unfallrekonstruktion und Schuldklärung erleichtern [268]. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Unfalldatenspeicher per se das Unfallrisiko reduziert [192]. Dies hängt damit zusammen, dass Lenkende nicht mit einem Unfall rechnen und ihre eigenen Fahrfähigkeiten zur Unfallvermeidung überschätzen. Dennoch sind präventive Wirkungen möglich, wenn der Unfalldatenspeicher in einem speziellen Setting mit flankierenden Rahmenbedingungen zum Einsatz kommt. Insbesondere bei Neulenkenden in der Probephase sowie bei Berufsfahrenden von Fahrzeugflotten erscheinen präventive Effekte möglich. Wie Erfahrungen zeigen, kann der Einsatz bei gewerblichen Fahrzeugflotten die durch Unfälle entstandenen Kosten um beinahe 25 % senken [217,218]. Eine umfangreiche holländische Studie kommt ebenfalls zum Schluss, dass die Unfälle von Flottenfahrzeugen im Durchschnitt um 20 % gesenkt werden können [269]. Hierbei geht die Wirksamkeit aber auch auf ein Schulungs- und Instruktionsprogramm zurück. Eine Neuanalyse der Daten von Wouters und Bos durch Elvik [270] führte jedoch zu einer deutlich geringeren Wirksamkeit im Bereich von 7 %, die nicht mehr signifikant war.

b) Fahrdatenschreiber

JDR (Journey Data Recorder)

Fahrdatenschreiber zeichnen Informationen nicht nur im Fall eines Unfalls, sondern kontinuierlich während der ganzen Fahrt auf. Da derartige Systeme die Daten typischerweise mit einem Zeitintervall von einer Sekunde aufzeichnen, sind sie zur Rekonstruktion eines Unfalls zu ungenau. Fahrdatenschreiber erlauben

aber ein fortlaufendes Monitoring des Fahrverhaltens und damit verschiedene präventive Anwendungen.

Die erfassten Fahrdaten können den **Versicherungsgesellschaften** gemäss dem Motto «Pay as you drive» (PAYD) als Grundlage für individuelle Prämienberechnungen dienen, wodurch sich präventiv risikobehaftete Verhaltensweisen reduzieren lassen.

- Neben dem Einsatz bei Versicherungen könnten Fahrdatenschreiber auch bei Betrieben mit Fahrzeugflotten sowie im privaten Sektor auf **freiwilliger Basis** zum Einsatz kommen. Auf dem US-Markt ist beispielsweise ein Gerät erhältlich, das u. a. für Eltern konzipiert wurde, die ihr Auto ihren Kindern zur Verfügung stellen und dabei eine gewisse Kontrolle haben möchten (Tiwi®, Abbildung 47). Das Gerät ermöglicht es den Eltern, sich darüber zu vergewissern, dass ihre Kinder keine riskanten Fahrmanöver durchführen. Das Gerät erfasst verschiedene Informationen über das Fahrverhalten, wie etwa abrupte Bremsmanöver, Beschleunigungen und Geschwindigkeiten, aber auch das Gurtentragen. Bei definierten Gefahrenereignissen wird nicht nur der Lenker gewarnt, sondern in Echtzeit (z. B. per SMS oder

Mail) auch andere Instanzen benachrichtigt. Eine Evaluationsstudie konnte belegen, dass das Gerät risikoreiches Fahrverhalten von jungen Neulenkenden reduzieren kann [271].

- Es besteht auch die Möglichkeit, Fahrdatenschreiber für bestimmte Nutzergruppen **gesetzlich vorzuschreiben** und für polizeiliche Kontrollzwecke zu nutzen. Ein derartiges Kontrollsystem wurde beispielsweise in Australien eingeführt, um lokale und zeitliche Fahrbeschränkungen kontrollieren zu können [236]. Aber auch in der Schweiz werden bereits seit längerem Fahrdatenschreiber erfolgreich eingesetzt, um das Einhalten der Arbeits- und Ruhezeitverordnung (ARV 1⁴⁷ und ARV 2⁴⁸) bei Berufsfahrern kontrollieren zu können [272], wie dies im Rahmen von Via sicura vorgesehen ist. Die konkrete Umsetzung ist allerdings noch offen.

Wirksamkeit: Die Erwartungen bezüglich der präventiven Wirkung von Fahrdatenschreibern sind deutlich grösser als bei Unfalldatenspeichern. Nichtsdestotrotz hängt die Wirksamkeit sehr stark vom konkreten Setting ab, in dem die Datenaufzeichnung stattfindet (z. B. bei Privatpersonen, Flottenfahrzeugen, PAYD-Versicherungsmodell, Verkehrsdelinquenten).

Abbildung 47
Monitoringgerät



Quelle: Inthinc

Müdigkeitswarner

DAS (Driver Alertness System)

Müdigkeitswarner kontrollieren kontinuierlich die Schläfrigkeit des Fahrzeuglenkers. Wenn kritische Müdigkeitswerte überschritten werden, erfolgt eine akustische, visuelle und/oder haptische Warnung (Abbildung 48).

⁴⁷ Verordnung über die Arbeits- und Ruhezeit der berufsmässigen Motorfahrzeugführer und -führerinnen vom 19. Juni 1995, SR 822.221

⁴⁸ Verordnung über die Arbeits- und Ruhezeit der berufsmässigen Führer von leichten Personentransportfahrzeugen und schweren Personenwagen vom 6. Mai 1981, SR 822.222

Gegenwärtige Systeme detektieren die Müdigkeit in der Regel mittels der Analyse des Lenkverhaltens, teilweise unter Berücksichtigung weiterer Parameter wie beispielsweise der Geschwindigkeit, der Längs- und Querschleunigung sowie verschiedener Bedienhandlungen wie Blinker- oder Pedalbetätigung. Grundsätzlich könnten zur Müdigkeitsdetektion auch Indikatoren wie Kopfposition, Augenbewegung, Blinzelfrequenz und Gesichtsausdruck herangezogen werden (Abbildung 49). Da hierbei jedoch grössere inter- und intraindividuelle Differenzen bestehen, ist die Festlegung einer adäquaten Warnschwelle schwieriger [272].

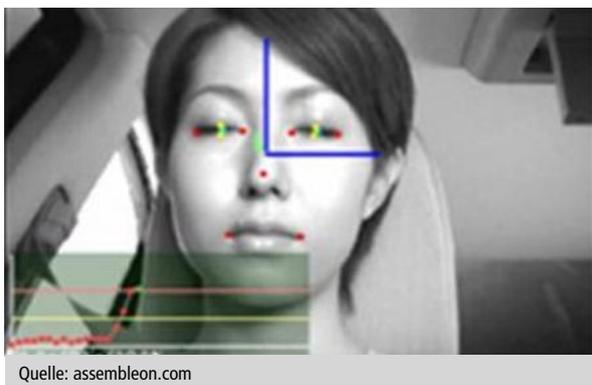
Wirksamkeit: In Anbetracht der Tatsache, dass Schläfrigkeit am Steuer rund einen Zehntel aller Verkehrsunfälle verursacht [272], erscheinen Müdig-

keitswarnsysteme grundsätzlich als vielversprechende Technologien. Müdigkeitswarner können ihr Sicherheitspotenzial aber nur dann ausschöpfen, wenn die Lenkenden die entsprechende Compliance aufweisen. Andererseits gilt es auch zu bedenken, dass sich Fahrzeuglenkende zu sehr auf das Warnsystem verlassen könnten und die eigene Verantwortung abschieben [273]. Obwohl derartige Verhaltensanpassungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden können, dürfte der positive Effekt insgesamt überwiegen [272]. Im Rahmen einer Studie zur Sicherheitsabschätzung von intelligenten Fahrzeugsystemen wurde für den Müdigkeitswarner ermittelt, dass die Anzahl der Getöteten um bis zu 5 % verringert werden kann [260]. Die Anzahl der Schwerverletzten könnte gemäss dem EU-Projekt TRACE um 3 % gesenkt werden [173].

Abbildung 48
Müdigkeitswarner



Abbildung 49
Müdigkeitsdetektion anhand der Augenbewegung



Alkoholwegfahrsperr (Alcolock)

Eine Alkoholwegfahrsperr ist ein im Fahrzeug integriertes Alkoholmessgerät, das mit dem Anlasser verbunden ist und verhindert, dass sich das Fahrzeug starten lässt, wenn ein bestimmter Promillegrenzwert überschritten wird (Abbildung 50, Abbildung 51). Eine Manipulation beispielsweise durch externe Luftquellen kann durch den Einsatz verschiedener Techniken weitgehend ausgeschlossen werden.

Wirksamkeit: Alkoholwegfahrsperr wurden bisher primär als **rehabilitative Massnahme** bei FiaZ-Delinquenten eingesetzt (Kap.VI.2.5.3 , S. 180). Dabei hat sich gezeigt, dass die Alkoholsperre ein wirksames Mittel darstellt, um Rückfälle zu verhindern [69,274], allerdings nur, solange das System eingebaut ist [275]. Eine vergleichende Evaluationsstudie aus Grossbritannien ermittelte beispielsweise, dass die Rückfälligkeit von FiaZ-Delinquenten um 28–65 % gesenkt werden kann [276]. Auch aus

wirtschaftlicher Perspektive lohnt sich der Einsatz von Alkoholwegfahrsperren im rehabilitativen Bereich: Die eingesparten Kosten sind höher als die Kosten für das System [277]. Im Rahmen von Via sicura ist diese Massnahme vorgesehen, aber noch nicht in Kraft.

Auch als **generalpräventiv eingesetzte Massnahme** hat sich die Alkoholwegfahrsperre bereits bewährt: In einem schwedischen Pilotversuch mit Fahrzeugflotten wurden die Daten von 300 mit einer Alkoholwegfahrsperre ausgerüsteten Fahrzeugen, die von insgesamt 800 Chauffeuren gefahren wurden, ausgewertet. Obwohl die Angestellten sich der Alkoholkontrolle bewusst waren, wurden pro 1000 Fahrten 3,3 positive Tests gemessen und die Fahrt im angetrunkenen Zustand verhindert [69].

Abbildung 50
Messeinheit einer Alkoholwegfahrsperre



Quelle: Saab

Abbildung 51
Anzeige einer Alkoholwegfahrsperre



Quelle: : Volvo

Mittlerweile sind Alkoholwegfahrsperren in Schweden, Finnland und Frankreich für Schulbusse vorgeschrieben. In Schweden sind sie aber auch sonst stark verbreitet, z. B. in 75 % aller Regierungsfahrzeuge, Lastwagen usw. Falls alle Neufahrzeuge mit einer Alkoholwegfahrsperre ausgerüstet würden, liesse sich gemäss den Berechnungen im EU-Projekt TRACE das Gesamtunfallgeschehen bereits nach einem Jahr um 6 % bei den Getöteten und 3 % bei den Schwerverletzten senken [173].

Ablenkungswarner

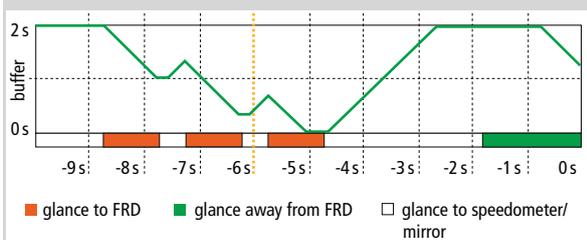
Beim Ablenkungswarner werden Kopf- und Augenbewegungen kontinuierlich erfasst und analysiert (Abbildung 52). Falls der Blick zu lange von der Fahrbahn abgewendet wird, ertönt ein Warnsignal.

Abbildung 52
Blickanalyse



Quelle: roadtransport.com

Abbildung 53
Analyse der visuellen Ablenkung (Erläuterung im Text)

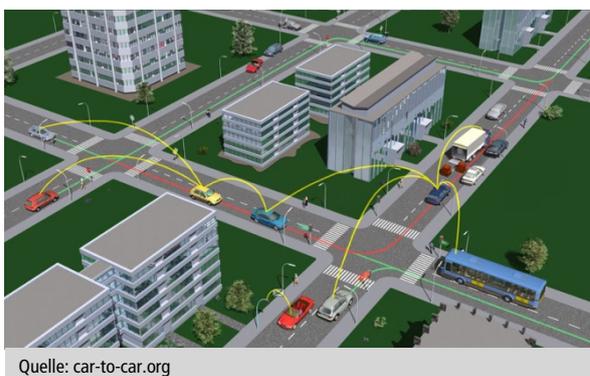


Quelle: Nabo, [279]

Das System geht von einem fahrrelevanten Sichtbereich aus [278]. Wenn der PW-Lenker seinen Blick auf ein Objekt ausserhalb dieses festgelegten Sichtbereichs richtet, wird kontinuierlich ein gewisser Beitrag von einem Zeitkontingent abgezogen [279] (Abbildung 53). Falls eine vordefinierte Schwelle unterschritten wird, ertönt ein Warnsignal.

Wirksamkeit: Ablenkungswarner befinden sich noch in der Entwicklungsphase: Empirische Analysen zur Wirksamkeit liegen noch nicht vor. Eine Untersuchung zur Ablenkung hat jedoch aufgedeckt, dass insgesamt rund 55 % aller Ablenkungsquellen vermeidbar sind (innerhalb des Fahrzeugs sind es 61 % und ausserhalb 31 %) [280]. Des Weiteren konnte eine experimentelle Simulatorstudie belegen, dass es durch ein Feedbacksystem möglich ist, die Ablenkung des Lenkers zu reduzieren. Konkret konnten die Blickdauer auf die Strasse erhöht und die Reaktionszeiten verkürzt werden [281]. In Anbetracht dessen, dass rund ein Viertel aller schweren Unfälle durch Ablenkung mitversursacht werden [282] und die Hälfte der Ablenkungsfälle verhinderbar sind, kann geschätzt werden, dass Ablenkungswarner ein Rettungspotenzial von bis zu 4 % aufweisen.

Abbildung 54
V2V-Kommunikation



2.2.8 Kooperative Systeme

Bisherige FAS verlassen sich auf Informationen des unmittelbaren Fahrzeugumfelds. Diese Informationen beschränken sich im Wesentlichen auf einen Sichtbereich, der in etwa dem des Lenkers entspricht. Zukünftige Assistenzsysteme sollen den abgedeckten Informationsbereich stark erweitern, indem Daten von anderen Verkehrsteilnehmenden und Infrastruktureinrichtungen empfangen werden. Die gegenseitige Nutzung von drahtlos übertragenen Daten wird unter der Bezeichnung «Kooperative Systeme» zusammengefasst.

Fahrzeugkommunikation

Der Datenaustausch zwischen einzelnen Fahrzeugen wird kurz als V2V oder C2C (Vehicle-to-Vehicle bzw. Car-to-Car) bezeichnet. Dabei sollen Fahrzeuge in der Lage sein, Informationen über Strassenzustand, Verkehrsverhältnisse oder Unfallereignisse an andere Fahrzeuge weiterzugeben (Abbildung 54). Hierzu bilden die Fahrzeuge sich selbst-organisierende Ad-hoc-Kommunikationsnetzwerke. Auf der Basis einer derartigen Kommunikationsstruktur könnten z. B. Kreuzungs- und Überholassistenten entwickelt werden. Bevor solche Assistenzsysteme realisiert werden können, bedarf es zunächst jedoch gemeinsamer Standards. Daran arbeitet zurzeit das «Car-2-Car Communication Consortium». Die EU hat die Europäische Normungsorganisationen ETSI, CEN und CENELEC beauftragt, einheitliche Normen, Spezifikationen und Leitlinien für kooperative Systeme zu erstellen. Ein erster Satz dieser Standards wurde im Februar 2014 auf dem 6. ETSA ITS Workshop for Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) präsentiert [283].

Infrastrukturkommunikation

Fahrzeuge sollen Informationen nicht nur untereinander, sondern auch mit Infrastrukturelementen austauschen (V2I = Vehicle-to-Infrastructure). Sende- und Empfangsmodule an Ampeln, Kreuzungen oder ähnlichen Infrastruktureinrichtungen sollen den Datenaustausch ermöglichen (Abbildung 55). Im Rahmen des EU-Projekts DRIVE C2X war auch noch eine ITS Central Station involviert, die einerseits Informationen von Fahrzeugen und Infrastrukturelementen sammelt und andererseits auch wieder Informationen an diese zurücksenden kann.

Das europäische Projekt CVIS (Cooperative Vehicle Infrastructure Systems) legt mit der ersten universellen Plattform für eine Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation die Basis für vielfältige Anwendungen dieser Zukunftstechnologie. Dynamische Geschwindigkeitsgrenzen und ortsbezogene Gefahrenwarnungen, wie beispielsweise bei Geisterfahrern, Nebel oder Staus, könnten einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten. Durch individuelle Umfahrungsempfehlungen sowie aktuelle Verkehrsinformationen kann zudem der Verkehrsfluss verbessert werden. Im Rahmen von DRIVE C2X wurden folgende Systeme an insgesamt 7 Standorten getestet: Approaching Emergency Vehicle Warning, Traffic

Abbildung 55
V2I-Kommunikation



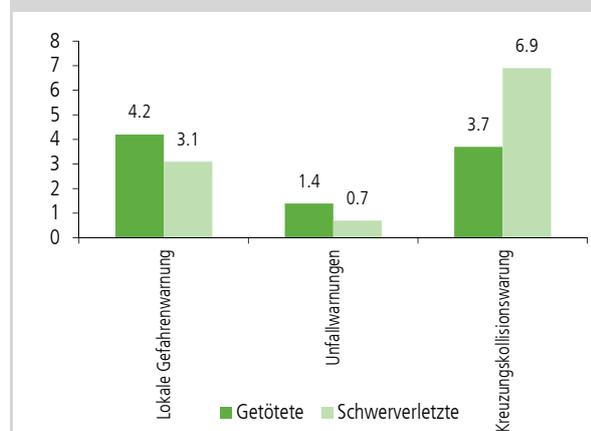
Quelle: CVIS

Jam Ahead Warning, In-Vehicle Signage, Road Works Warning, Obstacle Warning, Car Breakdown Warning, Weather Warning und Green Light Optimal Speed ADVISORY. Koordiniert werden viele ITS-Projekte von ERTICO (European Road Transport Telematic Implementation Coordination Organization), einer branchenübergreifenden öffentlich-privaten Partnerschaft für intelligente Transportsysteme und Dienste in Europa.

Wirksamkeit: In einer umfassenden Studie zur Abschätzung des Sicherheitspotenzials von verschiedenen kooperativen Systemen zeigte sich, dass durch Kreuzungskollisionswarnungen und lokale Gefahrenwarnungen je rund 4 % aller Getöteten verhindert werden könnten. Warnungen vor Unfällen, die sich im Vorfeld ereignen, weisen indessen eine deutlich geringe Wirksamkeit auf [284] (Abbildung 56).

Eine deutsche Studie kommt auf der Basis einer detaillierten Unfallanalyse zum Schluss, dass Kreuzungsassistenten 15 % aller Unfälle in Ballungsräumen reduzieren können [285]. Teilweise werden für Kreuzungsassistenten sogar noch höhere Rettungspotenziale ermittelt [286].

Abbildung 56
Erwartete Sicherheitseffekte von kooperativen Systemen (Reduktion in Prozent)



Quelle: Kulmala, [284]

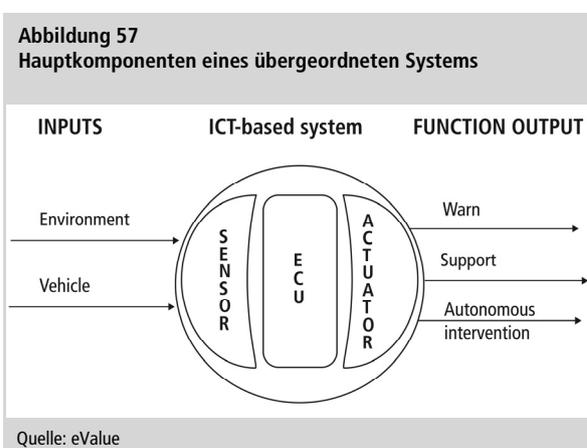
2.2.9 Übergeordnetes Metasystem

Durch die ständige Zunahme an elektronischen Ausstattungselementen wird es künftig erforderlich sein, die einzelnen Systeme aufeinander abzustimmen, zu vernetzen und deren Kommunikation mit den Fahrzeuglenkenden zu koordinieren. Dazu muss ein umfassendes, übergeordnetes System gebildet werden, das vor allem folgende Funktionen zu erfüllen hat:

- a) Datenfusion
- b) Informationsmanagement
- c) Manipulationsschutz

a) Systemvernetzung und Datenfusion

Heutige FAS bilden in der Regel für sich isolierte Komponenten, die als Einzelsysteme meist nur Zugriff auf relativ wenige Fahrzeugdaten haben und unabhängig voneinander warnen oder eingreifen. Wegen der Eigenständigkeit einzelner Assistenzsysteme kann insbesondere in anspruchsvollen Situationen das Gesamtverhalten des Fahrzeugs nur unzureichend festgelegt werden. Deshalb wird mit einer zunehmenden Anzahl von Assistenzfunktionen ein integratives Gesamtsystem mit einer übergeordneten Systemarchitektur erforderlich (Abbildung 57).



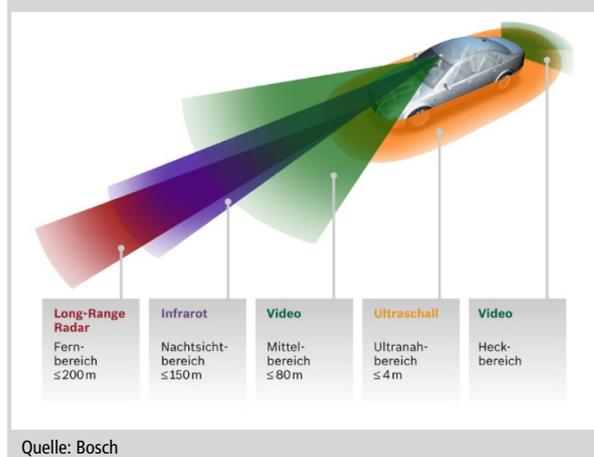
Durch die Vernetzung bislang unabhängig agierender Sicherheitsausstattungen und deren Sensoren (Abbildung 58) wird ein Mehrgewinn erzielt, weil das Umfeld des Fahrzeugs durch die Nutzung von komplementären Informationen besser und valider erfasst werden kann. Zusätzlich reagieren die Teilsysteme aufeinander abgestimmt und die Kosten für Einzelfunktionen werden günstiger, da die einzelnen Teilsysteme auf gleiche Ressourcen (z. B. Sensoren) zurückgreifen können.

Die im Rahmen des Projekts PREVENT durchgeführten Teilprojekte INSAFES (Integration of Functions) und ProFusion (Sensor Data Fusion Functional Model) geben vertiefte Informationen zu diesem Bereich.

b) Informations- und Warnmanagement

Die mentale Auslastung des Lenkers (Workload) darf ein bewältigbares Volumen nicht überschreiten, da ansonsten sichere Entscheidungen und eine gute Aufmerksamkeitssteuerung nicht mehr gewährleistet sind. Obwohl FAS in der Regel so konzipiert werden, dass sie möglichst wenig ablenkend wirken, können sie dennoch zu Problemen führen [287]. Ein mögliches Problem ist beispielsweise darin zu sehen, dass zu einer ungünstigen Zeit eine unpassende

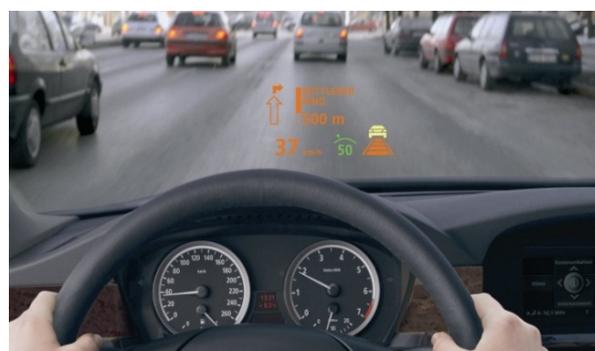
Abbildung 58
Sensoren zur Umfelderkennung



Warnung oder Information gegeben wird. Gegenwärtige Assistenzsysteme funktionieren in der Regel nicht nur für sich allein, sondern auch ohne Berücksichtigung der aktuellen Aufmerksamkeit des Lenkers. So kann ein Kollisionswarnsystem eine Warnung ausgeben, unabhängig davon, ob die steuernde Person nach vorn schaut und das potenzielle Kollisionsobjekt bereits selbst erkannt hat. Gleichzeitig können Navigationsgeräte über die Route informieren und der Spurhalteassistent eine Warnung ausgeben, weil gerade ein Ausweichmanöver durchgeführt wird. Dies kann den PW-Lenker überbeanspruchen und zu kritischen Fahrsituationen führen oder diese verschärfen. Um derartige Situationen zu vermeiden, ist es sinnvoll, die einzelnen Informationen anhand ihrer Dringlichkeit zu gewichten und nur jene auszugeben, die höchste Priorität haben, und zwar nur dann, wenn es die aktuelle Situation auch erfordert [287-289]. Dies erhöht nicht nur die Sicherheit, sondern auch die Nützlichkeit und Akzeptanz der Systeme (Abbildung 59). Einfache Informationsmanagementsysteme werden bereits von einzelnen Fahrzeugherstellern eingesetzt (z. B. das IDIS [Intelligent Driver Information System] von Volvo). Auch andere Hersteller wie Fiat, Mercedes, BMW und Toyota arbeiten an derartigen Systemen [290].

Um den Lenker durch die vielen Assistenzsysteme nicht zu überlasten, kommt der konkreten Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI = Human-Machine-Interface) eine entscheidende Rolle zu [289]. In Bezug auf die Reaktionszeiten und die Genauigkeit der Reaktion stellt sich beispielsweise die Frage, wann mit welcher sensorischen Modalität gewarnt werden soll [291], ob die Warnungen unimodal sein oder mehrere Sinneskanäle gleichzeitig umfassen sollen [224] und ob dies mit einem globalen Masteralarm oder mit gefahren- und system-spezifischen Alarmsignalen geschehen soll [292]. Hier besteht noch Forschungsbedarf, auch wenn es schon diverse Standards in diesem Bereich gibt [293,294]. Grundsätzlich wird empfohlen, Warnungen und Informationen wenn immer möglich nicht visuell zu geben, weil diese Sinnesmodalität beim Autofahren ohnehin schon stark gefordert ist. Falls dennoch visuell informiert wird, empfiehlt sich der Einsatz von

Abbildung 60
Frontsichtdisplay (HUD)



Quelle: BMW

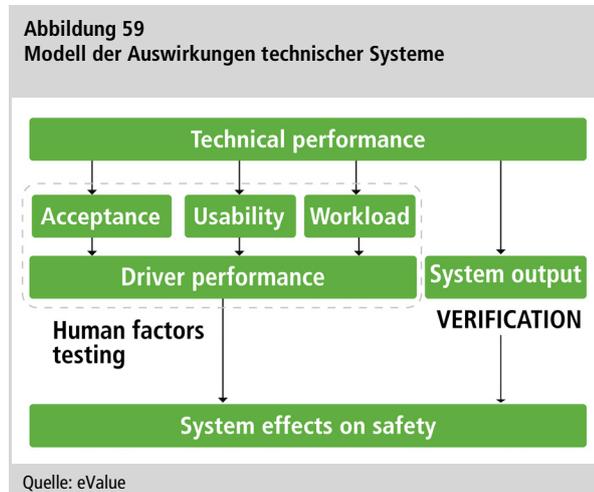


Abbildung 61
AIDA – Affective Intelligent Driving Agent



Quelle: SENSEable

Frontsichtdisplays (HUD = Head-Up-Displays). Dadurch entfällt der ständige Blickwechsel von der Strasse zum Armaturenbrett, wodurch die Gefahr der visuellen Ablenkung sinkt (Abbildung 60). Um beispielsweise die Geschwindigkeit vom Tacho abzulesen, brauchen PW-Lenkende rund 1 Sekunde. In dieser kurzen Zeit werden bei 100 km/h etwa 30 m im Blindflug zurückgelegt. HUDs, die die ganze Windschutzscheibe abdecken, können auch verwendet werden, um relevante Objekte der Aussenwelt zu markieren (z. B. Fussgänger, Verkehrsschilder usw.) – die sogenannte «Augmented Reality».

Künftig könnten intelligente Systeme eingesetzt werden, die auf eine intuitiv verständliche und individuelle Weise mit dem Lenker kommunizieren (Abbildung 61).

c) Manipulationsschutz

Abgesehen von den gewünschten Funktionen der elektronischen Systeme können diese durch Fehlgebrauch, Missbrauch, Manipulation oder Eingriffe von aussen zweckentfremdet und verändert werden. So können die Systeme zur Gefahr werden. Insbesondere durch den Datenaustausch bei den kooperativen Systemen werden neue Möglichkeiten der Manipulation durch externe Angriffe Dritter geschaffen. Dies verdeutlicht, dass die elektronische Absicherung eine Grundvoraussetzung für die Betriebssicherheit von Fahrzeugen darstellt – ganz im Sinn des englischen Ausdrucks: «No Safety without Security». Um die genannten Gefahren anzugehen, wurde im Rahmen der eSafety-Initiative der Europäischen Kommission eine neue Arbeitsgruppe zum Thema eSecurity etabliert.

2.3 Massnahmen zur Verletzungsverminderung

Sogenannte **passive Sicherheitseinrichtungen** haben die Aufgabe, im Fall einer Kollision die Entstehung von Verletzungen zu verhindern bzw. deren Ausmass zu begrenzen. Studien konnten aufzeigen, dass die Verletzungsreduktion in einem signifikanten Zusammenhang mit dem Herstellungsjahr des Fahrzeugs steht [171,172]. Diese Befunde belegen die Wirkung der verbesserten passiven Sicherheitsausstattung.

Die passive Sicherheitsausstattung soll folgende Teilaspekte abdecken: Die Fahrzeugstruktur soll die kinetische Energie absorbieren bzw. so umleiten, dass sie nicht auf die Körper der Insassen einwirkt (Kap. VI.2.3.4, S. 174). Sicherheitsgurt (Kap. VI.2.3.1, S. 166) und Airbags (Kap. VI.2.3.2, S. 169) haben die Funktion die Fahrzeugverzögerung auf die Insassen so zu verringern und zu modifizieren, dass die übertragene Energie die menschlichen Toleranzen nicht überschreitet. Optimierte Sitze und Kopfstützen sollen die Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper möglichst gering halten und damit die Belastung der Halswirbelsäule minimieren (Kap. VI.2.3.3, S. 172).

Die genannten passiven Sicherheitseinrichtungen werden in neueren Fahrzeugen durch Systeme zur **Kollisionsvorbereitung** erweitert (je nach Hersteller als Pre-Crash- oder Pre-Safe-Systeme bezeichnet). Bei diesen Systemen wird die Fahrsituation durch Sensoren überwacht und bei einem drohenden Unfall werden verschiedene reversible Massnahmen zum Schutz der Insassen eingeleitet. So können beispielsweise die vorderen Sitze in eine optimale Position gefahren werden, die Gurte mit einem elektrischen Aufroller gestrafft und allenfalls aktive Kopfstützen aktiviert werden. Zudem können

die Seitenscheiben und das Schiebedach geschlossen werden, um das Eindringen von Fremdkörpern in das Auto zu verhindern⁴⁹.

2.3.1 Gurtbezogene Rückhaltesysteme

Nach wie vor stellt der vor 50 Jahren erstmals serienmässig eingesetzte Sicherheitsgurt ein unverzichtbares Rückhaltesystem dar. Durch Gurtstraffer, Gurtkraftbegrenzer und Gurtairbag kann die Wirksamkeit des Gurts weiter gesteigert werden. Der Gurtwarner soll sicherstellen, dass sich die Insassen auch tatsächlich angurten. Für Kinder ist der normale Gurt allein nicht geeignet. Hier sind Kinderrückhaltesysteme zu benutzen.

Sicherheitsgurt

Ein Gurtband besteht aus rund 300 000 Polyester-Filamenten und hält einem Gewicht von beinahe 3 t stand (Abbildung 62).

Die Schutzfunktion des Sicherheitsgurts beruht auf der Rückhaltung des Fahrzeuginsassen. Dadurch wird ein Aufprall auf harte Teile im Fahrzeuginnenraum oder ein Herausschleudern vermieden. Keine andere Einzelkomponente der passiven Fahrzeugsicherheit hat zu einer ähnlich hohen Verbesserung der Sicherheit der Fahrzeuginsassen im Unfallgeschehen beigetragen [172].

Abbildung 62
Sicherheitsgurt



Quelle: kfztech.de

⁴⁹ Kollisionsvorbereitungssysteme heben die klassische Grenze zwischen aktiver und passiver Sicherheit auf, da sie (wie aktive Sicherheitseinrichtungen) bereits vor dem Unfall reagieren, aber (wie passive Sicherheitssysteme) der Senkung der

Wirksamkeit: Die Entstehung von schweren oder tödlichen Verletzungen bei PW-Insassen auf den Vordersitzen lässt sich durch den Sicherheitsgurt um je rund die Hälfte reduzieren. Auf den Rücksitzen reduziert sich das Risiko für schwere oder tödliche Verletzungen um je rund 25 % [117]. Da in der Schweiz die Gurtenragquote bei 94 % liegt, besteht immer noch ein gewisses Sicherheitspotenzial.

Gurtstraffer

Der Gurtstraffer erhöht die Wirksamkeit des Gurts, indem ein zu loses Gurtband gestrafft wird. Innerhalb von rund 10–15 Millisekunden wird der Gurt um bis zu 15 cm angezogen (Abbildung 63). Sinnvoll ist dies insbesondere dann, wenn dicke Kleidung ein straffes Anliegen des Gurts am Körper verhindert. Das vorgängige Straffen des Gurts ermöglicht einen früheren und damit effektiveren Abbau der Bewegungsenergie auf ein niedrigeres und damit verletzungsreduzierendes Kraftniveau [172].

Konventionelle Gurtstraffer werden entweder mechanisch durch eine gespannte Feder oder pyrotechnisch, also durch eine kleine Sprengladung,

Abbildung 63
Gurtstraffer



Quelle: Bosch

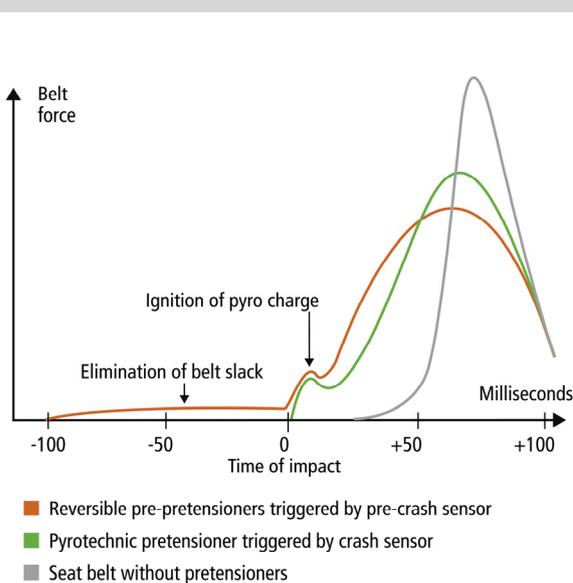
Verletzungsgefahr dienen. Ausserdem sind Kollisionsvorbereitungssysteme oftmals mit aktiven Sicherheitssystemen zur Unfallvermeidung gekoppelt, wie beispielsweise mit einem Bremsassistenten oder einem Kollisionsvermeidungssystem.

ausgelöst. Sowohl mechanische als auch pyrotechnische Gurtstraffer haben den Nachteil, dass sie nur einmal verwendet werden können. Deshalb werden sie erst bei erfolgter Kollision ausgelöst. Demgegenüber sind elektrische und pneumatische Gurtstraffer reversibel und können bereits vor der eigentlichen Kollision reagieren. Die Spitzenbelastungen für die Insassen können dadurch noch stärker gesenkt werden (Abbildung 64). Auch die Wahrscheinlichkeit einer Halswirbelsäulenverletzung (HWS) wird reduziert [223].

Kommende Generationen von Gurtstraffern werden sogar eine dosierte Aktivierung in Abhängigkeit der Unfallschwere und der Fahrzeugbesetzung erlauben [295].

Wirksamkeit: Gemäss einer EU-Studie können konventionelle Gurtstraffer in Kombination mit Gurtkraftbegrenzern das Risiko einer schweren Hals- oder Brustkorbverletzung um 14 % reduzieren [192]. Reversible Gurtstraffer können schwere Verletzungen sogar um bis zu 20 % senken [192].

Abbildung 64
Auswirkung von Gurtstraffern



Der Einsatz von Gurtstraffern lohnt sich auch aus finanzieller Sicht: Die entstehenden Kosten sind geringer als die Einsparungen durch die verhinderten Verletzungen [192].

Gurtkraftbegrenzer

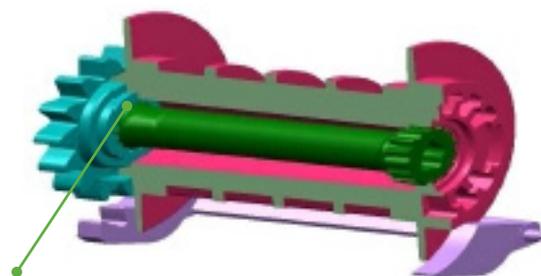
Der Gurtkraftbegrenzer hat die Funktion bei einer Kollision die maximale Rückhaltekraft des Sicherheitsgurts auf den Insassen zu beschränken. Die Gurtbandkraft wird auf die biomechanisch tolerierbaren Grenzwerte reduziert. Bei Erreichen eines bestimmten Grenzwerts wird durch

- Deformations- und Reibungselemente,
- Reissnähte am Gurtband oder
- Torsionsstäbe im Aufroller (Abbildung 65)

etwas Gurtband freigegeben. Dadurch kann etwa verhindert werden, dass Rippen brechen oder der Kopfnickwinkel bestimmte Belastungsgrenzwerte überschreitet.

Wirksamkeit: Gurtkraftbegrenzer können in Kombination mit Gurtstraffern das Risiko einer schweren Kopf- oder Brustkorbverletzung um 14 % reduzieren [192]. Die Bedeutung des Gurtkraftbegrenzers könnte sogar noch deutlich zunehmen, wenn die Schwellenwerte auf die älteren Personenwagenlenkenden und -insassen angepasst würden.

Abbildung 65
Beispiel eines Gurtkraftbegrenzers (Torsionsstab)



Torsionsstab, der sich bis zu 7-mal verdreht und dadurch Gurtband freigibt

Quelle: kfztech.de

Gurtairbag

Der Gurtairbag stellt eine weitere Möglichkeit dar, die Schutzwirkung des Gurts zu optimieren (Abbildung 66). Der im Gurt integrierte Airbag wird nach einem Unfall innerhalb von Millisekunden aufgeblasen und fungiert als polsternder Luftschlauch. Bei einem Unfall werden die auftretenden Kräfte deutlich besser verteilt als bei einem konventionellen Sicherheitsgurt.

Wirksamkeit: Gurtairbags wurden bisher noch nicht im Rahmen von Unfallanalysen evaluiert. Experimentelle Crashtests zeigen jedoch positive Auswirkungen auf den Insassenschutz [296,297]. Insbesondere für ältere Menschen wird – wegen ihrer leichter brechenden Rippen – ein positiver Effekt erwartet [298].

Abbildung 66
Gurtairbag



Quelle: Ford

Abbildung 67
Angurt-Erinnerer



Quelle: EuroNCAP

Gurtwarner

Angurt-Erinnerer (SBR = Seat-Belt-Reminder) fordern die Insassen mit einer Warnleuchte und/oder einem Warnton auf sich anzugurten (Abbildung 67). Idealerweise ist das System mit einer Personenerkennung gekoppelt, das die Belegung der einzelnen Sitze detektiert. Das System ist eine einfache und kostengünstige Möglichkeit, um die Gurtentragquote zu erhöhen. Seit dem 1. November 2014 ist es in der Schweiz auf der Grundlage des ECE-Reglements Nr. 16 (Sicherheitsgurte) obligatorisch. Beim Crashtest-Programm EuroNCAP wird der Gurtwarner bei der Sicherheitsbewertung der Fahrzeuge berücksichtigt.

Wirksamkeit: Studien aus Schweden und Australien haben gezeigt, dass ein Angurt-Erinnerer die Gurtnutzung auf mindestens 95 % erhöhen kann [299]. In der Schweiz liegen die Tragquoten teilweise tiefer (Innerorts: 92 %, Landstrasse: 93 %, Autobahn: 97 %) [300]. Die Wirksamkeit ist aber von der Art und Stärke des Warnsignals abhängig [301]. Reine Warnleuchten haben so gut wie keinen Effekt [302,303]. Besser ist eine akustische Warnung, wobei der Effekt wiederum stark von der Dauer und Lautstärke des Warntons abhängt: je persistenter, desto besser. Die grösste Nutzungsquote liesse sich mit einer Gurtwegfahrsperrre erreichen. Hiermit ist das Losfahren nur möglich, wenn alle detektierten Fahrzeuginsassen angegurtet sind. Die Akzeptanz von Gurtwegfahrsperrren ist jedoch gering [304]. Wie Kosten-Nutzen-Analysen zeigen, lohnen sich Angurt-Erinnerer auch aus wirtschaftlicher Perspektive [305].

Kinderrückhaltesysteme

Auf Plätzen mit Sicherheitsgurten muss für Kinder unter zwölf Jahren, die kleiner als 150 cm sind, eine

geeignete Kinderrückhaltevorrichtung (z. B. Kindersitz) verwendet werden, die nach dem ECE-Reglement Nr. 44 gemäss Anhang 2 VTS zugelassen ist. Keine Kinderrückhaltevorrichtung muss verwendet werden für Kinder ab 4 Jahren auf speziell für Kinder zugelassenen Sitzplätzen oder in Gesellschaftswagen sowie für Kinder ab sieben Jahren auf Sitzplätzen mit Beckengurten. Seit dem 1. Januar 2014 ist es gemäss Weisung des ASTRA vom 16. Dezember 2013 möglich, neben Kinderrückhaltevorrichtungen, die dem ECE-Reglement Nr. 44 entsprechen, auch solche zu verwenden, die nach dem ECE-Reglement Nr. 129 geprüft wurden.

Bei älteren Kindersitzmodellen bestand das Problem darin, dass sie oft unsachgemäss befestigt wurden [306]. Dieser Mangel wird durch die ISOFIX-Befestigung mehr als halbiert (Abbildung 68). ISO hat die Verbindung zwischen Kindersitz und Fahrzeug standardisiert. Die mit diesem System ausgerüsteten Kindersitze werden mit Verschlüssen ausgestattet, die in allen Fahrzeugen mit genormten Gurtschlössern angewendet werden können [307].

Im Rahmen der eSafety-Initiative der Europäischen Kommission wird für die ISOFIX-Befestigung ein Einbau-Obligatorium angestrebt [175,187]. Dabei sollte auch eine dritte Kinderrückhalte-Vorrichtung zur Pflicht werden [223].

Abbildung 68
ISOFIX-Verankerung



Quelle: osann.de

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit von Kinderrückhaltesystemen wurde in vielen Studien nachgewiesen. Eine australische Studie kam unter Einbezug weiterer Untersuchungen zum Schluss, dass das Risiko, schwer oder tödlich verletzt zu werden, um 70 % reduziert wird [308,309]. Verglichen mit dem Sicherheitsgurt können Kinderrückhaltesysteme das Todesrisiko um rund 30 % reduzieren [310]. Eine Analyse der deutschen Unfalldaten ergab, dass nur 1,8 % der Kinder in speziellen Kinderrückhaltesystemen schwere Verletzungen erlitten. Bei konventionell angegurteten Kindern lag der Anteil mehr als doppelt so hoch. Bei nicht gurtgeschützten Kindern verletzten sich sogar 13 % schwer [311]. Wie eine andere deutsche Studie ermittelte, hängt die Wirksamkeit jedoch von der Art der Kinderrückhaltevorrichtung ab: Während rückwärts gerichtete Systeme Verletzungen um 90–95 % reduzieren, zeigen vorwärts gerichtete Systeme eine Verletzungsreduktion von «nur» rund 60 % [311].

2.3.2 Airbagsysteme

Bei einem Unfall werden Airbags innerhalb von Millisekunden von einem Gasgenerator aufgeblasen und verhindern oder dämpfen den Aufprall der Insassen auf harte Fahrzeugteile. Gegenwärtig werden primär Frontairbags sowie zunehmend Seiten- und Kopfairbags eingebaut. Ergänzend dazu können aber auch weitere Airbag-Typen eingesetzt werden. Künftig soll die Funktionsweise von Airbags erweitert werden, indem sie abgestimmt auf die zu schützende Person und den Unfalltyp reagieren.

Frontairbags

Frontairbags gehören inzwischen zur Standardausstattung neuer Personenwagen (Abbildung 69). Der

Fahrerairbag ist im Lenkrad integriert, jener des Beifahrers im Armaturenbrett. Beide sollen die Gefahr von Kopf- und Brustkorbverletzungen verringern, sind jedoch kein Ersatz für den Sicherheitsgurt, sondern nur eine Ergänzung.

Abbildung 69
Frontairbags



Quelle: auto-motor-sport

Abbildung 70
Thoraxairbag



Abbildung 71
Kopfairbag



Quelle: Skoda

Wirksamkeit: Wie Unfallanalysen aufzeigen, bedeutet der Frontairbag in Verbindung mit einem Sicherheitsgurt einen signifikanten Sicherheitsgewinn gegenüber dem Standardgurtsystem ohne Airbag [311]. Sowohl eine deutsche als auch eine EU-Untersuchung kamen unabhängig voneinander zum Schluss, dass bei Frontalkollisionen der Anteil an tödlichen Verletzungen um rund 20 % niedriger ist als bei vergleichbaren Unfällen ohne Airbag [192,312]. Andere Studien ermittelten noch höhere Wirksamkeitswerte: So wird berichtet, dass Frontairbags beim angegurten Lenker Verletzungen um fast 30 % [313] und schwere Kopfverletzungen sogar um rund 40 % reduzieren [314]. Auf das Gesamtunfallgeschehen bezogen ergibt sich dadurch eine Reduktion der Getöteten um ca. 10 % [192]. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit von Airbags kommen Studien zu widersprüchlichen Befunden [192].

Seitenairbags

Bei den Seitenairbags kann zwischen Thorax- und Kopfairbags unterschieden werden. Thoraxairbags sind in den Sitzlehnen oder der Türverkleidung integriert und gehören inzwischen zumindest für die Frontsitze zur Standardausstattung neuer Personewagen (Abbildung 70). Sie entfalten sich zwischen Sitz und Tür und sollen so das Verletzungsrisiko für den Brustkorb bei Seitenkollisionen reduzieren.

Zunehmend setzen sich auch Kopfairbags durch (Abbildung 71). Diese sind im seitlichen Dachrahmen integriert und entfalten sich entlang der Fensterfront (weshalb sie auch als Vorhangairbag bezeichnet werden). Kopfairbags schützen den Kopf bei einem Seitenaufprall oder Überschlag des Fahrzeugs.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit von Seitenairbags auf die Verletzungswahrscheinlichkeit konnte empirisch

belegt werden: Thoraxairbags reduzieren tödliche Verletzungen um mehr als 30 % [117]. In Kombination mit einem Kopfairbag zeigt sich sogar ein zusätzlicher Sicherheitseffekt [117]. Die von verschiedenen Experten geäußerte Befürchtung, dass Seitenairbags das Verletzungsrisiko von gesicherten Kindern erhöhen könnten, hat sich im Rahmen von Tests mit Dummies nicht bestätigt [315].

Zusatzairbags

Neben den Front- und Seitenairbags setzen sich auch Knie-Airbags (Lenksäulenairbag) für den Lenker zunehmend durch (Abbildung 72). Bei einem Frontalunfall soll er den Knie- und Schienbeinbereich vor schweren Verletzungen schützen.

Abbildung 72
Knie-Airbag



Quelle: Skoda

Abbildung 73
Sitzpolsterairbag



Quelle: Renault

Vereinzelt werden auch Sitzpolster- und Heckairbags eingesetzt. Sitzpolsterairbags (auch Anti-Submarining-Airbag oder Anti-Sliding-Airbag) befinden sich im vorderen Teil der Sitzflächen und sollen ein Durchrutschen unter dem Gurt verhindern (Abbildung 73).

Der Heckairbag befindet sich im Dachraum vor dem hinteren Fenster und entfaltet sich zwischen Kopfstützen und Heckscheibe (Abbildung 74). Er soll das Verletzungsrisiko der Rücksitzpassagiere bei einem Heckaufprall mindern.

An weiteren Airbagtypen wie beispielsweise Fuss-, Dach- und Mittelairbag (Abbildung 75) wird bereits geforscht.

Abbildung 74
Heckairbag



Quelle: Toyota

Abbildung 75
Mittelairbag



Quelle: Daimler

Wirksamkeit: Knie- und Fussairbags wurden bisher kaum im Rahmen von Unfallanalysen evaluiert. Experimentelle Crashtests zeigen jedoch positive Auswirkungen [117,223,316]. Eine Analyse von Patel et al. [317] fand zwar eine Verlagerung in den Frakturen der unteren Extremitäten, jedoch insgesamt keine signifikanten Verbesserungen. Befunde zu anderen Airbagtypen liegen nicht vor.

Adaptive Airbags

Bereits heute existieren Airbags, die je nach Schwere des Aufpralls in zwei unterschiedlichen Stufen gezündet werden. Künftige Airbagsysteme werden aber nicht nur die Schwere des Unfalls berücksichtigen, sondern auch verschiedene Eigenschaften der einzelnen Insassen [295]. So können das Volumen und die Auslösezeit automatisch an von Sensoren erkannte Sitzposition, Statur und Gewicht der Personen angepasst werden (Abbildung 76). Da der Beifahrerairbag für Kleinkinder in rückwärtsgerichteten Kindersitzen eine Gefahr darstellt, ist auch die Erkennung von Kinderrückhaltesystemen mit einer automatischen Airbag-Deaktivierung erstrebenswert [223].

Abbildung 76
Adaptiver Airbag



Quelle: Daimler

2.3.3 Sitz und Kopfstütze

Neben dem Komfort müssen moderne Fahrzeugsitze auch unterschiedlichste Sicherheitsanforderungen erfüllen. Dabei spielt der Schutz der Insassen vor sogenannten Schleudertraumen eine zentrale Rolle [223]. Ein Schleudertrauma ist die häufigste Verletzung bei Autounfällen. Unfallstudien zeigen, dass besonders Auffahrunfälle mit rund 30–50 km/h viele Halswirbelsäulenverletzungen (HWS) hervorbringen [318]. Auch im Bereich von 10 bis 15 km/h (der sogenannten Harmlosigkeitsgrenze) kann es zu Schleudertraumen kommen. So erlitt bei einer experimentellen Studie zu diesem Thema eine von 19 Versuchspersonen eine 10 Wochen andauernde Beweglichkeitsstörung des Halses [319]. Auch deuten Unfallanalysen darauf hin, dass offensichtlich bei neueren Fahrzeugkonzepten mit verbesserter Gurtrückhaltewirkung HWS-Verletzungen häufiger auftreten [311]. Durch eine Optimierung der Rückenlehne und der Kopfstütze kann diese Verletzungsgefahr reduziert werden.

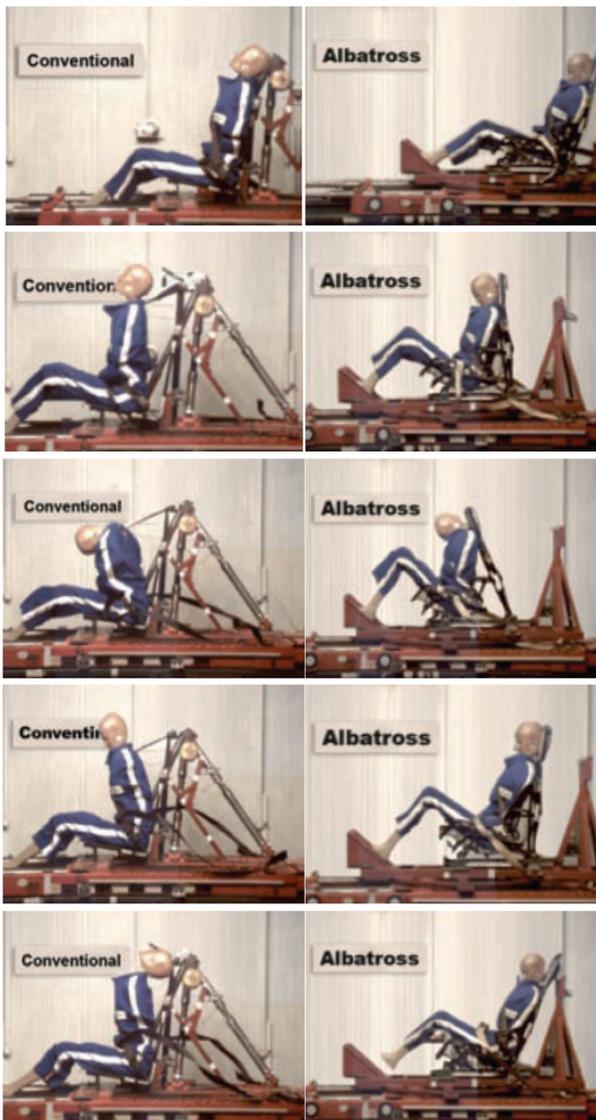
Sitzkonstruktion

Ziel ist es, Sitz und Kopfstütze so abzustimmen, dass die Relativbewegung zwischen Kopf und Oberkörper und damit auch die Belastungen der HWS möglichst gering bleiben [320]. Dies wird erreicht, indem der Oberkörper leicht in die Lehne eintaucht und der Kopf frühzeitig von der Kopfstütze aufgefangen werden kann. Konstruktiv wird dies in der Lehne durch eine Energie absorbierende Schäumlingsauslegung, eine optimierte Struktursteifigkeit und eine stabile Kopfstütze gelöst.

Eine völlig neuartige Sitzkonstruktion zur Reduzierung von Verletzungen wurde in den Niederlanden entwickelt (Abbildung 77). Dabei bilden Sitz und

Gurt eine Einheit, die die auftretenden Verzögerungskräfte besser abfängt. Eine Spezialkonstruktion führt dazu, dass die Rückenlehne und der Oberkörper zusammenbleiben. Das vielversprechende System soll die Belastungen für den Körper und insbesondere das Risiko für HWS-Verletzungen deutlich senken [321]. Bei der Sitzkonstruktion handelt es sich jedoch erst um einen Prototypen.

Abbildung 77
Neuartige Sitzkonstruktion (rechts) im Vergleich zu einem konventionellen Sitz (links)



Quelle: Chard Safety

Wirksamkeit: Eine schwedische Studie hat ermittelt, dass die Sitzoptimierung von 3 Fahrzeugherstellern (Saab, Volvo, Toyota) in den späten 90er-Jahren das Risiko von Schleudertraumen um etwa 50 % reduziert hat [322,323]. Allerdings scheinen Frauen davon weniger zu profitieren als Männer.

Aktive Kopfstützen

Die Kopfstütze verhindert, dass die Halswirbel über ihre Belastungsgrenze hinaus nach hinten überdehnt werden. Aktive Kopfstützen optimieren den Schutz vor Nackenverletzungen: Im Fall eines Heckaufpralls werden die Kopfstützen elektromechanisch oder mittels kleiner pyrotechnischer Einheiten in Richtung Kopf bewegt (Abbildung 78). Allerdings ist bei der Einstellung der Kopfstützen die Höhe deutlich wichtiger als der Abstand [324].

Wirksamkeit: Unfallanalysen konnten die schützende Wirkung von konventionellen Kopfstützen nachweisen: Die Anzahl der Nackenverletzungen reduziert sich um 14–25 % [117]. **Aktive** Kopfstützen weisen gegenüber normalen Kopfstützen einen zusätzlichen Sicherheitsnutzen auf: Verschiedene Studien konnten aufzeigen, dass die Belastung auf den Hals bei einer Heckkollision um bis zu 50 % reduziert werden kann [192].

Abbildung 78
Aktive Kopfstütze



Quelle: Gizmag.com

2.3.4 Fahrzeugstruktur

Die Crash-Eigenschaften von Personenwagen haben durch eine kontinuierliche Optimierung der Knautschzone und Fahrgastzelle in den letzten Jahrzehnten ein hohes Niveau erreicht. Nichtsdestotrotz bestehen nach wie vor Verbesserungsmöglichkeiten – insbesondere in Hinblick auf Frontalkollisionen mit geringer Überdeckung sowie bei Seitenkollisionen. Eine grosse Herausforderung stellt die zunehmende Inhomogenität von Fahrzeugen dar.

Knautschzone und Fahrgastzelle

Die Karosseriestruktur spielt eine wichtige Rolle für den passiven Schutz der Fahrzeuginsassen und hat im Fall einer Kollision zwei Aufgaben zu erfüllen: Sie muss eine ausreichende Steifigkeit aufweisen, um

Abbildung 79
Lastpfade (Energie aufnehmende Karosseriestrukturen)



Abbildung 80
Ausfahrbare Stossfänger



Quelle: Daimler

für die Fahrzeuginsassen einen Überlebensraum zu bilden und sie vor Verletzungen durch eindringende Teile zu schützen (Fahrgastzelle). Andererseits muss durch Deformationen der Karosserie ein möglichst hoher Anteil der kinetischen Aufprallenergie absorbiert werden, sodass die maximale Insassen-Verzögerung auf einem biomechanisch ertragbaren Niveau bleibt (Knautschzone) (Abbildung 79).

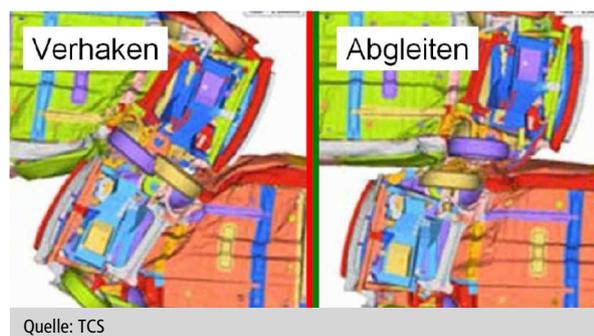
Neben der weiteren Optimierung der Fahrzeugstruktur und dem Einsatz neuartiger Materialien könnte die Knautschzone auch durch ausfahrbare Stossfänger erweitert werden (Abbildung 80) [192].

Wirksamkeit: Dass in neueren Fahrzeugen die Wahrscheinlichkeit einer schweren oder tödlichen Verletzung signifikant tiefer ist als in älteren Fahrzeugen, stellt einen starken Beleg für die Wirksamkeit von Knautschzone und Fahrgastzelle dar [325]. Im Rahmen von empirischen Studien zeigte sich, dass tödliche Verletzungen durch verbesserte Crash-Eigenschaften um 20 % gesenkt werden können [117].

Abgleitstrukturen

Der Einsatz von speziellen seitlichen Abgleitstrukturen könnte bei einem Frontalaufprall mit geringer Überdeckung verhindern, dass sich die Fahrzeuge

Abbildung 81
Kollision mit geringer Überdeckung, links ohne Zusatzstrukturen, rechts mit Abgleitstruktur



Quelle: TCS

ineinander verhaken (Abbildung 81). Bei gegenwärtigen Fahrzeugmodellen führt diese Unfallkonstellation zu starken Deformationen der Fahrgastzelle und hohen Karosserieverzögerungen [223]. Die Fahrzeughersteller haben diesen Bereich bisher vernachlässigt, mutmasslich auch, weil Frontalkollisionen mit geringer Überdeckung im Rahmen von EuroNCAP nicht getestet werden [117,311,326].

Wirksamkeit: Seitliche Abgleitstrukturen könnten die Belastungen bei einem Frontalaufprall mit geringer Überdeckung um rund einen Drittel reduzieren [325].

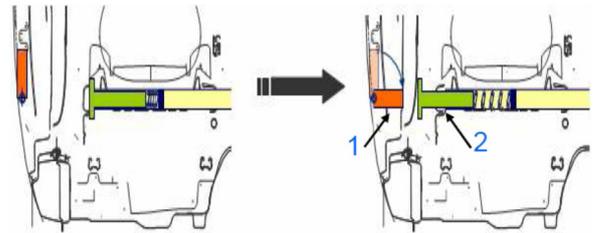
Seitenanprallschutz

Im Gegensatz zu Frontalkollisionen steht bei einem Seitenanprall kaum Verformungsweg zur Verfügung, um kinetische Energie in grösserem Masse abzubauen. Daher erstaunt es nicht, dass bei Seitenkollisionen ein erhöhtes Sterberisiko besteht. Die Verbesserung des Seitenanprallschutzes wird von Experten als zentral erachtet [325]. In Hinblick auf den bestehenden Handlungsbedarf wurde im Rahmen des EU-Projekts APROSYS (Advanced Protection Systems) ein neuartiger Seitenanprallschutz entwickelt: Im Fall einer Seitenkollision wird innerhalb weniger Millisekunden eine durchgehende Metallstrebe errichtet (Abbildung 82), sodass die von der Seite einwirkende Energie (Abbildung 82, Pfeil) durch das Fahrzeug gelenkt wird.

Um die Energien bei einer Seitenkollision absorbieren zu können, liessen sich gemäss Mercedes-Benz künftig möglicherweise auch aufblasbare Metallstrukturen einsetzen. Im Fall einer Kollision werden hohle Metallstrukturen von einem Gasgenerator aufgeblasen, sodass sie sich (wie ein Airbag) entfalten und dadurch mehr Stabilität erhalten (Abbildung 83).

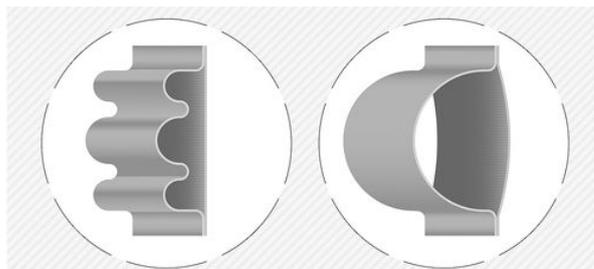
Wirksamkeit: Die beiden vorgestellten Technologien befinden sich noch im Konzeptstadium – Realisierung und Wirksamkeit sind noch offen. Generelle Abschätzungen zur Wirksamkeit von verschiedenen adaptiven Fahrzeugstrukturen zeigen, dass derartige Systeme die Verletzungsschwere reduzieren können [327].

Abbildung 82
Seitenanprallschutz (Erläuterung im Text)



Quelle: APROSYS

Abbildung 83
Aufblasbare Metallstrukturen (links: Normalzustand, rechts: aufgeblasener Zustand)



Quelle: Auto-Motor-Sport

Tabelle 38
Relatives Sterberisiko für den Lenker des Personewagens 1 in Abhängigkeit der Fahrzeuggewichte

Personenwagen 1	Personenwagen 2 als Kollisionsfahrzeug				
	830 kg	1080 kg	1290 kg	1460 kg	1640 kg
830 kg	1.00	2.15	2.32	2.19	2.28
1080 kg	0.85	1.63	1.63	1.69	1.58
1290 kg	0.43	0.87	1.07	1.04	1.40
1460 kg	0.32	0.69	0.73	0.86	0.96
1640 kg	0.19	0.33	0.50	0.59	0.72

Quelle: Elvik et al., [117]

Fahrzeugkompatibilität

Der Trend zu grösseren Unterschieden in Masse, Bauweise und Abmessungen der Personenwagen führt im Fall einer Kollision zwischen ungleichen Personenwagen zu Sicherheitsproblemen [328]. Grössere und schwerere Fahrzeuge wie insbesondere Pickup-Trucks, Minivans und SUVs (Sport Utility Vehicles) erhöhen bei den Insassen des leichteren Wagens das Risiko schwerer Personenschäden [117,311,326] (Tabelle 38). Einerseits verschärft sich die Problematik durch den Leichtbau bei Kleinwagen und elektrisch betriebenen Fahrzeugen und andererseits durch die Beliebtheit der schweren SUVs.

Aus diesem Grund wird die Frage der Fahrzeug-Kompatibilität als der nächste grössere Schritt zur Verbesserung der Insassensicherheit angesehen [223]. Automobilhersteller müssen sich auf geometrisch kompatible Strukturen im Crashbereich einigen [325]. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, dass die Stossfänger von erhöhten Fahrzeugen durch zusätzliche Querträger ergänzt werden, die auf der Höhe der herkömmlichen Personenwagen positioniert werden (Abbildung 84). Auch die Angleichung der Höhe beim vorderen Stossfänger und seitlichen Schweller steigert die Kompatibilität.

Zudem müssten die schweren und grossen Fahrzeuge weichere Strukturen und die kleinen, leichten Fahrzeuge härtere Strukturen erhalten.

Neben der Crash-Kompatibilität zwischen Personenwagen unterschiedlicher Grösse sind auch andere Fahrzeugkategorien, wie insbesondere Lastwagen, zu berücksichtigen (Abbildung 85). Hier gilt es insbesondere den hinteren und seitlichen Unterfahrschutz zu verbessern [329].

Wirksamkeit: Eine amerikanische Untersuchung hat ermittelt, dass strukturelle Anpassungen bei SUV/Pickups (z. B. das Anbringen von zusätzlichen Querträgern oder Stossstangen auf PW-Höhe) das Todesrisiko für den Kollisionsgegner in einem Personenwagen um fast 20 % reduzieren [330]. Dennoch werden die Insassen der schweren Fahrzeuge im Normalfall geringere Verzögerungswerte erreichen, als diejenigen von leichteren Fahrzeugen, da erstere nur verlangsamt, letztere hingegen in ihrer Fahrtrichtung umgekehrt werden.

Abbildung 84
Tiefer Querträger in einem SUV zur Erhöhung der Crash-Kompatibilität



Quelle: Volvo

Abbildung 85
Crash-Vergleich eines verbesserten mit einem konventionellen Unterfahrschutz



Quelle: Vision Zero International

2.4 Massnahmen zur Schadensbegrenzung

Neben den Massnahmen zur Unfallvermeidung (Kap. VI.2.2, S. 138) und Verletzungsminderung (Kap. VI.2.3, S. 165) ist auch die Schadensbegrenzung in der Post-Crash-Phase Teil einer umfassenden Sicherheitsausstattung. Dabei soll sichergestellt werden, dass einerseits Verletzungen möglichst schnell und optimal medizinisch versorgt werden (Kap. VI.2.4.1, S. 177) und dass andererseits die Unfallsituation nicht noch weiter verschlimmert wird (Kap. VI.2.4.2, S. 178).

2.4.1 Notrufsystem

Notrufsysteme sind Einrichtungen zur automatischen oder manuellen Auslösung und Übertragung eines Notrufs an die zuständigen Rettungskräfte. Dadurch wird die Zeitspanne vom Eintreten des Unfalls bis zum Aufbieten der Einsatzkräfte minimiert und die Unfallfolgen somit potenziell eingedämmt. Dabei erlauben satellitengestützte Positionssysteme und Mobiltelefone eine automatische Standortangabe. Zudem können auch weitere für die Rettungskräfte wichtige Informationen übertragen werden (z. B. über Fahrzeuglage, Gurtsicherung, Feuerausbruch usw.). Verschiedene Autohersteller betreiben bereits eigene Notrufsysteme (Abbildung 86).

Abbildung 86
Notrufsystem



Quelle: Mercedes

eCall bezeichnet ein auf europäischer Ebene standardisiertes Notrufsystem, dessen Einführung beschlossen wurde, sodass es ab Oktober 2015 in allen neuzugenehmigten Fahrzeugen obligatorisch sein wird (Abbildung 87). In der Schweiz hat das ASTRA das «eCall Memorandum of Understanding» unterzeichnet, das eine Absichtserklärung darstellt. Ein Grundlagenbericht zu eCall in der Schweiz kommt zum Schluss, dass die Einführung von eCall koordiniert werden sollte durch eine noch einzuberufende Projektgruppe mit Vertretern aus dem ASTRA, dem Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) sowie der Konferenz der kantonalen Polizeikommandanten (KKPKS) bzw. der ihr angehörenden Schweizerischen Polizeitechnischen Kommission (SPTK) [331].

Wirksamkeit: Die Wirksamkeitsangaben in der Fachliteratur variieren relativ stark. Während grobe Abschätzungen davon ausgehen, dass sowohl die Anzahl der Getöteten als auch jene der Schwerverletzten in der Grössenordnung von 5 bis 10 % reduziert werden könnte [234,270,271], kommen insbesondere Untersuchungen mit detaillierten Unfallanalysen zu tieferen Werten: Eine holländische Studie ermittelt eine Reduktion von 1 bis 2 % bei den Getöteten und 1 % bei schwereren Verletzungen [332]. Zwei Studien, die auf finnischen Unfalldaten basieren, geben an, dass die Anzahl der Getöteten zwar um 5 bzw. 6 % [273,274], jene der Schwerverletzten jedoch gar

Abbildung 87
eCall



Quelle: eSafety

nicht gesenkt werden kann [333]. Eine britische Studie kommt unter der Annahme einer eCall-Verbreitung von 66 % auf ein 3%iges Rettungspotenzial bei den Getöteten [334]. Eine schwedische Studie schätzt, dass bei einer vollständigen Implementierung von eCall die Anzahl der Getöteten um 2–4 % und jene der Schwerverletzten um 3–5 % gesenkt werden könnte [187]. Eine Untersuchung zu Kosten und Nutzen dieses Systems [335] im Auftrag der deutschen Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt) kam allerdings zum Ergebnis, dass sich nur eine einfache Version des Systems finanziell lohnen würde.

2.4.2 Verhinderung von Folgeschäden

Je nach Unfallart und -schwere können automatisch verschiedene Post-Crash-Massnahmen ausgelöst werden. Diese reichen vom Abstellen des Motors und der Kraftstoffpumpe über das Einschalten der Warnblinkanlage und der Innenbeleuchtung bis hin zur automatischen Bremsaktivierung und Türenriegelung. Der Anspruch dabei ist, eine weitere Verschlimmerung der Situation, insbesondere durch Folgeunfälle und Brände, zu vermeiden.

Wirksamkeit: Es liegen noch keine Untersuchungen zum Nutzen von Post-Crash-Massnahmen vor [192].

2.5 Implementierung von Sicherheitstechnologien

2.5.1 Ausgangslage

In neuen Fahrzeugtechnologien und insbesondere in FASn liegen **grosse Hoffnungen**, was die Erhöhung der Verkehrssicherheit anbelangt [286]. Eine von der Europäischen Kommission eingesetzte 40-köpfige Expertengruppe kam zu dem Ergebnis, dass «die intelligenten Fahrzeugsicherheitssysteme das

grösste Potenzial zur Lösung der Sicherheitsprobleme im Strassenverkehr bieten» [336]. Gewisse Fahrzeughersteller gehen sogar davon aus, dass ab 2020 in ihren Neufahrzeugen keine Passagiere mehr sterben werden [171]. Viele technologische Anwendungen können in der Tat als vielversprechend bezeichnet werden, da sie mehr Informationen erfassen, diese rascher und zuverlässiger verarbeiten sowie gegebenenfalls schneller darauf reagieren als Fahrzeuglenkende es je könnten. In einer Studie der BASt wurde auf der Basis von Potenzialabschätzungen ermittelt, dass durch die bereits auf dem Markt erhältlichen, inklusive den sich in Entwicklung befindlichen FAS bis zu geschätzt 70 % aller schweren PW-Unfälle verhindert werden können [286].

In Anbetracht der zu erwartenden positiven Effekte für die Verkehrssicherheit ist eine rasche Implementierung intelligenter Fahrzeugtechnologien mit nachweislich hohem Sicherheitsnutzen wünschenswert. Einer breiten oder sogar flächendeckenden, raschen Einführung stehen jedoch verschiedene **Hemmfaktoren** im Weg. So sind viele der fortschrittlichen Technologien trotz gesunkener Preise noch mit teilweise hohen Zusatzkosten verbunden. Dies führt in Kombination mit dem Mangel an Informationen über die möglichen Vorteile der Systeme zu einer geringen Produktnachfrage bei den Autokäufern [337]. Zudem stossen gewisse Systeme bei den Endverbrauchern auf eine bescheidene Akzeptanz. Auch die Sicherheitswirkung einzelner Systeme wird von gewissen Experten mit Skepsis beurteilt. So wird beispielsweise befürchtet, dass im Vertrauen auf die Systeme risikoreicher gefahren wird, sodass der Sicherheitsgewinn wieder verloren geht (wie es bei ABS zumindest zeitweise der Fall war) oder dass die Lenkenden durch Assistenzsysteme überfordert oder im Gegenteil unterfordert werden, sodass sie in kritischen Fahrsituationen nicht die Geistesgegenwart haben, richtig zu reagieren.

Zwar entkräften bisherige Erfahrungen viele Befürchtungen [273,337-340], dennoch kann die Gefahr einer negativen Verhaltensadaptation nicht für alle Systeme a priori widerlegt werden [341]. Deshalb bedarf es auch Feldversuchen im realen Strassenverkehr und detaillierter Unfallanalysen, bevor ein System gefördert werden kann.

Aber selbst bei eindeutig nachgewiesenem Schutzpotenzial vergehen oft Jahrzehnte bis ein neues Sicherheitsprodukt in der grossen Mehrheit der Fahrzeuge zum Einsatz kommt [282]. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit von **strategischen Massnahmen** zur aktiven Förderung der Verbreitung von Sicherheitstechnologien. Die der Markteinführung entgegenstehenden Hindernisse müssen beseitigt, die Produktnachfrage angeregt und ein Konsens zwischen den wichtigsten Akteuren aufgebaut werden. Eine rasche Masseneinführung intelligenter Fahrzeugsysteme mit positiver Sicherheitswirkung kann sich nicht allein auf privatwirtschaftliche Initiative stützen [337]. Vor allem zu Beginn der Markteinführung müssen ausgereifte Technologien die volle Unterstützung des öffentlichen Sektors erhalten. Anders kann gemäss Experten die von der EU und der Schweiz angestrebte Zielsetzung, die schweren Personenschäden noch weiter zu senken, kaum erreicht werden. Aufgrund dieser Erkenntnis wurden in der EU verschiedene Initiativen lanciert, u. a. die Initiative **Cars21**⁵⁰. Diese hat einen wettbewerbsfähigen Rechtsrahmen für Motorfahrzeuge im 21. Jahrhundert zum Ziel. So wird von Experten bemängelt, dass die Haftungsfrage bei Schäden durch fehlerhafte Assistenzsysteme noch nicht geklärt sei [342] und dies die Entwicklung und Verbreitung hemme. Eine Anpassung des Wiener Ab-

kommens wurde von der zuständigen Arbeitsgruppe der UNECE vorgeschlagen, muss aber erst noch von den Mitgliedstaaten angenommen werden. Als Schlüsselinitiative kann das von der Generaldirektion «Informationsgesellschaft und Medien» (damals DG INFSO, jetzt DG Connect) lancierte **eSafety-Forum** (jetzt **iMobility-Forum**) betrachtet werden. Dieses Forum zielt auf die Beseitigung von Hindernissen zur Markteinführung intelligenter Fahrzeugsysteme durch Konsensbildung zwischen den Interessenvertretern und gibt Empfehlungen an Mitgliedstaaten und die EU heraus. Es wurde 2003 gegründet und hat gegenwärtig bereits über 200 Mitglieder, die alle möglichen an der Strassenverkehrssicherheit interessierten Kreise repräsentieren [337].

Da die Schweiz ein Interesse daran haben muss, sichere Fahrzeuge zu fördern, sind spezifische Massnahmen zu ergreifen, die die Marktdurchdringung intelligenter Fahrzeugsysteme aktiv beschleunigen. Es bestehen folgende Möglichkeiten:

- Forderungen an die Fahrzeughersteller
- Gesetzliche Ausrüstungsvorschriften
- Kommunikationskampagnen
- Anreizsysteme
- Verbrauchertests

2.5.2 Forderungen an die Fahrzeughersteller

Fahrzeuge müssen gesetzliche Anforderungen erfüllen, um im Strassenverkehr zugelassen zu werden. Somit besteht die Möglichkeit bestimmte Ausstattungen als **obligatorische Standardausrüstung für Neufahrzeuge** zu erklären, wie es für den Schleuderschutz ESC geschehen ist. Der Implementierung von Fahrzeugtechnologien durch gesetzli-

⁵⁰ Competitive Automotive Regulatory System for the 21st century (DG ENTR)

che Forderungen an die Fahrzeughersteller sind jedoch Grenzen gesetzt, da oft Normierungen auf internationaler Ebene erforderlich sind. Ein Alleingang der Schweiz als Land ohne eigene Automobilindustrie und mit verhältnismässig kleinem Absatzanteil ist kaum möglich, zumal das Übereinkommen⁵¹ und das Bundesgesetz über die technischen Handelshemmnisse⁵² zu beachten sind. Die Schweiz übernimmt indessen sicherheitsfördernde Vorgaben der EU und der UNECE, wie beispielsweise die in den nächsten Jahren anstehenden Ausrüstungsvorschriften für Bremsassistentensysteme und eCall.

Erfreulicherweise ist die Schweiz mittlerweile in den Gremien der UNECE vertreten und kann an der Weiterentwicklung der kooperativen Systeme mitwirken.

Gesetzliche Forderungen an die Fahrzeughersteller haben zwar den Vorteil, dass sie nach ihrer Einführung das Sicherheitsniveau nahezu aller neuen Fahrzeuge erhöhen. Hingegen muss festgehalten werden, dass der notwendige nationale und internationale Abstimmungsprozess häufig sehr langwierig ist, insbesondere im Vergleich zur schnell voranschreitenden technischen Entwicklung neuer Fahrzeugsysteme [175,187]. Als eher zügige Umsetzung kann die Einführung von ESC angesehen werden, wobei es 10 Jahre von den ersten wissenschaftlichen Publikationen bis zum Obligatorium für alle Neufahrzeuge in der EU dauerte (2004–2014). Dementsprechend wichtig ist es, auch andere Förderungsstrategien zu verfolgen.

2.5.3 Gesetzliche Ausrüstungsvorschriften

Neben den an die Hersteller gerichteten Ausrüstungsvorschriften für Neufahrzeuge, die in aller Regel auf internationaler Ebene ablaufen, können auch Ausrüstungsvorschriften für alle (d. h. inklusive den bereits im Verkehr befindlichen) Fahrzeuge eingeführt werden, sofern eine einfache Nachrüstung möglich ist. Denkbar ist beispielsweise eine gesetzliche Pflicht zur Verwendung von wintertauglicher Bereifung, wie dies in Österreich⁵³ bereits der Fall ist.

Weiterhin ist für spezielle Einsatzbereiche der obligatorische Einbau von Datenaufzeichnungsgeräten und Alkoholwegfahrsperrern vorgesehen: Bei PW-Lenkenden, die in schwerer Weise oder wiederholt gegen die Geschwindigkeitsvorschriften verstossen haben, kann die Rückfallgefahr durch eine technische Überwachung reduziert werden. Somit ist es sinnvoll, Fahrdatenschreiber als Bedingung für die Wiedererlangung des Führerausweises einzusetzen. Im Rahmen des Handlungsprogramms Via sicura ist diese **rehabilitative Massnahme** für extreme Verkehrsdelinquenten vorgesehen, aber noch nicht eingeführt. Zur Kontrolle, ob die betroffenen Personen tatsächlich nur Fahrzeuge führen, die mit einem Datenaufzeichnungsgerät ausgerüstet sind, müsste ein entsprechender Eintrag in den Führerausweis erfolgen.

Äquivalent dazu ist vorgesehen bei gewissen FiaZ-Delikten Alkoholwegfahrsperrern einzusetzen. Letztere werden bereits seit Mitte der 80er-Jahre vor allem in den USA und in Kanada meist als eine Bedingung für die Wiedererlangung des Führerausweises bei alkoholdelinquenten Lenkenden eingesetzt.

⁵¹ Übereinkommen über technische Handelshemmnisse vom 1. Januar 1980, SR 0.632.231.41

⁵² Bundesgesetz über die technischen Handelshemmnisse vom 6. Oktober 1995, SR 946.51

⁵³ Zwischen dem 15.11. und dem 15.3. ist bei winterlichen Verhältnissen (insbesondere bei Schnee, Matsch und Eis) die Verwendung von Winterreifen gesetzlich vorgeschrieben.

Hierbei hat sich gezeigt, dass die Alkoholfahrtsperrung ein wirksames Mittel darstellt, um Rückfälle zu verhindern [69], was sich auch aus wirtschaftlicher Perspektive lohnt [277]. Initiativen zur Implementierung von Alkoholfahrtsperrungen für Alkoholauffällige existieren bereits in verschiedenen Ländern der EU [69,343]. Kritisch anzumerken ist, dass Alkoholfahrtsperrungen nicht zu einer dauerhaften Verhaltensänderung führen. Sie wirken nur solange sie in Betrieb sind. Eine nachhaltige Verhaltens- und demzufolge auch Einstellungsänderung findet nicht statt.

Datenaufzeichnungsgeräte und Alkoholfahrtsperrungen können nicht nur als rehabilitative Massnahmen bei bereits auffällig gewordenen PW-Lenkenden eingesetzt werden, sondern ebenso als **generalpräventive Massnahmen**. Auch wenn die flächendeckende Einführung von Datenaufzeichnungsgeräten und Alkoholfahrtsperrungen in Personenkraftwagen ein langfristiges Ziel darstellt, ist ein entsprechendes Obligatorium zurzeit noch nicht anstrebenwert. Zwar wäre der Sicherheitsnutzen beträchtlich, aber infolge der noch hohen Systemkosten ist eine flächendeckende Anwendung zumindest für die Alkoholfahrtsperrung gegenwärtig nicht wirtschaftlich. Zudem ist die erforderliche gesellschaftliche und politische Akzeptanz nicht gegeben. Bereits kurzfristig umsetzbar wäre jedoch eine Gesetzesvorschrift, die den Einsatz von Fahrerüberwachungssystemen bei Lenkenden mit einer besonderen Verantwortung verlangt – wie insbesondere beim Gefahrgut- und Personentransport. Ereignisdatenschreiber sind bereits heute für bestimmte Personentransportfahrzeuge vorgeschrieben und auch bei Berufsschauffeuren werden Fahrdatenschreiber bereits seit längerem erfolgreich eingesetzt, um das Einhalten der Arbeits- und Ruhezeitverordnung (ARV 1 und ARV 2) zu kontrollieren. Demgegenüber

ist der Einsatz von Alkoholfahrtsperrungen bei Lenkenden mit einer besonderen Verantwortung zurzeit vom Gesetzgeber weder vorgesehen noch geplant. In anderen europäischen Ländern wie Schweden, Finnland und Frankreich sind sie bereits für Schulbuschauffeure vorgeschrieben.

2.5.4 Kommunikationskampagne

Eine repräsentative Erhebung von Eurotest ergab, dass im Jahr 2006 nur gerade die Hälfte aller PW-Lenkenden mit bestehenden Sicherheitstechnologien vertraut ist. So wusste beispielsweise nur rund die Hälfte der Befragten, wie ein ABS wirkt [337]. Diese Untersuchung unterstreicht in Einklang mit vielen anderen Arbeiten die Notwendigkeit eines Sensibilisierungsprogramms, um die Nachfrage nach wirksamen intelligenten Fahrzeugsystemen anzuregen [171,175,187,344]. Von Bürgern und politischen Entscheidungsträgern kann nicht erwartet werden, dass sie in Technologien investieren oder diese fördern, wenn deren Vorteile und Nutzen nicht klar ersichtlich sind.

In der EU wird die Verbreitung von Informationen zu intelligenten Fahrzeugsystemen aktiv gefördert, um den Kenntnisstand von PW-Lenkenden zu erhöhen und die Nachfrage anzuregen. Im Rahmen der Initiative «Intelligentes Fahrzeug», die mittlerweile in der «Digital Agenda for Europe» (DAE) aufgegangen ist, werden u. a. folgende Massnahmen vorgeschlagen [337]:

- Regelmässige und angemessene Veranstaltungen, die auf maximale Medienpräsenz abzielen – insbesondere durch ergebnisorientierte Aktivitäten wie Demonstrationstage, Wanderausstellungen, Vorzeigeprojekte und Workshops,
- Förderung und Lancierung zielgerichteter Aktivitäten, um das Problembewusstsein für intelligente

Fahrzeugsysteme zu erhöhen, einschliesslich der Produktion kurzer, gezielter Fernsehserien oder Dokumentarfilme über intelligente Fahrzeugsysteme und Start einer umfassenden Benchmarkingstudie über laufende Aktivitäten auf dem Gebiet der Werbung für intelligente Fahrzeugsysteme,

- Förderung der Einrichtung einer Kommunikationsplattform mit dem Ziel, die Kommunikation der verschiedenen Interessengruppen mit den Endnutzern zu verbessern, zu koordinieren und zu vereinheitlichen. Die Kommunikation soll dabei auf erprobten und bewährten Werkzeugen beruhen, aber auch neue Ansätze und Pilotprojekte für Endnutzerkampagnen umfassen.

Die massenmediale Promotion stellt im Vergleich zu den anderen Förderungsmöglichkeiten einen leicht umsetzbaren Weg dar, der insbesondere für die Förderung von wirksamen FAS eingesetzt wer-

den sollte (Abbildung 88). Die Vielzahl der unterschiedlichen FAS, ihre komplexe und verborgene Wirkweise, aber auch die Verwendung von Akronymen (zumal englischsprachig und herstellerspezifisch) erschweren es dem Konsumenten, den Durchblick zu behalten. Deshalb ist es wichtig, potenzielle Autokäufer mittels elektronischer Medien und Printmedien auf eine einfache und leicht verständliche Art und Weise umfassend über bereits etablierte und neu auf dem Markt erhältliche Sicherheitstechnologien zu informieren. Somit können das Verständnis verbessert, die Bekanntheit erhöht, Befürchtungen überwunden und der Sicherheitsnutzen aufgezeigt werden.

Neben der Informationsvermittlung auf der kognitiven Ebene sollte eine Kampagne auch auf die emotional-motivationale Ebene fokussieren. Hierbei geht es darum, Neugier und Interesse zu wecken, die Attraktivität und das Image der Systeme zu erhöhen, aber auch Bedürfnisse zu schaffen. Diesbezüglich ist es empfehlenswert, neben der Sicherheit auch andere Kaufmotive anzusprechen, wie insbesondere Komfort, Fahrspass, Besitzfreude, Technikbegeisterung, Imagegewinn, Wegfall von Ärger, z. B. in Form von Geschwindigkeitsbussen. Derartige Motive sind für den Kaufentscheid oftmals bedeutsamer als der subjektive Gewinn an Sicherheit. Unfälle stellen nämlich höchst seltene Ereignisse dar, mit denen der Normalfahrer im Alltag nicht rechnet. Demgegenüber sind andere Motive, wie z. B. der Komfort, grundsätzlich bei jeder Fahrt erlebbar und können dementsprechend beim Kaufentscheid stärker ins Gewicht fallen.

Bei der Kampagnenkonzipierung ist von folgender Ausgangslage auszugehen [345]:

- Sicherheit ist oftmals wenig lustvoll.

Abbildung 88
Beispiele von Kampagnen zu Fahrerassistenzsystemen



CHOOSE ESC!

Denkt Ihr Auto mit?
Bis zu 50% weniger schwere Unfälle dank Fahrer-Assistenz-Systemen.
www.Auto-IQ.ch



Quelle: DVR; eSafety; bfu und AXA-Winterthur; BGF

- Der subjektive Nutzen von Sicherheitstechnologien ist eher bescheiden, da das eigene Unfallrisiko in der Regel als gering eingeschätzt wird.
- Europäische PW-Lenkende stehen autonom eingreifenden FAS eher skeptisch gegenüber (im Gegensatz zu den Fahrzeuglenkenden in Japan).
- PW-Lenkende sind unzureichend über neue Sicherheitstechnologien informiert und erkennen wenig persönlichen Bedarf für derartige Systeme.
- FAS sind keine Produkte, die spontan nebenbei mitgekauft werden.
- Kauf- und Preisbereitschaft steigen, wenn die Systeme zuvor selbst erlebt wurden (z. B. bei einer Probefahrt).
- Emotionalität spielt beim Autokauf eine zentrale Rolle.
- Im Handel werden optional erhältliche Sicherheitstechnologien nicht ausreichend aktiv beworben. Die Verkaufs- und Werbestrategien der Automobilindustrie berücksichtigen den Informationsmangel und den subjektiven Bedarfsmangel zu wenig.
- Es sollten nicht undifferenziert alle FAS beworben werden, sondern nur jene mit nachgewiesenem Sicherheitsnutzen. Auch sollten die Systeme nach Wirksamkeit und Kosten-Nutzen priorisiert werden.

Als flankierende Massnahme sollte eine Kampagne auch die Mitarbeitenden des Autogewerbes miteinbeziehen. Diese stellen nämlich eine einflussreiche Multiplikatorengruppe dar, die die Kundschaft im Beratungsgespräch vom Nutzen der einzelnen Systeme überzeugen kann [175,187,346,347].

2.5.5 Sicherheitsberatung in Betrieben

Neben einer massenmedialen Kampagne für die breite Öffentlichkeit ist auch die spezifische Förderung von Fahrzeugtechnologien im Rahmen der Sicherheitsberatungen von Betrieben mit Fahrzeugflotten empfehlenswert [348]. Flottenmanager müssen über den grossen Nutzen von intelligenten Fahrzeugsystemen informiert werden. Im Fall von Neuanschaffungen von Flottenfahrzeugen müssen sie wissen, dass sich die Investition in bestimmte Sicherheitstechnologien nicht nur hinsichtlich des Firmenimages lohnt, sondern sich auch aus finanzieller Perspektive rechnet. Neben dem Kauf von sicheren Neufahrzeugen ist auch die Nachrüstung der Flottenfahrzeuge mit Geräten zur Fahrerüberwachung, namentlich Datenaufzeichnungsgeräte und Alkoholverwehrrungen, zu thematisieren.

Der Einsatz von Alkoholverwehrrungen bei Fahrzeugflotten hat sich in einem schwedischen Pilotversuch bewährt. 300 Fahrzeuge, die von 800 Chauffeuren gefahren wurden, sind mit Alkoholverwehrrungen ausgerüstet worden. Pro 1000 Fahrten konnten 3,3 Fahrten in angetrunkenem Zustand verhindert werden [69].

Unfalldatenspeicher werden in Europa bereits seit der Mitte der 90er-Jahre in mehreren gewerblich genutzten Fahrzeugflotten eingesetzt (darunter auch in der Schweiz, z. B. bei PolyRose und Securitas). Die unfallverhütende Wirkung liegt nach aktuellem Kenntnisstand bei etwa 7 % [270]. Eine noch höhere Wirkung dürfte vom Einsatz von Fahrdatenschreibern mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung des Fahrverhaltens erwartet werden. Viele Firmen und Versicherungen sind jedoch nicht bereit, ihre Zahlen offen zu legen, da diese Technologie ihnen

einen Vorteil gegenüber ihrer Konkurrenz verschafft, den sie nicht preisgeben möchten [348].

2.5.6 Anreizsysteme

Eine weitere Möglichkeit, den Verkauf von Sicherheitstechnologien zu erhöhen, stellen Anreizsysteme dar. So könnte eine Reduktion der Versicherungsprämien oder der Verkehrssteuern gewährt werden, wenn das Fahrzeug mit bestimmten Sicherheitssystemen ausgestattet ist [349]. Einige Versicherer bieten günstigere Prämien beim Einbau von Crashrecordern an.

Der ETSC (European Transport Safety Council) empfiehlt beispielsweise steuerliche Vorteile für Fahrzeuge, die im Rahmen der EuroNcap-Beurteilung fünf Sterne erreicht haben [350]. Steuerliche Beihilfen müssten jedoch sorgfältig daraufhin überprüft werden, ob sie im Einklang mit den Regeln über staatliche Beihilfen stehen [337].

Gerade für Systeme, die nur Sicherheits- und keine Komfortvorteile bieten (wie z. B. der Bremsassistent), könnte die Nachfrage durch Anreizsysteme zusätzlich erhöht werden [351]. Gegenwärtig ist noch offen, ob mit Anreizsystemen auch denjenigen Technologien zum Durchbruch verholfen werden kann, die einen Sicherheitsgewinn auf Kosten der individuellen Einfluss- und Kontrollmöglichkeiten der Fahrzeuglenkenden erzielen [172], wie dies beispielsweise bei Alkoholverbotsperrern der Fall ist. Jedenfalls zeigt sich in Bevölkerungsbefragungen, dass Anreizsysteme als beste Strategie zur Förderung von Sicherheitstechnologien beurteilt werden (Abbildung 89) [352].

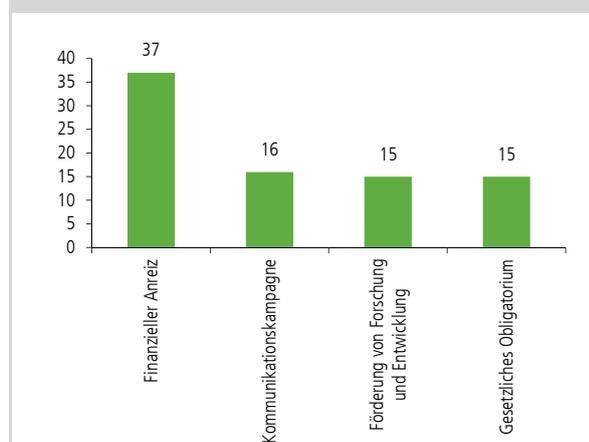
Ein erfolgreiches Beispiel für ein Anreizsystem liefert die Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen (BGF) in Deutschland, die im Rahmen einer

Kampagne den Einsatz von FAS finanziell unterstützt hat. Die Ausstattung mit Abstandsregeltempomat (ACC), Spurverlassungswarner (LDW) und elektronischer Stabilitätskontrolle (ESC) wurde mit einem Zuschuss in der Höhe von 2000 EUR pro Fahrzeug unterstützt. Da die Förderung an die Bedingung geknüpft war, Informationen über eventuelle Unfälle zu liefern, konnte gleichzeitig eine wissenschaftliche Evaluation über die Auswirkungen und die Akzeptanz der eingesetzten FAS unternommen werden. Die Unfallraten pro Strecke lagen für die ausgestatteten Fahrzeuge 34 % tiefer als für die Kontrollfahrzeuge [353].

Dass die Besteuerung von Fahrzeugen den Markt beeinflussen kann, zeigt Dänemark. Seit 2003 wird z. B. für Fahrzeuge mit einer elektronischen Stabilitätskontrolle (ESC) ein Steuernachlass gewährt [350]. Heute hat Dänemark die höchste Rate von ESC-ausgestatteten Fahrzeugen in Europa.

Eine spezielle Form eines Anreizsystems stellt das Versicherungsmodell **PAYD** (Pay as you drive = Zahle, wie du fährst) dar. Dabei werden Fahrdatenschreiber eingesetzt, deren Daten zur individu-

Abbildung 89
Bevorzugte Strategie der PW-Lenkenden in Europa zur Förderung von intelligenten Fahrzeugsystemen (in Prozent)



Quelle: Special Eurobarometer Nr. 267; TNS Opinion & Social. [352]

ellen Berechnung der Versicherungsprämien herangezogen werden. Sofern nicht ausschliesslich Expositionsdaten (z. B. Kilometerleistung), sondern sicherheitsrelevante Grössen, wie z. B. das Geschwindigkeitsprofil und die Querschleunigungskräfte, erfasst werden, dürfen signifikante Sicherheitseffekte erwartet werden. Im Rahmen des holländischen Pilotversuchs «Belonitor» zeigte sich, dass ein Monitoringsystem klare Auswirkungen auf das Fahrverhalten hat. Der Anteil der zurückgelegten Kilometer mit korrekter Geschwindigkeit und korrektem Abstand steigerte sich um 30 % [236]. Auch die Auswertung eines dänischen Pilotversuchs lieferte Erfolg versprechende Ergebnisse: Sowohl die Durchschnittsgeschwindigkeit als auch die Anzahl der Geschwindigkeitsüberschreitungen konnten deutlich reduziert werden [236].

In mehreren Ländern bieten Versicherungsunternehmen PAYD-Modelle an. In Grossbritannien begann die Norwich Union Insurance bereits im Jahr 2003 mit einem solchen Angebot für ihre Kunden. In der Schweiz hat die Zürich-Versicherung einen ersten Pilotversuch durchgeführt.

Aus präventiver Sicht besteht bei PAYD-Versicherungsmodellen das Dilemma, dass sich in der Regel nur jene Kunden anmelden, die davon ausgehen von diesen Modellen zu profitieren. Es handelt sich dabei um PW-Lenkende, die per se schon ein sicherheitsorientiertes oder zumindest unproblematisches Fahrverhalten haben. Risikoreiche Lenkende, bei denen Datenaufzeichnungsgeräte am meisten Sinn machen würden, dürften sich indessen kaum für dieses Versicherungsmodell interessieren. Diese sogenannte Selbstselektion dürfte auch generell bei Anreizsystemen eine wichtige Rolle spielen, weswegen die Effekte geringer sein können als ursprünglich erwartet.

2.5.7 Verbrauchertests

Bei Verbrauchertests von Fahrzeugen werden die Produkte verschiedener Hersteller miteinander verglichen. Derartige Tests werden von Verbänden wie beispielsweise TCS, ADAC, Thatcham, IIHS, GdV, Folksam u. a. m. durchgeführt.

Verbrauchertests ermöglichen den Fahrzeugkäufern, das Sicherheitsniveau verschiedener Neufahrzeuge zu vergleichen und diese Information bei der Kaufentscheidung einfließen zu lassen. Ausserdem kann die Fahrzeugindustrie dahingehend beeinflusst werden, neue Fahrzeuge durch zusätzliche Massnahmen und Technologien noch sicherer zu machen, als es die gesetzlichen Vorschriften (wie z. B. ECE R-94 und ECE R-95) verlangen. Aus diesen beiden Gründen wurde 1996 das europäische «New Car Assessment Programme» (EuroNCAP) eingeführt [223] (Abbildung 90). In Hinblick auf das hohe Einflusspotenzial von EuroNCAP fordert der ETSC, dass die Verbreitung und die Bekanntheit der Verbraucherinformation von EuroNCAP künftig erhöht werden [349].

Abbildung 90
Logo des EuroNCAP



Quelle: EuroNCAP

Im Rahmen des Testprogramms von EuroNCAP wird die passive Sicherheit für die Fahrzeuginsassen mittels eines Frontal- (Abbildung 91), Seiten- (Abbildung 92) und Pfahlaufprall-Tests (Abbildung 93) überprüft. Auch der Kinderschutz, der Fußgänger-schutz und der Schutz vor Schleudertraumen gehen in die Bewertungen ein.

Neben der passiven Fahrzeugsicherheit im Sinn der Kollisionseigenschaften werden bei EuroNCAP auch unfallverhindernde Technologien wie ESC, Geschwindigkeitsbegrenzer⁵⁴, autonome Notbremsysteme sowie Angurt-Erinnerer berücksichtigt. Künftig könnten auch weitere wirksame Assistenzsysteme bei der Fahrzeugbewertung integriert werden.

Dadurch wird die Innovation im Bereich der aktiven Fahrzeugsicherheit vorangetrieben, nicht nur weil die Fahrzeughersteller bestrebt sind, eine gute Bewertung zu erreichen, und die entsprechenden Technologien einbauen, sondern auch weil dadurch die Bekanntheit, Akzeptanz und letztendlich die Nachfrage derartiger Systeme gesteigert wird.

Die objektive Beurteilung von aktiven Fahrzeugtechnologien gestaltet sich im Vergleich zur Beurteilung der Kollisionseigenschaften deutlich schwieriger. Während es auf dem Gebiet der passiven Sicherheit klar definierte Prüfmethode gibt, fehlen bisher harmonisierte Prüfmethode für die Leistung von FAS. Es ist daher notwendig, entsprechende Kriterien und Methoden zur Messung ihrer Leistungsfähigkeit zu entwickeln. Dieses Ziel wurde auch im Rahmen des EU-Projekts eValue verfolgt, das neue Testprotokolle entwickelte.

Abbildung 91
Testkonfiguration des EuroNCAP-Frontalaufpralls

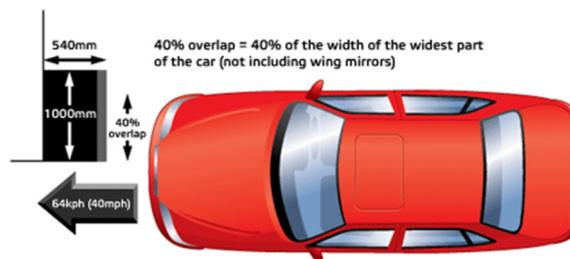


Abbildung 92
Testkonfiguration des EuroNCAP-Seitenaufpralls

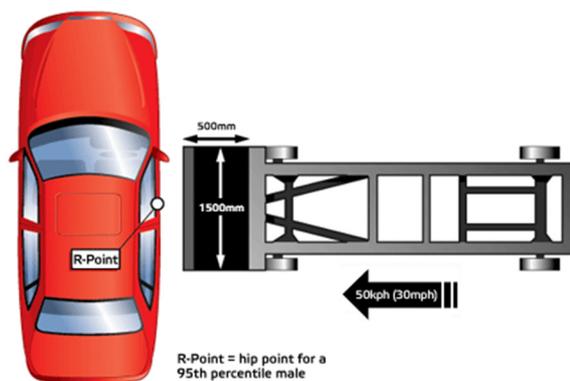
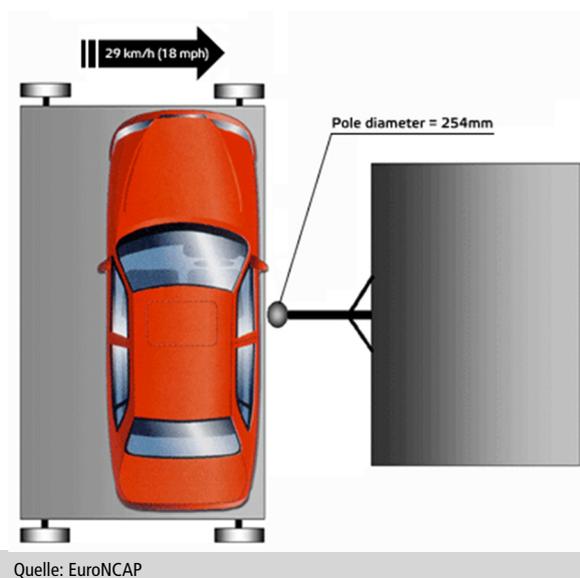


Abbildung 93
Testkonfiguration des EuroNCAP-Pfahlaufpralls



Quelle: EuroNCAP

Fahrzeugs permanent oder temporär (beispielsweise bei der Verwendung von bestimmten Schlüsseln) zu limitieren.

⁵⁴ Gegenwärtig werden im Rahmen von EuroNCAP nur Geräte zur Langzeit-Geschwindigkeitsbegrenzung beurteilt. Diese Geräte ermöglichen es, die Höchstgeschwindigkeit eines

2.6 Fazit

Während vieler Jahre stand die **passive Sicherheitsausstattung** der Fahrzeuge, insbesondere bezüglich Kollisionseigenschaften und Rückhaltesystemen wie Gurt und Airbag, im Fokus der Fahrzeughersteller. Durch den Einzug von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ins Fahrzeug eröffneten sich ganz neue Möglichkeiten: Das Fahrzeug soll nicht erst beim Auftreten eines Unfalls die drohenden Verletzungsfolgen lindern, sondern im Sinn der **aktiven Sicherheit** bereits den Unfall verhindern. Von Jahr zu Jahr steigt der Anteil der sicherheitsrelevanten elektronischen Hilfssysteme im Fahrzeug. Viele dieser Systeme können die Lenkenden bei der Fahraufgabe entlasten und das Fahren dadurch komfortabler gestalten. Ob das Fahren dadurch immer sicherer wird, ist allerdings nicht klar, da es bei Entlastung der Lenkenden vermehrt zu Nebentätigkeiten oder auch zu risikoreicheren Fahren kommen kann. Nebst der Entlastung sollen innovative Technologien Gefahrensituationen zudem durch frühes Warnen und geschicktes Eingreifen in die Fahrdynamik entschärfen. In solchen intelligenten Fahrzeugtechnologien liegen grosse Hoffnungen, was die **Erhöhung der Verkehrssicherheit** angeht. Viele Anwendungen können in der Tat als vielversprechend bezeichnet werden, da sie mehr Informationen erfassen, diese rascher und zuverlässiger verarbeiten sowie gegebenenfalls schneller darauf reagieren als die Fahrzeuglenkenden selbst. Eine Studie der deutschen Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt) geht von einem Vermeidungspotenzial von insgesamt über 70 % aller schweren Unfälle durch Fahrassistenzsysteme aus.

In den nächsten Jahren werden die Auswirkungen jedoch noch eher bescheiden sein. Einige aussichtsreiche Systeme wie z. B. Kreuzungsassistenten oder automatisch steuernde Kollisionsvermeidungssysteme

sind nämlich noch nicht auf dem Markt erhältlich. Die Entwicklung bis zur Marktreife ist ein langwieriger Prozess und kann viele Jahre in Anspruch nehmen. Andere Systeme sind zwar bereits auf dem Markt, aber oftmals teuer und deshalb nur für die oberen Fahrzeugklassen erhältlich. Dadurch ist der Marktanteil relativ bescheiden. Da mit ca. 8 Jahren gerechnet werden muss, bis die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz erneuert ist, bedarf es einer geraumen Zeit, bis ein grosser Teil die neusten Sicherheitsausrüstungen aufweist. Umso wichtiger ist es, die **Nachfrage** nach fortschrittlichen Sicherheitstechnologien aktiv anzukurbeln, damit möglichst viele neue Personenwagen mit den wichtigsten Sicherheitssystemen ausgestattet sind.

Da die Schweiz ein Interesse daran haben muss, sichere Fahrzeuge zu fördern, sind spezifische Strategien/Massnahmen zu ergreifen, die die Marktdurchdringung intelligenter Fahrzeugsysteme aktiv beschleunigen. Zu fokussieren sind Systeme der elektronischen Stabilitätskontrolle (ESC), Kollisionsvermeidungssysteme und Systeme der Geschwindigkeitsassistenten (ISA). Aber auch weitere Fahrassistenzsysteme zur Unterstützung der Lenkenden bei der Quer- und Längsführung weisen zusammen ein erhebliches Sicherheitspotenzial auf.

Zur Implementierung empfehlen sich folgende Strategien/Massnahmen:

Per Gesetz können bestimmte Sicherheitstechnologien als obligatorische **Standardausrüstung für Neufahrzeuge** erklärt werden (so wie dies beispielsweise beim Sicherheitsgurt der Fall ist). Solche gesetzlichen Forderungen an die Fahrzeughersteller bedingen jedoch langwierige Abstimmungs- und Normierungsprozesse auf internationaler Ebene. Ein Alleingang der Schweiz ist infolge des Übereinkommens über

technische Handelshemmnisse nicht möglich. Die Schweiz kann jedoch die EU-Vorgaben übernehmen.

Neben den an die Hersteller gerichteten Ausrüstungsvorschriften für Neufahrzeuge besteht auch die Möglichkeit, Fahrzeuge mit bestimmten Systemen nachrüsten zu lassen. Dies ist insbesondere dann angebracht, wenn ein erhöhter Verantwortungs- und/oder Gefährdungsgrad vorliegt. Kurz vor der Einführung stehen **gesetzliche Vorschriften** zum Einsatz von Datenaufzeichnungsgeräten und Alkoholwegfahrsperrern bei Verkehrsdelinquenten als rehabilitative Massnahme nach einem Führerausweisentzug (Art. 17a E-SVG).

In Anbetracht des mangelhaften Kenntnisstands von PW-Lenkenden über intelligente Fahrzeugtechnologien kommt der aktiven Verbreitung von Informationen im Rahmen von **Veranstaltungen, Kommunikationsplattformen** und **Kommunikationskampagnen** eine wichtige Rolle zu. Von Bürgern und politischen Entscheidungsträgern kann nicht erwartet werden, dass sie in Technologien investieren oder diese fördern, wenn deren Vorteile und Nutzen nicht bekannt sind. Die Kommunikation soll auf erprobten und bewährten Werkzeugen beruhen, aber auch neue Ansätze und Pilotprojekte umfassen. Informationsstrategien müssen solide Situationsanalysen der Zielgruppe vorangehen.

Neben Informationsstrategien für die breite Öffentlichkeit ist auch die spezifische Förderung von Fahrzeugtechnologien im Rahmen der **Sicherheitsberatungen von Betrieben** mit Fahrzeugflotten empfehlenswert. Flottenmanager müssen den hohen Sicherheitsnutzen intelligenter Assistenz- und Fahrerüberwachungssysteme kennen.

Zu prüfen sind der Einsatz von **Anreizsystemen**, z. B. in Form von reduzierten Versicherungsprämien oder Verkehrssteuern für Fahrzeuge mit bestimmten Sicherheitssystemen. Ausländische Beispiele zeigen, dass es damit gelingen kann, den Absatz von Sicherheitstechnologien zu erhöhen.

Im Rahmen verschiedener **Verbrauchertests** werden Fahrzeuge bezüglich ihres Sicherheitsniveaus getestet und miteinander verglichen. Die grösste Bedeutung hat dabei das Testprogramm EuroNCAP. Die Vergleichstests ermöglichen es den Fahrzeugkäufern, das Sicherheitsniveau bei der Kaufentscheidung zu berücksichtigen, und animieren die Fahrzeugindustrie dazu, ihre Fahrzeuge über die gesetzlichen Anforderungen hinaus fortlaufend zu optimieren.

In Tabelle 39 sind mögliche Wege zur Implementierung von Fahrzeugtechnologien aufgelistet.

Tabelle 39 Implementierung von Fahrzeugtechnologien	
Massnahme	Beurteilung
Gesetzliche Ausrüstungsvorschriften für besonders wirksame Sicherheitstechnologien bei Neufahrzeugen (z. B. Kollisionsvermeidungssysteme oder adaptive Frontlichter)	Sehr empfehlenswert (aber von EU-Vorgaben abhängig)
Finanzielle Anreizsysteme wie Versicherungsrabatte und Steuerreduktionen für ausgewählte, wirksame Sicherheitstechnologien	Sehr empfehlenswert
Propagierung von wirksamen Sicherheitstechnologien im Rahmen der Sicherheitsberatung von Betrieben mit Fahrzeugflotten	Sehr empfehlenswert
Einsatz von Datenaufzeichnungsgeräten als rehabilitative Massnahme nach Geschwindigkeitsdelikten wissenschaftlich evaluieren	Empfehlenswert
Einsatz von Fahrdatenschreibern zur individuellen Prämienberechnung (PAYD-Versicherungsmodell)	Empfehlenswert
Auf Basis einer wissenschaftlichen Situationsanalyse konzipierte Kommunikationskampagne zur Förderung wirksamer FAS und Informationsveranstaltungen für die breite Bevölkerung	Empfehlenswert
Verbrauchertests wie EuroNCAP unterstützen und Ergebnisse verbreiten	Empfehlenswert
Nutzen und Praktikabilität von innovativen Technologien in Pilotprojekten aufzeigen	Empfehlenswert
Obligatorische Ausrüstung von Gefahrgut- und Personentransportfahrzeugen mit Unfalldatenspeichern und Alkoholwegfahrsperrern	Empfehlenswert (Nutzen für PW-Insassen eingeschränkt)

In Anbetracht der Vielzahl an fahrzeugtechnischen Systemen stellt sich die Frage, welche Systeme die grössten Beiträge zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten können und dementsprechend speziell gefördert werden sollten. Tabelle 40 gibt einen Überblick, wie hoch der Sicherheitsnutzen der verschiedenen Fahrzeugtechnologien ist. Dabei wird der zusätzliche Sicherheitsnutzen im Vergleich zur heutigen Situation abgeschätzt. Dies bedeutet, dass beispielsweise der Sicherheitsgurt – aufgrund seiner ohnehin bereits hohen Tragquote – nicht mehr so ein hohes Präventionspotenzial hat wie früher, als die Tragquote noch geringer war. Auch bezieht sich die Wirksamkeitsaussage nur auf die jeweils betroffenen Unfälle, Personen usw. Konkret heisst dies, dass beispielsweise der Nutzen der Kindersitze auf die Population der Kinder bezogen wird (und nicht auf die Gesamtbevölkerung) oder der Nutzen der Beleuchtung auf die Unfälle bei Dunkelheit usw. Es handelt sich um «populations-attributable Risiken».

Nach wie vor zählt jedoch der Sicherheitsgurt bzw. der Kindersitz zu den wichtigsten Schutzsystemen. Zudem reduziert die Energie absorbierende Knautschzone in Kombination mit einer schützenden Fahrgastzelle massgeblich die Wahrscheinlichkeit, schwer oder tödlich verletzt zu werden.

Die Anzahl Unfälle (primäre Prävention) kann insbesondere durch ESC, Kollisionsvermeidungssysteme und ISA vermindert werden. Aber auch weitere Fahrassistenzsysteme zur Unterstützung der Lenkenden bei der Quer- und Längsführung weisen zusammen ein erhebliches Sicherheitspotenzial auf.

Tabelle 40
Wirksamkeit fahrzeugseitiger Sicherheitstechnologien zur Steigerung der Insassensicherheit (in Bezug auf die betroffenen Unfälle)

Sicherheitstechnologien in Fahrzeugen	Wirksamkeit (zur Verhinderung schwer oder tödlich verletzter PW-Insassen)
Reifen	
Run-Flat-Reifen	★
Reifendruckkontrollsystem TPMS	★
Wintertaugliche Bereifung	★
Sichtverbesserung	
Xenon-/LED-Scheinwerfer	★
Dynamisches und statisches Kurvenlicht	★★
Adaptive Frontlichtsysteme und adaptive Leuchtweitenregulierung	★
Nachtsichtgeräte	★
Erkennbarkeitssteigerung	
Tagfahrleuchten (DRL)	★
Adaptives Bremslicht	★
Reflektierende Materialien	★
Stabilisierung und Bremsung	
Antiblockiersystem (ABS)	
Bremsassistentensystem (BAS)	★★★
Elektronische Stabilitätskontrolle (ESC)	★★★★
Längsführung	
Geschwindigkeitsassistent (ISA) maximale Variante	★★★★
Abstandsregeltempomat (ACC)	★★
Kollisionswarnsystem (FCW)	★★★
Kollisionsvermeidungssystem (ACA)	★★★★
Querführung	
Spurverlassungswarner (LDW)	
Spurhalteunterstützung (LKS)	★★★
Spurwechselassistent (LCA)	★★
Fahrerüberwachung	
Führerausweiskontrolle	★
Unfalldatenspeicher (UDS/EDR)	★
Fahrdatenschreiber	★★
Müdigkeitswarner	★★
Alkoholverwehrlampe flächendeckend	★★★
Ablenkungswarner	★★
Kooperative Systeme	
Lokale Gefahrenwarnung	★★
Unfallwarnung	★
Kreuzungskollisionswarner	★★
Gurtbezogene Rückhaltesysteme	
Sicherheitsgurt	★★★★
Gurtstraffer	★★
Gurtkraftbegrenzer	★★
Gurtwarner (persistenter Warnton)	★★★
Kinderückhaltesysteme	★★★★

★ = ½ ★

Kein Stern bedeutet, dass negative oder zumindest keine positiven Effekte auf das Unfallgeschehen vorliegen.

Tabelle 40 – Fortsetzung
Wirksamkeit fahrzeugseitiger Sicherheitstechnologien zur
Steigerung der Insassensicherheit (in Bezug auf die betroffenen
Unfälle)

Sicherheitstechnologien in Fahrzeugen	Wirksamkeit (zur Verhinderung schwer oder tödlich verletzter PW-Insassen)
Airbagsysteme	
Frontairbags	★ ★ ★
Seitenairbags	★ ★
Knieairbags	★
Sitz	
Sitzkonstruktion	★ ★ ★
Aktive Kopfstützen	★ ★ ★
Fahrzeugstruktur	
Knautschzone und Fahrgastzelle	★ ★ ★
Abgleitstrukturen	★ ★
Seitenanprallschutz	★ ★
Erhöhung der Fahrzeugkompatibilität	★ ★ ★
Notrufsysteme	
eCall	★

★ = ½ ★

Kein Stern bedeutet, dass negative oder zumindest keine positiven Effekte auf das Unfallgeschehen vorliegen.

3. Infrastruktur

3.1 Einleitung

3.1.1 Problematik

Defizite der Strassenverkehrsinfrastruktur im verkehrstechnischen Sinn lassen sich in drei Typen gliedern:

- fehlende Infrastrukturelemente (z. B. fehlendes Gefahrensignal, fehlende Leitplanke oder fehlende Fussgängerschutzinsel),
- fehlerhafte Systemkomponenten (z. B. zu grosser Kurvenradius, zu schmale Radstreifen oder nicht verankerte Leitplanke),
- falsche Systemkomponenten (z. B. Kreuzung mit Rechtsvortritt anstatt Vortrittsregelung).

Solche infrastrukturellen Defizite gehen aus der offiziellen **Unfallstatistik** nicht direkt hervor. Infrastrukturelle Defizite im verkehrstechnischen Sinn werden bei der Bearbeitung von Verkehrsunfällen vom rapportierenden Beamten nicht erhoben, weil dieser in der Regel weder über das notwendige Fachwissen noch über die Projektierungsgrundlagen der betreffenden Verkehrsanlage verfügt. Zudem ist es im offiziellen Unfallerbhebungsbogen ohnehin nicht vorgesehen, infrastrukturelle Defizite im verkehrstechnischen Sinn zu erheben. Zur Findung von infrastrukturellen Interventionen wäre es jedoch nötig, genaue Kenntnis dieser Defizite zu haben.

Auch **Forschungsergebnisse** sind oft nicht im erwünschten Detaillierungsgrad vorhanden. Am Beispiel des Kreisverkehrs an Knoten wird die Problematik illustriert. Ein Knoten dient gemäss der entsprechenden VSS-Norm [354] zur Verknüpfung von Verkehrsbeziehungen. Die Wahl des konkreten

Knotentyps (Lichtsignalanlage, Regelung mit Vortritt, Kreisel) hängt von verschiedenen verkehrsplanerischen Bedingungen im weitesten Sinn ab. Als Systemkomponente ist dabei der Kreisel eine der möglichen Ausgestaltungen des Knotens. Aus einer grundlegend anderen Perspektive beleuchten häufig sicherheitstechnische Forschungen die Kreisverkehrsanlagen. In der Regel weisen Studien [117] eine Verbesserung des Unfallgeschehens nach, wenn herkömmliche Kreuzungen in Kreisel umgewandelt werden. Unter diesem Aspekt erscheint ein Kreisel als Massnahme. Nicht beantwortet werden jedoch in solchen Studien verkehrstechnisch relevante Fragen wie beispielsweise, ob der ursprüngliche Knotentyp verkehrstechnisch adäquat war (korrekte Systemkomponente) oder ob die geometrische Ausgestaltung einwandfrei war (korrekte Abmessungen). Überdies gilt es zu berücksichtigen, dass auch Kreisel selbst ein hohes Unfallgeschehen aufweisen können. Dies kann bei hohen Verkehrsbelastungen expositionsbedingt der Fall sein. Negativ kann sich aber auch eine inkorrekte Geometrie (z. B. schlechte Zentrierung) auswirken oder wenn die Wahl des Knotentyps «Kreisel» aus verkehrsplanerischen Gründen (Art und Ablauf der Verkehrsströme) unangebracht ist. Diese Ausführungen zeigen, dass jede Strassenverkehrsanlage einen planerischen Einzelfall darstellt, bei dem die adäquaten Systemkomponenten inklusive ihrer Abmessungen (z. B. Fahrbahnbreite) aufgrund von verkehrsplanerischen Vorgaben (z. B. Verkehrsmengen) festzulegen sind. Wenngleich also Kreisel in der Literatur prinzipiell als sicherheitstechnisch gut abschneiden, wäre es aus sicherheitstechnischer Sicht fragwürdig, den Schluss zu ziehen, bei jedem Knoten müsse die Massnahme «Kreisel» zur Anwendung gelangen.

3.1.2 Methodik zur Herleitung der für PW-Insassen relevanten infrastrukturellen Massnahmen

Die **VSS-Normen** sind bereits weitgehend auf den motorisierten Individualverkehr, insbesondere den Personenwagenverkehr ausgerichtet. Sie berücksichtigen dabei nicht nur Kriterien wie Leistungsfähigkeit, Befahrbarkeit oder Materialwahl, sondern auch soweit möglich die Verkehrssicherheit. Sie stellen jedoch oft – wie im Normenwesen üblich – einen Kompromiss zwischen dem theoretisch Erstrebenswerten und dem praktisch Umsetzbaren dar. Dennoch basieren diese Normen meistens auf Studien, die die verkehrstechnische Eignung sowie die Abmessungen der Systemkomponenten mitberücksichtigen. Wenngleich die Qualität dieser Studien oft niedriger ist als in Fachjournals mit Peer Review, wird im vorliegenden Sicherheitsdossier mehrheitlich auf VSS-Normen verwiesen, weil diese in der konkreten Umsetzung dem Verkehrsplaner besser dienen. Ein naheliegender Gedanke wäre demnach, als empfehlenswerte infrastrukturelle Interventionen das gesamte VSS-Normenwerk aufzuführen. Da jedoch Normen unvermeidlich eine gewisse Verzögerung zur technischen Entwicklung aufweisen, stellt sich die Frage, ob mit einem solchen Vorgehen auch Entwicklungen hinsichtlich infrastruktureller Massnahmen abgedeckt werden können.

Um die für PW-Insassen besonders relevanten infrastrukturellen Massnahmen zu ermitteln, wurden deshalb – wie in Kap. V.4, S. 101 erläutert – in Anlehnung an die verkehrstechnische Unfallanalyse [139,140] die polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle mit getöteten oder schwer verletzten PW-Insassen analysiert. Aus der Betrachtung

von «Unfalltypen», «Unfallstellen» und «Hauptursachen» wurden Indizien für häufige sogenannt **mögliche infrastrukturelle Defizite** abgeleitet. Darauf beruhend wurden Interventionen erarbeitet, differenziert nach Ortslage (Kap. VI.3.2, Kap. VI.3.3 und Kap. VI.3.4). Darüber hinaus werden infrastrukturelle Massnahmen vorgeschlagen, mit denen Unfalltypen bekämpft werden können, die nicht zwingend auf infrastrukturelle Defizite zurückzuführen sind. Dabei wurden folgende zwei zentrale Grundsätze verfolgt:

- Die Strasseninfrastruktur ist derart zu projektieren und auszuführen, dass die Lenkenden ihre Fahrweise intuitiv der jeweiligen Situation anpassen und somit nicht zu Fahrfehlern verleitet werden. Damit wird die Strategie der primären Prävention (Verhindern von Unfällen) angestrebt. Dieser Ansatz läuft auch unter dem Begriff der **selbsterklärenden** Strasse.
- Fehler können jedoch nie ganz ausgeschlossen werden. Deshalb muss eine adäquate Infrastruktur auch in der Lage sein, die Auswirkungen von Fahrfehlern zu minimieren. Fahrfehler sollen demnach möglichst keine schweren Unfälle zur Folge haben. Dieser Ansatz greift auf der Ebene der sekundären Prävention ein (Mildern von Unfallfolgen) und ist auch unter dem Begriff **fehlerverzeihende** Strasse bekannt.

3.2 Infrastrukturelle Massnahmen innerorts

3.2.1 Mögliche infrastrukturelle Defizite

Die aufgrund der relevanten Unfalltypen, Unfallstellen und möglichen Hauptursachen hergeleiteten möglichen infrastrukturellen Defizite wurden bereits in Kap. V.4.3, S. 106 aufgezeigt. Zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen den ermittelten möglichen infrastrukturellen Defiziten und den empfohlenen Interventionen ist diese Tabelle hier nochmals abgebildet (Tabelle 41).

3.2.2 Geschwindigkeitsregime 50/30 innerorts

Ein adäquates Geschwindigkeitsmodell innerorts wird seit Jahren unter dem Begriff «Geschwindigkeitsregime 50/30 innerorts» propagiert. Eine konsequente Umsetzung dieses Geschwindigkeitsregimes innerorts führt zu einem den Nutzungsansprüchen angemessenem Geschwindigkeitsniveau. Als Folge der geringeren Geschwindigkeit könnte

ein grosser Anteil der relevanten Unfalltypen reduziert werden.

Dieses Modell sieht nicht nur vor, innerorts alle siedlungsorientierten Strassen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h zu belegen und das verkehrsorientierte Basisnetz mit 50 km/h zu betreiben. Ein ebenso wichtiger Bestandteil des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts ist eine den Nutzungsansprüchen der Strasse entsprechende Gestaltung der Strassenräume auf verkehrsorientierten Strassen.

So sollen auf **verkehrsorientierten** Strassen zwar Erkennungselemente wie Lichtsignalanlagen, Mittelmarkierungen, Fussgängerstreifen, Fussgänger-schutzinseln und/oder das Vortrittsrecht gegenüber Querstrassen zur Anwendung gelangen. Um allerdings ein hohes Verkehrssicherheitsniveau zu gewährleisten, die Querbeziehungen zu verbessern und die Trennwirkung der Fahrbahn zu minimieren, ist es unerlässlich, den Strassenraum gestalterisch aufzuwerten. Dabei sind folgende übergeordneten Strassenraumgestaltungsprinzipien und -elemente anzuwenden [355]:

Tabelle 41
Relevante Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen sowie resultierende mögliche infrastrukturelle Defizite innerorts

Mögliche infrastrukturelle Defizite	Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn	Frontalkollisionen	Auffahr-unfälle	Unfälle in Knoten	Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linienführung	Missachten des signalisierten Vortritts
Inadäquates Geschwindigkeitsregime	X		X		X	
Strassenraumgestaltung auf verkehrsorientierten Strassen mit der Nutzung inkompatibel	X	X			X	
Feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn in ungenügendem Abstand, zu starr, formaggressiv, ungeschützt, an kritischer Lage	X				X	
Inadäquate Knotengestaltung (falscher Knotentyp, falsche Betriebsform, ungenügende Sichtweiten)			X	X		X
Nicht normgerechte Beleuchtung	X	X	X	X		

- **Torwirkung** (optische Abgrenzung zwischen Strassenräumen unterschiedlicher Charakteristik, die eine Anpassung des Fahrverhaltens anstrebt; Abbildung 94)
- **Kammerung des Strassenraums** (optische Längsunterteilung des Strassenraums in Raumkammern, um für Lenker die Durchsicht in die Tiefe des Strassenraums zu beschränken und damit einen geschwindigkeitssenkenden Effekt zu erzielen; Abbildung 95)
- **Verzahnung der Seitenräume** (Milderung der Bandwirkung der Fahrbahnränder durch Verwendung verschiedener Beläge; Abbildung 96).

präventive Wirkung auf bestimmte Unfalltypen beurteilt. Dabei zeigt sich, dass das Gestaltungselement «Trennung in Fahrbahnmitte» eine zentrale Rolle einnimmt (Kap. VI.3.2.3).

Abbildung 94
Torwirkung einer Mittelinsel bei einer Ortseinfahrt



Bei der Umsetzung dieser Prinzipien sind nachfolgende Aspekte mit einzubeziehen:

- Städtebauliche Vorgaben und Ziele
- Struktur des Strassenraums
- Funktion und Lage der Strasse

Abbildung 95
Kammerung des Strassenraums



Von zentraler Bedeutung ist, dass das übergeordnete Strassennetz innerorts eine hohe Leistungsfähigkeit aufweist. Dadurch soll vermieden werden, dass sich Schleichverkehr auf die siedlungsorientierten Strassen verlagert. Da gleichzeitig städtebauliche Aspekte, Strassenraumstruktur sowie Funktion und Lage der Strasse zu berücksichtigen sind, stellen verkehrsorientierte Innerortsstrassen für Planer und Behörden hinsichtlich Projektierung, Gestaltung und Betrieb äusserst anspruchsvolle und komplexe Herausforderungen dar. Wie diese Aufgaben mit dem Aspekt der Verkehrssicherheit zu verbinden sind, beschreiben Eberling et al. [140].

Abbildung 96
Verzahnung der Seitenräume



Eine Auswahl an Gestaltungselementen wird in den folgenden Kapiteln behandelt. Dabei wird nicht nur die Zweckdienlichkeit zur konkreten Umsetzung von Gestaltungsprinzipien erläutert, sondern auch ihre

Auf **siedlungsorientierten** Strassen sind primär Erkennungsmassnahmen einzusetzen, damit sich Lenker jederzeit vergegenwärtigen können, dass eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h gilt:

- auffälliges Eingangstor (Abbildung 97)
- versetzte Parkfelder (Abbildung 98)
- Markierungstechnische Akzentuierung von Rechtsvortritt-Kreuzungen gemäss entsprechender VSS-Norm [356] (Abbildung 99)
- Tempo-30-Signete (Abbildung 100)

Abbildung 97
Torelement bei der Einfahrt in eine Tempo-30-Zone



Abbildung 98
Versetzte Parkfelder in einer Tempo-30-Zone



Abbildung 99
Verdeutlichung einer Kreuzung mit Rechtsvortritt in einer Tempo-30-Zone



Bauliche Massnahmen zur Verkehrsberuhigung (z. B. Vertikal- und Horizontalversätze) gemäss entsprechender VSS-Norm [357] sollen nur dann angewendet werden, wenn aufgrund des Erscheinungsbildes ein schlechter Einhaltegrad der Geschwindigkeitsbeschränkung zu erwarten ist oder besteht.

In der Praxis wird der Fokus fälschlicherweise oft auf die Realisierung von Tempo-30-Zonen auf siedlungsorientierten Strassen gerichtet. Hinsichtlich Unfallrelevanz ist dieses Vorgehen deshalb nicht zielführend, weil eine Abschätzung aufgrund der offiziellen Unfallstatistik zeigt, dass mindestens 75 % aller schwer verletzten und getöteten PW-Insassen auf **verkehrsorientierten Strassen** zu verzeichnen sind (Annahme, dass alle Hauptstrassen und mindestens die Hälfte der mit 50 bzw. 60 km/h betriebenen Nebenstrassen verkehrsorientiert sind; Tabelle 42). Deshalb besteht primär auf diesen Strassen **Handlungsbedarf**.

Abbildung 100
Tempo-30-Signet



Tabelle 42
Schwere Personenschäden bei PW-Insassen, innerorts nach Strassenart, Σ 2009–2013

	Autostrasse	Hauptstrasse	Nebenstrasse	Andere	Total
Strassenkategorie	1	1 261	773	86	2 111

Quelle: ASTRA, Auswertung bfu

3.2.3 Gestaltungselement «Trennung in Fahrbahnmitte»

Trennelemente in der Fahrbahnmitte können je nach baulichen Randbedingungen und betrieblichen Anforderungen verschiedenartig ausgestaltet werden [355]. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen indes, dass sich Trennelemente in der Fahrbahnmitte generell zur Prävention von innerorts relevanten Unfalltypen eignen [140].

Am einschneidendsten wirkt der sogenannte **nicht befahrbare Verkehrstreifen in Fahrbahnmitte** (Abbildung 101). Dieses Element separiert in entgegengesetzter Richtung fahrende Verkehrsströme physisch, wobei für querende Fussgänger kurze Öffnungen ausgespart werden können. Solche Verkehrstreifen in der Fahrbahnmitte eignen sich einerseits als Gestaltungselement zur Aufwertung von verkehrsorientierten Strassen innerorts (Geschwindigkeitsregime 50/30 innerorts). Gleichzeitig können damit auch die innerorts hinsichtlich PW-Insassen relevanten Frontalkollisionen bekämpft werden.

Das Gestaltungselement des **teilweise überfahrbaren Verkehrstreifens in der Fahrbahnmitte** (Abbildung 102) eignet sich bei Abschnitten mit dispersen (flächigen) Fussverkehrsquerungen, häufigen Linksabbiegebeziehungen des leichten Zweiradverkehrs sowie wenigen Linksabbiegebeziehungen des Motorfahrzeugverkehrs. Die Vorteile dieses Elements entsprechen denjenigen des nicht befahrbaren Verkehrstreifens in der Fahrbahnmitte (Prävention von Frontalkollisionen). Darüber hinaus ermöglicht dieses Element dem linksabbiegenden Verkehr, abseits vom geradeausfahrenden Verkehr die Situation im entgegenkommenden Verkehr zu beurteilen, was sich positiv auf Auffahrunfälle auswirkt. Die auf dem Verkehrstreifen in der Fahrbahnmitte vorzusehenden

Elemente könnten hingegen zu einer Zunahme der Kollisionen mit Objekten führen, wobei das angestrebte geringere Geschwindigkeitsniveau eine reduzierte Unfallschwere zur Folge haben sollte.

Abbildung 101
Nicht überfahrbarer Verkehrstreifen in Fahrbahnmitte



Abbildung 102
Teilweise überfahrbarer Verkehrstreifen in Fahrbahnmitte



Abbildung 103
Vollständig überfahrbarer Verkehrstreifen in Fahrbahnmitte



Analoge präventive und gestalterische Eigenschaften können dem sogenannten **vollständig überfahrbaren Verkehrstreifen in der Fahrbahnmittle** (Abbildung 103) zugeschrieben werden. Bedingt durch das Fehlen von vertikalen Elementen auf dem Verkehrstreifen, könnte die präventive Wirkung auf Frontalkollisionen geringer ausfallen als bei den zuvor beschriebenen Arten von Verkehrstreifen in der Fahrbahnmittle. Andererseits fällt der zuvor beschriebene Nachteil hinsichtlich Kollisionen mit Objekten nicht ins Gewicht.

Die kurze **Mittelsinsel** kann sowohl eine rein verkehrstechnische als auch eine gestalterische Funktion übernehmen.

In einem übergeordneten Gestaltungskonzept einer verkehrsorientierten Strasse (z. B. Ortsdurchfahrt, Kap. VI.3.2.2) kann eine Mittelsinsel beispielsweise die Funktion der Torwirkung beim Ortseingang erfüllen. Die präventive Wirkung auf Frontalkollisionen ist auch für Mittelsinseln als Torelement zu erwarten. Eine Mittelsinsel im Knotenbereich (Abbildung 104) kann weiteren Unfalltypen entgegenwirken. So kann der physisch geschützte Bereich als Wartefläche zur Beurteilung des Gegenverkehrs dienen, bevor Linksabbiegemaneöver durchgeführt werden oder bevor die übergeordnete Strasse gequert wird. Von dieser Reduktion der Komplexität beim Befahren eines Knotens ist eine Reduktion der in Kap. V.4.3.1, S. 106 aufgeführten Unfalltypen in Knoten zu erwarten. Schliesslich kann eine Mittelsinsel dieser Art auch den Auffahrkollisionen entgegenwirken, weil Fahrzeuge, die vor dem Linksabbiegen den Gegenverkehr abwarten, dies nicht auf der Fahrbahn tun müssen.

Als eher verkehrstechnisches und weniger gestalterisches Element ist die **Linksabbiegehilfe für den leichten Zweiradverkehr** (Abbildung 105)

einzustufen. Die präventive Wirkung ist analog der Mittelsinsel im Bereich von Toren oder Knoten, wobei es hier selbsterklärend die Radfahrenden sind, die durch Warten auf dem geschützten Warteraum zur Verstetigung im Geradeausverkehr und damit zur Reduktion von Auffahrunfällen beitragen.

Abbildung 104
Mittelsinsel im Knotenbereich



Abbildung 105
Abbiegehilfe für den leichten Zweiradverkehr



Abbildung 106
Fussgängerschutzinsel



Ein ebenfalls vorwiegend verkehrstechnisches Element ist die **Fussgängerschutzinsel** (Abbildung 106). Auch dieses infrastrukturelle Element weist analoge präventive Wirkungen wie die Mittelinsel im Bereich von Toren oder Knoten auf (Reduktion von Frontalkollisionen). Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die Fussgänger beim Überqueren der Strasse in zwei Etappen besser zur Verstetigung des rollenden Verkehrs beitragen, als wenn sie die gesamte Fahrbahn auf einmal überqueren müssen. Dies kann sich präventiv auf Auffahrunfälle auswirken.

Schliesslich sei auf **Linksabbiegespuren** (Abbildung 107), insbesondere auf baulich geschützte, als verkehrstechnisches Trennelement im weitesten Sinn hingewiesen. Überlegungen zum Verkehrsablauf an Knoten mit Linksabbiegespuren lassen vermuten, dass damit sowohl Auffahrunfälle (analoger Effekt wie bei Mittelinseln) als auch Knotenunfälle beim Linksabbiegen (Warten in geschütztem Bereich zur Beurteilung des Gegenverkehrs) bekämpft werden können. Elvik et al. konnten zeigen [117], dass der Effekt der Markierung einer Linksabbiegespur auf die gesamte Anzahl Unfälle weniger stark ausfällt als erwartet. Die Reduktion der schweren Unfälle ist knapp nicht signifikant. Wie jedoch bereits in Kap. VI.3.1.1 ausgeführt worden ist, sind si-

tuative verkehrstechnische Randbedingungen ebenso stark zu gewichten, weswegen im Einzelfall die präventive Wirkung einer Linksabbiegespur anhand von verkehrstechnischen Überlegungen abgeschätzt werden muss.

3.2.4 Farbliche Gestaltung von Strassenoberflächen (FGSO), Längsmarkierungen

Die VSS-Normen sehen die Möglichkeit vor, zur gestalterischen Aufwertung von Strassenräumen, Fahrbahnoberflächen optisch abzuheben, indem an gezielten Orten die Fahrbahn andersfarbig ausgeführt wird [358]. Solche farblichen Gestaltungen von Strassenoberflächen (FGSO) dürfen gemäss der Signalisationsverordnung nicht mit offiziellen Markierungen verwechselt werden. Dies wird durch Art. 72 SSV ausdrücklich verboten. Deshalb sind die Bedingungen an die zu verwendenden Formen und Farbtöne in der VSS-Norm restriktiv festgelegt.

In **Knoten** können FGSO zur optischen Akzentuierung gegenüber den Knotenzufahrten dienen (Abbildung 108). Der Einbezug der angrenzenden Fussverkehrsflächen in die farbliche Gestaltung ist eine Möglichkeit, das Gestaltungsprinzip der Verzahnung (Kap. VI.3.2.2) umzusetzen. Es ist zu vermu-

Abbildung 107
Baulich geschützte Linksabbiegespur



Abbildung 108
Farbliche Gestaltung von Strassenoberflächen (FGSO) in Knoten



ten, dass der gezielte, auf die situativen Bedingungen abgestimmte Einsatz von FGSO in Knoten einen Beitrag zur Reduktion der relevanten Unfalltypen in Knoten (Unfalltypen Nr. 62, 63 und 71) leisten kann.

Entlang von Strassen können FGSO als sogenannte «Breite Bänder am Fahrbahnrand» ausgeführt werden. Detaillierte Ausführungen zu dieser infrastrukturellen Intervention folgen in Kap. VI.3.2.5.

An dieser Stelle sei kurz auf die Handhabung von **Mittellinien** im Zuge von Umgestaltungen von verkehrorientierten Strassen innerorts hingewiesen. In Fachkreisen wird vermutet, dass die Markierung von Mittellinien den Strassenverlauf möglicherweise optisch unnötig stark unterstreicht, sodass dies zu höheren Geschwindigkeiten des motorisierten Individualverkehrs führen kann. Da zudem befürchtet wird, dass die optisch eindeutige Unterteilung der Fahrbahn in zwei Spuren dazu führen kann, dass Fahrzeuge beim Kreuzen kaum langsamer und dadurch näher am Fahrbahnrand fahren, wird nicht selten die Mittelmarkierung weggelassen. Dieses Vorgehen ist im Licht des Unfallgeschehens mit PW-Insassen innerorts zweischneidig. Zwar können sich die geringere Geschwindigkeit und der grössere Abstand vom Fahrbahnrand positiv auf Kollisionen mit festen Objekten auswirken. Wie jedoch aus Kap. V.4.2.1, S. 102 hervorgeht, kommen PW-Insassen oft bei Frontalkollisionen in Kurven, Auffahrunfällen und Querungsunfällen zu Schaden. Dies legt den Schluss nahe, dass Mittelmarkierungen, insbesondere in Kurven, nicht bedenkenlos weggelassen werden können. Der Strassenverlauf könnte zumindest in problematischen Kurven mit kurzen Teilabschnitten von Mittellinien angedeutet werden, zumal das Nichtanpassen an die Linienführung in Kurven innerorts oft als möglicher Mangel genannt wird.

3.2.5 Spezifische Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen mit festen Objekten

Im Sinn einer vereinfachten Anwendung der Haddon-Strategie [359] muss es das primäre Ziel sein, Kollisionen mit festen Objekten zu verhindern. Die naheliegendste Massnahme besteht unfraglich darin, solche Objekte zu entfernen. Insbesondere im Innerortsbereich ist dies jedoch oft nicht umsetzbar, weil nicht erwartet werden kann, dass beispielsweise sämtliche Mäuerchen vor privaten Liegenschaften, Geländer bei Brücken oder Schulhäusern, Wegweiser und Ähnliches ersatzlos entfernt werden.

Da sich innerorts mehr Kollisionen mit festen Objekten in Kurven als auf Geraden ereignen, sollte zumindest die **Anzahl** von festen Objekten in Kurven möglichst gering gehalten werden.

Durch die differenzierte farbliche Gestaltung von sogenannten **breiten Bändern am Fahrbahnrand** im Sinn der entsprechenden VSS-Norm [358] (auch Abbildung 109 und [140]) kann angestrebt werden, dass Lenkende den Abstand zum Strassenrand und folglich zu den festen Objekten vergrössern, was eine geringere Kollisionswahrscheinlichkeit vermuten lässt.

Abbildung 109
«Breite Bänder» am Fahrbahnrand



Quelle: VSS-Norm SN 640 214

Eine **kontrastreiche Kennzeichnung** von Objekten am Fahrbahnrand (z. B. schwarzweiss schraffierte Schilder) könnte mutmasslich dazu führen, dass Lenkende im Bereich dieser Objekte erhöhte Vorsicht walten lassen (Abbildung 110).

Wo es nicht möglich ist, Systemelemente so zu gestalten, dass Kollisionen ausgeschlossen werden, sind diese im Sinn der Haddon-Strategie derart auszuführen, dass immerhin die Folgen von allfälligen Kollisionen gemildert werden können.

Ein erster Ansatz betrifft die Ausführung von Tragkonstruktionen im weitesten Sinn. Je nach Einsatzbereich kann dabei auf verschiedene Prinzipien zurückgegriffen werden, die allesamt darauf abzielen,

Abbildung 110
Schwarzweiss schraffierte Schilder



die bei einer Kollision auf PW-Insassen bzw. das Fahrzeug **übertragene Energie zu minimieren**. Eine entsprechende Zusammenstellung ist in den VSS-Normen [360] enthalten (Tabelle 43, [361]). Einschränkend muss festgehalten werden, dass sich diese Konstruktionsvarianten fast ausschliesslich auf das Kollisionsobjekt «Schild/Pfosten/Mast» anwenden lassen.

Schliesslich kann als Notlösung versucht werden, durch eine **adäquate Detailgestaltung der Kollisionsteile** von Kollisionsobjekten selbst, die eindringende Wirkung der potenziellen Kollisionsobjekte zu minimieren. Als veranschaulichende Beispiele dafür sei das Abschrägen einer Mauerkante oder das Anbringen von Rohrbogen als Abschluss von Geländern (Abbildung 111) zitiert.

Abbildung 111
Rohrbogen als Geländerabschluss



Tabelle 43 Konstruktion und Funktionsweise von umfahrbaren Tragkonstruktionen der Strassenraumgestaltung		
Konstruktion	Funktionsweise	Beispiele für den Einsatz
Tragkonstruktion mit Gleitfusssplatte	Herausschieben der Tragkonstruktion aus der Grundplatte beim Fahrzeuganprall	Hohe schlanke Elemente wie Beleuchtungskandelaber
Dünnwandige Konstruktion	Einbeulen und Vermindern der Steifigkeit der Konstruktion oder einzelner massgeblicher Teile durch den Fahrzeuganprall	Einzelstütze von Signalen Notrufsäule Elektroverteilerkasten Beleuchtungskandelaber
Tragkonstruktion mit Sollbruchstelle	Bruch von Elementen oder Verbindungen an Sollbruchstellen	Tragkonstruktion aus Fachwerk einer Signalbrücke
Feingliedrige Tragkonstruktion	Herabsetzen der Steifigkeit durch Deformation der Stäbe	Signalständer Ständer von Plakatwand Tragkonstruktion von Firmenanschrift
Energieabsorbierende Tragkonstruktion, Konstruktion mit deformierbaren Bauelementen und einer grossen Bautiefe	Erhebliche Energieabsorption durch die Deformation von Bauteilen zur Verminderung der Fahrzeuggeschwindigkeit bei niedriger Anprallheftigkeit	Tragkonstruktion einer Signalbrücke Diese Konstruktion ist in der Norm [357] enthalten.

Quelle: [8,357,360,361]

3.2.6 Knoten

Die **Auswertung nach Unfalltypen** (Tabelle 26, S. 103) zeigt, dass innerorts knapp 30 % aller getöteten und schwer verletzten PW-Insassen im Bereich von Einmündungen/Kreuzung zu verzeichnen sind. Da die zeitliche Exposition in Knoten bedeutend geringer ist als auf der freien Strecke, spricht dies für ein erhöhtes Risiko von PW-Insassen im Knoten-Bereich. Somit kommt aus sicherheitstechnischer Sicht der System-Komponente «Knoten» wesentliche Bedeutung zu. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass insbesondere Linksabbiege- und Querungsunfälle die meisten getöteten oder schwer verletzten PW-Insassen zur Folge haben. Eine besonders auf Verkehrssicherheit ausgerichtete Planung und Projektierung von Knoten trägt somit wesentlich zur Anhebung der Sicherheit von PW-Insassen innerorts bei.

Dies bedeutet gemäss der Systematik in Kap. V.4.1, S. 101, dass in einem ersten Schritt die **adäquate Systemkomponente** gewählt werden muss. Diese Planungsphase beinhaltet drei Teile:

- Wahl des verkehrstechnisch adäquaten **Knotentyps** (z. B. Kreuzung, Kreisel, Einmündung, konfliktfreie Führung). Dieses Vorgehen ist in der entsprechenden VSS-Norm [354] abgehandelt.
- Wahl der sogenannten **Knotenelemente** (Grundform der Knotenzufahrten). Die detaillierte Auflistung der möglichen Knotenelemente ist in der

entsprechenden VSS-Norm [362] enthalten. Ein Beispiel daraus zeigt Abbildung 112.

- Wahl der **Betriebsform** (z. B. Lichtsignalanlage, Rechtsvortritt, kein Vortritt)

Die Wahl von Knotentyp, Knotenelementen sowie der Betriebsform stützt sich dabei auf verschiedene Faktoren. Dazu gehören insbesondere:

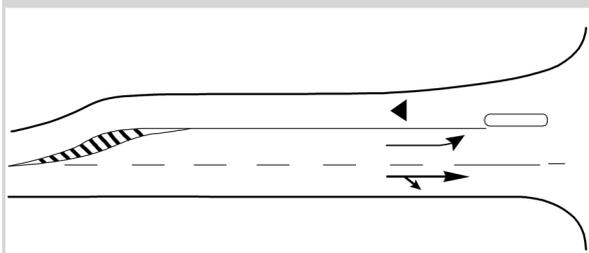
- Die Strassentypen, die im Knoten zusammengeführt werden (z. B. Hauptverkehrsstrasse, Sammelstrasse)
- Die Stärke, die Zusammensetzung und die Richtung der einzelnen Verkehrsströme im Knotenbereich. In diesem Zusammenhang sei die Thematik der Leistungsfähigkeit kurz angesprochen. Hierzu geben die VSS-Normen [363-365] Auskunft. Fachleute gehen davon aus, dass sich die Leistungsfähigkeit von Knoten auf die Verstetigung des Verkehrsablaufs und somit auf Unfallunfälle auswirken kann [140]
- Die massgebenden Geschwindigkeiten im Knotenbereich
- Die topografischen Randbedingungen

In einem zweiten Schritt werden die **korrekten Abmessungen** des zu projektierenden Knotens festgelegt. Die VSS unterscheidet dabei zwischen kreuzungsfreien Knoten [366], Knoten in einer Ebene [367] und Knoten mit Kreisverkehr [368].

Aus der Analyse der offiziellen Unfallstatistik nach Unfalltypen innerorts folgt, dass bei der Projektierung von Knoten folgende sicherheitstechnischen Aspekte speziell zu berücksichtigen sind:

Wie bereits im Beispiel in Kap. VI.3.1.1 erläutert, haben **Kreisel** einen positiven Einfluss auf Unfälle mit Personenschaden. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Knotentyp-Variante «Kreisel» bei der

Abbildung 112
Beispiel eines Knotenelements für verkehrsorientierte Strassen



Quelle: VSS

Projektierung von Knoten immer in Erwägung zu ziehen. Dass jedoch auch sicherheitstechnische Gründe gegen die Realisierung des Knotentyps «Kreisel» bestehen, geht beispielsweise aus Elvik et al. [117] hervor. So konnte bei der Umwandlung von T-Einmündungen in Kreisel keine signifikante Reduktion des Unfallgeschehens nachgewiesen werden. Ebenso konnte verschiedentlich nachgewiesen werden, dass Kreisel sich sicherheitstechnisch negativ auf den leichten Zweiradverkehr auswirken, z. B. [369].

An einem Knoten mit viel leichtem Zweiradverkehr wäre es also sicherheitstechnisch falsch, die Systemkomponente «Kreisel» zu wählen, zumal Kreisel eine Zunahme der Radfahrerunfälle zur Folge haben können. Ein weiteres Beispiel einer Situation, die gegen Kreisel spricht, ist das Dominieren von verkehrstarken Geradeaus-Beziehungen. Die Praxis zeigt, dass in solchen Fällen die Verkehrsströme aus den untergeordneten Kreiselfahrten kaum mehr in den Kreisel einfahren können.

Die Bedeutung von **Linksabbiegespuren** zur Prävention von Auffahr- und Linksabbiegeunfällen wurde bereits in Kap. VI.3.2.3 abgehandelt.

Eine spezielle Form von Knoten ist die **versetzte Linienführung der untergeordneten Strasse** bei der Querung der übergeordneten Strasse (Abbildung 113).

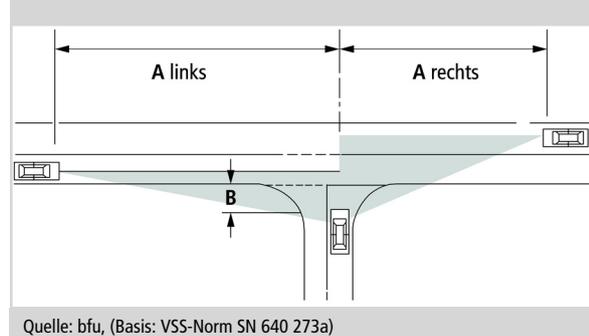
Abbildung 113
Versetzte Führung der untergeordneten Strasse im Knoten



Diese Art der Linienführung verunmöglicht es den PW-Lenkenden, die übergeordnete Strasse dynamisch zu queren. Dadurch kann die Aufmerksamkeit für den Verkehr auf der vortrittsberechtigten Strasse gesteigert werden, was sich angesichts des häufig genannten Mangels «Missachten des Vortritts» aufdrängt (Kap. V.4.2.2). Wenngleich diese platzbeanspruchende Form eher ausserorts zur Anwendung gelangen dürfte, so ist diese auch innerorts bei Bedarf zu überprüfen. Immerhin zeigt die Evidenz [117], dass bei erhöhter Belastung der untergeordneten Strasse (mehr als 15 % des gesamten Knotenverkehrs) signifikante Reduktionen des Unfallgeschehens mit Personenschaden erzielt werden können.

Schliesslich sei auf die Bedeutung von genügenden **Sichtweiten** in Knoten hingewiesen. Es ist davon auszugehen, dass die Sichtweiten massgebend Unfälle beeinflussen, bei denen ein vortrittsberechtigtes Fahrzeug mit einem von links querenden Fahrzeug kollidiert. Die vorzusehenden Sichtweiten in Knoten sind in der entsprechenden VSS-Norm [370] enthalten und richten sich nach Vortrittsregelung, Ortslage und Knotenzufahrtsgeschwindigkeiten. Abbildung 114 zeigt, wie in Knoten die Sichtweiten zu projektieren sind. Nach links (A_{links}) und nach rechts (A_{rechts}) müssen die Sichtweiten zwingend grösser oder zumindest gleich gross wie die in der Norm festgelegten minimalen Werte sein.

Abbildung 114
Festlegung der Sichtweiten an vortrittsbelasteten Knoten



3.2.7 Beleuchtung

Eine korrekte öffentliche Beleuchtung im Strassenraum zu planen, ist eine sehr komplexe Aufgabe. Beleuchtungsstärke, Lichtpunkthöhe sowie Abstand und Lage der Leuchten müssen derart aufeinander abgestimmt werden, dass feste und bewegte Objekte dank der Kontrastwirkung jederzeit vom Lenker erkannt werden können. Die ganze Thematik ist im **Normenwerk der Schweizer Licht Gesellschaft SLG** [371] abgehandelt. Die Erfahrung zeigt, dass diese Normen oft nicht in die Praxis umgesetzt werden. Eine adäquate Beleuchtung trägt nachweislich zu einer signifikanten Verbesserung aller Unfalltypen innerorts bei [117].

3.2.8 Infrastrukturelle Massnahmen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit

Unaufmerksamkeit und Ablenkung werden als mögliche Mängel bei Unfällen mit schwer verletzten oder getöteten PW-Insassen innerorts sehr häufig genannt. Die Thematik der infrastrukturellen Aspekte im Zusammenhang mit Ablenkung und Unaufmerksamkeit ist in Cavegn et al. [69] bereits eingehend abgehandelt.

Ablenkung und Unaufmerksamkeit können verschiedenste Ursachen haben. So können Geräte im Fahrzeug (z. B. Handy), das Verhalten des Lenkers (z. B. Rauchen) oder auch Blickfänge im weitesten Sinn ausserhalb des Fahrzeugs ablenkende Wirkung haben.

Aus infrastruktureller Perspektive drängen sich zwecks Minimierung der Ablenkung innerorts folgende zwei Aspekte auf:

Um die kognitiven Ressourcen der Lenkenden möglichst wenig zu beanspruchen, ist generell bei der Projektierung und beim Bau von Strassen das Prinzip der **selbsterklärenden Strasse** zu berücksichtigen. Zentral ist dabei die Umsetzung der in den vorangehenden Kapiteln VI.3.2.2 bis VI.3.2.7 erläuterten Grundsätze.

Ergänzend sei auf die Ausgestaltung von **Signalisation und Markierung** gemäss den bekannten Erkenntnissen aus dem Fachgebiet des Human Factors hinsichtlich **Erkennbarkeit, Verständlichkeit** und **Lesbarkeit** hingewiesen [372].

Schliesslich sei auf die ablenkende Wirkung von **Werbung** im Strassenraum hingewiesen. Dies gilt insbesondere innerorts, wo die Verkehrsabläufe bedingt durch die engmaschigen Verkehrsnetze und die Vielfalt an Verkehrsteilnehmenden sehr komplex sein können.

Massnahmen aus der Sekundärprävention wie Rumble Strips (Kap. VI.3.3.6) sind innerorts nicht angezeigt (Lärmimmission, Unverträglichkeit mit dem leichten Zweiradverkehr).

3.3 Infrastrukturelle Massnahmen ausserorts

3.3.1 Mögliche infrastrukturelle Defizite

Die aufgrund der relevanten Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen hergeleiteten möglichen infrastrukturellen Defizite wurden bereits in Kap. V.4.4 (Risikofaktoren ausserorts) aufgezeigt. Zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen den ermittelten möglichen infrastrukturellen Defiziten und den empfohlenen Interventionen ist diese Tabelle hier nochmals abgebildet (Tabelle 44).

3.3.2 Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen mit festen Objekten

Aufgrund der Analyse nach Unfalltypen für Strassen ausserorts kommt den Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn höchste Priorität zu. Dieser Aspekt ist im bfu-Report Nr. 61 (2009) zur «Sicherheit auf Ausserortsstrassen» weitgehend analysiert worden [141]. Die folgenden Ausführungen basieren deshalb im Wesentlichen auf jenen Forschungsergebnissen.

Aufgrund der vertieften Analyse nach Kollisionsobjekten fokussieren die im Folgenden abgehandelten Interventionen auf Kollisionen mit Bäumen und dem Kollisionsobjekt «Zaun/Mauer/Geländer». Für weniger relevante Kollisionsobjekte sei auf die eingangs zitierte Studie [141] verwiesen.

Die Strategie hinsichtlich Interventionen zur Reduktion von schweren Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn ausserorts folgt derselben Systematik wie für Strassen innerorts (Kap. VI.3.2.5). Basierend auf einer vereinfachten Anwendung der **Haddon-Strategie** [359] ist es das erste Ziel, **Kollisionen** mit festen Objekten zu **verhindern**. Diese primäre Prävention kann auf zwei Stufen umgesetzt werden.

In einer ersten Stufe gilt es, ein Erscheinungsbild der Strasse zu realisieren, das die Lenkenden intuitiv dazu veranlasst, angemessene Geschwindigkeiten zu fahren und somit erst gar nicht die Kontrolle über ihr Fahrzeug zu verlieren. Dieses Prinzip der **selbsterklärenden Strasse** soll primär mittels Projektierung und Bau einer adäquaten Linienführung und einer minimalen Signalisation (z. B. Mittelmarkierung, Vortrittsregelungen an Knoten) erreicht werden. Detailliertere Ausführungen dazu folgen in Kap. VI.3.3.3.

Tabelle 44
Relevante Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen sowie resultierende mögliche infrastrukturelle Defizite ausserorts

Mögliche infrastrukturelle Defizite	Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn	Frontal kollisionen	Auffahr-unfälle	Unfälle in Knoten	Nichtanpassen der Geschwindigkeit an die Linienführung	Missachten des signalisierten Vortritts	Falsches Spurhalten in Kurven
Feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn in ungenügendem Abstand, zu starr, formaggressiv, ungeschützt, an kritischer Lage	X					X	
Linienführung nicht selbsterklärend	X	X			X		X
Inadäquate Höchstgeschwindigkeit	X				X		X
Inadäquate Knotengestaltung (falscher Knotentyp, falsche Betriebsform, ungenügende Sichtweiten)			X	X		X	
Überholen auf kritischen Abschnitten nicht unterbunden		X					

Ein Kontrollverlust des Fahrzeugs kann selbst bei optimalem Erscheinungsbild nie ausgeschlossen werden. In einer zweiten Stufe sind somit Lösungen gefordert, die in solchen Fällen die Wahrscheinlichkeit minimieren, dass Fahrzeuge mit einem festen Objekt kollidieren.

Der naheliegendste Ansatz besteht darin, feste Objekte zu **entfernen** oder zumindest deren Menge zu **reduzieren**. Dies ist aus praktischen Gründen zwar oft nicht umsetzbar, jedoch stets in Betracht zu ziehen.

Ein weiterer Ansatz sieht vor, durch eine sorgfältige Wahl der Lage von festen Objekten, die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen zu reduzieren. Dies gilt insbesondere für Kurvenbereiche, was durch die Analyse des Strassenverkehrsunfall-Datensatzes untermauert wird. So haben ausserorts allein die Kollisionen mit festen Objekten in Kurven einen Viertel aller getöteten und schwer verletzten PW-Insassen zur Folge.

Der naheliegendste Ansatz besteht einleuchtend darin, feste Objekte in **Kurven**, insbesondere an Kurvenaussenseiten, gänzlich zu **vermeiden**. Die blosserhöhung der Abstände fester Objekte zum

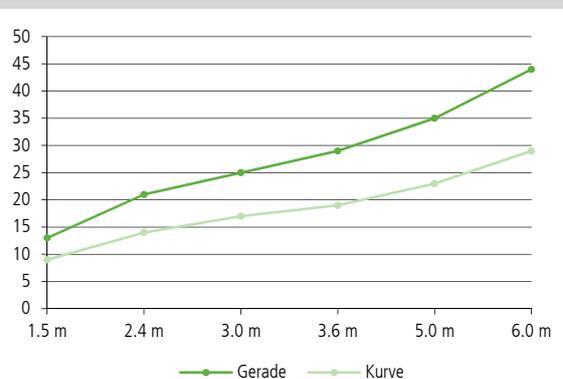
Strassenrand reduziert zwar die Unfallwahrscheinlichkeit in Kurven [373], jedoch bedeutend weniger stark als auf Geraden (Abbildung 115).

Durch Anpassung des Abstands der Objekte vom Strassenrand kann immerhin die Kollisionswahrscheinlichkeit beeinflusst werden. Die in Ewert et al. [141] eingehend beleuchtete Problematik sei im Folgenden zusammengefasst.

Ein genügender Abstand der festen Objekte vom Fahrbahnrand kann zur Reduktion der Kollisionsgeschwindigkeit und damit der Unfallfolgen beitragen. Ogden [373] benutzt den Begriff der sogenannten «Freihaltezonen» neben einer Strasse. Mehrere Studien versuchten, die optimale Grösse solcher Freihaltezonen aus Sicht der Verkehrssicherheit zu bestimmen [374-376]. Diese Studien kommen zum Schluss, dass eine Freihaltezone von 9 m angemessen ist. Dies betrifft jedoch Abirrgeschwindigkeiten wie sie auf Autobahnen und Autostrassen gefahren werden. In Deutschland, wo auf Überlandstrassen (Ausserortsstrassen) die Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h gilt, wird von Meewes et al. [377] ein Abstand von 10 m gefordert. Zegeer [378] ermittelte Unfallwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der Breite der Freihaltezonen. Der grösste Nutzen ergibt sich dabei bei einer Verbreiterung dieser Freihaltezonen bis zu 6 m. Es erscheint nicht praktikabel, einen einheitlichen Wert für Freihaltezonen an allen Ausserortsstrassen zu fordern. Aufgrund der obigen Erkenntnisse gelangen Ewert et al. [141] zum Schluss, einen Abstand von festen Hindernissen zum Strassenrand an Haupt- und Nebenstrassen im Ausserortsbereich von 6 m zu fordern. Entlang von Autostrassen soll dieser Abstand hingegen 10 m betragen.

Nur in Ausnahmefällen, wenn die Abstände nicht eingehalten werden können, sollen die Fahrzeuginsassen

Abbildung 115
Ausmass der Unfallreduktion (in Prozent) bei Kollisionen mit festen Hindernissen ausserhalb der Fahrbahn in Abhängigkeit vom Abstand des Hindernisses vom Fahrbahnrand



Quelle: Ogden [370]

vor einer Kollision mit einem festen Hindernis mit einem **Leitschranksystem** geschützt werden. An der Kurvenaußenseite verfolgen Leitplanken das hauptsächliche Ziel, von der Fahrbahn abirrende Fahrzeuge zurückzuhalten (Abbildung 116). Dies impliziert jedoch das Risiko von Sekundärkollisionen, so dass in jedem Einzelfall die verschiedenen Auswirkungen abzuwägen sind. Diesen Grundsätzen trägt auch die Norm Rechnung [379].

Die wohl minimalste Umsetzung der primären Prävention im Zusammenhang mit Kollisionen mit festen Objekten besteht in einer **kontrastreichen Kennzeichnung** der Objekte am Fahrbahnrand (z. B. schwarzweiss schraffierte Schilder, Abbildung 110). Dies könnte mutmasslich zu einer vorsichtigeren Fahrweise der Lenkenden im Bereich dieser Objekte führen.

Es ist nicht immer möglich, Systemelemente derart zu gestalten, dass Kollisionen mit Objekten ausgeschlossen werden können. Im Sinn der **Haddon-Strategie** sind Systemelemente in solchen Fällen so auszuführen, dass wenigstens die **Folgen** von allfälligen Kollisionen **gemildert** werden können (sekundäre Prävention).

Abbildung 116
Beispiel einer Leitschranke an der Kurvenaußenseite mit doppelter Schutzfunktion (Absturz und Kollision mit einem Mast)



Der Handlungsspielraum ist in dieser Hinsicht jedoch klein, da die relevantesten Kollisionsobjekte Bäume sind. Immerhin halten Ewert et al. [141] und die entsprechende VSS-Norm [360] fest, dass Baumstämme einen Durchmesser von 8 cm nicht übersteigen sollten, damit der **Widerstand** bei einer **Kollision** für PW-Insassen nicht zu schweren Folgen führt. Allerdings ist diese Forderung in der Praxis kaum umsetzbar. Analoge Forderungen richten sich selbstredend auch an die Konstruktion von Zäunen, Mauern und Geländern. Für die Ausführung von Tragkonstruktionen im weitesten Sinn (untergeordnete Bedeutung ausserorts) sei auf Kap. VI.3.2.5 verwiesen.

Schliesslich kann auch auf Ausserortsstrassen als Notlösung versucht werden, durch eine **adäquate Detailgestaltung** der **Kollisionsteile**, die eindringende Wirkung der Kollisionsobjekte zu minimieren. Als veranschaulichende Beispiele dafür sei auch an dieser Stelle das Abschrägen einer Mauerkante oder das Anbringen von Rohrbogen als Abschluss von Geländern (Abbildung 111 in Kap. VI.3.2.5, S. 200) zitiert.

3.3.3 Linienführung

Oberstes Ziel einer adäquaten Linienführung ist es, den Lenker so zu beeinflussen, dass er intuitiv eine der Situation angemessene Geschwindigkeit wählt. Eine fachtechnisch korrekt ausgeführte Linienführung muss es demnach dem Lenker ermöglichen, den Strassenverlauf eindeutig einzuschätzen. Dies soll ihm sowohl eine korrekte Spurhaltung als auch ein rechtzeitiges Einschätzen der potenziellen Gefahren (Kollisionsobjekte, Knoten usw.) ermöglichen. Solcherart trassierte Strassen entsprechen den in [380] für Knoten formulierten Forderungen. Danach muss eine Verkehrsanlage u. a. sichtbar, übersichtlich, begreifbar und – von den Abmessungen her – befahrbar sein. Es kann davon ausgegangen

werden, dass diese Prinzipien auch auf die freie Strecke übertragen werden können, zumal sie grundsätzlich das Prinzip der selbsterklärenden Strasse umschreiben. Eine einwandfreie Erfüllung dieser Prinzipien trägt zur Reduktion aller relevanten Unfalltypen auf freier Strecke bei (Kollisionen mit festen Objekten, Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen und Auffahrunfälle).

Die konkrete Anwendung dieser Prinzipien auf die **horizontale Linienführung** folgt dem Grundsatz, dass ein Streckenzug eine sogenannte homogene Linienführung aufweisen soll. Dies erfolgt mittels einem in [380] bzw. [381] empfohlenen Verfahren. Insbesondere sind darin geometrische Bedingungen hinsichtlich Elementenfolge (Kurven, Geraden) formuliert. So sind maximale Differenzen der Projektierungsgeschwindigkeiten benachbarter Elemente, namentlich Kurven, festgelegt. Zudem werden geometrische Bedingungen für die Übergänge zwischen Kurven und Geraden formuliert. Es wird davon ausgegangen, dass eine Projektierung gemäss diesen Vorgaben zu einer homogenen Linienführung führt.

Oft lassen es die Randbedingungen (z. B. Topografie, Eigentumsverhältnisse) nicht zu, die geschilderten Projektierungsvorgaben einzuhalten. Führt dies zu Sicherheitsproblemen, so kann versucht werden, Kurven mit optischen Führungshilfen zu entschärfen.

Als optische Führungshilfen zur Verdeutlichung des Kurvenverlaufs werden in der Praxis eine ganze Reihe von Massnahmen eingesetzt, insbesondere:

- Randlinien (Abbildung 117)
- Dichte Abfolge von Leitpfosten oder flexiblen Kunststoffpollern zur Verdeutlichung des Kurvenverlaufs
- Leitpfeile
- abgestufte Leitpfeile (Abbildung 118)

- Gefahrensignale (Rechtskurve, Linkskurve, Doppelkurve rechts beginnend, Doppelkurve links beginnend (Abbildung 119))

Abbildung 117
Randlinie



Abbildung 118
Abgestufte Leitpfeile



Abbildung 119
Gefahrensignal «Rechtskurve»



- Verknüpfungen dieser Massnahmen: Zwahlen erarbeitete dazu ein Verfahren, um je nach geometrischen Bedingungen, die ideale Kombination festzulegen [382]

Diese Palette an Massnahmen zur Entschärfung von sicherheitstechnisch problematischen Kurven sowie der Nachweis der unfallreduzierenden Wirkung einiger dieser Massnahmen könnten vordergründig zum Schluss führen, den Aufwand für eine homogene Projektierung zu minimieren und bei Bedarf mit Massnahmen zur Verdeutlichung des Kurvenverlaufs zu intervenieren. Dem ist entgegenzuhalten, dass die Grundsätze der selbsterklärenden Strasse sowie der homogenen Linienführung besagen, dass mittels adäquater Projektierung ein angemessenes Verhalten anzustreben ist. Es wäre also ethisch fahrlässig, bei umständlichen Randbedingungen von einer homogenen Linienführung abzusehen, das Unfallgeschehen zu analysieren und bei negativer Entwicklung die Probleme mittels optischer Führungshilfen nachträglich zu korrigieren.

Auch die sogenannte **vertikale Linienführung** (Steigungen, Gefälle, Kuppen und Wannen) kann das Verhalten der Fahrzeuglenkenden beeinflussen.

Dabei erweisen sich insbesondere die Kuppen als problematisch, da die Sichtweite vom Kuppenradius abhängig ist. Bezogen auf die vorliegende Problematik ist davon auszugehen, dass sich eine inadäquate vertikale Linienführung negativ auf Knoten-Unfälle (Erkennbarkeit des Knotens), auf Frontalkollisionen (Sicht auf entgegenkommenden Verkehr), auf Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn und anschliessender Kollision mit Fahrzeugen oder Objekten (Einsicht in die Linienführung) und auf Auffahrunfälle (langsame oder stehende Fahrzeuge nicht einsehbar) auswirken kann. Die adäquaten

Kuppen- und Wannenradien sind in der entsprechenden VSS-Norm [383] festgelegt.

Schliesslich sei auch auf die Bedeutung des Quergefälles hingewiesen. Dieses dient der Entwässerung der Fahrbahnoberfläche und damit zur Prävention von Aquaplaning. In Kurven trägt es zur teilweisen Aufnahme der Querbeschleunigung sowie zur Verbesserung der optischen Führung bei.

Somit ist davon auszugehen, dass ein korrekt ausgeführtes Quergefälle zur Prävention von Kollisionen mit festen Objekten und Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen beiträgt. Die korrekte Ausgestaltung des Quergefälles hängt von diversen Faktoren ab (Kurvenradius, Strassentyp, u. a.) und ist in der entsprechenden VSS-Norm [384] festgelegt.

3.3.4 Knoten

Ausserorts ist zwar der Anteil an getöteten und schwer verletzten PW-Insassen im Bereich von Einmündungen/Kreuzungen mit 16 % kleiner als innerorts (Tabelle 26, S. 103). Da aber die Knotendichte ausserorts erheblich geringer ist als innerorts, spricht dies für ein erhöhtes Risiko von PW-Insassen im Knoten-Bereich. Auch ausserorts kommt somit der System-Komponente «Knoten» wesentliche Bedeutung zu. Wie innerorts sind insbesondere bei Linksabbiege- und Querungsunfällen die meisten getöteten oder schwer verletzten PW-Insassen zu verzeichnen.

Eine sorgfältige Planung und Projektierung von Knoten trägt somit wesentlich zur Anhebung der Sicherheit von PW-Insassen ausserorts bei. Dabei fallen den von Spacek [380] gestellten Anforderungen (Sichtbarkeit, Übersichtlichkeit, Begreifbarkeit, Befahrbarkeit) an die Gestaltung von Knoten eine besonders hohe Bedeutung zu. In Kap. VI.3.2.6 sind

die wesentlichen Schritte zu Planung, Projektierung und Bau von Knoten ausführlich beschrieben. Sie basieren vorwiegend auf den ausschlaggebenden VSS-Normen und sind im Folgenden kurz zusammengefasst.

In einem ersten Schritt wird die **adäquate Systemkomponente** ausgewählt. Dieser Schritt beinhaltet die Festlegung des adäquaten Knotentyps, der Knotenelemente und der Betriebsform. Dabei sind Strassentypen, Verkehrsstärken, gefahrene Geschwindigkeiten und topografische Randbedingungen zu berücksichtigen.

In einem zweiten Schritt werden die **korrekten Abmessungen** (Radien, Spurbreiten, usw.) festgelegt.

Aus sicherheitstechnischen Überlegungen sind bei der Planung und Projektierung von Knoten stets folgende Aspekte mit zu berücksichtigen:

Die Knotentyp-Variante **Kreisel** ist bei der Projektierung von Knoten immer – unter Berücksichtigung aller sicherheitstechnischen Auswirkungen – in Erwägung zu ziehen. Ebenso sind die möglichen positiven sicherheitstechnischen Auswirkungen von **Linksabbiegespuren** (Kap. VI.3.2.3) und einer **versetzten Linienführung der untergeordneten Strasse** bei der Querung der übergeordneten Strasse (Kap. VI.3.2.6, S. 201) zu überprüfen. Schliesslich sind die sicherheitstechnisch erforderlichen **Sichtweiten** rigoros einzuhalten.

3.3.5 Massnahmen gegen Frontalkollisionen

Basierend auf der Haddon-Strategie muss es das primäre präventive Ziel sein, das Abkommen von Personenwagen von der Fahrspur zu verhindern. Erneut sei in diesem Zusammenhang auf das Prinzip der

selbsterklärenden Strasse hingewiesen, die den Lenker zur intuitiv angemessenen Geschwindigkeitswahl veranlassen soll. Die Umsetzung erfolgt im Wesentlichen durch eine adäquate horizontale und vertikale **Linienführung**. Detaillierte Ausführungen dazu sind in Kap. VI.3.3.3 abgehandelt.

Versagt die primäre Prävention (Abkommen von der Fahrbahn mit der Gefahr des Befahrens der Gegenfahrbahn), so ist mittels sekundärpräventiven Interventionen anzustreben, dass dies wenigstens keine Frontalkollisionen zur Folge hat. Dabei drängt sich der Ansatz der **Mittelleitplanke** auf (Abbildung 120). Dieser wird in verschiedenen europäischen Ländern diskutiert und ist bereits von Ewert et al. [141] eingehend erörtert worden. Demgemäss ist diese Massnahme insbesondere auf **Autostrassen** (in diesem Bericht nicht separat behandelt) angezeigt, weil in der Schweiz die Wahrscheinlichkeit, auf einer Autostrasse schwer verletzt oder getötet zu werden 30 % höher ist als auf einer Hauptstrasse [141]. Das Überholen wird zwar auf Strassen mit Mittelleitplanken verunmöglicht. Auf Autostrassen sind aber seit dem 1. März 2006 (Revision des Strassenverkehrsrechts) nur noch Fahrzeuge erlaubt, die mindestens 80 km/h fahren

Abbildung 120
Mittelleitplanke auf einer Ausserortsstrasse



können und dürfen (Art. 35 VRV). Daher ist der Überholdruck geringer als früher. Den unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten sowie den Anforderungen an das Rettungswesen, an den Unterhalt sowie an anderweitige langsame Fahrzeuge muss trotzdem Rechnung getragen werden. Deshalb schlagen Ewert et al. [141] vor, auf längeren Abschnitten mit einstreifiger Verkehrsführung, Überholmöglichkeiten (kurze zweistreifige Abschnitte) anzubieten. Zudem wird auf Strassen mit Mittel- und Seitenleitplanken eine Breite vorgeschlagen, die es Ambulanzfahrzeugen ermöglicht, auch Lastwagen zu überholen.

Wegen der geringeren Wahrscheinlichkeit, auf **Hauptstrassen** ausserorts in Folge einer Frontalkollision einen schweren Personenschaden zu erleiden, fordern Ewert et al. [141], an Hauptstrassen selektiv Mittelleitplanken vorzusehen (Abschnitte mit hoher Verkehrsbelastung und kritischen Kurven). Auf diesen Strassen gelten hinsichtlich Überholmöglichkeiten dieselben Anforderungen wie auf Autostrassen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass auf Ausserortsstrassen mit Mittelleitplanke der leichte Zweiradverkehr separat zu führen ist.

Schliesslich sei an dieser Stelle auf die unfallreduzierende Wirkung von Rumble Strips in der Fahrbahnmitte hingewiesen (Kap. VI.3.3.6).

3.3.6 Infrastrukturelle Massnahmen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit

Die Thematik der Ablenkung und Unaufmerksamkeit wurde bereits in Kapitel VI.3.2.8, S. 203 aufgegriffen und wurde von Cavegn et al. [69] eingehend abgehandelt. Unaufmerksamkeit und Ablenkung werden als mögliche Ursachen bei Unfällen mit schwer verletzten oder getöteten PW-Insassen auch ausserorts sehr häufig genannt.

Nebst den in Kapitel VI.3.2.8 erwähnten Aspekten (Minimierung der Werbung, Ausführung von Linienführung, Signalisation und Markierung gemäss den aus dem Fachgebiet des Human Factors bekannten Erkenntnissen hinsichtlich Erkennbarkeit, Verständlichkeit und Lesbarkeit) sind auf Strassen ausserorts insbesondere Interventionen im Bereich der Sekundärprävention eher möglich, da hier der negative Aspekt der Lärmimmissionen oftmals weniger stark ins Gewicht fällt.

Eine mögliche Intervention sind die sogenannten **Rumble Strips**. Es handelt sich dabei um rillenartige Vertiefungen, die entlang der seitlichen Fahrbahnabgrenzung oder in der Fahrbahnmitte angebracht werden können (Abbildung 121). Überfährt ein abgelenkter Lenker diese Rumble Strips, so wird das Fahrzeug spürbar erschüttert. Persaud, Retting und Lyon konnten nachweisen, dass durch das Anbringen von Rumble Strips in der Fahrbahnmitte die Unfälle mit Personenschaden insgesamt um 15 %, Frontalkollisionen und Streifkollisionen mit Personenschaden gar um 25 % reduziert werden [385].

Eine reduzierte Variante von Rumble Strips stellen dabei Leitlinien dar, die als sogenannte **Stufenmarkierungen** ausgeführt sind. Werden diese befahren, so wird ein summendes Geräusch erzeugt, das

Abbildung 121
Rumble Strips in Fahrbahnmitte



den Lenker zu erhöhter Aufmerksamkeit aktivieren soll. Da diese Massnahme im Gegensatz zu den Rumble Strips keine Erschütterungen bewirkt, ist die Wirkung dieser Massnahme wohl geringer ist als bei baulichen Rumble Strips.

3.3.7 Abweichende Geschwindigkeitsgrenzen

Da eine unangemessene Geschwindigkeit bei allen vier für PW-Insassen relevante Unfalltypen ausserorts mit im Spiel ist, kann die Signalisation von sogenannten abweichenden Höchstgeschwindigkeiten unter ganz bestimmten Bedingungen in Betracht gezogen werden (Art. 108 SSV). Diese Massnahme ermöglicht, örtlich begrenzt (Stellen oder Strecken) die allgemein geltende Höchstgeschwindigkeit anzupassen. Dadurch kann gezielt in das Geschwindigkeitsverhalten eingegriffen werden.

Fachleute erachten es als zentral, diese Intervention streng nach Gesetz anzuwenden. Demnach soll eine lokal abweichende Höchstgeschwindigkeit das letzte Mittel sein, wenn alle anderen Gestaltungs- und Projektierungsmassnahmen kein Resultat zeigen. Diese Interpretation entspricht genau dem Grundsatz der selbsterklärenden Strasse.

3.4 Infrastrukturelle Massnahmen auf Autobahnen

3.4.1 Mögliche infrastrukturelle Defizite

Die aufgrund der relevanten Unfalltypen, Unfallstellen und möglichen Hauptursachen hergeleiteten möglichen infrastrukturellen Defizite wurden bereits in Kap. V.4.5, S. 108 aufgezeigt. Zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen den ermittelten möglichen infrastrukturellen Defiziten und den empfohlenen Interventionen ist diese Tabelle hier nochmals abgebildet (Tabelle 45).

3.4.2 Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen mit festen Objekten

Leitplanken tragen dazu bei, eine beträchtliche Anzahl Getöteter und Schwerverletzter zu verhindern (Kollisionen mit Einzelobjekten und Frontalkollisionen). Kollisionen mit Leitplanken sind demnach gewissermassen der Preis für die Verhinderung einer grösseren Anzahl von Schwerverletzten und Getöteten. Das für andere Kollisionsobjekte gültige Prinzip des Entfernens kann für Leitplanken auf Autobahnen selbstredend nicht angewendet werden. Vielmehr gilt es, die Leitplanken adäquat auszugestalten. Konkret heisst dies, dass Leitplanken weder zu steif (Minimierung der Aufprallwucht) noch zu nachgiebig (Rückhaltewirkung) sein dürfen. Detaillierte Angaben zur anspruchsvollen Herausforderung an Planung und Konstruktion von Leitplanken finden sich in der entsprechenden Normengruppe der VSS [379,386].

Interessant sind hingegen die Erkenntnisse hinsichtlich Unfälle an steilen **Böschungen**, die in der offiziellen Unfallstatistik als Kollisionen mit festen Objekten geführt werden. Die Forschungsergeb-

Tabelle 45
Relevante Unfalltypen, Unfallstellen und Hauptursachen sowie resultierende mögliche infrastrukturelle Defizite auf Autobahnen

Mögliche infrastrukturelle Defizite	Kollisionen mit festen Objekten ausserhalb der Fahrbahn	Auffahr-unfälle
Feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn zu nahe, zu starr, formaggressiv, ungeschützt, an kritischer Lage	X	
Ungenügende Leistungsfähigkeit von Ausfahrten		X

nisse analysierten bereits Ewert et al. [141] eingehend. Zusammenfassend kann dazu Folgendes festgehalten werden:

Die Neigung der Böschung kann eine wichtige Rolle für die Unfallfolgen spielen. Gerät ein Fahrzeug von der Fahrbahn ab, so kann der Lenker auf einer flachen Böschung sein Fahrzeug besser kontrollieren. Insbesondere wird die Wahrscheinlichkeit von Überschlagsunfällen gesenkt.

In Schweizer Lehrbüchern zur Strassenprojektierung wird eine Böschungsneigung von 2:3 empfohlen [387]. Dieser Wert trägt jedoch nur der Wirtschaftlichkeit und dem inneren Scherwinkel des Bodenmaterials Rechnung. Flachere Winkel werden nur im Zusammenhang mit der Einpassung der Strassenanlage in die Landschaft erwähnt.

Gemäss Zegeer und Council [378] haben flachere Böschungen einen signifikant positiven Einfluss auf das Unfallgeschehen. Eine Reduktion der Böschungsneigung von 1:2 bis 1:7 geht mit einer Reduktion der Unfallhäufigkeit einher. Insbesondere weisen sie darauf hin, dass Böschungsneigungen von 1:5 oder flacher Überschlagsunfälle entscheidend senken können. Gemäss Ogden [373] sei es bei flacheren Böschungswinkeln für Lenkende eher möglich, nach einem Abkommen von der Strasse die Kontrolle über das Fahrzeug wieder zu erlangen. Deshalb fordern auch Ewert et al. [141] Böschungsneigungen von weniger als 1:4. Steilere Böschungen sind demnach mit Leitplanken zu versehen.

Als Minimallösung sei das Ausrunden des Böschungsfusses erwähnt [386]. Fachleute vermuten, ein grösserer Ausrundungsradius (5 m) als derzeit in der Norm vorgesehen (2 m) sei sicherheitstechnisch

von Vorteil. Doch lassen dies die hiesigen Platzverhältnisse oft nicht zu.

Beim Kollisionsobjekt **Mauer** ist davon auszugehen, dass es sich primär um Stütz- oder Leitmauern handelt. Diese sind aus topografischen Gründen in vielen Fällen unumgänglich und können aus Platzgründen nicht zusätzlich mit Leitplanken geschützt werden. Wichtig im Zusammenhang mit solchen Mauern ist, dass keine frei stehenden Front- bzw. Stirnpartien dem rollenden Verkehr zugewandt sind. Ausführliche Vorgaben zur Planung, Projektierung und Ausführung solcher baulicher Details sind in den Richtlinien über Fahrzeug-Rückhaltesysteme des ASTRA enthalten [388].

Die übrigen oft genannten Kollisionsobjekte im Sinn von Inseln, Inselfosten, Schildern, Pfosten, Masten, Bäumen, Zäunen, Geländern (**einzelne Kollisionsobjekte**) sind nach Möglichkeit zu entfernen. Nur wenn dies nicht möglich ist, sollen solche Objekte mittels eines adäquaten Leitplankensystems geschützt werden. Als letztmögliche ist die energieabsorbierende Konstruktion solcher Kollisionsobjekte einzustufen. Insbesondere sei auf die potenzielle Problemzone der sogenannten physischen Nase hingewiesen. Sie ist der vorderste Punkt eines Ausfahrtzwickels. Der Verein Schweizerischer Leitschrankenunternehmungen empfiehlt in seinen Unterlagen speziell hierfür konstruierte Anpralldämpfer vorzusehen [389].

3.4.3 Massnahmen zur Prävention von Auffahrunfällen und zu nahem Aufschliesen

Vermutlich werden Auffahrunfälle in der überwiegenden Mehrheit der Fälle entweder durch unangepasste Geschwindigkeit oder durch ungenügenden

Abstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen verursacht. Der Spielraum für infrastrukturelle Interventionen zur Prävention dieses Unfalltyps und dieser Verhaltensweise ist auf Autobahnen stark limitiert.

So könnten verkehrsabhängige **Stau-Warnanlagen** Lenkende rechtzeitig auf unerwartete Stausituationen (z. B. in Kurven) aufmerksam machen. Für Situationen bei **Nebel** ist das Markieren von Symbolen (z. B. Kreise) in regelmässigen Abständen entlang des Pannestreifens zu prüfen. Auf zusätzlichen Signalen kann dem Lenker die in Abhängigkeit der Anzahl erkennbarer Symbole angemessene Geschwindigkeit angegeben werden.

Allerdings gilt zu berücksichtigen, dass nur ein sehr geringer Anteil aller getöteten und schwer verletzten PW-Insassen in solchen Situationen zu verzeichnen sind (14 % in Kurven und knapp 4 % bei Nebel; Tabelle 46).

3.4.4 Infrastrukturelle Massnahmen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit

Hinsichtlich infrastruktureller Interventionen gegen Ablenkung und Unaufmerksamkeit gelten analoge Bemerkungen wie für die Ausserortsstrassen (Kap. VI.3.3.6, S. 210). Es sind positive Auswirkungen dieser Intervention auf das Unfallgeschehen zu erwarten. Daher ist dieser Ansatz im Hinblick auf eine weiträumige Anwendung vertieft hinsichtlich Umsetzbarkeit zu analysieren.

Tabelle 46
Schwer verletzte und getötete PW-Insassen bei Auffahrunfällen auf Autobahnen infolge Nebel (2004–2008)

		Schwerverletzte	Getötete
Anderes	Auffahr-Unfall	473	21
Nebel/Dunst	Auffahr-Unfall	19	0
Total	Auffahr-Unfall	492	21

3.5 Implementierung der infrastrukturellen Massnahmen

3.5.1 Zusammenhang zwischen Mängeln der Strassenverkehrsinfrastruktur und schwer verletzten bzw. getöteten PW-Insassen

Wie in Kap. V.4.1, S. 101 bereits erläutert, lässt die offizielle Unfallstatistik keine Aussage zu infrastrukturellen Defiziten im verkehrstechnischen Sinn zu. An Örtlichkeiten, an denen sich ein Unfall ereignet hat, werden zwar Merkmale bezüglich Infrastruktur wie beispielsweise Strassenart (Hauptstrasse, Nebenstrasse, u. a. m.), Unfallstelle (Kreuzung, gerade Strecke, u. a. m.), mögliche Hauptursachen (z. B. Missachten des Vortritts) erhoben. Daraus lassen sich jedoch nicht unmittelbar Interventionen verkehrstechnischer Art ableiten.

Genauere Aussagen sind nur aufgrund entsprechender Forschungen möglich. Dazu sind vermutlich sogenannte In-Depth-Investigations erforderlich, bei denen an Unfallstellen nachträglich die relevanten verkehrstechnischen Details erhoben werden. Da diese Thematik jedoch sehr aufwändig und komplex ist, müsste die Machbarkeit zumindest in einer Voruntersuchung abgeschätzt werden.

3.5.2 Anpassung von ausgewählten VSS-Normen (Schwerpunkt: Kollisionen mit festen Objekten)

Die VSS ist bestrebt, in den gültigen Normen den aktuellen Wissensstand darzustellen und somit Regeln der Baukunde zu erarbeiten. Als Basis dazu dient in der Regel eine Forschungsarbeit. Eine VSS-Norm berücksichtigt bisweilen auch die Umsetzbarkeit. Diese wird von Fachexperten beurteilt. Somit

gibt es VSS-Normen, die einen Kompromiss zwischen dem theoretisch Anzustrebenden und dem praktisch Umsetzbaren darstellen. Schliesslich muss berücksichtigt werden, dass zwar VSS-Normen systematisch aktualisiert werden, eine gewisse Verzögerung zum aktuellen Wissensstand jedoch in der Natur der Sache liegt. Diese Mischung aus empirischer Forschung, Expertenrating und zeitlicher Verzögerung kann dazu führen, dass einzelne VSS-Normen nicht ganz der wissenschaftlichen Evidenz entsprechen. Dies äussert sich insbesondere bei der Problematik der festen Objekte. Bereits Ewert et al. [141] gelangten nach ausführlichen Analysen zum Schluss, dass folgende, diesbezüglich relevanten VSS-Normen anzupassen sind:

SN 640 201: Geometrisches Normalprofil – Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer [390]

In dieser Norm wird ein sogenannter seitlicher Sicherheitszuschlag vorgeschrieben. Dieser ist geschwindigkeitsabhängig und beträgt zwischen 0,1 m und 0,4 m. Im Weiteren sieht die Norm für Leiteinrichtungen, Signale oder Abschränkungen eine zusätzliche lichte Breite von 0,20 m im Lichtraumprofil der Strasse vor. Diese Werte unterschreiten die Erkenntnisse aus Kap. VI.3.3.2 bei weitem. Die Norm ist deshalb entsprechend anzupassen. Angemessene Abstände sind in Abhängigkeit des Strassentyps aufzunehmen.

SN 640 560: Passive Sicherheit im Strassenraum – Grundnorm [379]

In dieser Norm wird der Begriff des sogenannten kritischen Abstands benützt. Dieser wird als seitlicher Abstand zum Fahrbahnrand, innerhalb von welchem bei Gefahrenstellen Massnahmen der passiven Sicherheit zu prüfen sind, definiert. Die Masse sind in SN 640 561 [386] festgelegt. Gemäss

Kap. VI.3.3.2 und [141] ist der Begriff der Freihaltezone eher angezeigt. Die «Hindernisfreie Zone» ist eine klarere Aufforderung, keine Hindernisse in dieser Zone zu tolerieren.

SN 640 561: Passive Sicherheit im Strassenraum – Fahrzeugrückhaltesysteme [386]

Diese Norm legt u. a. kritische Abstände in Abhängigkeit des Strassentyps und der Verkehrsstärke fest. Aufgrund der Vorgaben ist in den meisten Fällen ein Rückhaltesystem ab einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von 12 000 gefordert. Zudem wird festgelegt, dass Böschungen erst ab einer Neigung von 1:3 abzusichern sind. Aus unfallpräventiver Sicht sind diese Werte – in Abhängigkeit des Strassentyps – anzupassen. [141] fordert beispielsweise, auf Ausserortsstrassen bereits ab einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von 4000 Fahrzeugen Rückhaltesysteme vorzusehen. Überdies muss der Wert der maximalen Böschungsneigung, bei dem keine Fahrzeugrückhaltesysteme verlangt werden, nach unten korrigiert werden (maximal 1:4).

SN 640 569: Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausrüstung [360]

Diese Norm hält fest, dass umfahrbare Tragkonstruktionen der Strassenausrüstung unter Einhaltung der zusätzlichen lichten Breite nach der VSS-Norm SN 640 201 angeordnet werden können. Zu fordern ist gemäss Ewert et al. [141], dass hindernisfreie Zonen in Abhängigkeit des Strassentyps festgelegt werden sowie dass der Einsatz von umfahrbaren Tragkonstruktionen für verbindlich erklärt wird.

SN 640 677: Alleebäume – Grundlagen [391]

In dieser Norm wird u. a. der Abstand von Alleebäumen in Abhängigkeit des Vegetationstyps festgelegt. Die Werte liegen dabei unter den in [141]

geforderten Abständen. Selbst an Hochleistungsstrassen (Autobahnen) sind für einzelne Bäume Abstände von lediglich 6 bis 7 m gefordert. An dieser Stelle seien die in [141] geforderten Abstände zitiert: entlang von Strassen innerorts mindestens 0,5 m, entlang von Strassen ausserorts mindestens 6 m.

3.5.3 Aufwertung der VSS-Normen

Die VSS-Normen stellen den aktuellen Wissensstand dar und entsprechen somit den Regeln der Baukunde. Sie sind nicht unmittelbar bindend, können jedoch in Schadensfällen, im Nachhinein, als Grundlage zur Klärung der Schuldfrage beigezogen werden.

Einige wenige dieser Normen gelten als **Weisung** des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) im Sinn von Art. 115 Abs. 1 SSV und erhalten dadurch ein grösseres Gewicht⁵⁵. In der Praxis zeigt sich, dass diese im Planungs- und Projektierungsprozess einfacher durchzusetzen sind.

Idealerweise müssten somit die VSS-Normen in den Stand einer Weisung erhoben werden. Dem ist entgegenzusetzen, dass die Akzeptanz dieser Forderung gering sein dürfte. Ausserdem können mit einer Weisung verschiedene Nachteile verbunden sein, z. B. wird die Norm nicht nach den für die Schaffung von Rechtssätzen geltenden Vorschriften erzeugt. Probleme kann es z. B. auch geben, wenn der private Regelsetzer, der durch die Weisung nicht gebunden ist, die Norm ändert oder aufhebt [392, S. 363, 365].

Eine Lösung könnte darin bestehen, auf Bundesebene sicherzustellen, dass alle kantonalen und kommunalen Baugesetze die Forderung enthalten, die

Infrastruktur müsse dem aktuellen Stand der Technik entsprechen mit dem Ziel, Unfälle möglichst auszuschliessen bzw. höchstens geringe Folgen für Leib und Leben der Unfallbeteiligten zu bewirken.

3.5.4 Instrumente zur systematischen flächendeckenden Sicherheitsüberprüfung geplanter und bestehender Infrastruktur

Im Rahmen des Handlungsprogrammes des Bundes Via sicura, traten am 1. Juli 2013 u. a. Art. 6a, Abs. 1,3,4 SVG in Kraft. Diese verpflichten die zuständigen Behörden, ihr Strassennetz auf Unfallschwerpunkte und Gefahrenstellen systematisch zu analysieren und diese zu beheben. Zudem muss bei Planung, Bau und Betrieb der Strasseninfrastruktur den Anliegen der Verkehrssicherheit angemessen Rechnung getragen werden. Schliesslich muss eine verantwortliche Ansprechperson für die Anliegen der Verkehrssicherheit ernannt werden.

Um eine systematische Umsetzung dieser Ziele zu gewährleisten hat das ASTRA 6 sogenannte Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente (ISSI) erarbeitet. Diese basieren insbesondere auf den Verfahren zur systematischen Überprüfung von Strasseninfrastruktur auf Sicherheitsdefizite, die im Rahmen des 6. Rahmenprogramms der EU ausgearbeitet wurden (Projekt RIPCORDER-IPREST [393]). Es sind dies:

- RIA (Road Safety Impact Assessment) zur Bestimmung der sichersten Projektvariante
- RSA (Road Safety Audit) zur Überprüfung von Projekten hinsichtlich sicherheitstechnischer Mängel
- RSI (Road Safety Inspection) zur Identifikation und Sanierung von Gefahrenstellen
- BSM (Black Spot Management) zur Identifikation und Sanierung von Unfallhäufungsstellen

⁵⁵ Verordnung des UVEK vom 12. Juni 2007 über die auf die Signalisation von Strassen, Fuss- und Wanderwegen anwendbaren Normen, SR 741.211.5

- NSM (Network Safety Management) zur Bewertung der Verkehrssicherheit auf Netzebene
- EUM (Einzelunfallstellen-Management) zur fallbezogenen Analyse der Strasseninfrastruktur

Diese Instrumente hat das ASTRA in 6 entsprechenden Broschüren erläutert [394-399].

Diesen 6 Instrumenten wurde eine Vollzugshilfe überlagert, welche die systematische Institutionalisierung der ISSI-Instrumente sicherstellen soll [400].

Die technischen Methoden von 5 dieser 6 ISSI-Instrumente sind wiederum in diversen VSS-Normen – und zwar SN (Schweizer Norm) oder SNR (Schweizer Regel) festgehalten:

- Strassenverkehrssicherheit – Folgeabschätzung: Road Safety Impact Assessment – RIA, SNR 641 721
- Strassenverkehrssicherheit – Audit: Road Safety Audit – RSA, SN 641 722
- Strassenverkehrssicherheit – Inspektion: Road Safty Inspection RSI, SNR 641 723
- Strassenverkehrssicherheit – Unfallschwerpunkt-Management: Black Spot Management – BSM, SNR 641 724
- Strassenverkehrssicherheit – Netzeinstufung: Network Safety Mangement – NSM, SNR 641 275

Die Norm für das Einzelunfallstellen-Management muss noch verfasst werden.

Dem Sicherheitsbeauftragten fällt im Zusammenhang mit den ISSI-Instrumente eine besonders wichtige Rolle zu [400]. Eine enge Zusammenarbeit von Verkehrssicherheits-Fachstellen mit den Sicherheitsbeauftragten ist deshalb eine wichtige flankierende Massnahme zur Qualitätssicherung. Die Sicherheitsfachperson ist fachlich zu unterstützen.

Road Safety Audit (RSA)

Ein Road Safety Audit ist ein standardisiertes Verfahren zur Prüfung von Projekten (Neubau, Umbau, Sanierung) in den verschiedenen Planungsphasen. Durch eine unabhängige Sicherheitsverträglichkeitsprüfung können potenzielle Verkehrssicherheitsprobleme bereits während der Planungsphase vermieden werden. In einigen Ländern gehört dieses Verfahren bereits seit längerem zum üblichen Ablauf bei Neuprojekten.

Nach den zur Verfügung stehenden Unterlagen sind Anwendungen aus Australien, Grossbritannien, Dänemark, Deutschland, Schweden, Norwegen und der Tschechischen Republik bekannt. Untersuchungen zur Wirksamkeit liegen u. a. für Dänemark vor und belegen einen Kosten-Nutzen-Faktor von 1,5.

Road Safety Inspection (RSI)

Die Road Safety Inspection ist ein standardisiertes Verfahren zur Überprüfung von bestehenden Anlagen im Sinn einer Betriebssicherheitsprüfung. Im Gegensatz zum Road Safety Audit, bei dem Neu- und Umbauprojekte geprüft werden, basiert die Road Safety Inspection auf der Idee einer periodischen Kontrolle der bestehenden Infrastruktur durch die zuständigen Behörden.

In einigen Ländern gehört dieses Verfahren seit längerem zum üblichen Ablauf bei bestehenden Anlagen, z. B. in Deutschland. Aufgrund der Analyse der Risikofaktoren (defizitäre Infrastruktur hinsichtlich PW-Insassen) ist eine Road Safety Inspection insbesondere mit Schwerpunkt feste Kollisionsobjekte empfehlenswert. Dazu ist eine Standardisierung und Institutionalisierung (Erhaltungsmanagement) über alle Tiefbauämter und Signalisationsbehörden erforderlich.

Black Spot Management (BSM)

Black Spot Management bezweckt die systematische Unfallanalyse der Verkehrsnetze. Ergeben sich daraus Örtlichkeiten mit aussergewöhnlich vielen Unfällen (Unfallhäufungsstellen), so sind diese prioritär – unter Anwendung von adäquaten Verfahren – zu sanieren. Im Gegensatz zu RSA und RSI, die als proaktive Instrumente zu bezeichnen sind, ist das BSM ein reaktives Instrument. Unfallhäufungsstellen sind nach wie vor auf dem Schweizerischen Strassennetz zu finden und demnach verkehrstechnisch fachgerecht zu sanieren.

3.5.5 Ausbildung der Ingenieure und Planer

Die in der Praxis festgestellten infrastrukturellen Defizite zeigen, dass bei Planung, Projektierung, Ausführung und Unterhalt von Verkehrsanlagen die Sicherheitsaspekte oft ungenügend berücksichtigt sind. Offenbar sind die Kenntnisse und/oder die Sensibilisierung zum Thema «Sicherheit» bei Ingenieuren und Planern zu wenig vorhanden.

Erstausbildung: Während der Erstausbildung an Hochschulen und Fachhochschulen ist bereits eine Sensibilisierung für das Thema der Verkehrssicherheit gesamtschweizerisch zu gewährleisten. Insbesondere ist sicherzustellen, dass den Studierenden nebst dem Grundwissen zu diesem Thema spezifisch die entsprechenden Normen, Gesetze und Forschungsergebnisse vermittelt werden.

Fort-/Weiterbildung: Viele Berufsstände sehen eine obligatorische Weiterbildung vor (Piloten, Fachpsychologen, Lehrkräfte usw.). Analog dazu ist eine obligatorische Weiterbildung für Verkehrsingenieure und -planer wünschenswert. Kongresse und

Tagungen zu Verkehrssicherheitsthemen werden in der Schweiz schon heute regelmässig organisiert. Als kurzfristige Massnahme kann die Unterstützung der Organisation solcher Tagungen/Kongresse empfohlen werden. **Mittelfristig** ist zu prüfen, wie das gesamte Angebot an Tagungen/Kongressen koordiniert und mit einer allfälligen obligatorischen Weiter-/Fortbildung abgestimmt werden kann.

3.5.6 Sensibilisieren der Behörden für die Bedeutung der Infrastruktur

Die Behörden sind für die Aspekte der Verkehrssicherheit anhaltend zu sensibilisieren. Mit den zuständigen Behörden ist eine enge Zusammenarbeit und regelmässiger Kontakt seitens der Fachstellen zu pflegen. Dabei gilt es, die Behörden über die gesetzlichen Pflichten hinaus für die Bedeutung der Infrastruktur hinsichtlich der Verkehrssicherheit zu sensibilisieren. Im Vordergrund steht Folgendes:

- Fachtechnische Beratungen zu sicherheitsrelevanten Themen
- Fachtechnische Unterstützung von Projekten
- Regelmässige Veranstaltung von Kolloquien/ Weiterbildungskursen/Foren
- Publikationen in Fachzeitschriften

3.5.7 Rechtliche Möglichkeiten zur Einforderung und Umsetzung einer adäquaten Infrastruktur

Grundsätzlich besagt Art. 58 OR⁵⁶, dass der Eigentümer eines Gebäudes oder eines andern Werks den Schaden zu ersetzen hat, den diese infolge von fehlerhafter Anlage oder Herstellung oder von mangelhafter Unterhaltung verursachen. Das Gemeinwesen als Eigentümer von Strassen könnte demnach theoretisch eingeklagt werden, wenn der oben genannte

⁵⁶ Obligationenrecht vom 30. März 1911, SR 220

Sachverhalt zutrifft. In der Praxis findet dieser Artikel im Zusammenhang mit Strassenverkehrsinfrastruktur heute kaum Anwendung. Die damit verbundenen Hürden, insbesondere die finanziellen Risiken, sind zu gross. In der Regel finden sich auch keine finanzkräftigen Interessengemeinschaften, die bereit wären, eine Person durch einen solchen Prozess zu begleiten.

Wenn auf Bundesebene aber eine Grundlage entstehen sollte, die Gemeinwesen aller drei Ebenen verpflichtet, eine Strasseninfrastruktur, die Unfälle ganz oder zumindest schwere Unfallfolgen vermeidet, zu schaffen und zu betreiben, könnte die Haftung des Gemeinwesens aus Art. 58 OR für mangelhafte Infrastruktur eine ganz neue Bedeutung erhalten.

Auch mit dem Inkrafttreten von Art. 6a SVG (seit dem 1. Juni 2013) wird sich mit grosser Wahrscheinlichkeit an der geringen Bedeutung von Art. 58 OR nichts ändern. Laut Art. 6a SVG sollen die Strassen-eigentümer ihr Strassennetz auf Unfallschwerpunkte und Gefahrenstellen analysieren und diese sukzessive beheben. Bund und Kantone haben einen Sicherheitsbeauftragten für ihr Strassennetz zu ernennen.

Dieser Formulierung fehlt die notwendige Durchsetzungskraft, um als Rechtsgrundlage zur Einforderung und Umsetzung adäquater Infrastruktur zu dienen. Die Gemeinwesen aller drei Ebenen werden nicht verpflichtet, eine Strasseninfrastruktur, die Unfälle ganz oder zumindest schwere Unfallfolgen vermeidet, zu schaffen und zu betreiben. Insbesondere die sukzessive Behebung von Unfallschwerpunkten und Gefahrenstellen lässt dem Gemeinwesen einen erheblichen Umsetzungsspielraum.

Der Bund könnte auch die konkrete Umsetzung von infrastrukturellen Massnahmen zur Verbesserung

der Verkehrssicherheit vermehrt unterstützen. Der Infrastrukturfonds sieht u. a. Beiträge für die Substanzerhaltung der Hauptstrassen in Berggebieten und Randregionen vor, sodass wenigstens in diesen Gebieten spezifische Sicherheitsmassnahmen auf diese Weise finanziert werden könnten.

3.5.8 Förderung der Umsetzung des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts

Scaramuzza [401] konnte zeigen, dass hinsichtlich der Verbreitung des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts ein riesiges Potenzial besteht. Auf der Mehrheit der überbauten Bauzonen gilt derzeit noch die Höchstgeschwindigkeit 50 km/h. Gravierender ist jedoch insbesondere die aktuelle Lage der Umsetzung dieses Geschwindigkeits-Modells auf den unfallträglicheren verkehrsorientierten Strassen, sind doch schätzungsweise 98–99 % davon nicht nach den Empfehlungen in Kapitel VI.3.2.2, S. 193 umgesetzt worden.

Um eine breitere Umsetzung des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts zu verwirklichen, sind Massnahmen auf verschiedenen Ebenen angezeigt:

In erster Linie gilt es, die Baubehörden weiterhin systematisch von den sicherheitstechnischen Vorteilen **umgestalteter verkehrsorientierter Strassen** zu überzeugen. Bekanntlich werden bauliche Eingriffe primär dann geplant, wenn bei Strassen Unterhaltsarbeiten anstehen. Deshalb ist es wichtig, den Baubehörden nahe zu legen, bei diesen Gelegenheiten die Planung von Umgestaltungen nach der entsprechenden VSS-Norm [355] zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der Umsetzung von **Tempo-30-Zonen auf siedlungsorientierten Strassen** (Quartierstrassen) bestehen zurzeit diverse Hemmnisse:

- Die aktuelle Rechtslage stellt ein grosses Hindernis dar. Solange Tempo-30-Zonen als abweichende Limite zur geltenden allgemeinen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h innerorts gelten und somit gemäss Art. 108 SSV begründet werden müssen, ist eine zügige Verbreitung von Tempo-30-Zonen kaum möglich. Art. 4a VRV sowie Art. 22 SSV müssten dahingehend angepasst werden, dass innerorts zwei Höchstgeschwindigkeitsregimes festgelegt werden: 50 km/h auf dem übergeordneten Strassennetz und 30 km/h auf dem siedlungsorientierten Strassennetz.
- Der Befund, dass besonders kleinere, finanzschwächere Gemeinden seltener Tempo-30-Zonen und umgestaltete verkehrsorientierte Strassen aufweisen [401], zeigt ein Informationsdefizit auf. Inhalt des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts ist u. a., Tempo-30-Zonen mit einem akzeptablen Aufwand realisieren zu können. Andererseits betrifft die Umgestaltung von verkehrsorientierten Strassen primär Kantonsstrassen, sodass auf diesen Strassen die Kosten nicht voll zu Lasten der Gemeinden gehen. Aus diesem Grund ist es wichtig, gerade solche Gemeinden beispielsweise über die Sicherheitsdelegierten anzugehen und sie vertiefter über die sicherheitstechnischen Vorteile zu informieren.
- In der Zwischenzeit müssen die zuständigen Behörden weiter für die sicherheitstechnischen Vorteile des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts sensibilisiert werden
- Die Umsetzung der erwähnten Punkte bedarf einer zielgruppengerechten Kommunikationsstrategie mit direktem Kontakt. Dazu gehören das gezielte Beliefern der zuständigen kantonalen oder kommunalen Behörden mit Fachbroschüren sowie die jährlichen Zusammenkünfte der kantonalen Signalisationsbehörden. In diesem Sinn wäre

auch eine jährliche Zusammenkunft der zuständigen kantonalen Baubehörden vielversprechend. Als Alternative bietet sich an, dafür zu sorgen, dass bei der bereits bestehenden jährlichen Zusammenkunft der Kantonsingenieure ein festes Fenster zum Thema Verkehrssicherheit vorgesehen wird. Dies ermöglicht, entsprechende Anliegen direkt bei den Amtsvorstehern anzubringen.

3.6 Fazit

Aufgrund der Analyse drängt sich zur Reduktion der Anzahl der getöteten und schwer verletzten PW-Insassen eine Fokussierung auf folgende infrastrukturelle Aspekte auf:

Innerorts

In erster Linie sind feste Objekte ausserhalb der Fahrbahn in Kurven möglichst zu vermeiden oder in zweiter Linie derart auszuführen, dass Kollisionen keine schwerwiegenden Folgen haben (Sollbruchstellen, feingliedrige Konstruktion). Als Notlösung sind solche Objekte auffällig zu kennzeichnen oder in ihrer Formaggressivität zu reduzieren. **Trennelemente in der Fahrbahnmitte** im weitesten Sinn (Verkehrsstreifen in Fahrbahnmitte, Mittelinseln, Linksabbiegehilfen für den leichten Zweiradverkehr u. a.) als verkehrstechnische oder strassenraumgestalterische Elemente wirken sich positiv auf mehrere relevante Unfalltypen aus. Dasselbe gilt für **flächendeckende Ansätze zur Reduktion** der gefährlichen **Geschwindigkeit**. Dazu gehört in erster Linie die Umsetzung des Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts. Dabei sei auf den zentralen Aspekt hingewiesen, dass die meisten getöteten oder schwer verletzten PW-Insassen auf verkehrsorientierten Strassen zu verzeichnen sind, weswegen bei der Umsetzung des genannten Modells insbesondere die aufwertende Gestaltung dieser Strassen zu beachten

ist. Eine adäquate Ausführung von **Knoten** trägt nicht nur zur Reduktion von Knoten-Unfällen bei. Durch das Aufrechterhalten der Leistungsfähigkeit – was nicht mit einer erhöhten Geschwindigkeit gleichbedeutend sein muss – können ebenso Auffahrunfälle bekämpft werden. Eine normgerechte **Strassenbeleuchtung** wirkt sich positiv auf alle Unfalltypen innerorts aus.

Ausserorts

Eine **Linienführung**, die die Lenkenden dazu veranlasst, intuitiv die angemessene Geschwindigkeit zu wählen, beeinflusst das gesamte Unfallgeschehen positiv. Zentrales Element ist dabei die adäquate gegenseitige Abstimmung von Kurven und Geraden sowie Wannens und Kuppen. **Feste Objekte**, insbesondere ausserhalb der Fahrbahn in Kurven, sind möglichst zu vermeiden. Sie sollen einen minimalen Abstand von 6 m (Autostrassen 10 m) zum Fahrbahnrand aufweisen. Wo dies nicht praktikabel ist (z. B. aus topografischen Gründen), sind feste Objekte wenn immer möglich so auszuführen, dass Kollisionen keine schwerwiegenden Folgen haben (Sollbruchstellen, feingliedrige Konstruktion). Ist keine dieser Massnahmen umsetzbar, können feste Objekte mittels Leitplanken geschützt werden. Als Notlösung sind sie auffällig zu kennzeichnen oder in ihrer Formaggressivität zu reduzieren. **Mittelleitplanken** können je nach Lage und Verkehrsmenge einen positiven Beitrag zur Vermeidung von Frontalkollisionen leisten. Den besonderen Bedürfnissen des Rettungswesens und des leichten Zweiradverkehrs ist dabei Rechnung zu tragen. Wie auch innerorts trägt eine adäquate Ausführung von **Knoten** nicht nur zur Reduktion aller Knoten-Unfälle bei. Durch das Aufrechterhalten der Leistungsfähigkeit – was nicht mit einer erhöhten Geschwindigkeit gleichbedeutend sein muss – können ebenso Auffahrunfälle bekämpft wer-

den. Das Anbringen von **Rumble Strips** in der Strassenmitte oder am Fahrbahnrand reduziert Unfälle, die auf Ablenkung und Unaufmerksamkeit oder auf Müdigkeit zurückzuführen sind. Von der generellen Höchstgeschwindigkeit 80 km/h **abweichende Geschwindigkeitsgrenzen** sind nur anzuwenden, wenn alle anderen Interventionen ausgeschöpft wurden.

Autobahn

Leitplanken sind fachgerecht zu konstruieren, d. h. weder zu starr noch zu weich. **Neigungen** von **Böschungen** sollten ein maximales Verhältnis von 1:4 aufweisen. Der Böschungsfuss sollte nach Möglichkeit ausgerundet werden. Die Anfangsbereiche (Frontseite) von **Leit- und Stützmauern** dürfen nicht zum rollenden Verkehr hin gewandt sein. **Feste Objekte** sind zu entfernen, zu schützen oder energieabsorbierend auszugestalten. Verkehrsabhängige **Stauwarnanlagen** und markierungstechnische Anzeigen des einzuhaltenden Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug bei **Nebel** können der Prävention von Auffahrunfällen dienen. **Rumble Strips** am Fahrbahnrand reduzieren Unfälle, deren Ursache Unaufmerksamkeit und/oder Ablenkung sind.

Wichtige Strategien/Massnahmen, die der Umsetzung der aufgeführten infrastrukturellen Aspekte dienen, sind u. a.:

- den Einsatz von Instrumenten zur systematischen flächendeckenden Sicherheitsüberprüfung geplanter und bestehender Infrastruktur (ISSI-Instrumente) fördern,
- die Anwendung der VSS-Normen sicherstellen, diese aufwerten bzw. ausgewählte anpassen,
- Ingenieure und Planer entsprechend ausbilden,
- zuständige Behörden und die Bevölkerung für ein Geschwindigkeitsregime 50/30 innerorts sensibilisieren.

In Tabelle 47 sind Strategien/Massnahmen aufgeführt, die der Umsetzung der dargestellten infrastrukturellen Aspekte dienen.

Tabelle 47 Implementierung von verkehrstechnischen Massnahmen	
Massnahmen	Beurteilung
Anpassung von ausgewählten VSS-Normen mit Relevanz zu Kollisionen mit festen Objekten	Sehr empfehlenswert
Umsetzung und Anwendung der Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente ISSI bei den Behörden fördern, insbesondere Road Safety Inspections (mit Fokussierung auf Fehlertoleranz und Begreifbarkeit von Verkehrsanlagen)	Sehr empfehlenswert
Fachliche Unterstützung der obligatorisch einzusetzenden Sicherheitsbeauftragten	Sehr empfehlenswert
Auf Bundesebene sicherstellen, dass die kantonalen und kommunalen (Strassen-)Baugesetze Bestimmungen enthalten, dass die Strasseninfrastruktur dem aktuellen Stand der Technik entsprechen muss	Empfehlenswert
Förderung der Umsetzung eines Geschwindigkeitsregimes 50/30 innerorts bei den zuständigen Behörden und Sensibilisierung der Bevölkerung.	Empfehlenswert (Nutzen für PW-Insassen beschränkt)
Ingenieure und Planer bezüglich Verkehrssicherheit während der Masterausbildung zum Verkehrsingenieur und der Fort-/Weiterbildung sensibilisieren und informieren insb. in Bezug auf die Projektierung von Verkehrsanlagen: Entwurf von verkehrsorientierten Innerortsstrassen und Projektierung von Ausserortsstrassen	Empfehlenswert
Sensibilisieren der zuständigen Behörden für die sicherheitstechnische Bedeutung der Infrastruktur (fachtechnische Beratungen, regelmässige Veranstaltungen, Publikationen in Fachzeitschriften)	Empfehlenswert
Erforschung des Zusammenhangs zwischen Infrastrukturmängeln im verkehrstechnischen Sinn und Unfallgeschehen mit schwer verletzt und getöteten PW-Insassen	Empfehlenswert
Aufwertung gewisser VSS-Normen hinsichtlich rechtlicher Bedeutung, indem sie zu Weisungen des UVEK erklärt werden	Bedingt empfehlenswert (geringe Akzeptanz erwartet)

VII. Schlussfolgerungen

Die bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung hat mit dem Sicherheitsdossier «Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende» ein Nachschlagewerk erarbeitet. Zuerst wird das **Unfallgeschehen** in der Schweiz dargestellt. Danach werden **Risiken** aus den Bereichen PW-Insassen, Personenwagen und Infrastruktur hinsichtlich ihrer Unfallrelevanz gewichtet. Es folgen entsprechende **Massnahmen**, die zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus von Personenwageninsassen beitragen.

In der Schweiz sterben jährlich rund 120 PW-Insassen und 1200 verletzen sich schwer. Zentrale **Risiken bei den PW-Lenkenden** sind eine mangelnde Risikokompetenz (insb. bei männlichen Junglenkern führen Informationsverarbeitungsprozesse zu sicherheitsabträglichen Entscheidungen und Handlungen), Fahren in angetrunkenem, übermüdetem oder abgelenktem Zustand, schnelles Fahren und ein ungenügender Sicherheitsabstand sowie das Nichtverwenden von Rückhaltesystemen. Zentrale **infrastrukturelle Risiken** sind inadäquate Geschwindigkeitsregime, mit der Nutzung inkompatible Strassenraumgestaltung, feste Objekte als potenzielle Kollisionsobjekte, inadäquate Knotengestaltung, inadäquate Nacht-Wahrnehmbarkeit von Infrastruktur und Betrieb, nicht selbsterklärende Linienführung, nicht unterbundenen Überholen auf kritischen Abschnitten sowie eine ungenügende Leistungsfähigkeit auf Autobahnausfahrten. Die Schwerpunkte der infrastrukturellen Risiken variieren innerorts, ausserorts bzw. auf Autobahnen.

Die 1. und 2. Phase der **Fahrausbildung** sollte in Bezug auf die Theorie, Praxis und die Prüfungen vermehrt auf sogenannte «Higher Skills» wie Fahr motive, Persönlichkeit, Wertvorstellungen sowie Selbstreflexion und Selbststeuerungsfähigkeiten. Zudem sollten Themen noch mehr handlungsorientiert vermittelt werden. Dies bedingt Inhalte nicht nur sachlich zu vermitteln, sondern zusätzlich Emotionen bei den Neulenkenden zu generieren. Risikokompetentes Verhalten im Verkehr erfordert zudem eine ausgedehnte Fahrpraxis durch **begleitetes Üben**. Evaluationen informieren über die erzielte Wirkung von Neuerungen und dienen der Qualitätsentwicklung und -sicherung. Polizeikontrollen (bzgl. Geschwindigkeit vermehrt ausserorts) sind kombiniert mit Sanktionen und Fahreignungsabklärungen ergänzend zur Ausbildung wichtig. Im Bereich der **Fahrzeugtechnologie** sollten wirksame Systeme in der breiten Bevölkerung **bekannt** gemacht, durch **Anreizsysteme** gefördert und durch **gesetzliche Ausrüstungsvorschriften** verbreitet werden. Nebst der breiten Bevölkerung sollten Betriebe mit Fahrzeugflotten über wirksame Sicherheitstechnologien beraten werden. Zur Reduktion **infrastruktureller Defizite** sind **Instrumente zur systematischen flächendeckenden Sicherheitsüberprüfung** geplanter und bestehender Infrastruktur (Road Safety Inspections, Road Safety Audits, Black Spot Management) zu fördern und **obligatorische Sicherheitsbeauftragte** fachlich zu unterstützen. Dringend anzupassen sind ausgewählte **VSS-Normen** mit Relevanz zu Kollisionen mit festen Objekten.

VIII. Anhang

Gebräuchliche Abkürzungen von technischen Fahrzeugsystemen

ABS Antilock Braking System Antiblockiersystem	S. 147
ACA Advanced Collision Avoidance Kollisionsvermeidungssystem	S. 152
ACC Adaptive Cruise Control Abstandsregeltempomat	S. 151
ADR Accident Data Recorder Unfalldatenspeicher	S. 156
ADAS Advanced Driver Assistance Systems Fahrerassistenzsysteme	S. 138
AFS Adaptive Front-Lighting System Adaptive Frontlichtsysteme	S. 142
BAS Brake Assistant System Bremsassistent	S. 148
BSD Blind Spot Detection Toten-Winkel-Erkennung	S. 155
CMS Collision Mitigation System Kollisionsvermeidungssystem	S. 152
DAS Driver Alertness System Müdigkeitswarner	S. 158
DRL Daytime Running Lights Tagfahrleuchten	S. 145
EDR Event Data Recorder Ereignisdatenschreiber	S. 156

ESC Electronic Stability Control Elektronische Stabilitätskontrolle	S. 148
FCW Forward Collision Warning Kollisionswarnsystem	S. 151
HMI Human Machine Interface Mensch-Maschine-Schnittstelle	S. 163
HUD Head-Up-Displays Frontsichtdisplay	S. 163
ISA Intelligent Speed Assistance Geschwindigkeitsassistentz	S. 149
JDR Journey Data Recorder Fahrdatenschreiber	S. 156
LCA/ LCS Lane Change Assistance/ Support Spurwechselassistentz	S. 155
LDW Lane Departure Warning Spurverlassungswarner	S. 153
LKA/ LKS Lane Keeping Assistance/ Support Spurhalteunterstützung	S. 154
SBR Seat Belt Reminder Gurtwarner	S. 166
TPMS Tyre Pressure Monitoring System Reifendruckkontrollsystem	S. 139
V2I Vehicle-to-Infrastructure Communication Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation	S. 162
V2V Vehicle-to-Vehicle Communication Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation	S. 161

Quellen

- [1] Gordis L. *Epidemiologie*. Marburg: Kilian; 2001.
- [2] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *STATUS 2011: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz, Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit*. Bern: bfu; 2011.
- [3] Egger M, Razum O. *Public Health. Sozial- und Präventivmedizin kompakt*. Berlin: De Gruyter; 2012.
- [4] Kirkwood B, Sterne J. *Essential Medical Statistics*. Massachusetts: Blackwell Science; 2006.
- [5] Eberhard EA. *Von «geföhlt» zu «gemessen». Einführung in Grundtechniken des Projektmanagements und der Qualitätsentwicklung in Gesundheitsförderung und Prävention*. Bremen: Landesvereinigung für Gesundheit Bremen e.V.; 2011.
- [6] Uhr A. *Selbstbeurteilungsinstrumente für ältere Personenwagen-Lenkende: Überblick und Empfehlungen*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2015. bfu-Grundlagen.
- [7] Walter E. *Finanzielle Anreize zur Erhöhung der Verkehrssicherheit: Möglichkeiten und Grenzen*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2015. bfu-Grundlagen.
- [8] *Polizeilich registrierte Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz* [Unveröffentlichte Datenbank]. Bern: ASTRA; 2013.
- [9] bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung. *STATUS 2014: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz, Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit*. Bern: bfu; 2014.
- [10] *International Road Traffic and Accident Database IRTAD* [Online-Datenbank]: OECD; 2013. <http://www.internationaltransportforum.org/irtad>. Zugriff am 02.03.2011.
- [11] Bundesamt für Statistik BFS, Bundesamt für Raumentwicklung ARE. *Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010*. Neuchâtel: BFS; 2012.
- [12] Bundesamt für Statistik BFS. *Statistik der Verkehrsleistungen im privaten Strassenverkehr*. BFS. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/svps/01.html. Zugriff am 25.04.2012.
- [13] *UVG-Statistik der Sammelstelle für die Statistik der Unfallversicherung UVG (SSUV)* [Spezialauswertung]. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014.
- [14] European Transport Safety Council ETSC. *Ranking EU progress on car occupant safety*. Brüssel: ETSC; 2014. PIN Flash Report 27.
- [15] World Health Organization WHO. *International Classification of Diseases (ICD)*. WHO. <http://www.who.int/classifications/icd>. Zugriff am 12.05.2010.
- [16] Barell V, Aharonson-Daniel L, Fingerhut LA, Mackenzie EJ, Ziv A et al. An introduction to the Barell body region by nature of injury diagnosis matrix. *Inj Prev*. 2002;8(2): 91-6. PMID: 1730858.
- [17] Sammelstelle für die Statistik der Unfallversicherungen UVG (SSUV). *Medizinische Statistik: 8470x Verstauchung und Zerrung anderer und nnb Stellen des Rückens: Hals. SSUV*. http://www.unfallstatistik.ch/d/neuza/med_stat/pdf/UVMed_8470x.pdf. Zugriff am 12.05.2010.
- [18] Dobbs BM. *Medical conditions and Driving: A review of the Scientific Literature (1960–2000)*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration; 2005. Report 809 690.
- [19] Grattan E, Jeffcoate GO. Medical factors and road accidents. *Br Med J*. 1968;1(5584): 75-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5634717>. Zugriff am 02.08.2010. PMID: 1984716.
- [20] Vaa T. *Impairments, diseases, age and their relative risks of accident involvement: Results from meta-analysis*. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit; 2003. IMMORTAL Deliverable R1.1. <http://www.immortal.or.at/deliverables.php>. Zugriff am 02.08.2010.
- [21] Bundesamt für Statistik BFS. *Ärztliche Behandlung in den letzten 12 Monaten wegen chronischen Krankheiten, 2012*. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/02/01/key/02/01.html>. Zugriff am 22.07.2014.
- [22] Ewert U. Senioren als motorisierte Verkehrsteilnehmer. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2006;52(2): 99-101.

- [23] *Suchtmonitoring Schweiz*. Sucht Schweiz. <http://www.suchtmonitoring.ch/de/2/1-5.html>. Zugriff am 30.08.2014.
- [24] Hanselmann V, Coppex P, Von Greyerz S, Leutwyler S, Duetz Schmucki M, Angele M, Kraft E. *Nationale Demenzstrategie 2014–2017*. Bern: Bundesamt für Gesundheit BAG, Schweizerische Konferenz der kantonalen Gesundheitsdirektorinnen und -direktoren GDK; 2013.
- [25] Cohen AS. Möglichkeiten und Grenzen visueller Orientierung im Strassenverkehr. *Strassenverkehr - Circulation routière*. 2010;2(1): 44-61.
- [26] Bockelmann W. Strassenverkehr bei Dunkelheit aus augenärztlicher Sicht. In: Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V., Hg. *Unfälle in der Dunkelheit*. Bonn: Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V.; 2003: 20-5.
- [27] Wilhelm H. *Sehvermögen und Fahrtauglichkeit*. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt; 2000. Report M 121.
- [28] Aulhorn E, Harms H. Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer. In: Lundt P.V., Hg. *Sehvermögen und Kraftverkehr - Gutachten des Bundesgesundheitsamtes*. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag; 1972: 78-107.
- [29] Prevent Blindness America. *Cataract Prevalence by Age*. <http://www.visionproblemsus.org/cataract/cataract-by-age.html>. Zugriff am 15.04.2013.
- [30] Fejer TP, Girgis R. Night myopia: implications for the young driver. *Canadian journal of ophthalmology Journal canadien d'ophtalmologie*. 1992;27(4): 172-6.
- [31] Charman WN. Vision and driving – a literature review and commentary. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 1997;17(5): 371-91.
- [32] Walter E, Cavegn M, Ewert U, Scaramuzza G, Achermann-Stürmer Y, Niemann S, Uhr A. *Motorradverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 12.
- [33] Sander M-S, Lelievre F, Tallec A. *Le handicap auditif en France: apports de l'enquête Handicaps, incapacités, dépendance, 1998–1999*. Paris: Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES); 2007. Etudes et résultats 589.
- [34] Shargorodsky J, Curhan SG, Curhan GC, Eavey R. Change in prevalence of hearing loss in US adolescents. *JAMA*. 2010;304(7): 772-8. DOI: 10.1001/jama.2010.1124.
- [35] Lachenmayr B. Zur Begutachtung des Sehvermögens im Rahmen der Fahrerlaubnisverordnung (FeV). *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2001;47(2): 67-9.
- [36] Cohen Y, Zadok D, Barkana Y, Shochat Z, Ashkenazi I, Avni I, Morad Y. Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*. 2007;85(4): 367-70. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0420.2006.00875.x/pdf>. Zugriff am 25.08.2010.
- [37] Mizel C. Quelques remarques sur l'annulation et la caducité du permis de conduire à l'essai. *Strassenverkehr - Circulation routière*. 2010;2(1): 32-4.
- [38] Schaffhauser R. *Bericht zu Fragen der Praxis des Strassenverkehrsamtes des Kantons Aargau in den Bereichen Administrativmassnahmen und ärztliche Überprüfung von über 70-jährigen Lenkern*. Aargau: Departement für Volkswirtschaft und Inneres des Kantons Aargau; 2008. http://www.ag.ch/dvi/shared/dokumente/pdf/rs_bericht.pdf. Zugriff am 31.03.2010.
- [39] Jonah BA. Sensation seeking and risky driving: a review and synthesis of the literature. *Accident Analyses and Prevention*. 1997;29(5): 651-65.
- [40] Norris FH, Matthews BA, Riad JK. Characterological, situational, and behavioral risk factors for motor vehicle accidents: a prospective examination. *Accident Analyses and Prevention*. 2000;32(4): 505-15.
- [41] Turner C, McClure R, Pirozzo S. Injury and risk-taking behavior: a systematic review. *Accident Analyses and Prevention*. 2004;36(1): 93-101.
- [42] Clarke S, Robertson IT. A meta-analytic review of the Big Five personality factors and accident involvement in occupational and non-occupational settings. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 2005;78(3): 355-76.
- [43] Blows S, Ameratunga S, Ivers RQ, Lo SK, Norton R. Risky driving habits and motor vehicle driver injury. *Accident Analyses and Prevention*. 2005;37(4): 619-24. DOI: 10.1016/j.aap.2005.03.003.
- [44] Olteidal S, Rundmo T. The effects of personality and gender on risky driving behaviour and accident involvement. *Safety Science*. 2006;44(7): 621-8.

- [45] Broberg T, Dukic Willstrand T. Safe mobility for elderly drivers: considerations based on expert and self-assessment. *Accident Analyses and Prevention*. 2014;66: 104-13. DOI: 10.1016/j.aap.2014.01.014.
- [46] Kleinspehn-Ammerlahn A, Kotter-Grühn D, Smith J. Self-perceptions of aging: Do subjective age and satisfaction with aging change during old age? *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. 2008;63(6): P377-P85.
- [47] Engin T., Kocherscheid K., Feldmann M., Rudinger G. *Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO)*. Bergisch Gladbach: bast; 2010.
- [48] Lajunen T, Parker D. Are aggressive people aggressive drivers? A study of the relationship between self-reported general aggressiveness, driver anger and aggressive driving. *Accident Analyses and Prevention*. 2001;33: 243-55.
- [49] Shinar D, Compton R. Aggressive driving: an observational study of driver, vehicle, and situational variables. *Accident Analysis and Prevention*. 2004;36: 429-37.
- [50] O'Brien SR. *The psychological factors influencing aggressive driving behaviour*. http://eprints.gut.edu.au/44160/1/Sharon_O'Brien_Thesis.pdf. Zugriff am 10.06.2014.
- [51] Shinar D. Aggressive driving: the contribution of the drivers and the situation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 1998;1(2): 137-60.
- [52] Roberti JW. A review of behavioral and biological correlates of sensation seeking. *Journal of Research in Personality*. 2004;38(3): 256-79. http://www.wsu.edu/~fournier/Teaching/psych312/Lab2AlcoholandSensationSeeking/Alcohol_Sensation_Readings/roberti.pdf. Zugriff am 31.08.2010.
- [53] Turner C, McClure R. Quantifying the role of risk-taking behaviour in causation of serious road crash-related injury. *Accident Analyses and Prevention*. 2004;36(3): 383-9. DOI: 10.1016/S0001-4575(03)00031-9.
- [54] Uhr A. *Aggression und Emotionen im Strassenverkehr*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014. bfu-Faktenblatt Nr. 12.
- [55] Engström I, Gregersen NP, Hernetkoski K, Keskinen E, Nyberg A. *Young novice drivers, driver education and training*. Literature review 2003.VTI Report 491A 2003.
- [56] Scaramuzza G, Walter E. *Unfallgeschehen in den Wochenend-Nächten*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2011. bfu-Faktenblatt Nr. 06.
- [57] bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung. *SINUS-Report 2011: Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2010*. Bern: bfu; 2011.
- [58] Walter E. *Risikokompetenz als Konzept der Informationsverarbeitung*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014. bfu-Grundlagen.
- [59] Krampe A. *Strassenverkehrssicherheit in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Altersgruppe der 18- bis 24-jährigen Fahranfänger*. Potsdam: Institut für angewandte Familien-, Kindheits- und Jugendforschung, Universität Potsdam; 2004.
- [60] Novice Drivers. 2009. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/pdf/novice_drivers.pdf. Zugriff am 17.02.2011.
- [61] SWOV. The graduated driving licence - Fact sheet. 2004. http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_License.pdf. Zugriff am 11.07.2014.
- [62] Rechsteiner-Rensch M. *Schwerpunktprogramm Neulenkende*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Grundlagen.
- [63] World Health Organization WHO. *Global status report on alcohol and health 2014*. Geneva: WHO; 2014.
- [64] World Health Organization WHO, Regional Office for Europe. *Status Report on Alcohol and Health in 35 European Countries 2013*. Geneva: WHO; 2013.
- [65] Meesmann U, Boets S, de Gier H, Monteiro S, Fierro I, Alvarez FJ. *DRUID - Driving under influence of Drugs, Alcohol and Medicines. Main DRUID results to be communicated to different target groups*. Bundesanstalt für Strassenwesen Bast; 2011. Deliverable 7.3.2.
- [66] Augsburger M, Vaucher P, Latino A, Mangin P, Cornuz J et al. *Alcool, drogues et médicaments parmi des conducteurs contrôlés au hasard en Suisse romande*. Genève, Lausanne: Centre universitaire romand de médecine légale; 2011.

- [67] Achermann Stürmer Y. *Disparités régionales des accidents de la route*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Report 62.
- [68] Cohen AS, Menn M. *Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit. Verkehrspsychologischer Teilbericht*. Bundesamt für Strassen ASTRA; 2010. Forschungsauftrag ASTRA 2004/016.
- [69] Cavegn M, Walter E, Scaramuzza G, Niemann S, Allenbach R, Stöcklin R. *Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden. Risikobeurteilung, Unfallanalyse und Präventionsmöglichkeiten*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2008. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 04.
- [70] Achermann Stürmer Y. *Drogen und Medikamente im Strassenverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2013. bfu-Faktenblatt Nr. 10.
- [71] Schulze H, Schumacher M, Urmeew R, Auerbach K. *DRUID - Final Report: Work performed, main results and recommendations*. Europäische Kommission. http://www.druid-project.eu/cdn_031/nn_1109598/Druid/EN/deliverables-list/deliverables-list-node.html?_nnn=true. Zugriff am 30.06.2013.
- [72] Senna MC, Augsburg M, Aebi B, Briellmann TA, Donze N et al. First nationwide study on driving under the influence of drugs in Switzerland. *Forensic Sci Int*. 2010;198(1-3): 11-6. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.02.014.
- [73] Augsburg M, Rivier L. Drugs and alcohol among suspected impaired drivers in Canton de Vaud (Switzerland). *Forensic Science International*. 1997;85(2): 95-104.
- [74] Augsburg M, Donze N, Menetrey A, Brossard C, Sporkert F, Giroud C, Mangin P. Concentration of drugs in blood of suspected impaired drivers. *Forensic Sci Int*. 2005;153(1): 11-5. DOI: 10.1016/j.forsciint.2005.04.025.
- [75] Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht. *Europäischer Drogenbericht 2014. Trends und Entwicklungen 2014*. http://www.emcdda.europa.eu/attachements.cfm/att_228272_DE_TDAT14001DEN.pdf. Zugriff am 31.07.2014.
- [76] *Drogues au volant: Détection et dissuasion*. OCDE. http://www.oecd-ilibrary.org/transport/drogues-au-volant_9789282102787-fr. Zugriff am 30.06.2013.
- [77] Asbridge M, Hayden JA, Cartwright JL. Acute cannabis consumption and motor vehicle collision risk: systematic review of observational studies and meta-analysis. *BMJ*. 2012;344: e536. DOI: PM:22323502
- [78] Laumon B, Gadegbeku B, Martin JL, Biecheler MB. Cannabis intoxication and fatal road crashes in France: population based case-control study. *BMJ*. 2005;331(7529): 1371.
- [79] Kuypers KP, Legrand SA, Ramaekers JG, Verstraete AG. A case-control study estimating accident risk for alcohol, medicines and illegal drugs. *PLOS One*. 2012;7(8): e43496. DOI: PM:22952694
- [80] Drummer OH, Gerostamoulos J, Batziris H, Chu M, Caplehorn J, Robertson MD, Swann P. The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes. *Accident Analyses and Prevention*. 2004;36(2): 239-48.
- [81] Lyrer P, Müller-Spahn F. *Fahrtüchtigkeit bei psychischer Erkrankung*. http://www.medienmedizin.ch/pdf_sm_np_6_04.pdf. Zugriff am 16.03.2005.
- [82] Dischinger PC, Li J, Smith GS, Ho S, Auman K, Shojai D. *Prescription medication usage and crash culpability in a population of injured drivers*. In: 55th AAAM Annual Conference; 2011; Paris.
- [83] Monarrez-Espino J, Laflamme L, Elling B, Moller J. Number of medications and road traffic crashes in senior Swedish drivers: a population-based matched case-control study. *Inj Prev*. 2014;20(2): 81-7. DOI: 10.1136/injuryprev-2013-040762.
- [84] Regan MA, Young KL, Lee JD. Introduction. In: Regan MA, Lee JD, Young KL, Hg. *Driver distraction. Theory, Effects, and Mitigation*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group; 2009: 3-7.
- [85] World Health Organization WHO. *Mobile phone use: a growing problem of driver distraction*. Geneva: WHO; 2011.
- [86] McEvoy SP, Stevenson MR. Measuring Exposure to Driver Distraction. In: Regan MA, Lee JD, Young KL, Hg. *Driver distraction. Theory, Effects, and Mitigation*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group; 2009: 73-83.
- [87] Stutts J, Feaganes J, Rodgman E, Hamlett C, Meadows T, Reinfurt D. *Distractions in everyday driving*. Washington, DC: AAA Foundation for Traffic Safety; 2003.

- [88] Artho J, Schneider S, Boss C. *Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer*. Bern: Bundesamt für Strassen ASTRA; 2012.
- [89] Regan MA, Hallett C, Gordon CP. Driver distraction and driver inattention: definition, relationship and taxonomy. *Accident Analyses and Prevention*. 2011;43(5): 1771-81. DOI: 10.1016/j.aap.2011.04.008.
- [90] Ewert U. *Unaufmerksamkeit und Ablenkung*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2011. bfu-Faktenblatt Nr. 07.
- [91] McEvoy SP, Stevenson MR. Epidemiological Research on Driver Distraction. In: Regan MA, Lee JD, Young KL, Hg. *Driver distraction. Theory, Effects, and Mitigation*. Boca Raton: CRC PressTaylor & Francis Group; 2009: 305-18.
- [92] Rudin-Brown CM, Koppel S, Clark B, Charlton J. Prevalence of mobile phone vs. child-related driver distraction in a sample of families with young children. *Journal of the Australasian College of Road Safety*. 2012;23(2): 58-63.
- [93] Klauer SG, Dingus TA, Neale VL, Sudweeks JD, Ramsey DJ. *The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/ Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data*. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration; 2006.
- [94] Klauer SG, Guo F, Simons-Morton BG, Ouimet MC, Lee SE, Dingus TA. Distracted driving and risk of road crashes among novice and experienced drivers. *N Engl J Med*. 2014;370(1): 54-9. DOI: 10.1056/NEJMsa1204142.
- [95] Bakiri S, Galera C, Lagarde E, Laborey M, Contrand B et al. Distraction and driving: results from a case-control responsibility study of traffic crash injured drivers interviewed at the emergency room. *Accident Analyses and Prevention*. 2013;59: 588-92. DOI: 10.1016/j.aap.2013.06.004.
- [96] Gordon CP. Crash Studies of Driver Distraction. In: Regan MA, Lee JD, Young KL, Hg. *Driver distraction. Theory, Effects, and Mitigation*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group; 2009: 281-304.
- [97] Schlanstein P. Unfallursache Übermüdung. *Polizei, Verkehr + Technik*. 2004;49(3): 94-5.
- [98] Radun I, Radun JE. Convicted of fatigued driving: Who, why and how? *Accident Analysis & Prevention*. 2009;41(4): 869-75.
- [99] Sagberg F, Jackson P, Krüger H-P, Muzet A, Williams AJ. *Fatigue, sleepiness and reduced alertness as risk factors in driving*. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit; 2004. IMMORTAL D-P4.2.
- [100] Buxton P, Hartley L, Buxton S. *A Review of Research Comparing the Impacts of Day and Night Driving on the Fatigue of Drivers of Heavy Vehicles*. Melbourne: National Road Transport Commission; 2001. <http://www.ntc.gov.au/filemedia/Reports/RevResearcComplmpDayNightNov2001.pdf>. Zugriff am 20.08.2010.
- [101] European Transport Safety Council ETSC. *The role of driver fatigue in commercial road transport crashes*. Brussels: ETSC; 2001. <http://www.etsc.eu/oldsite/drivfatigue.pdf>. Zugriff am 27.08.2010.
- [102] Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA). *Hours of service for drivers: Driver rest and sleep for safe operations*. Washington D.C.: Departement of Transportation; 2000. Report DOT 49 CFR.
- [103] Connor J, Norton R, Ameratunga S, Robinson E, Civil I et al. Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *BMJ*. 2002;324(7346): 1125. PMID: 107904.
- [104] Connor J, Whitlock G, Norton R, Jackson R. The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. *Accident Analyses and Prevention*. 2001;33(1): 31-41.
- [105] Garbarino S, Nobili L, Beelke M, De Carli F, Ferrillo F. The contributing role of sleepiness in highway vehicle accidents. *Sleep*. 2001;24(2): 203-6.
- [106] Horne JA, Reyner LA. Sleep related vehicle accidents. *British Medical Journal*. 1995;310(6979): 565-7.
- [107] Jackson P, Hilditch C, Holmes A, Reed N, Merat N, Smith L. *Fatigue and Road Safety: A Critical Analysis of Recent Evidence*. Road Safety Web Publication No. 21. London: Transport Df; 2011. <http://assets.dft.gov.uk/publications/fatigue-and-road-safety-a-critical-analysis-of-recent-evidence/rswp21report.pdf>. Zugriff am 05.08.2014.
- [108] Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. *Fatigue in traffic: causes and effects*. SWOV Fact sheet. http://www.swov.nl/rapport/Factscheets/FS_Fatigue.pdf. Zugriff am 17.07.2008.

- [109] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *STATUS 2013: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz, Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit*. Bern: bfu; 2013.
- [110] *Statistik der Administrativmassnahmen (ADMAS) 2009*. Bern: Bundesamt für Strassen ASTRA; 2010. <http://www.astra.admin.ch/dokumentation/00119/00218/index.html?lang=de>. Zugriff am 16.05.2010.
- [111] Burda F, Schwarz R. *Bremsweg. Begleitheft zum Computerprogramm*. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit KfV; 1990.
- [112] Nilsson G. *Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety*. Lund: Lund Institute of Technology and Society, Traffic Engineering; 2004. Bulletin 221.
- [113] Aron M, Biecheler M-B, Peytavin J-F. *Temps intervéhiculaires et vitesses : Quels enjeux de sécurité sur les routes de Normandie ? Deuxième étape : Vitesses et interdistances pratiquées, liens avec les débits et les accidents*. Paris: Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité INRETS; 2004. http://www2.securiteroutiere.gouv.fr/IMG/pdf/RR_TempsIntervehiculaire_Vitesse2.pdf. Zugriff am 06.08.2010.
- [114] Müller D. *Hintergrundwissen zum Unfallrisiko «ungenügender Sicherheitsabstand»*. www.sicherestrassen.de. <http://www.sicherestrassen.de/Ausarbeitungen/Frameaufbau.htm?http://www.sicherestrassen.de/Ausarbeitungen/muellerAbstand.htm>. Zugriff am 17.05.2010.
- [115] Elvik R. The effects on accidents of compulsory use of daytime running lights for cars in Norway. *Accident Analysis & Prevention*. 2003;25(4): 383-98.
- [116] Schönebeck S, Ellmers U, Gail J, Krautscheid R, Tews R. *Abschätzung möglicher Auswirkungen von Fahren mit Licht am Tag (Tagfahrleuchten / Abblendlicht) in Deutschland*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BAST; 2005.
- [117] Elvik R, Hoye A, Vaa T, Sorensen M. *The Handbook of Road Safety Measures*. Oslo: Emerald; 2009.
- [118] Elvik R, Vaa T. *The handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier; 2009.
- [119] Ewert U, Fitz B. *Sicherheitsgurt. Gründe fuer das Nichttragen und Massnahmen zur Erhöhung der Tragquote*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2004. bfu-Report 53.
- [120] Evans L. Safety-belt effectiveness: the influence of crash severity and selective recruitment. *Accident Analyses and Prevention*. 1996;28(4): 423-33.
- [121] Siegrist S, Mathys R. *18- bis 24-Jährige im Strassenverkehr und Sport. Unfallsituation, Ursachen und Prävention*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 1998. bfu-Dokumentation 9824.
- [122] Evans L. *Traffic Safety*. Bloomfield Hills, Michigan: Science Serving Society; 2004.
- [123] Martin JL, Lenguerrand E. A population based estimation of the driver protection provided by passenger cars: France 1996-2005. *Accident Analyses and Prevention*. 2008;40(6): 1811-21. DOI: 10.1016/j.aap.2008.07.001.
- [124] Teoh ER, Nolan JM. Is passenger vehicle incompatibility still a problem? *Traffic injury prevention*. 2012;13(6): 585-91.
- [125] Frick R, Wüthrich P, Notter B, Eichholzer T. *Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen. Forschungsprojekt VeSPA, Teilprojekt 3*. Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen ASTRA; 2014. Report 1455.
- [126] MacLennan PA, Marshall T, Griffin R, Purcell M, McGwin G, Rue LW. Vehicle rollover risk and electronic stability control systems. *Inj Prev*. 2008;14(3): 154-8.
- [127] Furness S, Connor J, Robinson E, Norton R, Ameratunga S, Jackson R. Car colour and risk of car crash injury: population based case control study. *BMJ*. 2003;327(7429): 1455-6. DOI: 10.1136/bmj.327.7429.1455.
- [128] Newstead S, D'Elia A. *An investigation into the relationship between vehicle colour and crash risk*. Clayton: Monash University Accident Research Centre; 2007. Report No. 263. <http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc263.pdf>. Zugriff am 12.05.2010.
- [129] Lardelli-Claret P, de Dios Luna-del-Castillo J, Jimenez-Moleon J, Femi-Marzo P, Moreno-Abril O, Bueno-Cavanillas A. Does vehicle color influence the risk of being passively involved in a collision? *Epidemiology*. 2002;13(6): 721-4.
- [130] Shuman M. Traditional Red Colors Safety. *Traffic Safety*. 1991;91(2): 22-4.

- [131] Ewert U. *Sicherheitsnutzen von Motorfahrzeugkontrollen*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014. bfu-Grundlagen.
- [132] Fosser S. An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates. *Accident Analyses and Prevention*. 1992;24(6): 599-612.
- [133] Christensen P, Elvik R. Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection in Norway. *Accident Analyses and Prevention*. 2007;39(1): 47-52. DOI: 10.1016/j.aap.2006.06.003.
- [134] Hannawald L, von Lienen C, Liers H. Relation between road accidents and tyre parameters. *Stakeholder meeting as part of the «Study on some safety-related aspects of tyre use (MOVE/C4/2013-270-1)»*. Brussels: TNO; 2014: 9.
- [135] Choi E-H. *Tire-related factors in the pre-crash phase*. Washington, DC: National Highway Traffic safety Administration; 2012.
- [136] Wüst C. Eiskalter Schwindel. *Der Spiegel*. 2005;42(3): 220.
- [137] TCS - Touring Club Schweiz. *Leistungs- und Kostenvergleich Sommer-, Winter- und Ganzjahresreifen*. Bern: TCS; 2009.
- [138] ADAC. *Falscher Reifendruck*. Adac. <http://www.adac.de/infotestrat/reifen/luftdruck/falscher-luftdruck/>. Zugriff am 10.12.2014.
- [139] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Unfallanalysen sowie Kurz-, Gefahren- und Risikoanalysen*. Zürich: VSS; 2001. Schweizer Norm SN 640 010.
- [140] Eberling P, Haubold S. *Strassenraumgestaltung*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2009. bfu-Fachdokumentation 2.048.
- [141] Ewert U, Eberling P. *Sicherheit auf Ausserortsstrassen*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2009. bfu-Report 61.
- [142] Liniger B. *Fahrsicherheit, Fahrfähigkeit und Fahreignung. Alkohol, Drogen, Medikamente. Verkehrsmedizinische Grundlagen*. Zürich: Universität Zürich, Inst. für Rechtsmedizin; 2009.
- [143] Schlag B, Weller G. *Wie verhalten sich Ältere im Verkehr und warum?* Referat gehalten am Kongress 2013. «Ältere Verkehrsteilnehmer - gefährdet oder gefährlich?» Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.; 2013; Bonn.
- [144] Bundesamt für Strassen ASTRA. *Erläuterungen zu den vorgeschlagenen Verordnungsänderungen*. http://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2276/Via-sicura2_Erlaeuternder-Bericht_de.pdf. Zugriff am 03.07.2014.
- [145] Bächli-Biétry J, Haag-Dawoud M. Wie kann man sich optimal auf eine verkehrsmedizinische und -psychologische Untersuchung vorbereiten? In: Schaffhauser R, Hg. *Jahrbuch zum Verkehrsrecht 2008*. St. Gallen: Universität St. Gallen; 2008: 19-44.
- [146] Bächli-Biétry J. Inhalt des Gutachtens, Würdigung, Folgefragen aus verkehrspsychologischer Sicht. In: Schaffhauser R, Hg. *Jahrbuch zum Verkehrsrecht 2009*. St. Gallen: Universität St. Gallen; 2009: 55-67.
- [147] Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, Mathers C. *World report on road traffic injury prevention*. Geneva: World Health Organization WHO; 2004.
- [148] Ewert U. *Senioren als motorisierte Verkehrsteilnehmer*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2006. bfu-Pilotstudie R 0607.
- [149] Lang B, Parkes A, Fernandez Medina D. *Driving choices for the older motorist. The role of self-assessment tools*. London: RAC Foundation; 2013.
- [150] Hatakka M, Keskinen E, Baughan C, Oldenbeld C, Gregersen NP et al. *BASIC - Driver training: New models. Final report*. Turun yliopisto, Finland: Turku Uo; 2003. Final Report.
- [151] Walter E. *Wirkung der obligatorischen Weiterausbildung bei Neulenkenden. Qualitative Daten aus der Schweiz*. Bern: Universität Bern; 2012. Master of Public Health-Thesis.
- [152] Isler RB. *CD-Drives: free training for novice drivers in New Zealand*. <http://www.waikato.ac.nz/wfass/subjects/psychology/tars/research/YDT/projects/cd-drives.shtml>. Zugriff am 14.09.2010.
- [153] Schaffhauser R. Grundriss des schweizerischen Strassenverkehrsrechts. Vol 2. Bern: Stämpfli; 2002.
- [154] Beirness DJ, Beasley EE. *Alcohol and Drug Use Among Drivers: British Columbia Roadside Survey 2008*. Ottawa: Canadian Centre on Substance Abuse (CCSA); 2009.
- [155] Sigrist T, Eisenhart D. Fahruntfähigkeit wegen Alkohol-, Drogen- oder Medikamentenwirkung. In: Schaffhauser R, Hg. *Jahrbuch zum Strassenverkehrsrecht*. St. Gallen: Universität St. Gallen; 2006: 48-77.

- [156] *Drogen und Strassenverkehr*. Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht. http://www.dhs.de/fileadmin/user_upload/pdf/EBDD_Ausgewaehlte_Themen/Zusammenfassung_2007_Drogen_und_Strassenverkehr.pdf. Zugriff am 01.03.2011.
- [157] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *SINUS-Report 2009. Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2008*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2009.
- [158] Ewert U, Scaramuzza G, Niemann S, Walter E. *Der Faktor Geschwindigkeit im motorisierten Strassenverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 06.
- [159] Dähler M, Peter E, Schaffhauser R. Ausreichender Abstand beim Hintereinanderfahren. *Aktuelle Juristische Partei AJP/PJA*. 1999;8: 950.
- [160] Giger H. *Kommentar Strassenverkehrsgesetz*. Zürich: Orell Füssli; 2008.
- [161] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *bfu-Erhebung 2014: Lichteinschaltquoten am Tag*. Bern: bfu; 2014.
- [162] National Highway Traffic Safety Administration. *Safety Belt and Helmet Use in 2002 - Overall Results*. Washington DC: National Center for Statistics and Analysis; 2002. DOT HS 809 500.
- [163] Automotive Coalition for Traffic Safety I. *New survey results: Act seat belt survey of national drivers*. Arlington VA: ATC; 2001.
- [164] Williams AF, Wells JK, Cartt AT, Preusser DF. «Buckle up NOW!» An enforcement program to achieve high belt use. *Journal of Safety Research*. 2000;31(4): 195-201.
- [165] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *bfu-Bevölkerungsbefragung 2009*. Bern: bfu; 2009. Eigene Auswertung.
- [166] Hagenzieker MP, Bijleveld FD, Davidse RJ. Effects of incentive programs to stimulate safety belt use: a meta-analysis. *Accid Anal Prev*. 1997;29(6): 759-77.
- [167] Van Schagen I, Machata K. *The BestPoint Handbook. Getting the best out of a Demerit Point System*. BestPoint. www.bestpoint-project.eu. Zugriff am 11.07.2014.
- [168] bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung. *EU-Projekt BestPoint: Folgerungen daraus für die Weiterentwicklung des Schweizerischen Führerausweisenzugssystems nach Verkehrsregelverletzungen*. Bern: bfu; 2013. bfu-Grundlagen.
- [169] Siegrist S. Sanktionen zur Bekämpfung der Verkehrsdelinquenz. Welche Rollen spielen sie und welche sind wirksam? In: Schaffhauser R, Hg. *Jahrbuch zum Strassenverkehrsrecht 2008*. St. Gallen: Universität St. Gallen; 2008: 45-70.
- [170] *Does the threat of disqualification deter drivers from speeding?* DfT Publications. <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme2/threat.pdf>. Zugriff am 29.07.2009.
- [171] Transport Research Centre. *Towards Zero - Ambitious road safety targets and the safe system approach*. Paris: ITF/OECD; 2008.
- [172] Gail J, Pöppel-Decker M, Lorig M, Eggert A, Lerner M, Ellmers U. *Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstrassenunfällen*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt; 2008. Report F70.
- [173] Pappas M, Stanzel M, Page Y, Hermitte T, Lahaussé J, Fitzharris M, Fildes B. *A priori evaluation of safety functions effectiveness - Results on safety increments*. Brussels: Information Society Technologies; 2008. Report Nr.: 4.1.4.
- [174] Gail J, Pullwitt E, Sander K, Lorig M, Bartels O. Untersuchung von Reifen mit Notlaufeigenschaften. In: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt, Hg. *Fahrzeugtechnik*. Vol F 57. Bergisch Gladbach: BASt; 2006: 3-68.
- [175] Gelau C, Gasser TM, Seeck A. Fahrerassistenz und Verkehrssicherheit. In: Winner H, Hakuli S, Wolf G, Hg. *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für die aktive Sicherheit und Komfort*. Wiesbaden: Vieweg & Teubner; 2009: 24-32.
- [176] Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE). *Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich ihrer Ausstattung mit einem Komplettnotrad, Notlaufreifen und/oder einem Notlaufsystem und/oder einem Reifendrucküberwachungssystem*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/static/ECE/r-64-reserveraeder-reifen-pdf.pdf?__blob=publicationFile. Zugriff am 11.07.2014.
- [177] Koskinen S, Peussa P. In-Vehicle Road Friction Monitoring. In: Rouhiainen V, Hg. *Scientific activities in Safety & Security*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland; 2009: 100-1.

- [178] Bubb H. Umsetzung psychologischer Forschungsergebnisse in die ergonomische Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2002;48(1): 8-15.
- [179] Zimmer AC. Assistenz: Wann, wie und für wen? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2002;48(1): 15-26.
- [180] Hamm M. Einflüsse von Xenonlicht auf Aspekte der Verkehrssicherheit. *LICHT*. 2000;52(11/12):
- [181] Schiller C, Khanh TQ. Psychologische Blendung mit Xenon- und Halogenscheinwerfer-Autos: Ergebnisse realer Tests. *Zeitschrift Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*. 2008;9:
- [182] Locher JS. Blendung durch Gegenverkehr: Scheinwerfereigenschaften, Sehleistung und Blendgefuehl / Glare by oncoming traffic: the influence of different headlamp properties on disability and discomfort glare. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2008(1): 5.
- [183] Khanh TQ, Huhn W. Sichtverbesserungssysteme. In: Winner H, Hakuli S, Wolf G, Hg. *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für die aktive Sicherheit und Komfort*. Wiesbaden: Vieweg & Teubner; 2009: 448-70.
- [184] Lachmayer RG. LED-Technik im Scheinwerfer. Neue Moeglichkeiten mit Leuchtdioden. *Automobiltechnische Zeitschrift*. 2006(11): 61.
- [185] Rumar K. *Adaptive Illumination Systems for Motor Vehicles: Towards a More Intelligent Headlighting System*. Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan, Transportation Research Institute; 1997. UMTRI 97-7.
- [186] Kalze FJ. Lichttechnik in Kraftfahrzeugscheinwerfern. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*. 2008;12: 362-7.
- [187] e-Safety Forum. *Final report and recommendations of the Implementation Road Map Working Group*. Brussel: European Commission; 2008.
- [188] Insurance Institute for Highway Safety. The're working. *Status Report*. 2012;47(5): 1-8.
- [189] Jenssen GD, Bjørkli CA, Sakshaug K, Moen T. *Behavioural Adaptation to Adaptive Front Lighting Systems (AFS): A Six Day Driving Simulator Study*. In: Proceedings of the 14th World Congress on ITS, 9-13 October 2007; 2007; Beijing.
- [190] Van Laarhoven W. *Outlook on international legislation developments*. In: 9th International Flagship Event Intelligent Automotive Lighting; 2009; Frankfurt.
- [191] Haller R, Becker S, Gerbino W, Hofmann O, Morello E, Nilsson L, Varalda G. *Final Assessment of MMI Evaluation Methods, DRVE II Projekt, EMMIS (Evaluation of Man Machine Interfaces by Simulation Techniques)*. Commission of the European Communities; 1995. Deliverable No. 12.
- [192] Bayly M, Fildes B, Regan MA, Young K. *Review of crash effectiveness of intelligent transport systems*. Brussels: Information Society Technologies; 2007. Report D4.1.1 - D6.2.
- [193] Knight I, Sexton B, Bartlett R, Barlow T, Latham S, McCrae I. *Daytime Running Lights (DRL): A review of the reports from the European Commission*: TRL limited; 2006. Report 170.
- [194] European Commission - Directorate General Energy and Transport (DG TREN). *Cost-benefit assessment and prioritisation of vehicle safety technologies. Final report*. Brussels: DG TREN; 2006.
- [195] De Niet M, Goldenbeld C, Langeveld PM. *Veiligheidseffecten van retro-reflecterende contourmarkering op vrachtauto's*. Leidschendam: SWOV; 2002.
- [196] Cummings P, Grossman DC. Antilock brakes and the risk of driver injury in a crash: a case-control study. *Accid Anal Prev*. Sep 2007;39(5): 995-1000.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17320027>. DOI: 10.1016/j.aap.2007.01.005.
- [197] Farmer CM. New evidence concerning fatal crashes of passenger vehicles before and after adding antilock braking systems. *Accident Analyses and Prevention*. 2001;33(3): 361-9.
- [198] Evans L, Gerrish PH. Antilock brakes and risk of front and rear impact in two-vehicle crashes. *Accid Anal Prev*. May 1996;28(3): 315-23. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8799435>.
- [199] Broughton J, Baughan C. The effectiveness of antilock braking systems in reducing accidents in Great Britain. *Accident Analyses and Prevention*. 2002;34(3): 347-55.
- [200] Farmer CM, Lund AK, Trempel RE, Braver ER. Fatal crashes of passenger vehicles before and after adding antilock braking systems. *Accident Analyses and Prevention*. 1997;29(6): 745-57.
- [201] Gies S. *Die Sicherheitsrelevanz neuer Fahrhilfen in Kraftfahrzeugen*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BAST; 1991. Forschungsbericht 238 0173-7066.

- [202] Garrott WR, Mazzae EN. *An Overview of the National Highway Traffic Safety Administration's Light Vehicle Antilock Brake Systems Research Program*. Warrendale, PA.: Society of Automotive Engineers; 1999. SAF 0-286.
- [203] Evans L. *Antilock Brake Systems and Risk of Different Types of Crashes in Traffic*. Abstracts of the 16th ESV Conference of the NHTSA; 1998; Windsor, Canada.
- [204] Mazzae EN, Garrott WR, Barickman F, Ranney TA, Snyder A. *NHTSA Light Vehicle Antilock Brake System Research Program Task 7.1: Examination of ABS-Related Driver Behavioral Adaptation – License Plate Study*. Springfield, Virginia: National Technical Information Service; 2001.
- [205] Kahane C, Dang J. *The Long-Term Effect of ABS in Passenger Cars and LTVs*. Washington DC.: National Highway Traffic Safety Association; 2009.
- [206] Breitling T, Breuer J. *E-Safety - Beiträge der Fahrzeugtechnik zur Erhöhung der Verkehrssicherheit in Europa*. In: 6. ADAC / BASt-Symposium «Sicher fahren in Europa»; 2008; Bergisch Gladbach.
- [207] González JM. *Brake Assistance System «BAS»*. Madrid: Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil FITSA; 2008.
- [208] Rudin-Brown CM, Jenkins RW, Whitehead T, Burns PC. Could ESC (Electronic Stability Control) Change the Way We Drive? *Traffic Injury Prevention*. 2009;10(4): 340-7.
- [209] Vadeby A, Wiklund M, Forward S. *The expectations and views of car drivers concerning antilock brakes (ABS) and electronic stability control (ESC) systems*. Linköping, Sweden: Traffic safety, Vehicle technology; 2009. R 647 (written in Swedish with an English summary).
- [210] Scully J, Newstead S. Evaluation of electronic stability control effectiveness in Australia. *Accident Analysis and Prevention*. 2008;40(6): 2050-7.
- [211] Farmer CM. Effects of electronic stability control: an update. *Traffic Inj Prev*. 2006;7(4): 319-24. DOI: 10.1080/15389580600846273.
- [212] Farmer C. Effect of electronic stability control on automobile crash risk. *Traffic Inj Prev*. 2004;5(4): 317-25. DOI: 10.1080/15389580490896951.
- [213] Lie A, Tingvall C, Krafft M, Kullgren A. The effectiveness of electronic stability control (ESC) in reducing real life crashes and injuries. *Traffic Inj Prev*. 2006;7(1): 38-43. DOI: 10.1080/15389580500346838.
- [214] Ferguson SA. The effectiveness of electronic stability control in reducing real-world crashes: A literature review. *Traffic Injury Prevention*. 2007 2007;8(4): 329-38.
- [215] Erke A. Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: a review of empirical evidence. *Accident Analyses and Prevention*. 2008;40(1): 167-73. DOI: 10.1016/j.aap.2007.05.002.
- [216] Insurance Institute for Highway Safety. *Update on Electronic Stability Control*. Ruckersville VA.: Insurance Institute for Highway Safety, Highway Loss Data Institute; 2006.
- [217] Dang JN. *Preliminary results analyzing the effectiveness of electronic stability control (ESC) systems*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation NHTSA; 2004.809 790.
- [218] Frampton R, Thomas P. *Effectiveness of Electronic Stability Control Systems in Great Britain*. Loughborough: Vehicle Safety Research Centre; 2007. 9/33/99 (C).
- [219] Ohono S. *Results from the survey on effectiveness of electronic stability control (ESC)*. Press release. Tokyo: National Agency for Automotive Safety & Victims' Aid (NASVA); 2005. 2008-00578.
- [220] Paine M. *Electronic Stability Control: Review of Research and Regulations*. Beacon Hill NSW Australia: Vehicle Design and Research Pty Limited for Roads and Traffic Authority of NSW; 2005. G 248.
- [221] Peltola H, Kallberg V-P, Rajamäki R, Rämä P. Current Speed Management Issues. In: Rouhiainen V, Hg. *Scientific activities in Safety & Security*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland; 2009: 80-1.
- [222] Finch DJ, Kompfner P, Lockwood CR, Maycock G. *Speed, speed limits and accidents*. Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory; 1994. TRL Project Report 58.
- [223] European Transport Safety Council ETSC. *Priorities for EU motor vehicle safety design*. Brussels: ETSC; 2001.
- [224] Ho C, Reed N, Spence C. Multisensory in-car warning signals for collision avoidance. *Human Factors*. 2007;49(6): 1107-14.

- [225] Lange C, Tönnis M, Bubb H, Klinker G. *Einfluss eines aktiven Gaspedals auf Akzeptanz, Blickverhalten und Fahrperformance*. Referat gehalten an der 22. Internationalen VDI/VW Gemeinschaftstagung Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme; 2006; Wolfsburg.
- [226] Malone K, Wilmink I, van Noort M, Klunder G. *IMPACT: Impact Assessment of In-vehicle Safety Systems*. In: Proceedings of the 14th World Congress on ITS; 2007; Beijing, Peoples' Republic of China.
- [227] Myhrberg S. *Intelligent Speed Adaptation in the City of Stockholm, Trials and Future Plans*. In: Proceedings of the 6th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services; 2007; Aalborg, Denmark.
- [228] Lai F, Karsten O. *Want to Go Faster, So Get Out of My Way – An Analysis of Overriding of the ISA System*. In: Proceedings of the 7th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services 2008; Geneva.
- [229] Broekx S, Vlassenroot S, De Mol J, Panis LI. *The European PROSPER-project: Final results of the trial on Intelligent Speed Adaptation (ISA) in Belgium*. In: Proceedings of the 13th ITS World Congress and Exhibition; 2006; London.
- [230] Regan MA, Triggs TJ, Young KL, Tomasevic N, Mitsopoulos E, Stephan K, Tingvall C. *On-road evaluation of Intelligent Speed Adaptation, Following Distance Warning and Seatbelt Reminder Systems: final results of the TAC SafeCar project, Volume 1: Final Report*. Victoria, Australia: Monash University Accident Research Centre; 2006. 253.
- [231] Pappas M, Stanzel M, Page Y, Hermitte T, Lahausse J et al. *A priori evaluation of safety functions effectiveness - Results on safety increments*. Brussels: Technologies IS; 2008.4.1.4.
- [232] Goodwin F, Achterberg F, Beckmann J. *Intelligent speed assistance - myths and reality. ETSC position on ISA*. Brussels: European Transport Safety Council ETSC; 2006.
- [233] Pianelli C, Saad F, Abric J-C. *Social representations and acceptability of LAVIA (French ISA system)*. In: Proceedings of the 14th World Congress on ITS; 2007; Beijing, Peoples' Republic of China.
- [234] Morsink P. *In-Car Speed Assistance to Improve Speed Management*. In: ITS America, Hg. 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America's 16.11.2008-20.11.2008; 2008; New York.
- [235] Biding T, Lind G. *Intelligent speed adaptation (ISA), Results of large-scale trials in Borlänge, Lidköping, Lund and Umeå during 1999–2002*. Borlänge, Sweden: Swedish National Road Administration; 2002. Report Nr.: 89E.
- [236] Egeler C, van Driel C, Jordi P, Deuber M. *Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit*. Bern: ASTRA BfS; 2009. Forschungsauftrag VSS 2006/901.
- [237] Young MS, Stanton NA. Taking the load off: investigations of how adaptive cruise control affects mental workload. *Ergonomics*. 2004;47(9): 1014-35.
- [238] Stanton NA, Young MS. Driver behaviour with adaptive cruise control. *Ergonomics*. 2005;48(10): 1294-313. DOI: 10.1080/00140130500252990.
- [239] Touran A, Brackstone MA, McDonald M. A collision model for safety evaluation of autonomous intelligent cruise control. *Accid Anal Prev*. 1999;31(5): 567-78.
- [240] Vollrath M, Schleicher S, Gelau C. The influence of Cruise Control and Adaptive Cruise Control on driving behaviour - A driving simulator study. *Accident Analyses and Prevention*. 2011;43: 1134-9.
- [241] Kessler C, Eternad A, Alessandretti G, Heinig K, Selpi et al. *EuroFOT. Final Report*. http://www.eurofot-ip.eu/en/library/deliverables/sp1_d113_final_report.htm. Zugriff am 10.06.2014
- [242] Vollrath M, Briest S, Oeltze K. *Auswirkungen des Fahrens mit Tempomat und ACC auf das Fahrerverhalten*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt; 2010. Report F 74.
- [243] Hoethink A. *Advanced Cruise Control in the Netherlands: a critical review*. In: 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services; 2003; Madrid.
- [244] Yamada K. *Driver reaction time to forward vehicle collision warning - effectiveness of warning system under low awareness level*. In: 7th World Congress on Intelligent Transport Systems; 2000; Turin.
- [245] Reinach SJ, Everson JH. Transit bus operator performance and attitudes toward a collision warning system: results of a simulator experiment. *Traffic Inj Prev*. 2005;6(3): 248-57. DOI: 10.1080/15389580590969247.

- [246] Abe G, Richardson J. Alarm timing, trust and driver expectation for forward collision warning systems. *Applied ergonomics*. 2006;37(5): 577-86. DOI: 10.1016/j.apergo.2005.11.001.
- [247] Parasuraman R, Hancock PA, Olofinboba O. Alarm effectiveness in driver-centred collision-warning systems. *Ergonomics*. 1997;40(3): 390-9.
- [248] Lees MN, Lee JD. The influence of distraction and driving context on driver response to imperfect collision warning systems. *Ergonomics*. 2007;50(8): 1264-86. DOI: 10.1080/00140130701318749.
- [249] Lee JD, McGehee DV, Brown TL, Reyes ML. Collision warning timing, driver distraction, and driver response to imminent rear-end collisions in a high-fidelity driving simulator. *Human Factors*. 2002;44(2): 314-34.
- [250] Klunder GA, Li M, Minderhoud M. Traffic Flow Impacts of Active Cruise Control Deactivation and Reactivation with Cooperative Driver Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2009;2129(1): 145-51.
- [251] Davis LC. Effect of adaptive cruise control systems on traffic flow. *Physical review E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics*. 2004;69(6.2): 66-110.
- [252] Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA). Benefit-Cost Analyses of Onboard Safety Systems. *Tech Brief*. 2009: 2-4.
- [253] Koskinen S. How Intelligent Vehicles Prevent and Mitigate Collisions. In: Rouhiainen V, Hg. *Scientific activities in Safety & Security*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland; 2009: 96-7.
- [254] TRW Automotive. Notausweichassistent von TRW. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*. 2014(7): 1-242.
- [255] Najm WG, Stearns MD, Howarth H, Koopmann J, Hitz J. *Evaluation of an Automotive Rear-End Collision Avoidance System*. Cambridge, MA.: National Transportation System Center; 2006.
- [256] Cuny S, Page Y, Zangmeister T. *Evaluation of the safety benefits of existing safety functions*. Brussels: Information Society Technologies; 2008. D 4.2.2.
- [257] Rimini-Doering M, Altmueller T, Ladstaetter U, Rossmeier M. *Effects of Lane Departure Warning on Drowsy Drivers' Performance and State in a Simulator*. In: Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design; 2005.
- [258] Alkim TP, Bootsma G, Hoogendoorn SP. *Dutch Field Operational Test experience with «the Assisted Driver»*. In: Proceedings of the 14th World Congress on ITS; 2007; Beijing, Peoples' Republic of China.
- [259] Schulz WH. Kosten/Nutzen Analysen von intelligenten Fahrzeug-Sicherheitssystemen - Empirische Fallstudien. *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*. 2006(3): 54.
- [260] Rämä P. Safety Effects of Intelligent in-Vehicle Systems. *Nordic*. 2009 2009;3: 19-.
- [261] Kiefer RJ, Hankey JM. Lane change behavior with a side blind zone alert system. *Accident Analysis & Prevention*. 2008;40(2): 683-90. DOI: 10.1016/j.aap.2007.09.018.
- [262] Kuehn M, Hummel T, Bende J. *Benefit of Advanced Driver Assistance Systems for cars derived from real-life accidents*. In: 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles; 2009; Stuttgart.
- [263] Goldberg F. *An electronic driving licence when used as an ignition key could save thousands of lives*. In: Third National Conference on Injury Prevention and Control; 1999; Brisbane, Queensland.
- [264] Philpin C. *Smart Card Driving Licence - Final Report*. Association of European Vehicle and Driver Registration Authorities; 2009.
- [265] Goldberg F. *Electronic driving licences: Key to a new traffic safety system*. In: Proceedings of the 3th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety; 1995; Adelaide, Australia.
- [266] Regan MA, Mitsopoulos E, Haworth C. *Acceptability of in-vehicle intelligent transport systems to Victorian car drivers*. Victoria: Monash University Accident Research Centre; 2002. Report PP 02/02.
- [267] Kalthoff W. Speichern moderne Fahrzeuge die Kollisionsgeschwindigkeit? *ureko-Spiegel*. 2007;8: 3.
- [268] Berg A, Mayer U. *Unfalldatenspeicher als Informationsquelle für die Unfallforschung in der Pre-Crash-Phase*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt; 1997. F 23.

- [269] Wouters PIJ, Bos JMJ. Traffic accident reduction by monitoring driver behaviour with in-car data recorders. *Accident Analysis & Prevention*. 2000;32(5): 643-50.
- [270] Elvik R, Amundsen AH. *Improving road safety in Sweden*. Oslo: Institute of Transport Economics; 2000.
- [271] Bloch B, Challen J, Bradley N. *Vision Zero International*. Surrey: UKIP Media & Events Ltd; 2009.
- [272] Cavegn M. Übermüdung. In: Cavegn M, Walter E, Scaramuzza G, Niemann S, Allenbach R, Stöcklin S, Hg. *Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden. Risikobeurteilung, Unfallanalyse und Präventionsmöglichkeiten*. Vol 4. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2008: 162-246.
- [273] Marberger C. *Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BAST; 2007. BAST-Bericht F 63.
- [274] Coben JH, Larkin GL. Effectiveness of ignition interlock devices in reducing drunk driving recidivism. *Am J Prev Med*. 1999;16(1 Suppl): 81-7.
- [275] Elder RW, Voas R, Beirness D, Shults RA, Sleet DA, Nichols JL, Compton R. Effectiveness of ignition interlocks for preventing alcohol-impaired driving and alcohol-related crashes: a Community Guide systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*. 2011;40(3): 362-76.
- [276] Department of transport. *The effects of breath alcohol ignition interlock devices in cars*. London: Departement for Transport; 2004.
<http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/behavioural/thirteenthseminar/theeffectsofbreathalcoholign4702>. Zugriff am 19.01.2010.
- [277] Roth R, Voas R, Marques P. Interlocks for first offenders: Effective? *Traffic Injury Prevention*. 2007;8(4): 346-52.
- [278] Kutila M, Jokela M, Montanari R. Camera-based Driver Workload Estimation. In: Rouhiainen V, Hg. *Scientific activities in Safety & Security*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland; 2009: 98-9.
- [279] Nabo A. *Driver Attention - Dealing with Drowsiness and Distraction*. Göteborg: IVSS; 2009.
- [280] Regan M. Driven by distraction. *Vision Zero International*. 2010;1: 4-13.
<http://viewer.zmags.com/publication/6c264a63#/6c264a63/1>. Zugriff am 11.07.2014.
- [281] Donmez B, Boyle LN, Lee JD. Mitigating driver distraction with retrospective and concurrent feedback. *Accident Analyses and Prevention*. 2008;40(2): 776-86. DOI: 10.1016/j.aap.2007.09.023.
- [282] Scaramuzza G. Ablenkung und Unaufmerksamkeit. In: Cavegn M, Walter E, Scaramuzza G, Niemann S, Allenbach R, Stöcklin S, Hg. *Beeinträchtigte Fahrfähigkeit von Motorfahrzeuglenkenden. Risikobeurteilung, Unfallanalyse und Präventionsmöglichkeiten*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2008: 247-309.
- [283] CEN (Comité Européen de Normalisation), ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Final joint CEN/ETSI-Progress report to the European Commission on Mandate M/453. 2013. [http://fischer-tech.eu/Dateien/Final_M453_report_to_EC_\(20130715\).pdf](http://fischer-tech.eu/Dateien/Final_M453_report_to_EC_(20130715).pdf). Zugriff am 18.07.2014.
- [284] Kulmala R, Leiviäkangas P, Sihvola N, Rämä P, Francsics J et al. *Co-operative systems Deployment Impact Assessment. Final study report*. Brussels: VTT & TRL; 2008. CODIA - Deliverable 5.
- [285] Wiltshko T. *Mikroskopische Unfallanalyse zur Identifikation von Wirkungsfeldern zukünftiger Fahrerassistenzsysteme*. In: 19. Verkehrswissenschaftliche Tage; 2003; Dresden.
- [286] Vollrath M, Briest S, Schiessl C, Drewes J, Becker U. *Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BAST; 2006. BAST-Bericht F 60.
- [287] Nabo A. *Dialog Management System*. Swedish Road Administration, IVSS Intelligent Vehicle Safety Systems. http://www.ivss.se/upload/ivss_dialog_management_final_report_issue_1.pdf. Zugriff am 19.01.2010.
- [288] Engström J. *Adaptive Integrated Driver-Vehicle Interfaces: The AIDE Integrated Project*. Referat gehalten am ITS in Europe; 2004; Budapest.
- [289] Vöhringer-Kuhnt T. Fahrerinformationssysteme und Verkehrssicherheit - ein Überblick. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2009;4: 183-7.

- [290] Linder A, Kircher A, Vadeby A, Nygårdhs S. *Intelligent Transport Systems (ITS) in passenger cars and methods for assessment of traffic safety impact: a literature review* 2007. VTI rapport 604A.
- [291] Scott JJ, Gray R. A comparison of tactile, visual, and auditory warnings for rear-end collision prevention in simulated driving. *Human Factors*. 2008;50(2): 264-75.
- [292] Cummings ML, Kilgore RM, Wang E, Tijerina L, Kochhar DS. Effects of single versus multiple warnings on driver performance. *Human Factors*. 2007;49(6): 1097-106.
- [293] Schindhelm R, Gelau C, Keinath A, Bengler K, Kussmann H et al. *Report on the Review of the Available Guidelines and Standards: AIDE-Adaptive Integrated Driver-Vehicle Interface*; 2004. Technischer Bericht IST-1-507674-IP.
- [294] Green P. *Driver interface/HMI standards to minimize driver distraction/overload*. Michigan: University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI); 2008.
- [295] Schindler V, Kühn M, Siegler H. *Intelligente Rückhaltesysteme*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen Bast; 2004. F 52.
- [296] Horsch JDH. *Investigation of inflatable restraints*. In: *Seat belts: The development of an essential safety feature*. Referat gehalten an: 35th Stapp Car Crash Conference; 1991; San Diego.
- [297] Ziegahn KF. *Benefits of inflatable belts in reducing serious injury to vehicle occupants during crashes*. In: 6th International Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems-Airbag; 2002.
- [298] Burczyk C, Merz U. Beltbag-Erhöhung der Sicherheit und des Komforts im Fond. *Automobiltechnische Zeitschrift*. 2013;115(10):
- [299] Harrison W, Senserrick TM, Tingvall C. *Development and Trial of a Method to Investigate the Acceptability of Seat Belt Reminder Systems*. Melbourne, Australia: Monash University Accident Research Centre; 2000. Report 170
- 0 7326 1469 4.
- [300] bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung. Neuer Rekordwert: 94 Prozent aller Lenker schnallen sich an. bfu-Erhebung der Gurtentragquote 2014. 2014. <http://www.bfu.ch/de/die-bfu/kommunikation/medien/strassenverkehr/autofahrer/sicherheitsgurten/94-Prozent-aller-Lenker-schnallen-sich-an>. Zugriff am 21.07.2014.
- [301] Krafft M, Kullgren A, Lie A, Tingvall C. The Use of Seat Belts in Cars with Smart Seat Belt Reminders: Results of an Observational Study. *Traffic Injury Prevention*. 2006;7(2): 125-9.
- [302] Bylund P-O, Björnstig U. *Use of seat belt in cars with different seat belt reminder systems. A study on injured car drivers*. In: AAAM 45th Annual Conference; 2001.
- [303] Freedman M, Levi S, Zador P, Lopdell J, Bergeron E. *The Effectiveness of Enhanced Seat Belt Reminder Systems: Observational Field Data Collection Methodology and Findings*. Washington: National Highway Traffic Safety Administration; 2007. DOT HS 810 844.
- [304] TRB Committee for the Safety Belt Technology Study. *Buckling Up: Technologies to Increase Seat Belt Use*. Washington DC.: Transportation Research Board of the National Academics; 2003.
- [305] Fildes B, Fitzharris M, Koppel S, Vulcan P, Brooks C. *Benefits of seat belt reminder systems*. In: Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine; 2003.
- [306] Cavegn M, Walter E, Brügger O, Salvisberg U. *Schutzprodukte: Förderung der Benutzung von Schutzprodukten im Strassenverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2004. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 01.
- [307] kfz-tech. *Kinder-Sicherheitssitz*. kfz-tech. <http://www.kfz-tech.de/Kindersitze.htm>. Zugriff am 26.08.2009.
- [308] Brown J, Griffiths M, Paine M. *Effectiveness of child restraints; The Australian experience* 2002.
- [309] Durbin DR, Chen I, Smith R, Elliott MR, Winston FK. Effects of seating position and appropriate restraint use on the risk of injury to children in motor vehicle crashes. *Pediatrics*. 2005;115(3): e305-e9.
- [310] Elliott MR, Kallan MJ, Durbin DR, Winston FK. Effectiveness of child safety seats vs seat belts in reducing risk for death in children in passenger vehicle crashes. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2006;160(6): 617-21. DOI: 10.1001/archpedi.160.6.617.
- [311] Otte D. *Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen Bast; 2000. BAST-Bericht F 31.

- [312] Klanner W, Ambos R, Paulus H, Hummel T, Langwieder K, Köster H. *Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt; 2004. BASt-Bericht F 53.
- [313] Kullgren A, Krafft M, Malm S, Ydenius A, Tingvall C. *Influence of airbags and seatbelt pretensioners on AIS1 neck injuries for belted occupants in frontal impacts*. In: 44th Stapp Car Crash Conference; 2000; Atlanta.
- [314] Langwieder K, Hummel T, Müller C. *Der Airbag im Realunfall: Leistung und Schwächen - Erkenntnisse aus der Unfallforschung*. München: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.GDV, Institut für Fahrzeugsicherheit; 1997.
- [315] Gehre C, Kramer S, Schindler V. *Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BASt; 2004. Report F 50.
- [316] Ziegahn KF. *A knee airbag for enhancing frontal impact protection*. In: 7th International Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems - Airbag; 2004.
- [317] Patel V, Griffin R, Eberhardt AW, McGwin Jr G. The association between knee airbag deployment and knee–thigh–hip fracture injury risk in motor vehicle collisions: A matched cohort study. *Accident Analysis & Prevention*. 2013;50: 964-7.
- [318] Der neue Audi Q5: Entwicklung und Technik. Wiesbaden: Vieweg & Teubner; 2009: 1-256.
- [319] Castro W, Schilgen M, Meyer S, Weber M, Peuker C, Wörtler K. Do «whiplash injuries» occur in low-speed rear impacts? *European Spine Journal*. 1996;6(6): 366-75.
- [320] Viano DC. Seat Design Principles to Reduce Neck Injuries in Rear Impacts. *Traffic Injury Prevention*. 2008(6): 560.
- [321] Heemskerk F, Coenen M. Reinventing the seat and belt. *Vision Zero International*. 2010;1: 58-61.
- [322] Bostrom OK. *Characteristics of anti-whiplash seat designs with good rear-life performance*. In: IRCOBI (International Research Council on the Biomechanics of Injury) Conference; 2007.
- [323] Kullgren A, Krafft M. *Gender analysis on whiplash seat effectiveness: results from real-world crashes*. In: IRCOBI (International Research Council on the Biomechanics of Injury) Conference; 2010; Hanover.
- [324] Viano DC, Gargan MF. Headrest position during normal driving: implication to neck injury risk in rear crashes. *Accident Analysis and Prevention*. 1996;28(6): 665-74.
- [325] Schwizer E. *Crashtest. Car to car*. Luzern: Schweiz TC; 2009.
- [326] Fredetta M, Mambu LS, Chouinard A, Bellance F. Safety impacts due to the incompatibility of SUVs, minivans, and pickup trucks in two-vehicle collisions. *Accident Analysis and Prevention*. 2008;40: 1987-95.
- [327] Thompson AE. *Adaptive vehicle structures for secondary safety*. Transport Research Foundation; 2007. Published project report PPR 310.
- [328] Wood DP. Safety and the car size effect: A fundamental explanation. *Accident Analysis & Prevention*. 1997;29(2): 139-51.
- [329] European New Car Assessment Programme (EuroNCAP). Assessment protocol - safety assist. 2009. <http://www.euroncap.com/files/Euro-NCAP-Assessment-Protocol---SA---v5.0---0-94249b70-801f-4519-9b0c-382e4c390e00.pdf>. Zugriff am 09.03.2009.
- [330] Baker BC, Nolan JM, O'Neill B, Genetos AP. Crash compatibility between cars and light trucks: Benefits of lowering front-end energy-absorbing structure in SUVs and pickups. *Accident Analysis & Prevention*. 2008;40(1): 116-25.
- [331] Rapp PM, Jordi P, Deuber M. *Grundlagen für eCall in der Schweiz*. Zürich: Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS; 2009.
- [332] Donkers E, Scholten J. *E-call en Verkeersveiligheidskansen, DEEL 4: De verwachte directe en indirecte effecten van e-call in Nederland*. Rijkswaterstaat, Rotterdam, Netherlands 2008.
- [333] Wilmink I, Janssen W, Jonkers E, Malone K, van Noort M et al. *Socio-economic Impact Assessment of Stand-alone and Co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe, Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety Systems, eIMPACT*: eIMPACT Consortium; 2008.
- [334] McClure D, Graham A. *eCall - The Case for Deployment in the UK*. Great Britain: Department for Transport; 2010. Final Report.
- [335] Auerbach H, Issing MM, Karrer K, Steffens C. *Fahrzeuggestützte Notrufsysteme (eCall) für die Verkehrssicherheit in Deutschland*. Deutschland: Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt); 2008. BASt-Bericht F 69.

- [336] Kommission der Europäischen Gemeinschaften. *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Informations- und Kommunikationstechnologien für sichere und intelligente Fahrzeuge*. Brüssel: Kommission der Europäischen Gemeinschaften; 2003.
- [337] Kommission der Europäischen Gemeinschaften. *Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Initiative «Intelligentes Fahrzeug»*. Brüssel: Kommission der Europäischen Gemeinschaften; 2006.
- [338] Färber B, Färber B. Mehr Verkehrssicherheit durch intelligente Steuerung von Telematik-Systemen? In: Schlag B, Hg. *Verkehrspsychologie: Mobilität - Verkehrssicherheit - Fahrerassistenz*. Berlin: Pabst Science Publishers; 2004: 317-34.
- [339] Pfafferott I, Huguenin RD. Adaptation nach Einführung von Präventionsmöglichkeiten: Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus einer OECD-Studie. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 1991;37(2): 71-83.
- [340] Weller G, Schlag B. Verhaltensadaptation nach Einführung von Fahrerassistenzsystemen: Vorstellung eines Modells und Ergebnisse einer Expertenbefragung. In: Schlag B, Hg. *Verkehrspsychologie. Mobilität - Sicherheit - Fahrerassistenz*. Berlin: Pabst Science Publishers; 2004: 351-70.
- [341] Ewert U. *Fahrerassistenzsysteme*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014. bfu-Faktenblatt Nr. 13.
- [342] Berz U. Fahrerassistenzsysteme: Allgemeine Verkehrssicherheit und individueller Nutzen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. 2002;48(1): 2-7.
- [343] European Transport Safety Council ETSC. *Drink Driving Monitor. ETSC's Newsletter on Drink Driving Policy Developments in the EU*. Brussels: ETSC; 2009. R 9.
- [344] Oltersdorf KM, Schlager K. *Wie kommen die Fahrerassistenzsysteme zu den Autofahrerinnen und Autofahrern?* Referat gehalten an der: C.T.I. Fachkonferenz für Fahrerassistenzsysteme; 2006.
- [345] Oltersdorf KM, Schierge F. Vermarktung von Fahrerassistenzsystemen. *Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft ZfAW*. 2007;2: 64-7.
- [346] Baum H, Kling T. *Verbesserung der Verkehrssicherheit durch Versicherungsanreize*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BAST; 1997. Mensch und Sicherheit Heft M 82.
- [347] Schade J, Kämpfe B, Kecskés M, Schlag B. *Anreizsysteme in der Verkehrssicherheitsarbeit - Eine Expertenevaluation*. Dresden: Dresden LfVdT; 2003.
- [348] European Transport Safety Council ETSC. *PRAISE: Preventing Road Accidents and Injuries for the Safety of Employees*. Brussels: ETSC; 2009. R 1.
- [349] Werdin H, Schirmer M. *Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit*. Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen ASTRA; 2005. T 1412.
- [350] European Transport Safety Council ETSC. *Boost the market for safer cars across the EU*. Brussels: ETSC; 2009. PIN Flash 13.
- [351] Mühlethaler F, Arend M, Axhausen K, Martens S, Steierwald M. *Das vernetzte Fahrzeug. Verkehrstelematik für Strasse und Schiene. Arbeitsdokument*. Bern: Technologiefolgen-Abschätzung-Swiss (TA-Swiss); 2003.
- [352] TNS Opinion & Social. *Use of Intelligent Systems in Vehicles - Special Eurobarometer 267*. Brussels: European Commission; 2006.
- [353] Hautzinger H, Roth J-J, Bild K, Fabry C, Sliwinski J et al. *Wissenschaftliche Begleitung der Aktion Fahrer-Assistenz-Systeme «Sicher. Für Dich. Für mich.»*. Heilbronn: Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V. (IVT) an der Hochschule Heilbronn, Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL); 2011.
- [354] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Knoten; Grundlagennorm*. Zürich: VSS; 1998. Schweizer Norm SN 640 250.
- [355] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Entwurf des Strassenraumes; Gestaltungselemente*. Zürich: VSS; 2000. Schweizer Norm SN 640 212.
- [356] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *EN ISO 15005:2002 Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements*. Zürich: VSS; 2004. Schweizer Norm SN 671 890.

- [357] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *ENV 13459-2:1999 Anleitung für die Aufstellung von Qualität*. Zürich: VSS; 2000. Schweizer Norm SN 640 877B-00.
- [358] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Entwurf des Strassenraumes; Farbliche Gestaltung von Strassenoberflächen*. Zürich 2009. Schweizer Norm SN 640 214.
- [359] Christoffel T, Gallagher SS. *Injury Prevention and Public Health*. Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers; 2006.
- [360] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausrüstung*. Zürich: VSS; 2002. Schweizer Norm SN 640 569.
- [361] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen für die Strassenausstattung. Anforderungen und Prüfverfahren*. Zürich: VSS; 2009. Schweizer Norm SN 640 569-1a.
- [362] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Knoten; Elemente*. Zürich: VSS; 1997. Schweizer Norm SN 640 251.
- [363] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Leistungsfähigkeit; Knoten ohne Lichtsignalanlagen*. Zürich: VSS; 1999. Schweizer Norm SN 640 022.
- [364] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität; Knoten mit Kreisverkehr*. Zürich: VSS; 2006. Schweizer Norm SN 640 024a.
- [365] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten*. Zürich: VSS; 2008. Schweizer Norm SN 640 023a.
- [366] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Knoten; Kreuzungsfreie Knoten*. Zürich: VSS; 1998. Schweizer Norm SN 640 261.
- [367] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Knoten; Knoten in einer Ebene (ohne Kreisverkehr)*. Zürich: VSS; 1999. Schweizer Norm SN 640 262.
- [368] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Knoten; Knoten mit Kreisverkehr*. Zürich: VSS; 1999. Schweizer Norm SN 640 263.
- [369] Daniels S, Nuyts E, Wets G. The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: An observational study. *Accid Anal & Prev*. 2008;40: 518-26.
- [370] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Knoten. Sichtverhältnisse in Knoten in einer Ebene*. Zürich: VSS; 2010. Schweizer Norm SN 640 273a.
- [371] Schweizer Licht Gesellschaft SLG. *Öffentliche Beleuchtung: Strassenbeleuchtung*. Bern 2007.
- [372] Sanders MS, McCormick EJ. *Human factors in engineering and design*. New York: McGraw-Hill; 1993.
- [373] Ogden KW. *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*. Aldershot: Avebury Technical; 1997.
- [374] Federal Highway Administration FHWA. *Synthesis of safety research related to traffic control and roadway elements (Volumes 1 and 2)*. Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, FHWA; 1982. Report No. FHWA-TS-82-233.
- [375] Troutbeck RJ. *Background to proposed NAASRA guidelines for the provision of safety barriers*. Melbourne 1983. Internal Report 833-1. <http://www.arrb.com.au>. Zugriff am 19.03.2009.
- [376] Hedman KO. *Road design and safety*. Linköping, Sweden: Swedish Road and Traffic Research Institute; 1990. VTI Rapport 351a.
- [377] Meewes V, Eckstein K. *Baum-Unfälle*. Köln: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. GDV; 1999.
- [378] Zegeer CV, Council FM. *Safety Relationships Associated with Cross-Sectional Roadway Elements*. Washington, D.C. 1995. Transportation Research Record No. 1512, Safety Effects of Roadway Design Decisions
0309061717. <http://pubsindex.trb.org/document/view/default.asp?lbid=453120>. Zugriff am 19.03.2009.
- [379] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Passive Sicherheit im Strassenraum; Grundnorm*. Zürich: VSS; 2005. Schweizer Norm SN 640 560.
- [380] Spacek P. *Entwurf von Strassen - Grundzüge*. Zürich: ETH Zürich; Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme; 2004.
- [381] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Projekt, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement*. Zürich: VSS; 1991. Schweizer Norm SN 640 080b.
- [382] Zwahlen H, Schnell T. *Curve warning systems and the delineation of curves with curve delineation devices*. Athens OH: Human Factors and Ergonomics Laboratory - Ohio University; 1995.

- [383] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Linienführung; Elemente der vertikalen Linienführung*. Zürich: VSS; 1983. Schweizer Norm SN 640 110.
- [384] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Linienführung; Quergefälle in Geraden und Kurven*. Zürich: VSS; 1995. Schweizer Norm SN 640 120.
- [385] Persaud BN, Retting RA, Lyon CA. Crash reduction following installation of centerline rumble strips on rural two-lane roads. *Accident Analysis and Prevention*. 2004;36(6): 1073-9.
- [386] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Passive Sicherheit im Strassenraum; Fahrzeug-Rückhaltesysteme*. Zürich: VSS; 2005. Schweizer Norm SN 640 561.
- [387] Lindenmann HP, Spacek P. *Verkehr II: Betrieb und Erhaltung von Verkehrssystemen. Teil Individualverkehr*. Zürich: ETH Zürich - Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme; 2005.
- [388] Bundesamt für Strassen ASTRA. *Richtlinie für Fahrzeug-Rückhaltesysteme*. Bern: ASTRA; 2005.
- [389] Verein Schweizerischer Leitschrankenunternehmungen VSLU. *Leitschranken - INFO 21 - Anpralldämpfer*. Wisen: VSLU; 2006.
- [390] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen*. Zürich: VSS; 1992. Schweizer Norm SN 640 201.
- [391] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Alleebäume; Baumartenwahl, inkl. Anhänge*. Zürich: VSS; 2003. Schweizer Norm SN 640 678a.
- [392] Bundesamt für Justiz. *Gesetzgebungsleitfaden: Leitfaden für die Ausarbeitung von Erlassen des Bundes*. Bern: Bundesamt für Justiz; 2007.
- [393] *RIPCORD-ISEREST*. Bundesanstalt für Strassenwesen BASt. <http://ripcord.bast.de/>. Zugriff am 01.03.2011.
- [394] Bundesamt für Strassen ASTRA. *RIA - Road Safety Impact Assessment*. Bern: ASTRA; 2013.
- [395] Bundesamt für Strassen ASTRA. *RSA - Road Safety Audit*. Bern: ASTRA; 2013.
- [396] Bundesamt für Strassen ASTRA. *RSI - Road Safety Inspection*. Bern: ASTRA; 2013.
- [397] Bundesamt für Strassen ASTRA. *BSM - Black Spot Management*. Bern: ASTRA; 2013.
- [398] Bundesamt für Strassen ASTRA. *NSM - Network Safety Management*. Bern: ASTRA; 2013.
- [399] Bundesamt für Strassen ASTRA. *EUM - Einzelunfall-Management*. Bern: ASTRA; 2013.
- [400] Bundesamt für Strassen ASTRA. *ISSI - Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente: Vollzugshilfe*. Bern: ASTRA; 2013.
- [401] Scaramuzza G. *Prozess-Evaluation des bfu-Modells Tempo 50/30 innerorts*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2008. bfu-Report 60.