



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungspaket VeSPA
Teilprojekt 1-M

Massnahmen und Potenziale im Bereich Verkehrsteilnehmende

Paquet de recherche VeSPA SP 1-M
**Mesure et potentiel dans le domaine des usagers de la
route**

Research Package VeSPA SP 1-M
Measures and potentials in the field of road users

Hochschule Luzern - Wirtschaft
Prof. Dr. Timo Ohnmacht
Matthias Mahrer

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
Dr. Martin Frey
Prof. Dr. Andreas Ruckstuhl
Dr. Marcel Dettling

Institut für Angewandte Psychologie und Akzeptanzforschung IAPA
Lars Rößger
Dr. Jens Schade

**Forschungsprojekt SVI 2014/008 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Dezember 2016

1591

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Forschungspaket VeSPA
Teilprojekt 1-M

Massnahmen und Potenziale im Bereich Verkehrsteilnehmende

Paquet de recherche VeSPA SP 1-M
**Mesure et potentiel dans le domaine des usagers de la
route**

Research Package VeSPA SP 1-M
Measures and potentials in the field of road users

Hochschule Luzern - Wirtschaft
Prof. Dr. Timo Ohnmacht
Matthias Mahrer

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
Dr. Martin Frey
Prof. Dr. Andreas Ruckstuhl
Dr. Marcel Dettling

Institut für Angewandte Psychologie und Akzeptanzforschung IAPA
Lars Rößger
Dr. Jens Schade

**Forschungsprojekt SVI 2014/008 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. Dr. Timo Ohnmacht

Mitglieder

Dr. Martin Frey
Prof. Dr. Andreas Ruckstuhl
Dr. Marcel Dettling
Dr. Jens Schade
Lars Rößger
Matthias Mahrer

Gesamtpaketleitung

SNZ Ingenieure und Planer AG

Martin Buck

Begleitkommission

Präsident

Dr. Anja Simma

Mitglieder

Allenbach, Rolland
Dr. Angermann, Roman
Dr. Arnd, König
Dr. Bodenmann, Balz
Dr. Brucks, Wernher
Buck, Martin
Dr. Häberli, Christian
Dr. Kamenik, Christian
Reber, Heinz
Schwab, Patrick

Antragsteller

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Inhaltsverzeichnis	5
	Zusammenfassung	7
	Résumé	15
	Summary	23
1	Problembeschreibung	31
1.1	Ausgangslage.....	31
1.2	Ziele der Forschungsarbeit	32
2	Stand der Forschung und Forschungsbedarf	33
2.1	Stand der Forschung aus VeSPA, Phase 1	33
2.2	Stand der Forschung aus der internationalen Literatur	33
2.3	Forschungsbedarf	34
3	Projektdesign, Daten, statistische Methoden und Massnahmendesign	35
3.1	Projektdesign.....	35
3.1.1	Identifikation von Risikokonstellationen (RK)	35
3.1.2	Identifikation von Risikokonstellationen (RK)	35
3.1.3	Massnahmenformulierung.....	36
3.2	Datengrundlagen.....	37
3.2.1	Strassenverkehrsunfall-Register (VU)	37
3.2.2	Administrativmassnahmen-Register (ADMAS)	37
3.2.3	Motorfahrzeug- und Motorfahrzeughalterregister der Schweiz (MOFIS).....	38
3.3	Statistische Methoden zur Identifikation von Risikokonstellationen.....	39
3.3.1	Robust angepasstes log-lineares Regressionsmodell	39
3.3.2	Clusteranalyse.....	43
3.3.3	Modelle für unterschiedliche Verkehrsteilnehmende	44
3.4	Massnahmendesign	46
3.4.1	Massnahmenauswahl	47
3.4.2	Massnahmenbewertung	48
3.5	Identifikation von Massnahmenbereichen.....	50
3.5.1	Technische Massnahmen (<i>engineering</i>).....	50
3.5.2	Information und Ausbildung (<i>education</i>)	50
3.5.3	Überwachung und Ahndung (<i>enforcement</i>)	50
3.5.4	Ökonomische Massnahmen (<i>economy</i>)	51
3.5.5	Überblick über Massnahmenfelder	52
3.5.6	Unterteilung nach Unfallbeteiligung (EGO & ALTER).....	52
3.6	Unfallklärungsmodell nach Fuller.....	53
3.7	Abgrenzung zu HMI-Ansätzen zur Erklärung des Unfallgeschehens.....	57
4	Hauptergebnisse der empirischen Analysen und Beispiele aus dem Massnahmenpool	59
4.1	PW-Lenkende (PW)	59
4.2	Zufussgehende (FG)	61
4.3	Velofahrende (VF).....	61
4.4	Lkw-Lenkende (Lkw)	62
4.5	Motorradlenkende (MR)	63
4.6	ÖV-Chauffeure/eusen (ÖV).....	64
5	Massnahmenbewertung	65
5.1	PW-RK1	65
5.1.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	65
5.1.2	Massnahmen.....	65
5.2	PW-RK2	69
5.2.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	69
5.2.2	Massnahmen.....	69

5.3	PW-RK3	71
5.3.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	71
5.3.2	Massnahmen	72
5.4	PW-RK4	75
5.4.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	75
5.4.2	Massnahmen	75
5.5	PW-RK5	77
5.5.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	77
5.5.2	Massnahmen	77
5.6	FG-RK1	80
5.6.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	80
5.6.2	Massnahmen	81
5.7	FG-RK2	83
5.7.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	83
5.7.2	Massnahmen	84
5.8	VF-RK1	85
5.8.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	85
5.8.2	Massnahmen	85
5.9	VF-RK2	88
5.9.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	88
5.9.2	Massnahmen	88
5.10	VF-RK3	89
5.10.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	90
5.10.2	Massnahmen	90
5.11	Lkw-RK1.....	91
5.11.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	91
5.11.2	Massnahmen	91
5.12	MR-RK1	94
5.12.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	94
5.12.2	Massnahmen	94
5.13	MR-RK2	98
5.13.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	98
5.13.2	Massnahmen	99
5.14	ÖV-RK1.....	100
5.14.1	Ursachen/Kausalannahmen.....	100
5.14.2	Massnahmen	101
5.15	Massnahmenübersicht.....	101
5.15.1	Die aussichtsreichsten Massnahmen	101
5.15.2	Übersicht der diskutierten Massnahmen	106
6	Diskussion	111
6.1	Kritische Würdigung der Daten und Analysemethode.....	111
6.2	Kritische Würdigung der Massnahmenerarbeitung und -bewertung	112
7	Empfehlungen	113
	Anhänge.....	115
	I Modellierung der Risikokonstellationen.....	117
	Glossar	133
	Literaturverzeichnis.....	135
	Projektabschluss	145
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	149
	SVI Publikationsliste.....	151

Zusammenfassung

In der zweiten Phase des Forschungspakets VeSPA (Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen) werden für die Schweiz neue, innovative Massnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit hergeleitet und deren Potenziale für die Unfallreduktion abgeschätzt.

Die Basis für die Massnahmenentwicklung bilden Erkenntnisse aus einer statistischen Analyse zu auffälligen Unfallsituationen. Dafür werden die schweizerischen Unfalldaten aus dem Strassenverkehrsunfall-Register (VU) mit weiteren relevanten Informationen, wie den Administrativmassnahmen (ADMAS) und den Fahrzeugdaten (MOFIS), verknüpft.

Die neugeschaffene Datengrundlage aus VeSPA ermöglicht eine im internationalen Vergleich umfassende Analyse der Unfallsituation, da alle registrierten Verkehrsunfälle der Schweiz zwischen 2009 bis 2014 mit diversen Zusatzinformationen detailliert erfasst vorliegen. Die Verknüpfung der Daten mit ADMAS und MOFIS ist für Unfälle ab dem Jahr 2011 möglich und fand schon in der ersten Phase des Forschungspaketes statt. Dabei wurde auch die Datenkonsistenz überprüft. Die Auswertung erfolgte in der ersten Phase jedoch noch inhaltlich getrennt nach den Einflussbereichen von Mensch und Gesellschaft, Situation und Infrastruktur, Fahrzeugeigenschaften sowie Wetter. In der zweiten Phase erfolgt eine gemeinsame und integrierte Analyse aller Einflussbereiche aus der ersten Phase.

Die zweite Phase ist in die zwei Teilprojekte TP1-M und TP2-M gegliedert. Die zwei Teilprojekte unterscheiden sich in ihrer unterschiedlichen Vorgehensweise: Einerseits wird ein mikroskopischer (TP1-M) und andererseits ein makroskopischer Ansatz der Verkehrssicherheitsforschung (TP2-M) verfolgt. Die Teilprojekte ergänzen sich, womit Erkenntnisse aus dem einen Teilprojekt vom anderen Teilprojekt geprüft und für zusätzliche Erklärungen herangezogen werden können.

Im vorliegenden Bericht wird der mikroskopische Ansatz des Teilprojektes TP1-M dokumentiert. Die Analyse erfolgt dabei auf der Ebene der Einzelunfälle, welche von der Polizei erhoben wurden. Es werden keine Hochrechnungen von unbekanntem Dunkelziffern vorgenommen. Für die Ausarbeitung und Formulierung von geeigneten Massnahmen stehen die Verkehrsteilnehmenden im Vordergrund.

Die grundlegenden Ziele dieser Arbeit sind:

- Identifikation von massnahmenrelevanten Unfallsituationen (Mensch, Infrastruktur, Wetter, Fahrzeug) vor dem Hintergrund des Datapoolings und aus strukturierten Datenanalysen. Die Auffälligkeiten werden in diesem Bericht als *Risikokonstellationen* (RK) bezeichnet.
- Entwicklung von Massnahmen für die Risikokonstellationen
- Abschätzen der Massnahmenwirksamkeit auf der Grundlage einer wissenschaftlichen Literaturanalyse
- Empfehlung von Massnahmen.

Eine der Schwierigkeit der Analyse liegt darin, dass für die beobachteten Unfallsituationen keine Expositionsdaten vorliegen. Dadurch kann nicht direkt bestimmt werden, ob Häufungen von spezifischen Konstellationen wirklich kontextbedingt sind oder „nur“ deshalb ersichtlich werden, weil entsprechende Situationen besonders häufig auftreten.

Der Ansatz zur Identifikation der relevanten Risikokonstellationen basiert deshalb auf dem Unabhängigkeitsmodell. Dabei wird davon ausgegangen, dass die erwartete Unfalhäufigkeit in einer Konstellation proportional zu der Häufigkeit der entsprechenden Einflussfaktoren (Randverteilung) ist. Gibt es grosse positive Abweichungen zwischen den beobachteten und erwarteten Unfallzahlen, ist das ein Hinweis darauf, dass es sich bei dieser Konstellation um eine Risikokonstellation handelt.

Gesucht werden demnach Konstellationen, die erheblich häufiger als erwartet auftreten. Diese müssen nicht zwingend mit den mengenmässig häufigsten Konstellationen übereinstimmen. Technisch werden dazu log-lineare Regressionsmodelle verwendet. Anschliessend werden ähnliche Risikokonstellationen mittels Clusteranalyse zu grösseren Risikokonstellationen zusammengefasst. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit liegt der Fokus auf den folgenden Verkehrsteilnehmenden:

- PW-Lenkende (PW)
- Zufussgehende (FG)
- Velofahrende (VF)
- Lkw-Lenkende (Lkw)
- Motorradfahrende (MR)
- ÖV-Chauffeure/eusen (ÖV)

Anhand ihrer Auffälligkeit und mengenmässigen Bedeutung wurden die in der nachfolgenden Tabelle Z-1 ersichtlichen 14 Risikokonstellationen mitsamt der beschriebenen Unfallsituation als besonders massnahmenrelevant identifiziert.

Tab. Z-1 Risikokonstellationen (RK)

Verkehrsteilnehmende	Beschrieb der RK
PW 1	Selbst-/Schleuderunfälle durch junge, männliche Lenker, meist in der Nacht, häufig am Wochenende, auf nassen oder trockenen Strassen, wobei der Fahrer durch Rauschmittel beeinträchtigt ist (Alkohol, Drogen, Medikamente).
PW 2	Einbiegeunfälle, verursacht durch Fahrfehler, häufig bei feuchter oder nasser Strasse und beeinträchtigter oder schlechter Sicht, teilweise in der Hauptverkehrszeit. Diese Konstellation ist allgemein auffällig, das heisst unabhängig von Geschlecht, Alter oder Migrationsstatus.
PW 3	Ältere Lenkende verursachen Unfälle mit Zufussgehenden, teilweise bei nasser oder feuchter Strasse und/oder beeinträchtigter oder schlechter Sicht.
PW 4	Die Fahrzeugtypen in der auffälligen Risikokonstellation sind Klein- und insbesondere Mittelklassewagen. Diese Fahrzeugtypen treten auch allgemein am häufigsten auf. Bei den spezielleren Fahrzeugen zeigt sich, dass bei den Risikokonstellationen mit Vans immer und bei solchen mit SUVs häufig eine Frau am Steuer sitzt. Die entsprechenden Lenkerinnen sind zwischen 25 und 79 Jahre alt. SUVs und Vans treten bei den Unfalltypen Auffahr- und Einbiegeunfälle auf. Junglenkende (18-24 Jahre) sind in der Konstellation immer mit alten Fahrzeugen (Klein- oder Mittelklassewagen) unterwegs (älter als 2004). Das Gleiche gilt für die über 80-jährigen Lenkenden. Bei Risikokonstellationen mit neuen Fahrzeugen sitzen in der Regel 25-64-jährige Lenkende am Steuer.
PW 5	Es handelt sich hierbei um eine separate Analyse der Lenkenden mit Einbezug des Administrativmassnahmen-Registers (ADMAS). PW-Lenkende mit ADMAS-Eintrag (vor dem Unfall) haben die folgenden Auffälligkeiten: - Auffahrunfälle innerorts und auf Autobahnen geschehen häufig während Verkehrsspitzen. In den auffälligen Konstellationen sind die Lenkenden in der Regel mit alten Mittelklasse-Fahrzeugen unterwegs, teilweise sind die Fahrzeuge auch neu. - Selbstunfälle; fast immer unter Beeinträchtigung von Rauschmitteln. - Allgemein: Einbiegeunfälle innerorts.
FG 1	Unfälle von zufussgehenden Kindern (0 bis 13 Jahre) auf geraden Strecken ohne und mit Fussgängerstreifen, häufig während Verkehrsspitzen, zum Teil auch bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht.
FG 2	Unfälle von älteren Zufussgehenden (65+) auf Plätzen oder auf dem Fussgängerstreifen, häufig Frauen.
VF 1	Einbiege- (allenfalls Abbiege-)Unfälle innerorts, Konflikt mit PW. Auffällig sind diese insbesondere bei nasser oder feuchter Strasse während der Hauptverkehrszeit. Die betroffenen Velofahrenden stammen aus allen Altersklassen.
VF 2	Selbstunfälle von meist männlichen Velofahrenden unter Beeinträchtigung durch Rauschmittel in der Nacht, häufig am Wochenende (Alkohol, Drogen, Medikamente). Die Velofahrenden sind dabei zwischen 18 und 64 Jahre alt.
VF 3	Bei den E-Bikes gibt es aufgrund der geringen Datenmenge nur wenig Auffälligkeiten. Schwach auffällig sind hier auch Einbiegeunfälle innerorts (Konflikt mit PW) und Selbstunfälle bei beeinträchtigter Sicht. In den Risikokonstellationen und allgemein bei den Unfällen sind die auffälligen Lenkenden etwas älter (45-64 Jahre).
Lkw 1	Überholunfall (Fahrstreifenwechsel) auf der Autobahn, teilweise in der Hauptverkehrszeit, von Lkw-Lenkenden aus der Schweiz und aus dem Ausland, verursacht durch eine unangepasste Fahrweise.

MR 1	Schleuder-/Selbstunfälle ausserorts, häufig am Wochenende. Motorradfahrende in allen Altersklassen, meist männlich.
MR 2	Einbiegeunfälle innerorts, häufig zur Hauptverkehrszeit bei nasser/feuchter Strasse oder am Wochenende. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen.
ÖV 1	Unfälle zwischen Trams (etwas weniger auffällig auch Linienbusse) und Zufussgehenden auf geraden Strecken.

Ausgehend von diesen durch Datenpooling identifizierten 14 Risikokonstellationen wurden Verkehrssicherheitsmassnahmen formuliert.

Die Massnahmenentwicklung und -bewertung bildet den Hauptteil des Berichtes. Für die Massnahmenentwicklung wurde das Unfallklärungsmodell nach Fuller als Grundlage verwendet, welches die Unfallentstehung heuristisch verständlich macht und die Risikokonstellationen mit Annahmen und Brückenhypothesen für die Massnahmenformulierung verbindet.

Bei der Massnahmenformulierung lag der Fokus auf neuen, innovativen Ansätzen, welche in der Schweiz noch nicht eingeführt oder geplant sind. Die Massnahmen können dabei in die vier folgenden Einflussbereiche eingeteilt werden: technische Massnahmen (*engineering*), Information und Ausbildung (*education*), Überwachung und Ahndung (*enforcement*) und ökonomische Massnahmen (*economy*).

Insgesamt werden über 50 Massnahmen untersucht. Für die erfolgversprechendsten Massnahmen werden die Potenziale in Form der absoluten Häufigkeit der Unfälle mit Personenschaden pro Jahr je RK ermittelt (Getötete (G), Schwerverletzte (SV), Leichtverletzte (LV), abgekürzt mit $U_{(G+SV+LV)}$). Die Werte entsprechen den Mittelwerten der Unfallzahlen aus 4 respektive 6 Jahren. Da die Unfallzahlen jährlich variieren sind die Werte als Grössenordnung zur groben Orientierung bezüglich der Unfallhäufigkeit zu verstehen. Sofern auf die Schweiz übertragbare wissenschaftliche Studien vorliegen, wird die Wirksamkeit der Massnahmen in Form der Anzahl der dadurch theoretisch reduzierbaren Unfälle abgeschätzt.

In erster Linie werden Massnahmen für die identifizierten Risikokonstellationen entwickelt. Jedoch kann die Massnahme auch weitere oder spezifischere Unfallsituationen beeinflussen, die mit der identifizierten Risikokonstellation verwandt sind. So kann die durch die Massnahme angesprochene Unfallsituation von der eingangs statistisch identifizierten Risikokonstellation abweichen (vgl. Tab Z-2).

Tabelle Z-2 stellt die 15 aussichtsreichsten Massnahmen vor, die auf der Grundlage von Vergleichsstudien identifiziert wurden. Für eine Vielzahl von RK konnte die mögliche Wirksamkeit der Massnahmen für die Schweiz wissenschaftlich vertretbar abgeschätzt werden. Das absolute jährliche Unfallreduktionspotenzial bei einer flächendeckenden Einführung in der Schweiz kann so begründet quantifiziert werden.

Tab. Z-2 Die 15 aussichtsreichsten Massnahmen

Massnahme	Kategorie	angesprochene RK	Potenzial: Anzahl Unfallsituationen ¹ pro Jahr (U _(G+SV+LV))	Wirksamkeit: Anzahl reduzierte Unfallsituationen pro Jahr (U _(G+SV+LV))	Beschreibung der durch die Massnahme angesprochenen Unfallsituationen (kann von der statistisch identifizierten RK aus Tabelle Z-1 abweichen)
Autonomer Notbremsassistent (AEBS)	Technisch	PW 2	1690 (7, 280, 1410) U _(G+SV+LV)	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, wobei der Lenkende als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 3	250 (5, 70, 180) U _(G+SV+LV)	1 U _(G)	Anzahl Zufussgehende-Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 4	1420 (3, 100, 1320) U _(G+SV+LV)	540 U _(G+SV+LV)	Anzahl Auffahrunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, wobei Vans und SUVs involviert sind (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		FG 1	1200 (29, 350, 830) U _(G+SV+LV)	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus)
		FG 2	140 (3, 40, 100) U _(G+SV+LV)	1 U _(G)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, auf dem Fussgängerstreifen, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		VF 1	1720 (109, 360, 1360) U _(G+SV+LV)	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle mit mindestens einem Verletzten Velofahrenden pro Jahr. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen.
		MR 2	510 (6, 120, 3) U _(G+SV+LV)	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Hazard Perception Test (HPT) (Gefahrenwahrnehmungstest)	Information & Ausbildung	PW 1	540 (9, 90, 440) U _(G+SV+LV)	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten verursacht durch PW-Neulenker (Fahrausweis <3 Jahre), wobei dieser als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 2	200 (1, 30, 170) U _(G+SV+LV)	40 U _(G+SV+LV)	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten durch Neulenker (Fahrausweis < 3 Jahre), wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		FG 1/2	110 (3, 30, 70) U _(G+SV+LV)	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen. Der Lenker ist ein Neulenker (Fahrausweis <3 Jahre) (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus).

¹ Die Werte sind jeweils auf 10er Stellen gerundet, Ausnahme bei den Getöteten, welche aufgrund der geringen Mengen auf die Ziffer genau angegeben sind.

		MR1/2	750 <small>(12, 230, 510) U_(G+SV+LV)</small>	20 – 60 U _(G+SV+LV)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten verursacht von einem Neulenkenden (Fahrausweis <3 Jahre), wobei der Motorradlenkende als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Permanent Running Lights für Velofahrende	Technisch	VF 1	1690 <small>(19, 370, 1300) U_(G+SV+LV)</small>	800 U _(G+SV+LV)	Anzahl Unfälle mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Velofahrenden pro Jahr, am Tag, Konflikt mit mindestens einem anderen, grösseren Verkehrsteilnehmenden (Lkw, Bus, PW, Motorrad oder Landwirtschaftsfahrzeug).
Intelligent Speed Adaption (ISA)	Technisch	PW 1	700 <small>(12, 120, 570) U_(G+SV+LV)</small>	200 U _(G+SV+LV)	Anzahl Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht durch junge PW-Lenkende zwischen 18 und 24 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Verbesserte Frontlichtkonfiguration	Technisch	MR 2	580 <small>(7, 150, 430) U_(G+SV+LV)</small>	<i>Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert</i>	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht, wobei ein anderes Fahrobjekt (Motorrad oder grösser) involviert ist (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Fahrzeugstabilisierende Systeme, insb. ABS	Technisch	MR 1	480 <small>(17, 200, 270) U_(G+SV+LV)</small>	1-3 U _(G)	Anzahl Schleuder-/Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, ausserorts oder auf der Autobahn (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		MR 2	140 <small>(1, 30, 110) U_(G+SV+LV)</small>	<i>Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.</i>	Anzahl Einbiege-Unfälle von Motorrad-Lenkenden pro Jahr bei nasser/feuchter Strasse (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus).
Fahrzeugbeschlagnehmung bei Wiederholungstätern	Überwachung & Ahndung	PW 5	370 <small>(7, 70, 300) U_(G+SV+LV)</small>	90-110 U _(G+SV+LV)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen), wobei gegen den Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens (Fahrt oder Sucht) verhängt wurde.
Rehabilitation durch Kombination aus Information, Therapie und Bewährungsaufgaben	Information & Ausbildung + Überwachung & Ahndung	PW 5	370 <small>(7, 70, 300) U_(G+SV+LV)</small>	30 U _(G+SV+LV)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen), wobei gegen den Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens (Fahrt oder Sucht) verhängt wurde.
Rückmeldfahrten (verpflichtend) ab 70 Jahre	Information & Ausbildung	PW 2	250 <small>(3, 40, 200) U_(G+SV+LV)</small>	<i>Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert</i>	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten durch Lenkende über 70 Jahre, wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 3	170 <small>(4, 50, 110) U_(G+SV+LV)</small>	<i>Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.</i>	Anzahl Zufussgehende-Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten verursacht von Lenkenden über 70 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		MR 2	20 <small>(0, 10, 20) U_(G+SV+LV)</small>	<i>Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.</i>	Anzahl Einbiege-Unfälle innerorts pro Jahr mit mindesten einem Verletzten verursacht von Motorrad-Lenkenden über 70 Jahre (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus.auf PW-Lenkende).

Bremodynamische Assistenzsysteme (BDA) für E-Bikes	Technisch	VF 3	190 (3, 60, 130) $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle von E-Bikes pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, Konflikt mit mindestens einem anderen, grösseren Verkehrsteilnehmenden (Lkw, Bus, PW, Motorrad oder Landwirtschaftsfahrzeug). Anzahl Schleuder-/Selbstunfälle von E-Bikes pro Jahr ohne Beteiligung weiterer Fahrzeuge, mit mindestens einem Verletzten.
Herabsenken der Grenzwerte für Blutalkoholkonzentration (BAK) für Velofahren	Überwachung & Ahndung	VF 2	200 (2, 60, 140) $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle pro Jahr von Velofahrenden mit mindestens einem Verletzten, wobei der Velofahrende durch Alkohol beeinträchtigt war.
Dynamische Rückmeldesysteme (Dialog-Display)	Information & Ausbildung	FG 1	60 (4, 20, 30) $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, wobei als Hauptursache im Unfallprotokoll ein Geschwindigkeitsvergehen ausgewiesen ist (inklusive von Touristen verursachte Unfälle).
		FG 2	10 (0, 0, 0) $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren, wobei als Hauptursache im Unfallprotokoll ein Geschwindigkeitsvergehen ausgewiesen ist (inklusive von Touristen verursachte Unfälle).
Spurwechselassistent (Totwinkel-Assistent)	Technisch	Lkw 1	40 (1, 3, 40) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Anzahl von Überhol-/Fahrstreifenwechselunfällen auf der Autobahn pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lkw-Lenkenden. Berücksichtigt werden nur Lkws aus der Schweiz.
Nachfahrrestriktionen für Neulenkende	Überwachung & Ahndung	PW 1	30 (0, 10, 20) $U_{(G+SV+LV)}$	0-10 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von jungen Neulenkenden (d. h. jünger als 24 und Fahrausweis <1 Jahr) in der Nacht (22 bis 4 Uhr), unter Beeinträchtigung von Rauschmitteln (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Spurhalteassistentensysteme (LKS)	Technisch	Lkw 1	10 (0, 1, 10) $U_{(G+SV+LV)}$	2-5 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl von Frontalkollisionen pro Jahr mit mindestens einem Verletzten durch Lkw-Lenkende, wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden. Berücksichtigt werden nur Lkws aus der Schweiz.

Die berechneten Wirksamkeiten sind als grobe Einschätzungen zu verstehen, die aus Vergleichsstudien auf die Schweiz übertragen wurden.

Es kann abgeleitet werden, dass

- die Massnahme *Autonome Notbremsassistentensysteme (AEBS)* in Personenwagen eine hohe Wirksamkeit aufweist. Gleichzeitig spricht diese Massnahme eine Vielzahl von Risikokonstellationen an, vor allem betreffend Kollisionen mit Personenwagen. Solche Systeme führen Gefahrenbremsungen ungeachtet (autonom) einer vorliegenden Reaktion des Fahrenden aus. Unter der Annahme, dass sich diese Systeme in den nächsten Jahren technisch noch weiterentwickeln, kann davon ausgegangen werden, dass sie sich in sämtlichen Personenwagen und Lastwagen etablieren könnten.
- die Massnahme *Hazard Perception Test (HPT)* (ein computergestützter Teil beispielsweise im Rahmen einer Fahrprüfung zur Gefahrenwahrnehmung) eine signifikante jährliche Reduktion von Unfällen herbeiführen könnte. Die Tatsache, dass diese Massnahme in die Ausbildung integriert werden kann, ermöglicht eine breite Anwendung. Zudem spricht HPT viele Risikokonstellationen an.

- die Massnahme *Permanent Running Lights*, also Halogen-Tagfahrlichter für das Velo, die auch tagsüber betrieben werden, mit 800 reduzierten Unfällen pro Jahr eine hohe Wirksamkeit erwarten lässt.
- die Massnahme *Assistenzsystem Intelligent Speed Adaption (ISA)* eine hohe Reduktion von Unfällen pro Jahr verspricht. Dabei handelt es sich um ein informatives, unterstützendes und eingreifendes System, welches die Geschwindigkeit automatisch limitiert, wenn die Geschwindigkeitsbegrenzung überschritten wird.

Darüber hinaus sind Reduktionspotenziale in den folgenden Massnahmen zu sehen: Die *Fahrzeugbeschlagnehmung bei Wiederholungstätern (Fahren unter Einfluss von Drogen und Alkohol)* und *Nachfahrrestriktionen für Neulenkende* aus dem Massnahmenbereich Überwachung und Ahndung betreffen jeweils nur eine Risikokonstellation, zeigen jedoch verhältnismässig eine hohe Wirksamkeit. *Spurhalteassistsenzsysteme (Lane Keeping Support)* für Lastwagen versprechen in Anbetracht der jährlich auftretenden Unfälle ebenso eine bedeutende Wirksamkeit.

Für alle weiteren empfohlenen Massnahmen ist eine Schätzung der Reduktion von Unfallsituationen pro Jahr auf der Grundlage von Sekundärstudien wissenschaftlich nicht zuverlässig durchführbar. Nichtsdestotrotz geben die betroffenen Unfallzahlen pro Jahr Auskunft, bei welcher Unfallsituation eine Ansprache mit Massnahmen empfehlenswert ist.

Ein limitierender Aspekt dieser Studie ist, dass die Massnahmenbewertung nur auf sekundären Quellen beruht. Es besteht deshalb Forschungsbedarf, die genauen und noch fehlenden Wirksamkeiten der Massnahmen in weiterführenden und ausführlicheren Vertiefungsstudien zu evaluieren.

Résumé

De nouvelles mesures innovantes pour améliorer la sécurité routière sont dérivées de la deuxième phase du programme de recherche VeSPA (améliorations de la sécurité routière issues des connaissances acquises de la centralisation des données et d'analyses structurées des données) et leur potentiel de réduction des accidents a été évalué pour la Suisse.

Les connaissances issues d'une analyse statistique des cas d'accidents frappants sont la base de la conception des mesures. À cet effet, les données concernant les accidents du registre des accidents de la circulation routière suisse (VU) sont liées avec d'autres informations pertinentes, telles que les mesures administratives (ADMAS) et les données des véhicule (MOFIS).

La base de données nouvellement créée de VeSPA permet une analyse complète des cas d'accidents au niveau international. Car tous les accidents de la route en Suisse entre 2009 et 2014 sont enregistrés en détail, ainsi que diverses informations supplémentaires. La liaison des données avec ADMAS et MOFIS est possible pour les accidents depuis 2011. La liaison a déjà eu lieu dans la première phase du programme de recherche, ce faisant, la cohérence des données a été vérifiée. L'évaluation a été réalisée dans la première phase, cependant le contenu était encore enregistré séparément par sphères d'influence du facteur humain et de la société, de la situation et de l'infrastructure, des caractéristiques du véhicule et des conditions climatiques. Dans la deuxième phase, une analyse commune et intégrée de tous les domaines d'influence de la première phase a été réalisée.

La deuxième phase est divisée en deux sous-projets TP1-M et TP2-M. Les deux sous-projets diffèrent dans leur approche : d'une part, une approche microscopique (TP1-M) et d'autre part une approche macroscopique de la recherche sur la sécurité routière (TP2-M) ont été adoptées. Les sous-projets sont complémentaires, ainsi les résultats d'un sous-projet peuvent être examinés par l'autre sous-projet et utilisés pour des explications supplémentaires.

Dans ce rapport, l'approche microscopique du sous-projet TP1-M est documentée. L'analyse est effectuée au niveau des accidents individuels qui ont été enregistrés par la police. Les extrapolations de nombres occultes ne sont pas appliquées. Pour la préparation et la formulation de mesures appropriées, les usagers de la route sont prioritaires.

Les objectifs fondamentaux de ce travail sont :

- Identification de cas d'accidents pertinents selon les mesures (facteur humain, infrastructure, conditions météorologiques, véhicule) dans le contexte de la centralisation des données et des analyses structurées des données. Dans le présent rapport, les anomalies sont désignées comme des *constellations de risques* (RK).
- Développement de mesures pour les constellations de risque
- Estimation de l'efficacité des mesures fondée sur une analyse de la littérature scientifique
- Recommandation de mesures

L'une des difficultés de l'analyse est que, pour les cas d'accidents observés, il n'existe pas de données d'exposition. Par conséquent, on ne peut pas directement déterminer si les accumulations de constellations spécifiques sont vraiment dues au contexte ou si elles se produisent "seulement" parce que les situations correspondantes sont les plus fréquentes.

C'est pourquoi, l'approche pour identifier les constellations de risque pertinentes est basée sur le modèle de l'indépendance. Ce faisant, on suppose que la fréquence attendue des accidents dans une constellation est proportionnelle à la fréquence des facteurs d'influence correspondants (loi de probabilité marginale). S'il existe de grandes diffé-

rences positives entre le nombre d'accidents observé et prévu, cela indique que cette constellation est une constellation de risque.

En conséquence, on cherche des constellations qui se produisent plus fréquemment que prévu. Elles ne doivent pas nécessairement coïncider avec les constellations les plus nombreuses et les plus fréquentes. Sur le plan technique, des modèles de régression log-linéaires sont utilisés. Par la suite, des constellations de risque similaires sont combinées grâce au partitionnement des données pour former de plus grandes constellations de risque. Dans le cadre de cette recherche, l'accent est mis sur les usagers de la route suivants :

- Automobilistes (PW)
- Piétons (FG)
- Cyclistes (VF)
- Conducteurs de camion (Lkw)
- Motards (MR)
- Conducteurs / conductrices des transports publics (PT)

Dans le tableau suivant Z-1, 14 constellations de risque ont été ainsi identifiées y compris la description du cas de l'accident décrit sur la base de son caractère frappant et de l'importance quantitative des mesures particulièrement pertinentes.

Tableau Z-1 Constellations de risque (RK)

Usagers de la route	Description de la RK
PW 1	Accidents dus à la perte de la maîtrise du véhicule / accidents dus à des dérapages par les jeunes conducteurs masculin, généralement la nuit, souvent le week-end, sur les routes humides ou sèches au cours desquels le conducteur était sous l'influence de substances toxiques (alcool, drogues, médicaments).
PW 2	Accidents en tournant à droite causés par une erreur du conducteur, fréquemment sur une route humide ou mouillée et en cas de visibilité réduite ou mauvaise, en partie pendant les heures de pointe. Cette constellation est généralement frappante et ce, quel que soit le sexe, l'âge ou le statut de migration.
PW 3	Les conducteurs âgés provoquent des accidents avec des piétons, en partie sur route mouillée ou humide et / ou en cas de visibilité limitée ou mauvaise.
PW 4	Les types de véhicules de la constellation de risque la plus remarquable sont les véhicules de petite taille et surtout ceux de taille moyenne. Ces types de véhicules sont également ceux qui sont impliqués le plus fréquemment. Pour les véhicules plus particuliers, tels que les vans ou les SUV, il s'avère que dans les constellations de risque une femme était souvent assise au volant. Les conductrices correspondantes sont âgées de 25 à 79 ans. Les accidents impliquant les SUV et les vans se produisent dans les cas de collision par l'arrière et en tournant à droite. Les jeunes conducteurs (18-24 ans) sont toujours concernés dans les constellations avec des véhicules anciens (véhicules petits ou moyens) (antérieurs à 2004). Il en va de même pour les conducteurs de plus de 80 ans. Dans le cas des constellations de risque avec de nouveaux véhicules, les conducteurs sont généralement âgés de 25 à 64 ans.
PW 5	Il s'agit d'une analyse distincte des conducteurs en incluant le registre des mesures administratives (ADMAS). Les automobilistes enregistrés dans ADMAS (avant l'accident) présentent les caractéristiques suivantes : - Les collisions par l'arrière dans les zones urbaines et sur les autoroutes se produisent fréquemment pendant les heures de pointe. Dans les constellations frappantes, les conducteurs se déplacent généralement avec des véhicules anciens de classe moyenne, les véhicules sont également en partie nouveaux. - Accidents causés par la perte de la maîtrise; presque toujours sous l'influence de substances toxiques. - Général : accidents en tournant à droite en agglomération.
FG 1	Accidents de piétons enfants (0 à 13 ans) sur des sections droites avec et sans passages pour piétons, souvent pendant les heures de pointe, en partie avec une visibilité réduite ou mauvaise.
FG 2	Accidents de piétons âgés (65+) sur les places ou sur les passages pour piétons, souvent des femmes.
VF 1	Accidents en tournant à droite (éventuellement en tournant à gauche) en agglomération, conflit avec les voitures. Ils sont particulièrement frappants sur route mouillée ou humide pendant les heures de pointe. Les cyclistes concernés appartenaient à toutes les catégories d'âge.
VF 2	Accidents dus à la perte de la maîtrise, le plus souvent des cyclistes masculins sous l'influence de substances toxiques (alcool, drogues, médicaments) pendant la nuit, souvent le week-end. Ce faisant, les cyclistes sont âgés de 18 à 64 ans.

VF3	En ce qui concerne les e-bikes, il existe peu d'anomalies du fait de la faible quantité de données. Dans ce cas, les accidents en tournant à droite dans les zones urbaines (conflit avec les véhicules) et les accidents dus à la perte de maîtrise en cas de visibilité réduite sont également peu frappants. Dans les constellations de risque et dans les accidents en général les conducteurs sont un peu plus âgés (45 à 64 ans).
Lkw 1	Accidents de dépassement (changement de voie) sur l'autoroute en partie aux heures de pointe de conducteurs de camion suisses et étrangers causés par une conduite inadaptée.
MR 1	Accidents dus à des dérapages / perte de la maîtrise hors agglomération souvent le week-end. Motards de toutes les catégories d'âge, principalement masculins.
MR 2	Accidents en tournant à droite en agglomération, souvent pendant les heures de pointe sur rue humide / mouillée ou pendant le week-end. Le véhicule impliqué est une voiture particulière.
ÖV 1	Accidents avec les trams (un peu moins frappants avec les bus) et des piétons sur des sections droites.

Sur la base des 14 constellations de risque identifiées grâce à la centralisation, des mesures de sécurité routière ont été formulées.

L'élaboration et l'évaluation des mesures constituent la partie principale du rapport. Pour l'élaboration des mesures, le modèle explicatif d'accident de Fuller a été utilisé comme base, qui rend l'origine de l'accident compréhensible de manière heuristique et qui relie les constellations de risque avec des suppositions et des hypothèses. Lors de la formulation des mesures, l'accent était mis sur des approches nouvelles et novatrices, qui ne sont pas encore mises en œuvre ou prévues en Suisse. Les mesures peuvent ainsi être réparties dans les quatre domaines d'influence suivants : mesures techniques (*engineering*), information et formation (*education*), contrôle et sanction (*enforcement*) et mesures économiques (*economy*).

Plus de 50 mesures ont été étudiées. Pour les mesures les plus prometteuses, les potentiels ont été déterminés sous la forme de la fréquence absolue des accidents avec des dommages corporels par an et par RK (mort (G), gravement blessé (SV), blessé léger (LV)), abrégé avec $U_{(G+SV+LV)}$. Dans la mesure où des études scientifiques transférables à la Suisse existaient, l'efficacité en termes du nombre a été estimée avec les accidents théoriquement réductibles en fonction des mesures.

En premier lieu, des mesures pour l'identification des constellations de risque sont développées. Cependant, la mesure peut également affecter d'autres cas d'accidents ou des cas d'accidents plus spécifiques qui sont similaires à la constellation de risque identifiée. Ainsi, le cas d'accidents ciblé par la mesure peut différer de la constellation de risque identifiée statistiquement dès le départ (cf. tableau Z-2).

Le tableau Z-2 présente les 15 mesures les plus prometteuses qui ont été identifiées sur la base d'études comparatives. Le tableau est trié en ordre décroissant du nombre de cas d'accidents par an. Pour neuf RK, l'efficacité potentielle des mesures pour la Suisse a été démontrée de manière scientifiquement acceptable. Ainsi, le potentiel absolu annuel de réduction des accidents, lors d'une introduction nationale en Suisse, peut être quantifié comme fondé.

Tableau Z-2 Les 15 mesures les plus prometteuses

Mesure	Catégorie	RK concernée	Potentiel: nombre des cas d'acci- dents ² par an ($U_{(G+SV+LV)}$)	Efficacité: nombre réduit de cas d'acci- dents par an ($U_{(G+SV+LV)}$)	Description du cas d'accidents concerné par la mesure (peut différer de la RK statistiquement identi- fiée)
Système anti-collision autonome (AEBS)	Technique	PW 2	1690 (7, 280, 1410) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positif mis pas encore quantifié scientifiquement</i>	Nombre d'accidents en tournant à droite par an avec au moins un blessé, dans lesquels le conducteur a été identifié comme étant la cause principale (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
		PW 3	250 (5, 70, 180) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Nombre d'accidents avec des piétons par an avec au moins un blessé causés par des conducteurs de plus de 65 ans (sans les touristes et conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
		PW 4	1420 (3, 100, 1320) $U_{(G+SV+LV)}$	540 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre de collisions par l'arrière par an avec au moins un blessé dans lesquels des vans et des SUV sont impliqués (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
		FG 1	1200 (29, 350, 830) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents de piétons enfants (0 à 13 ans) sur des sections droites avec et sans passages pour piétons, souvent pendant les heures de pointe, en partie avec une visibilité réduite ou mauvaise.
		FG 2	140 (3, 40, 100) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Nombre d'accidents par an avec au moins un piéton blessé, sur le passage pour piétons, causés par un conducteur de plus de 65 ans (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
		VF 1	1720 (109, 360, 1360) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents en tournant à droite (éventuellement en tournant à gauche) en agglomération, conflit avec les voitures. Ils sont particulièrement frappants sur route mouillée ou humide pendant les heures de pointe. Les cyclistes concernés appartenaient à toutes les catégories d'âge.
		MR 2	510 (6, 120, 3) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents en tournant à droite en agglomération, souvent pendant les heures de pointe sur rue humide / mouillée ou pendant le week-end. Le véhicule impliqué est une voiture particulière.
Hazard Perception Test (HPT)	Information & formation	PW 1	540 (9, 90, 440) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents dus à la perte de la maîtrise du véhicule / accidents dus à des dérapages par les jeunes conducteurs masculin, généralement la nuit, souvent le week-end, sur les routes humides ou sèches au cours desquels le conducteur était sous l'influence de substances toxiques (alcool, drogues, médicaments).
		PW 2	200 (1, 30, 170) $U_{(G+SV+LV)}$	30-40 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents en tournant à droite par an avec au moins un blessé, causés par de jeunes conducteurs (permis de conduire <3 ans) et qui a été identifié comme étant la cause principale (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).

² Toutes les valeurs sont arrondies au dixième, sauf pour les personnes tuées, dont le nombre est entier en raison des faibles quantités.

		FG 1/2	110 (3, 30, 70) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents de piétons enfants (0 à 13 ans) sur des sections droites avec et sans passages pour piétons, souvent pendant les heures de pointe, en partie avec une visibilité réduite ou mauvaise.
		MR1/2	750 (12, 230, 510) $U_{(G+SV+LV)}$	20 – 60 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents par an avec au moins un blessé dans la vision altérée ou faible. Le véhicule de conflit est un passager . (Sans touristes et directeurs avec le statut migratoire inconnu).
Permanent Running Lights pour les cyclistes	Technique	VF 1	1690 (19, 370, 1300) $U_{(G+SV+LV)}$	800 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents avec au moins un cycliste blessé par an, pendant la journée, conflit avec au moins un autre usager de la route plus grand (camion, bus, voiture, moto ou véhicule agricole).
Intelligent Speed Adaptation (ISA)	Technique	PW 1	700 (12, 120, 570) $U_{(G+SV+LV)}$	200 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents dues à la perte de la maîtrise par an avec au moins un blessé, causés par un jeune conducteur de voiture particulière âgé entre 18 et 24 ans (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
Configuration des phares avant améliorée	Technique	MR 2	580 (7, 150, 430) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positif mis pas encore quantifié scientifiquement</i>	Nombre d'accidents par an avec au moins un blessé avec une visibilité réduite ou mauvaise, dans lesquels un autre véhicule (moto ou plus grand) est impliqué. Sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu.
Systèmes de stabilisation des véhicules, en particulier ABS	Technique	MR 1	480 (17, 200, 270) $U_{(G+SV+LV)}$	1-3 $U_{(G)}$	Nombre d'accidents dus à des dérapages / perte de la maîtrise par an avec au moins un blessé, hors agglomération ou sur l'autoroute (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
		MR 2	140 (1, 30, 110) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents en tournant à droite en agglomération, souvent pendant les heures de pointe sur rue humide / mouillée ou pendant le week-end. Le véhicule impliqué est une voiture particulière.
Confiscation du véhicule	Contrôle & sanction	PW 5	370 (7, 70, 300) $U_{(G+SV+LV)}$	90-110 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents par an avec au moins un blessé, causés par un conducteur sous influence de substances toxiques (alcool ou drogue), dans lesquels une mesure ADMAS a été imposée au conducteur auparavant, à la suite d'une infraction concernant les stupéfiants (conduite ou toxicomanie).
Combinaison d'information, de thérapie et de conditions de probation	Information & formation + contrôle & sanction	PW 5	370 (7, 70, 300) $U_{(G+SV+LV)}$	30 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents par an avec au moins un blessé, causés par un conducteur sous influence de substances toxiques (alcool ou drogue), dans lesquels une mesure ADMAS a été imposée au conducteur auparavant, à la suite d'une infraction concernant les stupéfiants (conduite ou toxicomanie).
Test de conduite (obligatoire) à partir de 70 ans	Information & formation	PW 2	250 (3, 40, 200) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positif mis pas encore quantifié scientifiquement</i>	Nombre d'accidents en tournant à droite par an avec au moins un blessé, causés par un conducteur de plus de 70 ans, identifiés comme étant la cause principale (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
		PW 3	170 (4, 50, 110) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Les conducteurs âgés provoquent des accidents avec des piétons, en partie sur route mouillée ou humide et / ou en cas de visibilité limitée ou mauvaise.
		MR 2	20 (0, 10, 20) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents en tournant à droite en agglomération, souvent pendant les heures de pointe sur rue humide / mouillée ou pendant le week-end. Le véhicule impliqué est une voiture particulière.

Système d'assistance de freinage dynamique (BDA) pour les E-Bikes	Technique	VF3	190 (3, 60, 130) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positif mis pas encore quantifié scientifiquement</i>	Nombre d'accidents de vélos électriques par an avec au moins un blessé, conflit avec au moins un autre usager de la route plus grand (camion, bus, voiture, moto ou véhicule agricole) : 120 (2, 30, 80) Nombre d'accidents dus à des dérapages / perte de la maîtrise sans implication d'autres véhicules par les vélos électriques par an avec au moins un blessé : 80 (1, 30, 40)
Réduire, définir et communiquer les limites BAK	Contrôle & sanction	VF 2	200 (2, 60, 140) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positif mis pas encore quantifié scientifiquement</i>	Nombre d'accidents de cyclistes par an avec au moins un blessé, dont le conducteur était sous l'influence d'alcool.
Systèmes de rétroaction dynamique (affichage interactif)	Information & formation	FG 1	60 (4, 20, 30) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positif mis pas encore quantifié scientifiquement</i>	Nombre d'accidents par an avec au moins un piéton blessé, dans lesquels la cause principale, selon le rapport d'accident, était un excès de vitesse prouvé (y compris les accidents causés par les touristes).
		FG 2	10 (0, 0, 0) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Aucune étude comparative de l'efficacité disponible.</i>	Accidents de piétons âgés (65+) sur les places ou sur les passages pour piétons, souvent des femmes.
Assistant de changement de voie (assistant d'angle mort)	Technique	Lkw 1	40 (1, 3, 40) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Nombre d'accidents de dépassement / changement de voie causés par des camions sur l'autoroute par an avec au moins un blessé. Seuls les camions suisses sont pris en compte.
Restrictions de conduite de nuit pour les jeunes conducteurs	Contrôle & sanction	PW 1	30 (0, 10, 20) $U_{(G+SV+LV)}$	0-10 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre d'accidents par an avec au moins un blessé, causés par de jeunes conducteurs (c'est-à-dire âgés de moins de 24 ans et permis de conduire <1an), la nuit (22 h à 4 h, sous l'influence de substances toxiques (sans les touristes et les conducteurs dont le statut migratoire est inconnu).
Systèmes d'assistance de maintien de voie (LKS)	Technique	Lkw 1	10 (0, 1, 10) $U_{(G+SV+LV)}$	2-5 $U_{(G+SV+LV)}$	Nombre de collisions frontales par an avec au moins un blessé, causés par des conducteurs de camion qui ont été identifiés comme étant la cause principale. Seuls les camions suisses sont pris en compte.

Les efficacités calculées doivent être comprises comme des estimations approximatives qui ont été transférées à partir d'études comparatives en Suisse. On peut en déduire que

- la mesure du système d'assistance de freinage d'urgence autonome (AEBS) dans les voitures particulières est très efficace. En même temps, cette mesure touche de nombreuses constellations de risque, en particulier en ce qui concerne les collisions avec les voitures particulières. Ces systèmes déclenchent un freinage d'urgence quelle que soit la réaction spontanée du conducteur. En supposant que le développement technique de tels systèmes s'améliore dans les prochaines années, on peut supposer que ces systèmes pourraient être mis en place dans toutes les voitures et les camions.
- la mesure *Permanent Running Lights*, des lampes halogènes pour les vélos, qui sont également utilisées au cours de la journée, avec une réduction de 800 accidents annuels promet une haute efficacité.
- la mesure d'assistance *Intelligent Speed Adaption* (ISA) promet une forte réduction des accidents par an. Il s'agit d'un système d'information, d'assistance et d'intervention qui limite automatiquement la vitesse lorsque la limite de vitesse est dépassée.
- la mesure *Hazard Perception Test* (HPT) pourrait entraîner une réduction annuelle importante des accidents. Le fait que cette mesure puisse être intégrée dans la formation permet une application à grande échelle. En outre, HPT s'adresse à six constellations de risque.

En outre, les potentiels de réduction sont visibles sur les mesures suivantes : la *confiscation d'un véhicule pour les récidivistes (conduite sous influence de drogue et d'alcool)* et la *restriction de la conduite de nuit pour les jeunes conducteurs* du domaine de mesures contrôle et sanction concernent une constellation de risque respective, mais elles montrent cependant une efficacité proportionnellement élevée. *Les systèmes d'assistance au maintien de la voie (Lane Keeping Support)* pour les camions promettent une efficacité significative compte tenu des accidents qui se produisent chaque année.

Pour toutes les autres mesures préconisées, une estimation de la réduction des cas d'accidents par an sur la base d'études secondaires n'est pas faisable de manière scientifiquement fiable. Néanmoins, le nombre d'accidents concernés par an informe dans quel cas d'accidents l'intervention des mesures est récompensée de succès.

Un aspect limitatif de cette étude est que l'évaluation des mesures est uniquement basée sur des sources secondaires. Par conséquent, une recherche est nécessaire afin d'évaluer l'efficacité exacte et celle qui manque des mesures dans des études d'approfondissement secondaires et plus détaillées.

Summary

The second phase of the VeSPA research packet (improvements to road safety as a result of the findings of data pooling and structured data analysis) will develop new, innovative measures to improve road safety within Switzerland and will estimate the potential of these measures for reducing accidents.

The development of the measures is based on the findings of a statistical analysis of prominent accident situations. To this end, data on accidents in Switzerland was taken from the Register of Road Traffic Accidents (VU) and combined with further relevant information such as administrative sanctions (ADMAS) and vehicle data (MOFIS).

The newly created VeSPA data basis enables the accident situation to be analysed in detail, and compared to international figures. This is because all Swiss road traffic accidents registered between 2009 and 2014 are listed in detail, with various pieces of additional information. Accidents from 2011 onwards can be linked to ADMAS and MOFIS data. These links were formed in the first phase of the research packet, which also saw data consistency be tested. The evaluation was carried out during the first phase; however, its content remained divided into the following sections: influences of people and society, location and infrastructure, vehicle characteristics and weather. In the second phase, a joint and integrated analysis was performed, drawing on all the spheres of influence listed in the first phase.

The second phase is divided into two sub-projects: TP1-M and TP2-M. The two sub-projects differ in their approach: One takes a microscopic approach to road safety research (TP1-M); the other takes a macroscopic approach (TP2-M). Both sub-projects are complementary, meaning that findings from one sub-project are tested against the other sub-project and can be integrated to provide additional information.

The present report documents the microscopic approach of the TP1-M sub-project. The analysis was carried out at the level of individual accidents, recorded by the police. The figures will not be extrapolated to include estimated figures of unreported cases. Road users are at the forefront in terms of developing and formulating suitable measures.

The basic objectives of this work are:

- The identification of accident situations relevant to the measures (people, infrastructure, weather, vehicles) with regard to the background provided by the data pooling and the structured data analyses. In this report, prominent clusters will be referred to as risk constellations (RK).
- Development of measures for risk constellations
- Estimating the effectiveness of measures based on an analysis of the scientific literature
- Recommendations of measures

One of the difficulties in the analysis lies in the fact that there is no exposure data for the accident situations studied. This means that it cannot be directly determined whether clusters of specific constellations are really contextual, or "only" arise because the situations in question occur particularly often.

The approach to identifying the relevant risk constellations is therefore based on the independence model. Under this model, it is assumed that the expected frequency of accidents in a constellation is proportional to the frequency of the influence factors in question (marginal distribution). If there are large positive deviations between the actual and expected accident figures, this implies that the constellation in question is a risk constellation.

Accordingly, the constellations of interest are those that occur much more frequently than expected. These constellations are not necessarily the same as those that occur the most frequently. On a technical front, log-linear regression models are used to do this. Subse-

quently, cluster analysis is used to combine similar risk constellations to form larger risk constellations. Within this piece of research, the focus is on the following groups of road users:

- Drivers of passenger vehicles (PW)
- Pedestrians (FG)
- Cyclists (VF)
- Truck drivers (Lkw)
- Drivers of motorcycles (MR)
- Bus drivers (ÖV)

The 14 risk constellations, and descriptions of accident situations, detailed in the following table, Z-1, were identified as being particularly relevant to the measures as a result of their prominence and quantitative significance.

Tab. Z-1 Risk constellations (RK)

Road users	Description of RK
PW 1	Single-vehicle accidents or accidents due to the vehicle skidding caused by young, male drivers, mostly at night, often at the weekend, on wet or dry roads when the driver is under the influence of intoxicating substances (alcohol, drugs, medicines).
PW 2	Accidents when turning, caused by driver error, often on damp or wet roads and when visibility is poor or impaired, occasionally during rush hour. This constellation is generally prominent, i.e. independent of gender, age or migration status.
PW 3	Elderly drivers causing accidents involving pedestrians, sometimes on wet or damp roads and/or with limited or poor visibility.
PW 4	The vehicle types in the most prominent risk constellations are small and, in particular, medium-sized vehicles. These vehicle types are also more common in general. In terms of more specialist vehicles, it appears that, with risk constellations including vans, there is always a woman at the wheel, and that this is often the case with SUVs. The female drivers in question are between the ages of 25 and 79. SUVs and vans crop up in rear-impact collisions and in accidents when turning. In the constellations with young drivers (18-24 years old), they are always to be found driving older vehicles (small or medium sized vehicles, dated prior to 2004). The same is true for drivers over the age of 80. In terms of risk constellations with new vehicles, drivers are generally aged between 25 and 64.
PW 5	This is a separate analysis of the drivers, taking into account the Register of Administrative Sanctions (ADMAS). Drivers of passenger vehicles whose names were entered into ADMAS (prior to the accident) display the following characteristics: - Rear-end collisions in an urban environment and on motorways, often occurring at peak traffic times. In the most prominent constellations, the drivers are generally driving old medium-sized vehicles, but occasionally new cars are also involved. - Single-vehicle accidents; almost always under the influence of intoxicating substances. - General: accidents when turning, within an urban environment.
FG 1	Accidents involving child pedestrians (0 to 13 years old) on straight roads with and without pedestrian crossings, often during peak traffic times, occasionally also with impaired or poor visibility.
FG 2	Accidents involving elderly pedestrians (65+) on plazas or on pedestrian crossings, often women.
VF 1	Accidents when turning (including turning off roads) in an urban environment, collisions with passenger vehicles. These are particularly prominent on wet or damp roads during rush hour. The cyclists involved are of all age groups.
VF 2	Single-vehicle accidents predominantly involving male cyclists under the influence of intoxicating substances (alcohol, drugs, medications), at night, often at the weekend. The cyclists involved are between 18 and 64 years old.
VF 3	There are only a few prominent cases involving e-bikes as a result of the small amount of data. Accidents when turning in an urban environment (collision with passenger vehicles) and single-vehicle accidents with limited visibility display slight prominence. In the risk constellations, and in the accidents in general, the prominent cyclists are somewhat older (45-65 years old).
Lkw 1	Accidents when overtaking (changing lanes) on the motorway, occasionally during rush hour, caused by truck drivers from Switzerland and abroad as a result of an unsuitable driving style.
MR 1	Single-vehicle accidents/accidents caused due to skidding, in non-urban environments, frequently at the weekend. Motorcycle drivers of all ages, predominantly male
MR 2	Accidents when turning in an urban environment, often during rush hour, on wet/damp roads or at the weekend The vehicle involved in the collision is a passenger vehicle.
ÖV 1	Accidents involving trams (public buses somewhat less prominent) and pedestrians on straight roads.

Road safety measures were formulated on the basis of the 14 risk constellations identified by data pooling.

The development of these measures and their evaluation constitutes the main section of the report. Fuller's explanatory model for accidents was used as a basis for the development of the measures. The model makes the origin of accidents understandable from a heuristic perspective, and combines risk constellations with estimates and bridging hypotheses. In terms of formulating the measures, the focus was on new, innovative approaches that had not yet been introduced or planned in Switzerland. These measures can be divided into the following four areas of influence: technical measures (engineering), information and training (education), policing and penalties (enforcement) and economic measures (economy).

In total, more than 50 measures were studied. The potential of the most promising measures was calculated by looking at the absolute frequency of accidents involving bodily injury per year, for each RC (dead (G), seriously injured (SV), slightly injured (LV)), abbreviated to $U(G+SV+LV)$). To the extent that there are scientific studies that can be applied to Switzerland, the effectiveness of the measures was estimated by determining the number of accidents that could theoretically be reduced.

First and foremost, measures were developed for the risk constellations that had been identified. However, each measure can also have an impact on other or more specific situations related to the risk constellation that was identified. As a result, the accident situations targeted by the measure can differ from the risk constellations statistically identified at the outset (see Tab Z-2).

Table Z-2 presents the 15 most promising measures that were identified on the basis of comparative studies. The table is arranged in descending order by the number of accident situations per year. The potential effectiveness of the measures for Switzerland was able to be assessed in a scientifically rigorous manner for nine RKs. The absolute reduction in the annual number of accidents resulting from a nationwide launch across Switzerland can be quantified in a substantiated fashion.

Tab. Z-2 The 15 most promising measures

Measure	Category	RK targeted	Potential: Number of accident situations ³ per year ($U_{(G+SV+LV)}$)	Efficacy: Reduced number of accident situations per year ($U_{(G+SV+LV)}$ or $U_{(G)}$)	Description of the accident situation targeted by the measure (May differ from the statistically identified RK)
Autonomous Emergency Braking Assistance (AEBS)	Technical	PW 2	1690 (7, 280, 1410) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positive, but not yet scientifically quantified</i>	Number of accidents when turning, per year, resulting in at least one person being injured, in which the driver was identified as the primary cause of the accident (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
		PW 3	250 (5, 70, 180) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Number of pedestrian accidents, per year, involving at least one person being injured, caused by drivers over the age of 65 (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
		PW 4	1420 (3, 100, 1320) $U_{(G+SV+LV)}$	540 $U_{(G+SV+LV)}$	Number of rear-end collisions, per year, resulting in at least one person being injured, in which vans and SUVs are involved (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
		FG 1	1200 (29, 350, 830) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Accidents involving child pedestrians (0 to 13 years old) on straight roads with and without pedestrian crossings, often during peak traffic times, occasionally also with impaired or poor visibility.
		FG 2	140 (3, 40, 100) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Number of accidents, per year, resulting in at least one pedestrian being injured on a pedestrian crossing, caused by drivers aged over 65 (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
		VF 1	1720 (109,360,1360) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Accidents when turning (including turning off roads) in an urban environment, collisions with passenger vehicles. These are particularly prominent on wet or damp roads during rush hour. The cyclists involved are of all age groups.
		MR 2	510 (6, 120, 3) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Accidents when turning in an urban environment, often during rush hour, on wet/damp roads or at the weekend The vehicle involved in the collision is a passenger vehicle.
		Hazard Perception Test (HPT)	Information & Training	PW 1	540 (9, 90, 440) $U_{(G+SV+LV)}$
PW 2	200 (1, 30, 170) $U_{(G+SV+LV)}$			40 $U_{(G+SV+LV)}$	Number of accidents when turning, per year, resulting in at least one person being injured, caused by new drivers (driving licence < 3 years old), and the driver was identified as the main cause (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
FG 1/2	110 (3, 30, 70) $U_{(G+SV+LV)}$			<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Accidents involving child pedestrians (0 to 13 years old) on straight roads with and without pedestrian crossings, often during peak traffic times, occasionally also with impaired or poor visibility.

³ All values are rounded to the nearest 10, except for the numbers of deaths, which have been given as exact figures due to the low volumes.

			750 <small>(12, 230, 510) U_(G+SV+LV)</small>	20 – 60 U _(G+SV+LV)	Number of accidents, per year, resulting in at least one person being injured by a novice driver (licence <3 years), the motorcycle-driver has been identified as the main cause (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
Permanent Running Lights for cyclists	Technical	VF 1	1690 <small>(19, 370, 1300) U_(G+SV+LV)</small>	800 U _(G+SV+LV)	Number of accidents, per year, resulting in at least one person being injured by a cyclist, during the daytime, collision with at least one other, larger road user (truck, bus, passenger vehicle, motorcycle or agricultural vehicle).
Intelligent Speed Adaptation (ISA)	Technical	PW 1	700 <small>(12, 120, 570) U_(G+SV+LV)</small>	200 U _(G+SV+LV)	The number of single-vehicle accidents, per year, resulting in at least one person being injured, caused by young drivers of passenger vehicles aged between 18 and 24 (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
Improved headlight configuration	Technical	MR 2	580 <small>(7, 150, 430) U_(G+SV+LV)</small>	<i>positive, but not yet scientifically quantified</i>	Number of accidents per year resulting in at least one person being injured with impaired or poor visibility, involving one other vehicle (motorcycle or larger). Excluding tourists and drivers of unknown migration status.
Vehicle stabilizing systems, esp. ABS	Technical	MR 1	480 <small>(17, 200, 270) U_(G+SV+LV)</small>	1-3 U _(G)	Number of accidents due to the vehicle skidding, or single-vehicle accidents, per year, resulting in at least one person being injured, in non-urban environments or on the motorway (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
		MR 2	140 <small>(1, 30, 110) U_(G+SV+LV)</small>	<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Accidents when turning in an urban environment, often during rush hour, on wet/damp roads or at the weekend The vehicle involved in the collision is a passenger vehicle.
Vehicle configuration	Policing & Punishment	PW 5	370 <small>(7, 70, 300) U_(G+SV+LV)</small>	90-110 U _(G+SV+LV)	Number of accidents, per year, resulting in injury to at least one person, caused by drivers under the influence of intoxicating substances (alcohol or drugs) in which the driver had already been subject to an AD-MAS sanction due to an offence involving drugs.
Combination of information, therapy and probation	Information & Training + Policing & Punishment	PW 5	370 <small>(7, 70, 300) U_(G+SV+LV)</small>	30 U _(G+SV+LV)	Number of accidents, per year, resulting in injury to at least one person, caused by drivers under the influence of intoxicating substances (alcohol or drugs) in which the driver had already been subject to an AD-MAS sanction due to an offence involving drugs.
Re-registration driving tests (mandatory) from the age of 70	Information & Training	PW 2	250 <small>(3, 40, 200) U_(G+SV+LV)</small>	<i>positive, but not yet scientifically quantified</i>	Number of accidents when turning, per year, resulting in at least one person being injured, caused by a driver over the age of 70 and in which the driver was identified as the primary cause of the accident (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
		PW 3	170 <small>(4, 50, 110) U_(G+SV+LV)</small>	<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Elderly drivers causing accidents involving pedestrians, sometimes on wet or damp roads and/or with limited or poor visibility.
		MR 2	20 <small>(0, 10, 20) U_(G+SV+LV)</small>	<i>No comparative studies available for effectiveness.</i>	Accidents when turning in an urban environment, often during rush hour, on wet/damp roads or at the weekend The vehicle involved in the collision is a passenger vehicle.

Dynamic brake assistance system (BDA) for e-bikes	Technical	VF 3	190 (3, 60, 130) $U_{(G+SV+LV)}$	positive, but not yet scientifically quantified	Number of accidents involving e-bikes, per year, resulting in at least one person being injured, collision with at least one other, larger road user (truck, bus, passenger vehicle, motorcycle or agricultural vehicle): 120 (2, 30, 80). Number of accidents due to the e-bicycle skidding/accidents involving the e-bicycle alone, in which no other vehicles were involved, resulting in at least one person being injured: 80 (1, 30, 40)
Reduce, define and communicate BAK boundary values	Policing & Punishment	VF 2	200 140 $U_{(G+SV+LV)}$	(2, 60, positive, but not yet scientifically quantified	Number of accidents, per year, involving cyclists and resulting in at least one person being injured, in which the cyclist was under the influence of alcohol.
Dynamic feedback systems (interactive display)	Information & Training	FG 1	60 30 $U_{(G+SV+LV)}$	(4, 20, positive, but not yet scientifically quantified	Number of accidents, per year, resulting in at least one pedestrian being injured, of which the primary cause is recorded in the accident report as being a speeding offence (including accidents caused by tourists).
		FG 2	10 $U_{(G+SV+LV)}$	(0, 0, 0) No comparative studies available for effectiveness.	Accidents involving elderly pedestrians (65+) on plazas or on pedestrian crossings, often women.
Lane Change Assist (Blind Spot Assist)	Technical	Lkw 1	40 40 $U_{(G+SV+LV)}$	(1, 3, 1 $U_{(G)}$	Number of accidents during overtaking/changing lanes on the motorway, per year, resulting in at least one person being injured and involving truck drivers. This only takes into account trucks from Switzerland.
Night driving restrictions for new drivers	Policing & Punishment	PW 1	30 20 $U_{(G+SV+LV)}$	(0, 10, 0-10 $U_{(G+SV+LV)}$	Number of accidents, per year, resulting in at least one person being injured, caused by young new drivers (i.e., younger than 24 and having held a driving licence for < 1 year), at night (22:00 to 04:00), under the influence of intoxicating substances (excluding tourists and drivers of unknown migration status).
Lane departure warning systems (LKS)	Technical	Lkw 1	10 10 $U_{(G+SV+LV)}$	(0, 1, 2-5 $U_{(G+SV+LV)}$	Number of head-on collisions, per year, resulting in at least one person being injured, caused by truck drivers and in which the truck driver was identified as the primary cause. This only takes into account trucks from Switzerland.

The efficiency values calculated are to be viewed as rough estimates calculated by applying comparative studies to Switzerland. It can be deduced that

- Autonomous Emergency Brake Assistance Systems (AEBS) in passenger vehicles are highly effective. Simultaneously, this measure targets a number of risk constellations, particularly those involving passenger vehicles. Systems of this kind brake the car automatically in an emergency, regardless of whether the driver reacts. Assuming that these systems are developed even further on a technical level over the next few years, it can be presumed that they will be installed in all passenger vehicles and trucks.
- The *Permanent Running Lights* measure, or halogen lights for a bicycle that are operated all day long, are highly effective, reducing accidents by 800 a year.
- The measure involving the *Intelligent Speed Adaptation* (ISA) assistance system promises a large reduction in the number of accidents each year. This is a system that provides information, supports the driver and intervenes by automatically reducing speed when the speed limit is exceeded.
- The *Hazard Perception Test* (HPT) measure could bring about a significant reduction in the annual number of accidents. The fact that this measure can be integrated into training gives it a broad scope of application. In addition, HPT targets six risk constellations.

Moreover, the following measures also have the potential to reduce the number of accidents: *confiscating the vehicles of repeat offenders (driving under the influence of drugs and alcohol)* and *imposing night driving restrictions for new drivers* from the "policing and punishment" group of measures. Each only targets one risk constellation, but they are highly effective when viewed proportionally. *Lane keeping support systems* for trucks promise significant effectiveness, taking into account the number of accidents that occur annually.

For all further measures recommended, it is not possible to give a scientifically reliable estimate of the reduction in the number of accident situations per year on the basis of secondary studies. Nevertheless, the annual accident figures in question provide information as to which situations can be helped with measures-based approaches.

One limiting factor of this study is that the evaluation of the measures is only based on secondary sources. As a result, there is a need for research to evaluate the exact effectiveness of the steps, and to provide evaluations where there are currently none, as part of advanced and more detailed in-depth studies.

1 Problembeschreibung

1.1 Ausgangslage

Die Phase 1 des Forschungspakets VeSPA („Verkehrssicherheitsgewinne durch Datapooling und strukturierte Datenanalysen“) wurde im Jahr 2014 abgeschlossen. Die Forschungsberichte zu den fünf Teilprojekten sowie der Synthesebericht zur Phase 1 liegen vor. Die fünf Teilprojekte behandelten Unfälle aus der Sicht von Mensch/Gesellschaft (1), Situation und Infrastruktur (2), Fahrzeug (3), Wetter (4) und medizinische Folgen (5). Die erste Phase diente der Überprüfung der Datenkonsistenz und Verknüpfbarkeit der Daten aus den Jahren 2011 und 2012 sowie der empirischen Analyse von signifikanten Einflussfaktoren, getrennt nach den genannten fünf Bereichen.

Eine Gesamtsicht auf das komplexe Zusammenspiel der fünf Teilbereiche liefert neue Grundlagen für eine konkrete Massnahmenentwicklung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in der Schweiz. Aufgrund der Resultate aus den fünf Teilprojekten der Phase 1 wird der Fokus in der zweiten Phase des Forschungspakets stärker auf Massnahmen und deren Potenziale zur Verbesserung der Verkehrssicherheit gerichtet. Das Projekt ist in zwei Teilprojekte (TP) TP1-M und TP2-M unterteilt, die wie folgt strukturiert sind:

- **TP1-M** (vorliegender Schlussbericht) hat eine mikroskopische Analyse zum Gegenstand (disaggregierter Ansatz). Analysen erfolgen auf der Ebene der Einzelunfälle im Hinblick auf die Einflussbereiche aus Mensch und Gesellschaft, kombiniert mit Fahrzeugeigenschaften, Situation und Infrastruktur und Wetter. Bei der Formulierung von Massnahmen stehen die Verkehrsteilnehmenden im Vordergrund.
- Im **TP2-M** werden makroskopische Analysen (aggregierter Ansatz) durchgeführt, wobei die Einflussfaktoren der Infrastruktur im Zentrum stehen und mit Attributen zu Verkehrsteilnehmenden, Fahrzeugtechnik und Wetter ergänzt werden. Die Modellentwicklung erfolgt durch Analysenetze, welche Informationen aus Verkehrsmodellen und Infrastrukturdatenbanken kombinieren. Die Massnahmenformulierung fokussiert auf die Infrastruktur, bezogen auf Streckenabschnitte, Knoten und Netzbereiche.

Die Unterscheidung in zwei Teilprojekte lässt sich auf zwei grundsätzliche Hierarchien der Verkehrssicherheitsforschung zurückführen, die in Abbildung 1, zusammen mit einer Einordnung der VeSPA-Teilprojekte, dargestellt sind.

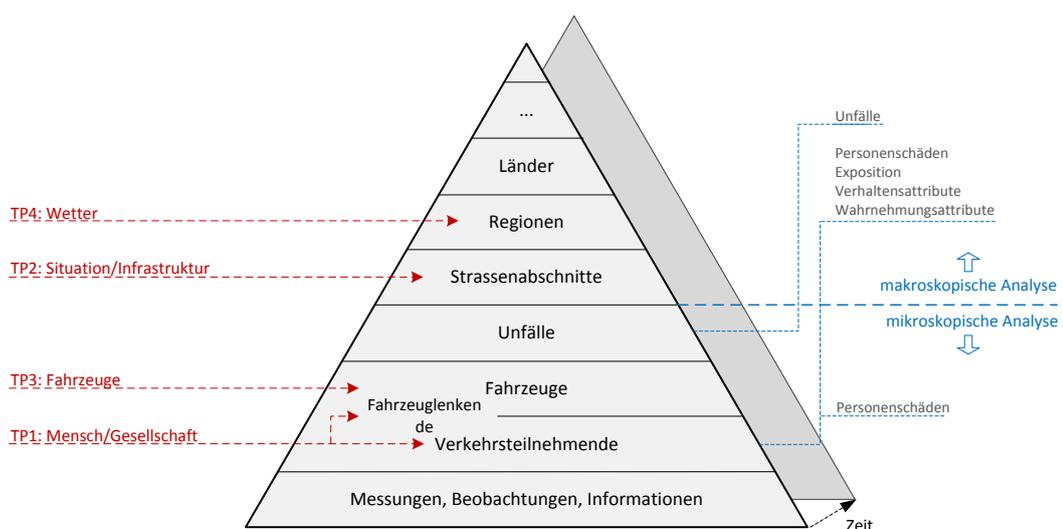


Abb. 1 Hierarchie von Daten und Methoden in Unfallmodellen (angepasste Darstellung auf Basis von Dupont et al. (2013) sowie Huang & Abdel-Aty (2010))

Die beiden Teilprojekte ergänzen sich, sodass Erkenntnisse aus dem einen Teilprojekt vom anderen Teilprojekt zum einen geprüft und zum anderen für zusätzliche Erklärungen herangezogen werden können.

1.2 Ziele der Forschungsarbeit

Grundlegendes Ziel dieser Arbeit ist die Identifikation von Unfallsituationen. Unfallsituationen beinhalten ein Zusammenspiel der involvierten Personengruppe mit den äusseren Gegebenheiten (Wetter, Infrastruktur, Verkehrssituation) und der Fahrzeugtechnik.

Bei den in Phase 1 vorgestellten Resultaten des Teilprojektes 1 wurden wichtige Einflussdimensionen, welche die Anforderungen an die Fahraufgabe massgeblich mitbestimmen, ausser Acht gelassen. Die Faktoren Fahrzeugeigenschaften, Situation und Infrastruktur und Wetter werden nun in Phase 2 in die Untersuchung integriert. Es wird untersucht, ob die wetter-, infrastruktur- und fahrzeugbedingten Einflussdimensionen sich in den verschiedenen Bevölkerungsgruppen unterschiedlich auf die Unfallsituation auswirken.

Die grundlegenden Ziele dieser Arbeit sind die folgenden:

- Identifikation von massnahmenrelevanten Unfallsituationen (Mensch, Infrastruktur, Wetter, Fahrzeug) vor dem Hintergrund des Datapoolings und aus den strukturierten Datenanalysen. Die Auffälligkeiten werden in diesem Bericht als *Risikokonstellationen* (RK) bezeichnet.
- Entwicklung von Massnahmen für die Risikokonstellationen
- Abschätzen der Massnahmenwirksamkeit auf der Grundlage einer wissenschaftlichen Literaturanalyse
- Empfehlung von Massnahmen.

Die neugeschaffene Datengrundlage aus VeSPA ermöglicht eine im internationalen Vergleich umfassende Untersuchung. Auf dieser Grundlage lassen sich Massnahmen für verschiedene Einflussbereiche, wie technische Massnahmen (*engineering*), Information und Ausbildung (*education*), Überwachung und Ahndung (*enforcement*) und ökonomische Massnahmen⁴ (*economy*) formulieren (für Beispiele siehe Kap. 3.5.1 bis Kap. 3.5.4).

Anhand der empirischen Analysen und der Sichtung der Literatur zur Massnahmenwirksamkeit lassen sich potenzielle und teilweise quantifizierte Wirkungen abschätzen und miteinander vergleichen. Die Analysen und begründeten Annahmen zur Massnahmenbewertung dienen somit als praktisch anwendbares Hilfsmittel bei der Entscheidungsfindung im Sicherheitsmanagement. So können Massnahmenbereiche hinsichtlich ihrer Effektivität abgeschätzt und gegebenenfalls priorisiert werden.

⁴ Als ein Beispiel für eine ökonomische Massnahme können finanzielle Anreize bei Alkoholkonsum aufgeführt werden, um Trunkenheitsfahrten zu vermeiden. So bieten Versicherungsanbieter (z. B. AXA Winterthur) für ihre Mitglieder bis zu drei Taxifahrten à 40 Franken im Jahr an, damit alkoholisierte oder übermüdete Partygänger animiert werden, ihr eigenes Auto stehen zu lassen, um sicher nach Hause zu gelangen.

2 Stand der Forschung und Forschungsbedarf

Der Stand der Forschung gründet auf den Erfahrungen aus Phase 1 des Forschungspakets VeSPA (Kap. 2.1) und dem allgemeinen Forschungsstand der Unfallverkehrsfor-schung aus der internationalen Literatur (Kap. 2.2). Darauf aufbauend erfolgt der For-schungsbedarf des hier bearbeiteten Projekts TP1-M (Kap. 2.3).

2.1 Stand der Forschung aus VeSPA, Phase 1

Bei der Ergebnisinterpretation der signifikanten Einflüsse in den fünf Teilbereichen wurde im Bericht der ersten Phase deutlich, dass die Einflussbereiche integriert zu betrachten sind. Dies kann an dieser Stelle mit den Teilbereichen Fahrzeug (3) und Wetter (4) ex-emplarisch verdeutlicht werden.

- Bisherige Ergebnisse aus Phase 1 von VeSPA zeigen, dass die Betrachtung fahr-zeugseitiger Prädiktoren, wie Personenwagen-Leistungstärke und Fahrzeugsegment, eine zum Teil nur geringe Erklärungskraft liefern beziehungsweise hypothesenkonträre Befunde aufweisen (**TP 3**, Frick et al., 2014). Unter Berücksichtigung der Erkennt-nisse aus **TP 1** (Ohnmacht et al., 2014) und bisheriger internationaler Studien (u. a. Keall & Newstead, 2013) können jedoch zwei Zusammenhänge angenommen wer-den. Zum einen ist es möglich, dass unter statistischer Kontrolle der Personeneigen-schaften die fahrzeugseitigen Einflussfaktoren statistisch gar keine Rolle mehr spie-len. Zum anderen ist möglich, dass Fahrzeugeigenschaften in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Lenkenden einen unterschiedlichen Einfluss auf das Unfallgesche-hen haben und daher Effekte ohne ausreichende Berücksichtigung der Fahrercharak-teristika in der bisherigen Phase unentdeckt blieben. So wird zum Beispiel der risiko-steigernde Effekt bestimmter Fahrzeugklassen möglicherweise unterschätzt, wenn dieser selektiv in bestimmten Fahrergruppen zu finden ist, die aufgrund anderer per-sonenseitiger Merkmale ein geringeres Unfallrisiko aufweisen.
- Mit Blick auf Umwelteinflüsse weisen die Befunde der Phase 1 (**TP 4**, Heuel et al., 2014) darauf hin, dass das Wetter das Unfallgeschehen vielfältig beeinflusst. So steigt die Unfallwahrscheinlichkeit signifikant bei steigenden Temperaturen, wobei ange-nommen werden kann, dass die höhere Anzahl an Fahrten generell hauptverantwort-lich für diesen Effekt ist. Bei Regen oder Schneefall besteht teilweise ebenfalls ein er-höhtes Unfallrisiko – insbesondere auf Überlandstrassen. Problematisch bei der Be-trachtung von Wettereinflüssen auf das Unfallgeschehen ist die Wechselwirkung zw-ischen Wetter und Umfang der Verkehrsteilnahme (sogenannte „Exposition“). Die bis-herigen Ergebnisse aus **TP 4** können diese beiden Effekte („erschwerter Fahraufgabe“ vs. „geringere Exposition“) nicht voneinander abgrenzen. So kann beispielsweise an-genommen werden, dass eine vermutlich rückläufige Exposition dem Regenrisiko ent-gegenwirkt.

2.2 Stand der Forschung aus der internationalen Literatur

Bei der Analyse von Unfallursachen werden im Strassenverkehr in der Forschung tradi-tionell die drei Teilsysteme Fahrer, Fahrzeug und Strasse sowie deren Interaktionen be-trachtet (vgl. Treat et al., 1979; Rumar, 1985; Hendricks et al., 1999). Unter anderen be-tonen Schlag & Heger (2004), dass wesentliche Verkehrssicherheitsprobleme in kriti-schen Wechselbeziehungen zwischen Lenkenden und Strasse einerseits und Lenkenden und Fahrzeug andererseits liegen.

Shinar (2007) gibt einen Überblick über quantifizierende Metastudien, die auf die Interak-tionen zwischen Fahrerverhalten und Verkehrsraumcharakteristika als ursächliche Fak-to-ren in etwa 24-27 % des Gesamtverkehrsunfallgeschehens hindeuten. Kritische Interak-tionen zwischen Fahrer und Fahrzeug werden mit einem Anteil von circa 4-6 % beziffert und ungünstige Wechselwirkungen zwischen den drei Teilsystemen liegen als ursächli-

che Faktoren bei etwa 1-3 % der betrachteten Verkehrsunfälle vor⁵. Ungeachtet der anerkannten Feststellung, dass der Faktor Mensch als alleinige Quelle den bedeutendsten Anteil (ca. 60 %) bei der Verursachung von Verkehrsunfällen hat, verweisen die Zahlen darauf, dass der Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen ein stärkeres Erklärungspotenzial innewohnt als einer isolierten Betrachtung der Effekte von Umweltfaktoren und Fahrzeugeigenschaften.

Trotz der aufgezeigten Bedeutung von Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen bleibt eine multikausale Betrachtung von Verkehrsunfällen in vielen Studien unberücksichtigt. So berichten Romano et al. (2012) erstmalig über den moderierenden Einfluss von Variablen der Verkehrsumgebung auf den Zusammenhang zwischen situativem Fahrerzustand (hier: Fahren unter Beeinträchtigung) und Unfallverwicklung.

In anderen Studien konnte gezeigt werden, dass situative, umgebungsbezogene Faktoren und personeninterne Faktoren in Abhängigkeit vom Alter beziehungsweise der Fahrerfahrung einen unterschiedlichen Einfluss auf das Fahrverhalten und damit auf das Unfallrisiko haben (Xu et al., 2014; Rudin-Brown et al., 2014). Interaktionseffekte zwischen Fahrzeugeigenschaften und Alter auf das Unfallrisiko sowie auf den Schweregrad von Unfallfolgen wurden von Keall & Newstead (2013) nachgewiesen: So moderierten unter anderem die Leistungseigenschaften der Fahrzeuge die Beziehung zwischen dem Alter der Lenkenden und dem Risiko für schwere Unfälle sowie zwischen Alter und Grad der Verletzungsschwere.

Die internationale Literatur zu den Massnahmenbewertungen wird im jeweiligen Teilkapitel vorgestellt (siehe Kap. 5).

2.3 Forschungsbedarf

Aus dem internationalen und schweizerischen Forschungsstand leitet sich der Forschungsbedarf ab, wonach grundlegend von einem engen, auf der Ebene der Einzelunfälle abgeleiteten Wirkungsgeflecht zwischen Fahrverhalten, Fahrzeugeigenschaften und Verkehrsraumcharakteristika auszugehen ist. Nur mit Hilfe einer gesamthaften Betrachtung können korrekte und somit zielführende Schlussfolgerungen gezogen werden, welche die Grundlage für eine empirisch fundierte Massnahmenformulierung bieten.

Vor diesem Hintergrund können nachfolgende Stossrichtungen des Forschungsbedarfs identifiziert werden:

1. Eine für Alter, Erfahrung und Geschlecht kontrollierte Betrachtung der bisherigen Ergebnisse aus den Teilprojekten Fahrzeug, Wetter und Infrastruktur aus VeSPA steht bisher aus. Der hier vorgestellte Forschungsbedarf ist für die Massnahmenentwicklung zwingend, um eine potenzielle Konfundierung von Fahrzeugeigenschaften und Eigenschaften der Lenkenden hinsichtlich der Unfallhäufigkeit, -schwere und -verursachung zu berücksichtigen.
2. Bisherige Untersuchungen beziehen sich vorrangig auf die Gruppe der PW-Lenkenden (Ohnmacht et al., 2014). Die Ergebnisse aus parallelen VeSPA-Teilprojekten (TP 3, Frick et al., 2014) verweisen auf bedeutsam erhöhte Unfallraten unter anderem für Elektrobikes und Motorräder. Im Sinne einer ganzheitlichen Bestimmung von Massnahmen zur Steigerung der Verkehrssicherheit werden die Untersuchungen auf die Verkehrsteilnehmergruppen (PW-, Lkw- und Motorradlenkende sowie Zufussgehende, Velofahrende und ÖV-Chauffeure/eusen) erweitert.

⁵ Mit Blick auf den Zeitpunkt der zugrundeliegenden Studien stellen diese Anteile (etwa durch die Entwicklung der Kraftfahrzeugtechnik im vergangenen Jahrzehnt etc.) möglicherweise noch eine Unterschätzung, bezogen auf den heutigen Status quo, dar.

3 Projektdesign, Daten, statistische Methoden und Massnahmendesign

3.1 Projektdesign

Die Identifikation und die Bewertung von Massnahmen, basierend auf Datapooling und strukturierten Datenanalysen, sind zentrale Ziele des Projektes.

Zur Erreichung dieser Ziele können grundsätzlich zwei Stossrichtungen des Forschungsprojekts unterschieden werden:

1. Im ersten Schritt geht es darum, aus der Phase 1, aus der Literatur und den verfügbaren Daten relevante Personen- beziehungsweise Objektkategorien (z. B. Fahrzeugtyp und Junglenker) zu identifizieren, die durch realisierbare Massnahmen beeinflussbar sind. Wird für eine Gruppe ein erhöhtes Risiko prognostiziert, können spezifische Massnahmen zur Risikoreduktion für diese Gruppe gesucht werden. In gleicher Weise können auch relevante Grössen (z. B. Nachtfahrten) identifiziert werden, welche durch geeignete Massnahmen direkt beeinflussbar sind. Die Identifizierung der Gruppen und Grössen erfolgt in diesem ersten Schritt (siehe Kap. 3.1.2).
2. Im zweiten Schritt geht es darum, für die identifizierten Gruppen und Grössen geeignete Massnahmen zu konstruieren und die voraussichtliche Wirkung dieser zu bewerten. Dazu wird auf Literaturdaten und Metaanalysen zurückgegriffen (siehe Kap. 3.1.3).

An dieser Stelle gilt es zudem zwei grundsätzliche Punkte hervorzuheben:

1. Im Rahmen dieser Arbeit werden die polizeilich erhobenen Einzelunfälle betrachtet. Es werden keine Hochrechnungen mit Dunkelziffern durchgeführt. Hierfür wird auf bfu (2016) verwiesen.
2. Des Weiteren berücksichtigen die durchgeführten Analysen nur Unfälle mit Personenschaden ($U_{(G+SV+LV)}$), die durch die Unfallschwerekategorie und darin über die schwersten Folgen definiert sind. Betrachtet werden Unfälle mit Getöteten (G), Schwerverletzten (SV) und Leichtverletzten (LV). Unfälle mit Sachschäden (SS) werden im Rahmen dieser Analyse nicht behandelt.

3.1.2 Identifikation von Risikokonstellationen (RK)

Das Ziel ist es, relevante Populations- und Fahrzeuggruppen sowie -grössen zu identifizieren (d. h. Gruppen mit einem erhöhten Risiko), welche durch Massnahmen beeinflussbar sind. Diese Gruppen ergeben sich aus Konstellationen verschiedener Faktoren und können sehr spezifisch sein, zum Beispiel Seniorinnen bei hohen Geschwindigkeiten mit dem PW, Junglenker bei Schneefall oder Elektrobiker innerorts.

Die spezifischen Konstellationen der berücksichtigten Einflussfaktoren mit einer grossen positiven Abweichung zwischen beobachteten und erwarteten Unfallzahlen werden als Risikokonstellationen definiert. Gesucht werden Risikokonstellationen, die erheblich häufiger als erwartet auftreten. Diese müssen nicht zwingend mit den mengenmässig häufigsten Unfallsituationen übereinstimmen. Da für die spezifischen Konstellationen keine Expositionsdaten vorliegen, basiert der Ansatz zur Identifikation der relevanten Risikokonstellationen auf dem Unabhängigkeitsmodell. Dabei wird davon ausgegangen, dass die erwartete Unfallhäufigkeit in einer Risikokonstellation proportional zu der Häufigkeit der entsprechenden Einflussfaktoren (Randverteilung) ist (siehe Kap. 3.3).

Anschliessend werden ähnliche Risikokonstellationen mittels Clusteranalyse zusammengefasst.

Ein Ziel der Operationalisierung ist es, bereits zu Beginn der methodischen und analytischen Projektbearbeitung mit der Auswahl potenzieller Einflusskategorien des Unfallgeschehens möglichst nahe an sinnvollen Massnahmen(-feldern) zu sein.

Für die Identifizierung relevanter Konstellationen sind folgende Fragen massgebend:

- Für welche Populations- und Fahrzeuggruppen ist die Ausarbeitung spezifischer Massnahmen möglich?
- Welche unfallbeeinflussenden und vor allem massnahmenorientierte Variablen können in den beiden Teilprojekten TP1-M und TP2-M sinnvoll verwendet werden und wie lassen sie sich transferieren und verknüpfen? Diese Fragestellung ist Teil des Syntheserberichts (Buck et al., 2016).

3.1.3 Massnahmenformulierung

Um von Beginn an den Fokus auf die Ermittlung von Massnahmenfeldern zu legen, werden insbesondere die Aspekte herausgearbeitet, für welche weltweit bereits Zusammenhänge identifiziert und Effekte von Massnahmen evaluiert wurden (vgl. Elvik et al., 2009; Shinar, 2007). Dabei ist für die Auswahl massgebend, dass die Massnahmen noch nicht in der Schweiz eingeführt wurden.

Mit den identifizierten Risikokonstellationen und -grössen der vorangehenden Schritte lassen sich Massnahmenansätze bestimmen. Die Massnahmenansätze betreffen dabei definierte Personen- oder Objektgruppen.

Für die Konstruktion und Bewertung von Massnahmen sind die folgenden Fragekreise von Bedeutung:

- Wie soll das Potenzial einzelner Massnahmen bestimmt werden?
- Wie kann die Bewertung der Massnahmen erfolgen? Wie erfolgt dies in der Literatur?
- Welche Massnahmen haben bei welcher Unfallsituation einen positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit, indem sie die Unfallhäufigkeit reduzieren?
- Welche Massnahmen haben generell einen positiven Einfluss auf sicherheitsrelevante Faktoren?

Die Methodik für die Formulierung der Massnahmen wurde in einem Workshop mit der Forschungspaketleitung abgestimmt. Basierend auf Metaanalysen, Auskünften über die erwartete/erhoffte Wirkung von Massnahmen und den Mengengerüsten aus der ersten Phase, werden potenzielle Wirkungen (quantifiziert) abgeschätzt und miteinander verglichen. Die Wirksamkeitsbewertung und -schätzung von Massnahmen erfolgt dabei unter anderem auf der Grundlage von Metaanalysen von Effekten und Effektstärken von Verkehrssicherheitsmassnahmen, die bereits in anderen Ländern umgesetzt und untersucht wurden. Auf der Grundlage der empirischen Erklärungsmodelle werden Einflüsse auf das Unfallgeschehen geschätzt. Es stehen dabei die folgenden Fragen im Vordergrund:

- Wie gross ist der Einfluss beziehungsweise die Wirksamkeit der Massnahmen?
- Wie zweckmässig sind die Massnahmen?
- Wie sieht die Wirtschaftlichkeit beziehungsweise das Wirksamkeitsverhältnis der Massnahmen aus?

Das Ergebnis dieser Arbeitsschritte beinhaltet eine vereinfachte Wirksamkeitsanalyse der vorgeschlagenen Massnahmen sowie den zu erwartenden Nutzenfaktor für die Schweiz. Es soll gezeigt werden, wie sinnvoll die Umsetzung verschiedener Massnahmenoptionen in der Praxis ist. Nicht berücksichtigt werden dabei die Kosten der Massnahmenumsetzung sowie die (eingesparten) externen Kosten. Eine Monetarisierung, basierend auf aggregierten Kostensätzen für Unfälle aus der Norm „VSS SNR 641 721 Strassenverkehrssicherheit, Folgeabschätzung (RIA; Road Safety Impact Assessment)“, kann nicht durchgeführt werden (vgl. ARE, 2014).

In Kapitel 5.15 werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts in Form von Massnahmenbewertungen für Entscheidungsträger aufbereitet.

3.2 Datengrundlagen

3.2.1 Strassenverkehrsunfall-Register (VU)

Für die Modellierung werden die relevanten Datengrundlagen aus den verschiedenen Teilprojekten aus Phase 1 zusammengeführt und vereinheitlicht. Der zentrale Datensatz für die Analyse ist das Strassenverkehrsunfall-Register (VU). Das Register enthält alle polizeilich erfassten Unfälle und wird seit 2010 durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) geführt. Das Strassenverkehrsunfall-Register setzt sich aus folgenden drei Datensätzen zusammen:

- Titelblatt mit den Umständen des Unfalls (Datum, Uhrzeit, Unfalltyp, Hauptursache, Beteiligte, Unfallort sowie weitere Angaben zur Unfallstelle und den äusseren Bedingungen),
- Objektblatt mit den Daten zu den beteiligten Objekten (Fahrzeug oder Zufussgehende) sowie Informationen über den Lenkenden beziehungsweise Zufussgehenden (u.a. Ablenkung oder Einfluss von Alkohol/Arznei-/Betäubungsmitteln),
- Mitfahrer/innenblatt mit den Angaben zu den übrigen Mitfahrenden.

Theoretisch handelt es sich bei den Aufzeichnungen um eine Vollerhebung aller Unfälle der letzten Jahre. Jedoch werden nicht alle Unfälle im Strassenverkehr polizeilich erfasst. Insbesondere im Langsamverkehr ohne schwerwiegende Verletzte gibt es vermutlich eine beträchtliche Anzahl Unfälle, die nicht gemeldet wurden. Ebenso dürften zahlreiche Bagatell-Verkehrsunfälle ohne Personen- oder grösseren Sachschaden nicht enthalten sein. Eine Abschätzung dieser Dunkelziffer steht nicht zur Verfügung. Für eine Diskussion zur Dunkelziffer wird auf das Projekt VESIPO und den STATUS (bfu, 2002, 2016) verwiesen.

Das Unfallaufnahmeprotokoll (UAP) wird von Polizeibeamten am Unfallort ausgefüllt. Entsprechend kann von einem pflichtbewussten Ausfüllen der Protokolle ausgegangen werden. Nichtsdestotrotz sind gewisse Streuungen und Verzerrungen möglich, da nicht alle Polizeibeamten die Verhältnisse genau gleich einschätzen beziehungsweise sich das Wetter und insbesondere die Verkehrssituation im Vergleich zum Unfallzeitpunkt ändern kann. Alle Kantone arbeiten grundsätzlich mit dem gleichen Unfallaufnahmeprotokoll und den gleichen Vorgaben des ASTRA. Trotzdem werden insbesondere die Unfälle ohne Personenschaden kantonal oft unterschiedlich erfasst (siehe Bodenmann et al., 2014, Synthesebericht). Um diesen Problematiken Rechnung zu tragen, beschränkt sich die durchgeführte Analyse auf Unfälle mit mindestens einer verletzten Person, da dort davon ausgegangen werden kann, dass diese Unfälle vollständiger erfasst sind. Der Verletzungsgrad wird dabei direkt aus dem Unfallprotokoll übernommen.

Für das Projekt stehen die Daten des Strassenverkehrsunfall-Registers aus den Jahren 2009 bis 2014 zur Verfügung. In dieser Zeit gab es gewisse Anpassungen im Aufnahmeprotokoll, insbesondere wurde 2011 die Aufnahme der Unfallursachen verfeinert (Uhr et al., 2016). Für die statistische Analyse ist es jedoch von Vorteil, mit einem möglichst grossen Datensatz, das heisst über eine möglichst lange Zeitspanne, zu arbeiten. Auf diese Weise wird eine höhere Präzision und Aussagekraft der Analyse ermöglicht. Da auf keine explizit veränderte Variablen zurückgegriffen wird, hat die zeitliche Heterogenität, wenn überhaupt, nur einen sehr geringen Einfluss auf die statistische Analyse.

3.2.2 Administrativmassnahmen-Register (ADMAS)

Die Daten zu Verkehrsunfällen wurden mit dem Administrativmassnahmen-Register (ADMAS) verknüpft. ADMAS-Daten können ab 2011 mit den VU-Daten verknüpft werden. Das Register umfasst alle von schweizerischen oder liechtensteinischen Behörden verfügbaren Massnahmen im Strassenverkehr. Enthalten sind Verweigerung und Entzug von Führerausweisen, Fahrverbot, Verwarnungen, Anordnung einer medizinischen oder verkehrspsychologischen Untersuchung sowie Aufhebungen von Massnahmen. Den Unfalllenkenden aus den Daten des Strassenverkehrsunfall-Registers werden diejenigen Massnahmen zugewiesen, bei denen das Zuwiderhandlungsdatum (falls unbekannt, wird das Statistikjahr verwendet) vor dem entsprechenden Unfall liegt. Das heisst: Wurde ge-

gen den Lenkenden zu einem späteren Zeitpunkt eine Massnahme verhängt (z. B. aufgrund des Unfalls selbst), wird diese nicht aufgenommen. Dadurch werden nur Angaben verwendet, welche effektiv vor dem Unfall bekannt sind und entsprechend in allfällige Verkehrssicherheitsmassnahmen einfließen können.

Generell können verschiedene Gründe und Ursachen zu einer ADMAS-Registrierung führen. Demzufolge kann eine Registrierung mehrere Gründe haben. In der Analyse des vorliegenden Berichtes wird jeweils nur der Hauptgrund berücksichtigt. Als für die Verkehrssicherheit relevante Registrierungen werden diejenigen in Betracht gezogen, bei welchen der Grund für die Registrierung einen unmittelbaren Bezug zur Fahraufgabe hatte. Dabei werden folgende Gründe berücksichtigt: Angetrunkenheit, Geschwindigkeit, Vereitelung Blutprobe, nicht betriebssicheres Fahrzeug, Nichtbeachten von Signalen, Überholen, Drogeneinfluss, ungenügender Abstand, Ablenkung/Nebentätigkeit, Vereitelung Atemprobe, Vereitelung Drogenschnelltest und Fahruntfähigkeit (Medikamente). Als Registrierung ohne Fahrbezug werden zum Beispiel Gründe wie Nichteignung (psychisch/leistungsfähig), Missachten von Auflagen, Nichtbestehen der Prüfung, Entwendung zum Gebrauch oder Drogensucht betrachtet.

3.2.3 Motorfahrzeug- und Motorfahrzeughalterregister der Schweiz (MOFIS)

Alle Fahrzeuge im Unfallregister, welche in der Schweiz oder im Fürstentum Liechtenstein zugelassen sind, sind im Motorfahrzeug- und Motorfahrzeughalterregister der Schweiz (MOFIS) erfasst und können mit dieser Datenquelle ebenfalls ab 2011 verknüpft werden. MOFIS enthält verschiedene Angaben zu den Fahrzeugen, wie Marken- und Typenbezeichnungen, Getriebeart, Hubraum, Emissionscode, Leistung, Gewicht oder Inverkehrsetzungsdatum. In der ersten Phase haben Frick et al. (2014) die Unfall-PW aus den Jahren 2011 und 2012 in sogenannte Marktsegmente eingeteilt und ausgewertet. Die Einteilung in Marktsegmente fasst Fahrzeuge zusammen, welche bezüglich Grösse, Preis, Image, Verfügbarkeit von Zusatzausstattungen und so weiter ähnlich sind. Die Marktsegment-Einteilung wird auch von der Autoindustrie beispielsweise für Fahrzeugverkaufstatistiken verwendet. Unterschieden werden die Marktsegmente *Mikroklasse*, *Kleinwagen*, *Untere Mittelklasse*, *Mittelklasse*, *Obere Mittelklasse*, *Luxusklasse*, *Sportwagen*, *Kompaktvan*, *SUV*, *Cabriolet* und *Transporter*. Bei der Einteilung fliessen objektive Kriterien, wie zum Beispiel Fahrzeuglänge, aber auch Experteneinschätzungen auf der Basis von Kriterien wie Preis, Image, Verfügbarkeit von Zusatzausstattungen etc. mit ein. Frick et al. (2012) haben die Fahrzeuge aus MOFIS anhand von Marken- und Typenbezeichnungen mittels Textvergleich den Marktsegmenten zugewiesen. Marken- und Typenbezeichnungen in MOFIS werden als Text ohne Vorgabe erfasst. Folglich existieren verschiedenste Schreibweisen für gleiche Fahrzeugtypen. Dies erschwerte die automatische Einteilung und ein grosser manueller Aufwand zur Aufbereitung war notwendig. In der Folge konnte das Vorgehen nicht einfach auf die Jahre 2013 und 2014 übertragen werden.

Im Unterschied zur ersten Phase wurde die Anzahl der Marktsegmente zur besseren Übersicht reduziert. Mikro- und Kleinwagen wurden zusammengefasst sowie alle Typen von Mittelklassefahrzeugen als Einheit betrachtet. Um die Fahrzeuge aus den Jahren 2013 und 2014 in die Marktsegmente einzuteilen, wurde zweigleisig vorgegangen. Für Fahrzeugtypen, welche bereits in der ersten Phase existierten, wurden gemäss der Fahrzeugbezeichnung (inkl. verschiedener Schreibweise) klassifiziert. Die restlichen Fahrzeuge wurden mit einem Random-Forest-Verfahren (Hastie et al., 2009), welches an den Daten aus 2011 und 2012, basierend auf den Merkmalen Leergewicht, Nutzlast, Hubraum, Leistung und Leistung pro Leergewicht, trainiert wurde, den Marktsegmenten zugeteilt.

Für die Analyse nicht berücksichtigt werden die Fahrzeugtypen Luxusfahrzeug und Transporter, da es in diesen Kategorien zu wenige Beobachtungen gibt. Cabriolets werden ausgeschlossen, da diese Kategorie sehr inhomogen ist. Beim Wetter werden die Informationen aus dem Unfallprotokoll verwendet. Hier liegen auch alternative Daten vom gitterbasierten Prognosemodell COSMO-2 von MeteoSchweiz aus TP 2-M vor. Für eine Analyse konkreter Unfallsituationen sind die lokal erhobenen Daten aus dem Unfallprotokoll jedoch verlässlicher (vgl. Heuel et al., 2012).

3.3 Statistische Methoden zur Identifikation von Risikokonstellationen

Das Ziel der statistischen Datenanalyse ist es, aus den vorhandenen Daten massnahmenrelevante Unfallsituationen (Mensch, Infrastruktur, Wetter, Fahrzeug) zu identifizieren. Die Identifikation der Risikogruppen für PW-Lenkende (basierend auf Alter, Geschlecht, Migration) wurde bereits in der Phase 1 vorgenommen (Ohnmacht et al., 2014). Für diese Risikogruppen sollen nun zusätzlich weitere relevante Einflussfaktoren (Fahrzeug, Wetter, Infrastruktur, Zeitpunkt) bestimmt werden. Ausserdem wird beabsichtigt, auch Risikokonstellationen für die übrigen Verkehrsteilnehmenden (Zufussgehende, Velofahrende, Motorradfahrende, Lkw-Lenkende sowie ÖV-Fahrzeuge) zu ermitteln.

Die Herausforderung für die Identifikation ist, dass die Grundgesamtheit aller Verkehrsteilnehmenden und deren Exposition fehlen. So umfasst das Strassenverkehrsunfall-Register nur die Teilpopulation der in einen Unfall verwickelten Personen. Eine herkömmliche Risikomodellierung über logistische Modelle ist deshalb nicht möglich.

Trotzdem bieten die Daten aus dem Strassenverkehrsunfall-Register, gepoolt mit den Fahrzeugdaten aus MOFIS und den registrierten ADMAS-Massnahmen der Lenkenden eine einzigartige, detaillierte Datenquelle. Bereits in der Phase 1 hat es sich gezeigt, dass nur ein multivariater Ansatz mit Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren zu aussagekräftigen Risikokonstellationen führt. Diese Risikokonstellationen, unter Berücksichtigung ihrer mengenmässigen Relevanz, bieten eine optimale Ausgangslage zur Entwicklung gezielter Verkehrssicherheitsmassnahmen.

Bei den untersuchten Einflussfaktoren (z. B. Geschlecht oder Strassenzustand) handelt es sich um kategorielle Daten. Entsprechend kann man alle Unfälle gemäss den relevanten Einflussfaktoren in Kategorien/Zellen einteilen. Das ergibt zum Beispiel x Unfälle einer spezifischen Personengruppe bei spezifischen Verkehrs- und Witterungsbedingungen mit einem spezifischen Fahrzeugtyp. Diese Einteilung kann als mehrdimensionale Kreuztabelle betrachtet werden.

Die absoluten Unfallzahlen in der mehrdimensionalen Kreuztabelle sind jedoch nur bedingt aussagekräftig, da sie nichts über die Exposition aussagen. Gibt es weniger Unfälle bei Regen, kann das darauf zurückgeführt werden, dass möglicherweise Regensituationen weniger häufig sind oder bei Regen weniger Leute unterwegs sind. In der ersten Phase konnte die Exposition der Risikogruppe über den Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 (MZMV) abgeschätzt werden. In der zweiten Phase ist dies nicht mehr möglich, da durch die weiteren relevanten Einflussfaktoren Wetter, Infrastruktur, Unfallzeitpunkt und so weiter die Unterteilung zu fein wird, sodass im Mikrozensus Mobilität und Verkehr nicht mehr genügend Daten vorhanden sind.

Deshalb wurde folgender Ansatz verwendet: Die Unfallhäufigkeiten in einer Zelle entsprechen den Erwartungen, wenn sie proportional zur Randverteilung sind. Zeigt eine Zelle eine hohe positive Abweichung von diesem sogenannten Unabhängigkeitsmodell (das heisst, mehr Unfälle als erwartet), ist dies ein Hinweis, dass es sich bei dieser Kombination um eine Risikokonstellation handelt. Im nachfolgenden Kapitel wird das Vorgehen exemplarisch vorgestellt.

3.3.1 Robust angepasstes log-lineares Regressionsmodell

Als vereinfachtes didaktisches Beispiel analysieren wir die männlichen PW-Lenker zwischen 65-79 Jahren, welche in einen Unfall mit Verletzten involviert sind. Wir betrachten dabei die Variablen „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit“ und „Vertrautheit mit der Strecke“ gemäss Unfallprotokoll. Da die signalisierte Höchstgeschwindigkeit nicht zwingend mit der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit übereinstimmt, kann sie auch als Proxy für den Streckentyp betrachtet werden. Mit den Strassenverkehrsunfall-Daten (VU) können die entsprechenden beobachteten Unfälle, wie aus Tabelle 1 ersichtlich, in die verschiedenen Zellen eingeteilt werden.

Tab. 1 Verteilung der Anzahl 65- bis 79-jähriger PW-Lenker, welche in einen Unfall mit Personenschaden involviert sind, aufgeteilt auf die Einflussfaktoren „Vertrautheit mit der Strecke“ und „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit“

		Signalisierte Höchstgeschwindigkeit (in km/h)				Randsum.
		81-120	51-80	31-50	≤30	
Vertrautheit mit Strecke	Gut	361	1658	2955	222	5196
	Keine/gering	77	224	225	24	550
	Randsum.	438	1882	3180	246	5746

Die Anzahl der Unfälle auf Strecken mit verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten oder die Anzahl der Unfälle auf gut bekannten und wenig bekannten Strassen (Randsummen) sind nicht gleich. Unfälle auf gut bekannten Strecken im signalisierten Geschwindigkeitsbereich zwischen 31 und 50 km/h sind deutlich am häufigsten. Der Grund könnte sein, dass die Lenker mehr auf diesen Strecken unterwegs sind. Im Hinblick auf effektive Verkehrssicherheitsmassnahmen interessieren die absoluten Zahlen nur beschränkt. Von höherer Bedeutung ist die Konstellation mit einem überproportionalen Risiko, da dort das Verbesserungspotenzial am grössten ist. Da die Expositionsdaten jedoch unbekannt sind, können die Konstellationen mit überproportionalem Risiko nicht direkt abgeleitet werden. Einen Ausweg liefert der Ansatz mit dem Unabhängigkeitsmodell. Dabei geht man von der Annahme aus, dass die Unfälle proportional über die Zellen verteilt sind. Das heisst, für alle Konstellationen gilt das gleiche Risiko. Unter dem Unabhängigkeitsmodell sind die Daten in den Zellen gemäss dem Produkt ihrer Randverteilung verteilt und können mit folgender Formel bestimmt werden:

$$[1] \quad n_{hj} = \frac{n_{h \bullet} \cdot n_{\bullet j}}{n}$$

Wobei $n_{h \bullet}$ die Randsumme der h-ten Zeilen und $n_{\bullet j}$ die Randsumme der j-ten Spalte sind. Daraus lassen sich für das zweidimensionale Beispiel die erwarteten Werte berechnen (Tab. 2):

Tab. 2 Erwartete Verteilung der Anzahl 65- bis 79-jähriger PW-Lenker, welche in einen Unfall mit Personenschaden involviert sind, unter dem Unabhängigkeitsmodell, aufgeteilt auf die Einflussfaktoren „Vertrautheit mit der Strecke“ und „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit“

		Signalisierte Höchstgeschwindigkeit (in km/h)				Randsum.
		81-120	51-80	31-50	≤30	
Vertrautheit mit Strecke	Gut	396.1	1701.9	2875.6	222.5	5196
	Keine/gering	41.9	180.1	304.4	23.5	550
	Randsum.	438	1882	3180	246	5746

Um signifikante Abweichungen zwischen den beobachteten und den erwarteten Unfällen zu identifizieren, werden Pearson-Residuen verwendet:

$$[2] \quad r = \frac{\text{beob-erw}}{\sqrt{\text{erw}}} \quad (\text{z.B. Agresti, 2013})$$

Durch die Division mit der Wurzel der erwarteten Anzahl wird korrigiert, dass für Zellen mit grossen Werten auch die grössten Abweichungen zu erwarten sind. Falls das Unabhängigkeitsmodell gilt, sind die Pearson-Residuen asymptotisch normal verteilt. Dabei beträgt der Erwartungswert 0 und die asymptotische Varianz ist kleiner 1, bei einer HxJ-Kreuztabelle im Mittel $[(H-1)(J-1)/HJ]$, wobei H die Anzahl der Spalten und J die Anzahl der Zeilen ist (Agresti, 2013). Als signifikant auffällig betrachten die Autoren positive Abweichungen mit Pearson-Residuen grösser als 2.5. Bei einer Varianz von 1 bedeutet

das, dass solche Abweichungen mehr als 2.5 Standardabweichungen (99 %-Niveau) vom erwarteten Wert entfernt liegen⁶.

Tab. 3 Pearson-Residuen des Unabhängigkeitsmodells für die Verteilung der Anzahl 65- bis 79-jähriger PW-Lenker, welche in einen Unfall mit Personenschaden involviert sind, aufgeteilt auf die Einflussfaktoren „Vertrautheit mit der Strecke“ und „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit“

		Signalisierte Höchstgeschwindigkeit (in km/h)			
		81-120	51-80	31-50	≤30
Vertrautheit mit Strecke	Gut	-1.85	-1.08	1.46	-0.03
	Keine/gering	4.00	2.93	-5.29	0.09

Die Tabelle 3 zeigt deutlich, dass die Kombination „Keine/geringe Vertrautheit“ mit Strecke, signalisierte Höchstgeschwindigkeit „81-120“ und „51-80“ positiv auffällige Risikokonstellationen sind. Umgekehrt ist die Kombination Strecke „Keine/geringe Vertrautheit“ und Höchstgeschwindigkeit „31 bis 50“ negativ auffällig. Das heisst, dass Unfälle bei dieser Kombination weniger häufig als erwartet vorkommen. Das ist auch dadurch begründet, dass die Auffälligkeiten bei den hohen Geschwindigkeiten ausgeglichen werden müssen. Die Randsumme für die Anzahl der Unfälle auf unbekanntem Strecken ist fix. Gibt es positive Abweichungen, müssen diese durch andere negative Abweichungen ausgeglichen werden. Für die im Rahmen des Projekts zu identifizierenden Risikokonstellationen sind jedoch nur die positiven Abweichungen von Bedeutung.

Aus mathematischer Sicht rückt die Darstellung mittels Kreuztabellen in den Hintergrund. Das anhand der Beispiele präsentierte Vorgehen lässt sich mathematisch äquivalent mit einem log-linearen Haupteffekte-Modell umsetzen. Dieses Modell wird im Folgenden dargestellt.

Die Zielgrösse Y_i ist die Anzahl der Unfälle in einer Zelle. Diese wird als Poisson-verteilt betrachtet: $Y_i = \text{Pois}(\lambda_i)$. Der Parameter λ_i ist dabei der Erwartungswert für die entsprechende Zelle. Mittels einer Poisson-Regression kann λ_i als Funktion der Einflussfaktoren modelliert werden: $E(Y_i) = \lambda_i = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$. Da der Erwartungswert nicht negativ werden kann, wird bei der Poisson-Regression der Logarithmus als Linkfunktion verwendet. Der transformierte Erwartungswert kann wie bei der multiplen linearen Regression mit einem linearen Modell beschrieben werden:

$$[3] \quad \log \lambda_i = B_0 + \sum B_j x_{ij}$$

Entsprechend werden solche Modelle log-linear genannt (z.B. Agresti, 2013).

Für das aufgeführte didaktische Beispiel lautet das Modell wie folgt:

$$[4] \quad \log(\lambda_i) = B_0 + B_1 \text{Vertrautheit} + B_2 \text{Höchstgeschwindigkeit}$$

Vertrautheit und signalisierte Höchstgeschwindigkeit entsprechen dabei den Stufen der Einflussfaktoren. Die Betas (B) sind die zu schätzenden Modellparameter. Wobei B_2 drei Koeffizienten umfasst, da die signalisierte Höchstgeschwindigkeit vier Faktorstufen hat. Die Anzahl verunfallter Lenker in den einzelnen Zellen ist Poisson-verteilt mit dem jeweiligen Parameter λ_i , was dem Erwartungswert $E(Y_i)$ für die Anzahl verunfallter Lenker in den Zellen entspricht. Diese Formulierung ist etwas schwerfällig, weshalb im Fol-

⁶ Bei vielen Einflussfaktoren, insbesondere mit wenigen Stufen, wird die asymptotische Varianz immer kleiner. Das bedeutet, dass Abweichungen grösser als 2.5 zunehmend unwahrscheinlicher werden. Dadurch wird ausgeglichen, dass es bei einer Vielzahl von Zellen wahrscheinlicher wird, dass gewisse Zellen nur per Zufall auffällig werden (Problem des multiplen Testens).

genden die Modellschreibweise von Statistiksoftware R (R Core Team, 2015) übernommen wird:

[5] `#verunfallte Lenker ~ Vertrautheit + Höchstgeschwindigkeit`

In R lässt sich dies mit der Funktion *glm* lösen (z. B. Faraway, 2006), wobei man zusätzlich als Modellfamilie die Poisson-Verteilung und als Linkfunktion den Logarithmus spezifizieren muss. Werden in die Lösung die entsprechenden Faktorstufen eingesetzt, so lassen sich daraus die Schätzungen in Tabelle 2 reproduzieren.

Beim ausgeführten Beispiel handelt es sich um eine stark vereinfachte Situation. In der Realität spielen zusätzlich viele weitere Einflussfaktoren eine Rolle. Mit dem log-linearen Modell kann die Auswertung einfach auf hochdimensionale Analysen (d. h. mehrdimensionale Kreuztabellen) erweitert werden. Dazu wird die Modellgleichung um die entsprechenden erklärenden Einflussfaktoren ergänzt. Darüber hinaus können spezifische Einflussfaktoren Wechselwirkungen miteinander aufweisen. Insbesondere für die Einflussfaktoren Alter, Geschlecht und Migrationshintergrund ist das wichtig, da in der ersten Phase festgestellt wurde, dass sich diese Einflussgrößen bei den verschiedenen Gruppen zum Teil unterschiedlich auswirken (Ohnmacht et al., 2014).

Bei der Analyse wird davon ausgegangen, dass die Zellen mit Risikokonstellationen im Unabhängigkeitsmodell auffallen. Das heisst, diese Zellen lassen sich nicht als Produkt der Randverteilungen beschreiben, weshalb die Modellstruktur dort verletzt ist. Da jedoch verhindert werden soll, dass einzelne Ausreisser die Schätzung stark beeinflussen, muss die Analyse mit robusten Schätzmethoden durchgeführt werden. Das Prinzip besteht dabei darin, dass Beobachtungen mit grossen Abweichungen bei der Schätzung der Modellparameter automatisch heruntergewichtet werden. Details zur Theorie können zum Beispiel bei Heritier et al. (2009) gefunden werden. Durch die robuste Schätzung wird jedoch in Kauf genommen, dass allfällige Auffälligkeiten in den mengenmässig grössten Konstellationen weniger gut erkannt werden, da die Schätzung in Richtung der grossen Klassen tendiert. Technisch wird das robust geschätzte generalisierte lineare Modell (GLM) mit der R-Funktion *glmrob* aus dem Package *robustbase* (Version 0.92-5) berechnet (Rousseeuw et al., 2015). Die Funktion wird mit den Default-Parameterwerten durchgeführt. Eine robuste Auswertung führt im Beispiel zu etwas anderen Schätzungen der erwarteten Beobachtungen und demzufolge auch zu anderen Pearson-Residuen (Tab. 4 und 5). Jetzt sind nur noch die Zellen „Keine/geringe Vertrautheit“ und „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit 81-120“ positiv auffällig. Das bedeutet, dass Unfälle in dieser Kombination überproportional häufig sind (nicht unbedingt mengenmässig!).

Tab. 4 Erwartete Verteilung der Anzahl 65- bis 79-jähriger PW-Lenker, welche in einen Unfall mit Personenschaden involviert sind, unter dem robust geschätzten Unabhängigkeitsmodell, aufgeteilt auf die Einflussfaktoren „Vertrautheit mit der Strecke“ und „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit“

		Signalisierte Höchstgeschwindigkeit (in km/h)			
		81-120	51-80	31-50	≤30
Vertrautheit mit Strecke	Gut	370.2	1677.2	2929.6	219.3
	Keine/gering	45.2	205.0	358.0	26.8

Tab. 5 Pearson-Residuen des robust angepassten Unabhängigkeitsmodells für die Anzahl 65- bis 79-jähriger PW-Lenker, aufgeteilt auf die Einflussfaktoren „Vertrautheit mit der Strecke“ und „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit“, welche in einen Unfall mit Personenschaden involviert sind

		Signalisierte Höchstgeschwindigkeit (in km/h)			
		81-120	51-80	31-50	≤30
Vertrautheit mit Strecke	Gut	-0.5	-0.5	1.46	0.2
	Keine/gering	3.6	1.3	-8.9	-0.6

Die Kombination „Signalisierte Höchstgeschwindigkeit 51-80“ und „Keine/geringe Vertrautheit mit der Strecke“ ist jetzt nicht mehr auffällig.

Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass gewisse Kombinationen kontextbedingt gehäuft auftreten können (überproportionale Exposition). Da keine Expositionsdaten vorliegen, kann für diesen Effekt keine Korrektur vorgenommen werden. Im präsentierten Beispiel ist es möglich, dass Strassen mit einer höheren signalisierten Geschwindigkeit für die 65-79-jährigen PW-Lenker eher unbekannt sind als Strecken mit geringeren signalisierten Höchstgeschwindigkeiten, da Alltagsfahrten eher auf Strecken mit signalisierten niedrigen Höchstgeschwindigkeiten stattfinden und einmalige Ausflüge über Autobahnen führen. Trifft dies zu, sind entsprechende Kombinationen eher auffällig.

3.3.2 Clusteranalyse

Die hochdimensionalen Auswertungen führen dazu, dass bei verschiedenen Analysen eine sehr grosse Anzahl an Risikokonstellationen identifiziert wird, wobei sich einzelne Konstellationen teilweise sehr ähneln. Um den Überblick zu behalten, werden ähnliche Risikokonstellationen mittels einer gewichteten Clusteranalyse zusammengefasst. Bei der Clusteranalyse wird zuerst paarweise die Unähnlichkeit zwischen den verschiedenen Risikokonstellationen bestimmt. Dazu werden die Unterschiede in den Einflussfaktoren betrachtet. Gewichtet bedeutet, dass nicht alle Unterschiede gleichermassen in Erwägung gezogen werden. Der Einflussfaktor „Unfalltyp“ wird beispielsweise stärker gewichtet, da man unterschiedliche Unfalltypen (z. B. PW-Selbstunfälle, PW-Unfälle mit Fussgängern oder mit Fahrradfahrern) nicht im gleichen Cluster haben möchte. Beim hier verwendeten hierarchischen Cluster werden die einzelnen Risikokonstellationen zuerst als einzelne Gruppen betrachtet und anschliessend schrittweise in ähnliche Gruppen zusammengefasst (Methode nach Ward, Details vgl. Kaufman & Rousseeuw 2005, S. 230). Die Berechnung der Ähnlichkeit erfolgt mit der R-Funktion *daisy* aus dem Package *Cluster* (Maechler et al., 2015). Die hierarchische Clusteranalyse wurde mit der Funktion *hcluster* aus R (R Core Team, 2015) durchgeführt. Details zum Clustering sind zum Beispiel in Everitt & Hothorn (2011) zu finden.

Die aus der Clusteranalyse resultierenden Risikokonstellationen können nicht validiert werden. Es kann lediglich beurteilt werden, ob die resultierenden Cluster für die Identifizierung der Risikokonstellationen geeignet sind. Für eine optimale Einteilung wird die Gewichtung und die Anzahl der Cluster manuell variiert, bis die einzelnen Cluster ein zufriedenstellendes Resultat liefern. Zufriedenstellend ist eine Clusterlösung, wenn diese vor dem Hintergrund der Massnahmenformulierung ein gut interpretierbares Resultat erzeugt. Die Analyse ist nicht sehr sensitiv auf die genaue Einteilung der Cluster, da alle Risikokonstellationen in den Clustern enthalten bleiben.

Anschliessend werden die Cluster gemäss ihrer Relevanz geordnet. Die Reihenfolge wird dabei aufgrund der Fallzahlen und der Grösse des grössten Pearson-Residuums festgelegt. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass es für Risikoklassen mit unspezifischen Faktorkonstellationen (z. B. Konstellation aus regulärem Strassenzustand, guter Sicht, unspezifischer Personengruppe usw.) schwieriger ist, Massnahmen zu entwickeln. Je nach Gewichtung bei der Clusteranalyse wären auch andere Klasseneinteilungen möglich. Die Selektion der Risikokonstellationen, für welche Massnahmen eruiert werden, erfolgt aufgrund der Relevanz der einzelnen Cluster. Die Risikokonstellationen werden dabei im Gesamtprojekt abgeglichen. Ausgewählt werden nur diejenigen mit einem Potenzial für effektive Massnahmen.

3.3.3 Modelle für unterschiedliche Verkehrsteilnehmende

Die Risikokonstellationen werden für die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden einzeln bestimmt, um auf die speziellen Bedingungen der verschiedenen Konstellationen Rücksicht zu nehmen. Folgende Einflussfaktoren sind für die Modellierung relevant und wurden mit den aufgelisteten Ausprägungen für die Modellierung aufbereitet:

- **Alter:** 18-24, 25-44, 45-64, 65-79, 80+ (zusätzlich 0-13 und 14-17 bei den Zufussgehenden sowie bei den Fahrradfahrenden)
- **Geschlecht:** männlich, weiblich
- **Migration:** Schweizer, in der Schweiz wohnhafte Ausländerinnen und Ausländer (ergänzende Auswertung für Touristen bei den PW-Lenkenden)
- **Unfalltyp:** Schleuder-/Selbstunfall, Überholen/Fahrstreifenwechsel, Auffahrunfall, Abbiegeunfall, Einbiegeunfall/Überqueren, Frontkollision, Fussgängerunfall
- **Ort:** innerorts, ausserorts, Autobahn/Autostrasse
- **Strassenzustand:** Unterlage regulär, Unterlage feucht/nass, Unterlage beeinträchtigt (Schneematsch, verschneit, vereist oder zusätzliche Einschränkung, wie ölig, verschmutzt, Rallsplitt, reduzierter Winterdienst, Schlaglöcher oder Spurrinnen, zusammen mit nass)
- **Sicht:** gut (Tag), beeinträchtigt (Nacht, Dämmerung oder Regen), schlecht (Nacht, Dämmerung und Regen/Schneefall)
- **Verkehrszeit (Proxy für Verkehrsdichte):** Verkehrsspitzen, sonstige Zeit, Wochenende
- **Ablenkung:** ja (Telefon, Navi, Mitfahrende), nein
- **Beeinträchtigung:** ja (Blut oder Atemalkohol > 0.5 Promille, positiver Arzneimitteltest, positiver Betäubungsmitteltest), nein
- **ADMAS-Massnahmen:** 0, 1 oder mehr als 1 relevante ADMAS-Massnahme
- **Unfallursache gemäss Unfallprotokoll:** unangepasste Fahrweise, Fehler, Beeinträchtigung, äussere Einflüsse, Fahrzeug, unbekannt
- **Unfallstelle:** Einmündung, Gerade, Kreisverkehr, Kreuzung, Kurve, Platz
- **Fussweg:** Fussgängerstreifen, Trottoir, andere
- **Grösstes involviertes Fahrzeug:** ÖV, Lkw/Bus, PW, Motorrad, Fahrrad
- **Radweg:** Radweg, Radstreifen ja oder nein
- **Herkunft Lkw:** inländische Lkw, ausländischer Lkw
- **ÖV-Objekt:** Zug, Tram, Linienbus/Trolleybus
- **Fahrzeugtyp:** Kleinwagen, Mittelklasse, Sport, SUV und Van
- **Fahrzeugalter, basierend auf dem ersten Inverkehrssetzungsdatum:** Alt (älter als 2004), Mittel (2004-2008), Neuwagen (2009 bis 2014)

Modelle für PW-Lenkende

In der ersten Phase von VeSPA wurde der Einfluss von soziodemographischen Faktoren auf das Risiko, als PW-Lenkende bei einem Unfall beteiligt zu sein, analysiert. Dabei hat es sich gezeigt, dass Wechselwirkungen eine wichtige Rolle spielen. Je nach Konstellation von Alters-, Geschlechts- und Migrationskategorien können andere Unfallrisiken vorliegen. Auf diese Tatsache wird hier Rücksicht genommen, indem die Analyse der Risikokonstellationen nach den verschiedenen soziodemographischen Konstellationen bedingt durchgeführt wird. In den Modellen werden Wechselwirkungen mit einem „*“ abgekürzt. Die älteren Verkehrsteilnehmenden (65+) werden gesondert modelliert. Hier wird der Migrationsstatus aufgrund der Erkenntnisse aus der ersten Phase nicht berücksichtigt. Da ältere Menschen in der Regel nicht mehr im Arbeitsprozess stehen, wird der Fahrzweck ebenfalls nicht berücksichtigt⁷.

⁷ Da der Fahrzweck bei fast allen älteren Lenkern in die Kategorie Freizeit fällt, führt eine Berücksichtigung dieses Einflussfaktors nur zu einer ungewünschten Aufspaltung der Daten. Insgesamt führt eine Analyse mit dem Einflussfaktor Fahrzweck zu nahezu identischen Risikokonstellationen.

Allgemein sieht das Modell für PW-Lenkende wie folgt aus (Modellschreibweise gemäss Kap. 3.1.2):

- # Verunfallte ~ (Unfalltyp + Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + Ablenkung + Beeinträchtigung + ADMAS-Massnahmen + Unfallursache) * (Geschlecht + Migration + Alter)
- 85'738 Beobachtungen.

Für die Daten ab 2011 kann das Modell zusätzlich um die Fahrzeugtypen und das Fahrzeugalter ergänzt werden:

- # Verunfallte ~ (Unfalltyp + Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + Ablenkung + Beeinträchtigung + Fahrzeugtyp + Fahrzeugalter + ADMAS-Massnahmen + Unfallursache) * (Geschlecht + Migration + Alter)
- 66'363 Beobachtungen.

Zusätzlich werden spezielle Analysen für Touristen sowie Neulenkende (Führerausweis weniger als neun Monate) durchgeführt. Bei den Touristen entfallen dabei die Einflussfaktoren ADMAS-Massnahmen und Migration, bei den Neulenkenden das Alter.

- # Verunfallte Touristen ~ (Unfalltyp + Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + Ablenkung + Beeinträchtigung + Unfallursache) * (Geschlecht + Alter)
- 5854 Beobachtungen
- # Verunfallte Neulenkende ~ (Unfalltyp + Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + Ablenkung + Beeinträchtigung + Unfallursache) * (Geschlecht + Migration)
- 3'989 Beobachtungen

Modelle für Zufussgehende

Die Analyse der Fussgängerunfälle fokussiert auf zwei Ansatzpunkte. Als erstes werden die Unfälle aus der Sicht der Zufussgehenden analysiert und entsprechende Risikokonstellationen untersucht. Im zweiten Teil werden die Fussgängerunfälle aus der Sicht der involvierten Lenkenden (PW, Fahrrad, Lkw usw.) analysiert.

In den Auswertungen werden nur Unfälle mit einem Fahrzeug berücksichtigt. Ausgeschlossen werden ausserdem Unfälle, bei denen sich kein Zufussgehender verletzt hat. Nicht berücksichtigt werden zudem die seltenen Fussgängerunfälle auf der Autobahn.

- # Verunfallte Zufussgehende ~ (Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Unfallstelle + Fussweg + grösstes Fahrzeug) * (Alter + Geschlecht)
- 13'012 Beobachtungen

Beim zweiten Analyseansatz, der involvierte Lenkende ins Zentrum stellt, werden die Alterskategorien 18-24, 25-44, 45-64, 65-79 und 80+ gebildet. Weggelassen werden Unfälle von unter 18-Jährigen. Dies sind nur wenige und zudem ungleich verteilt, da es sich hauptsächlich um Velounfälle mit involvierten Zufussgehenden handelt.

- # Verunfallte ~ (Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Unfallstelle + Fussweg (Fussgängerstreifen, Trottoir usw.) + Fahrzeug) * (Alter + Geschlecht)
- 11'519 Beobachtungen

Modelle für Velofahrende

Bei den Velofahrenden wird eine zusätzliche Analyse für die Elektrowelos durchgeführt. Ausgeschlossen werden bei der Analyse Autobahnen. Zudem werden alle über 65-Jährigen zusammengefasst. Die Anzahl der Unfälle ist für diese Art von Analyse bei den E-Bikes eigentlich zu gering. Um überhaupt Auffälligkeiten zu entdecken, muss die Grenze für relevante Risikokategorien von Pearson-Residuen > 2.5 auf 2 reduziert werden. E-Bikes sind ein relativ neues Phänomen und es ist zu erwarten, dass die Fallzahlen in den nächsten Jahren zunehmen und vertiefte Analysen durchgeführt werden können.

- # Verunfallte Fahrradfahrende ~ (Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + Radweg + grösstes Fahrzeug + Beeinträchtigung) * (Alter + Geschlecht + Unfalltyp)

- 17'754 Beobachtungen
- # Verunfallte E-Bikes ~ (Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + grösstes Fahrzeug + Beeinträchtigung) * (Alter + Geschlecht + Unfalltyp)
- 1207 Beobachtungen

Modelle für Lkw-Lenkende

Bei den Lkw werden Lenkende ausgewählt, welche mit Lastwagen und Sattelschleppern bis und über 7.5 t unterwegs sind. Der Fokus liegt auf den von den Lkw-Lenkenden direkt beeinflussten Unfällen. Deshalb werden nur Unfälle analysiert, wo die Lkw-Lenkenden als Hauptverursacher ausgewiesen sind. Der Hauptverursacher im Unfallprotokoll wird vor Ort von der Polizei festgelegt und muss nicht zwingend dem endgültigen gerichtlichen Entscheid entsprechen. Da Lkw-Lenkende in der Regel Berufsfahrende sind, werden die soziodemographischen Eigenschaften (Alter und Geschlecht) ausgeklammert. Für eine feinere Unterteilung würde auch die Fallzahl nicht ausreichen. Unterschieden werden hingegen in- und ausländische Lkws.

- # Verunfallte ~ (Unfalltyp + Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Ablenkung + Beeinträchtigung + Unfallursache) * (Herkunft Lkw)
- 1'579 Beobachtungen

Modelle für Motorradfahrende

Bei den Motorradfahrenden werden die Altersklassen der über 65-Jährigen zusammengefasst, da es sonst in diesen Kategorien zu wenige Beobachtungen/Unfälle gäbe.

- # Verunfallte ~ (Ort + Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Fahrzweck + grösstes Fahrzeug + Beeinträchtigung) * (Alter + Geschlecht + Unfalltyp)
- 25'003 Beobachtungen

Modelle für ÖV-Chauffeure/eusen

Beim öffentlichen Verkehr (ÖV) werden nur Unfälle mit zwei Beteiligten berücksichtigt. Der Unfalltyp ist bei Unfällen mit ÖV-Fahrzeugen häufig nicht genau bestimmt (Kategorisierung „Andere“). Dieser Einflussfaktor wird darum nicht berücksichtigt. Ebenfalls weggelassen wird der Strassenort, da dieser meist innerorts liegt. ÖV-Chauffeure/eusen sind in der Regel auch Berufsfahrer, weshalb die soziodemographischen Einflussfaktoren ebenfalls keine Berücksichtigung finden. Als bedingter Einflussfaktor wird hingegen der ÖV-Typ (Zug, Bus oder Tram) modelliert, da die weiteren Einflussfaktoren davon abhängig sein können.

- # Verunfallte ~ (Strassenzustand + Sicht + Verkehrszeit + Unfallstelle + Konfliktpartner) * ÖV-Objekt
- 1'919 Beobachtungen

3.4 Massnahmendesign

Wie im Unterkapitel 3.3 dargestellt, erfolgte die Identifikation besonders auffälliger Risikokonstellationen auf einer ersten Stufe separat für einzelne Verkehrsteilnahmemodi (PW-Lenkende, Zufussgehende, Velofahrende, motorisierte Zweiräder, Schwerlastverkehr, Öffentlicher Verkehr). Dieses Vorgehen wurde gewählt, um einem ganzheitlichen Ansatz bei der Massnahmengenerierung zu genügen. Dabei werden auch Zielgruppen betrachtet, die aufgrund ihrer Auftretenshäufigkeit in den betrachteten Unfallstatistiken durch die Dominanz des PW-Anteils am Unfallgeschehen anderweitig unberücksichtigt blieben.

In einem nächsten Schritt wurden grundsätzlich für jede Verkehrsmittelgruppe die relevantesten ersten beiden Risikokonstellationen innerhalb einer Rangreihe ausgewählt. Für PW-Lenkende wurden fünf und für die Velofahrenden drei Konstellationen selektiert sowie für die Lkw- und ÖV-Lenkenden je eine. Als massgebend für die Relevanz einer Konstellation (Rangreihenposition) dient nunmehr die Anzahl von beobachteten Fällen einer bestimmten Konstellation sowie die empirische Bestätigung und Validierung dieser Kon-

stellation durch die unabhängigen (Verkehrsnetz-) Analysen im Rahmen des TP 2-M. Dieses Vorgehen soll sicherstellen, dass Massnahmenbündel generiert werden, die auf empirisch gesicherten Risikokonstellationen fussen, die sich im Rahmen einer Kreuzvalidierung beständig zeigen und dabei aufgrund der hohen Auftretensrate einen breiten Wirkungskreis versprechen.

Im Kontext der Charakteristika selektierter Risikokonstellationen erfolgten auf dritter Stufe explizit eine inhaltliche Interpretation und die Ableitung von Kausalannahmen. Dies erscheint zielführend, um ursachenbezogene Massnahmen zu generieren. Grundlegend werden dabei personengruppenspezifische und situationsspezifische Attribute gegenübergestellt. Daraus werden Annahmen über suboptimale Regelungsprozesse im Sinne des Arbeitsmodells von Ohnmacht et al. (2014), basierend auf der derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnislage (*State-of-the-art*), formuliert. Allgemein beschrieben wird davon ausgegangen, dass eine Personengruppe mit einem definierten Eigenschaftsset über eine latente Disposition zur suboptimalen Regelung verfügt, die sich innerhalb von Situationen mit definierten Eigenschaften mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in einer sicherheitskritischen Performanz manifestiert und in Unfallhäufungen resultiert. Diese Formulierung von Kausalannahmen dient als Ausgangspunkt für die Massnahmenableitung, indem sie kritische Teilkomponenten hervorhebt. So ist es für die Massnahmeneffektivität relevant, auf welcher Regulationsebene (Rasmussen, 1983, Reason, 1994) beziehungsweise welche Komponente (vgl. Fuller-Modell in Kap. 3.6; Ohnmacht et al., 2014) eine zentrale Rolle für das Ausführen sicherheitsgefährdender Handlungen trägt. Zum Beispiel bietet und verlangt ein hohes Risikoakzeptanzniveau andere zentrale Ansatzpunkte durch Massnahmen als eine suboptimale Verarbeitung notwendiger sensorischer Informationen.

3.4.1 Massnahmenauswahl

Die Auswahl der Massnahmen wurde entlang anerkannter Massnahmentaxonomien getroffen, welche im Kapitel 3.5 eingeführt werden. Die konkrete Massnahmenidentifikation erfolgte im Rahmen einer systematischen Analyse der einschlägigen Literatur. Basierend auf den Kausalannahmen wurden Schlagwörter generiert und wissenschaftlichen Literaturdatenbanken zugeführt (JSTOR, *sciencedirect*, *psyndex*). Anschliessend wurden identifizierte Massnahmenansätze nach sachlogischen Überlegungen in einen Massnahmenpool überführt. Dabei sollten laut der Festlegung mit der Leitungsgruppe VeSPA nur für die Schweiz innovative und bisher noch nicht eingeführte beziehungsweise noch nicht im Rahmen von *Via sicura* eingeplante Massnahmen berücksichtigt werden.

Um Massnahmen mit Blick auf Effektivitätsindikatoren zu bewerten, stehen prinzipiell drei grundlegende Ansätze zur Auswahl. Erstens sind als *Goldstandard* Evaluationsstudien denkbar, die in Abhängigkeit ihres experimentellen beziehungsweise quasi-experimentellen Zugangs ein mehr oder wenig valides Urteil über die Effektivität einer Massnahme zulassen. Aufgrund des Untersuchungsaufwandes, der Untersuchungskosten sowie der untersuchungstechnischen Anforderungen (z. B. Kontrolle von Störvariablen, vergleichbare Kontrollgruppen etc.) können Evaluationsstudien stets nur auf klar umgrenzte Massnahmen beziehungsweise Massnahmenkombinationen fokussieren. Für eine breite Massnahmenbewertung stehen als methodischer Zugang des Weiteren Expertenbefragungen zur Verfügung. Hierbei werden Personen aufgrund ihrer weitreichenden Expertisen und Kompetenzen ausgewählt und zu ihren Einschätzungen und Meinungen interviewt, etwa um dabei Wirkungsabschätzungen und -prognosen zu gewinnen. Als ein dritter Weg besteht die Möglichkeit einer systematischen Nutzung der Erkenntnisse aus bereits erfolgten Evaluationsstudien und/oder aus Metaanalysen, um die Massnahmenwirksamkeit vor dem Hintergrund ihrer empirischen Evidenz zu beurteilen. Mit Blick auf die hier verfolgten Forschungsfragen und dem breiten Ansatz in den Unfallanalysen scheint diese dritte Möglichkeit zielführend zu sein.

Untersuchungen zur Wirksamkeit der identifizierten Massnahmen wurden umfangreich recherchiert und zusammengetragen. Dabei basiert die Zusammenstellung auf Metaanalysen zu Massnahmenkonzepten (z. B. Elvik et al., 2009) und Analysen aus Primärstudien sowie verfügbaren technischen Berichten, welche im Rahmen der Erarbeitung von Verkehrssicherheitskonzepten erstellt wurden. Befunde aus Metaanalysen bieten den Vorteil, dass die Wirkungspotenziale über eine umfangreiche empirische Basis ermittelt

wurden und somit in der Regel quantifizierbar sind. Etwaige Schwächen von singulären Studien werden dadurch ausgeglichen. Mit Blick auf Replikation und Übertragbarkeit versprechen sie vergleichsweise valide Prognosen. Nachteilig ist, dass für neu entwickelte und/oder innovative Massnahmen aufgrund der noch nicht verfügbaren Datengrundlage naturgemäss keine Metaanalysen für Wirkungsindikatoren zur Verfügung stehen. Daher sollen zusätzlich Erkenntnisse aus Primärstudien beachtet werden, um auch neuere Entwicklungen von Massnahmenansätzen zu berücksichtigen. Daraus folgt, dass die Wirksamkeitsvorhersagen je nach Qualität der zugrundeliegenden Studien mehr oder weniger sicher sind. In den Fällen, wo keine zuverlässigen Angaben über die Wirksamkeit in der Literatur vorhanden sind, wird dieses gesondert vermerkt.

Pro Risikoklasse wurde in der Regel mindestens eine Massnahme nach sachlogischen Erwägungen ausgewählt, die, aufgrund ihrer nachgewiesenen Effektivität (Höhe der Unfallreduktion) und/oder indiziert durch Befunde in Sekundärindikatoren (verhaltensbasierte Effekte), für die identifizierte Risikokonstellation ein besonders hohes Effektpotenzial verspricht.

Für die Massnahmenauswahl je Risikokonstellation gelten somit zusammenfassend folgende Kriterien:

- Innovationsgehalt (neue, noch nicht umgesetzte Massnahmen).
- Die Massnahmen sollen sowohl bestehende Pakete (etwa Zwei-Phasen-Ausbildung) erweitern als auch neue Handlungsfelder aufzeigen.
- Aus dem Massnahmenpool je Risikokonstellation werden die aussichtsreichsten zwei bis drei Massnahmen ausgewählt und, falls Vergleichsstudien identifizierbar sind, hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewertet.

3.4.2 Massnahmenbewertung

Für die vielversprechendsten Massnahmen wurden die Potenziale in Form der absoluten Häufigkeit der Unfallsituationen mit Personenschaden pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$) aus der offiziellen Unfallstatistik ermittelt. Diese Häufigkeit gibt die potenziell durch die Massnahme angesprochenen jährlichen Unfallsituationen wieder, die auf den polizeilich registrierten Unfällen basieren, wobei die Dunkelziffern vernachlässigt werden. Die Werte entsprechen den Mittelwerten der Unfallzahlen aus 4 respektive 6 Jahren. Da die Unfallzahlen jährlich variieren sind die Werte als Grössenordnung zur groben Orientierung bezüglich der Unfallhäufigkeit zu verstehen.

Sofern wissenschaftliche Vergleichsstudien vorlagen, wurde die Wirksamkeit der Massnahme abgeschätzt. Unter der Wirksamkeit wird das absolute Reduktionspotenzial dieser Unfälle pro Jahr bei Umsetzung eines bestimmten Massnahmenansatzes verstanden. Diese Wirksamkeit wird anhand von Metaanalysen oder durch Analogieschlüsse aus bereits bestehenden Umsetzungsstudien begründet. Vorrangig werden Unfälle mit Personenschaden bewertet ($U_{(G+SV+LV)}$). Teilweise werden zudem Studien herangezogen, die lediglich die Wirksamkeit für Unfälle mit getöteten Unfallteilnehmenden (G) beziffern ($U_{(G)}$). Dies wird an der ansprechenden Stelle vermerkt. Falls Metastudien vorhanden sind, wird auch die Wirksamkeit weiterer Massnahmen aus dem Massnahmenpool je Risikokonstellation vorgestellt. Dabei fokussiert der vorliegende Bericht auf das wissenschaftliche und theoretische Wirkungspotenzial. Die politische Umsetzbarkeit wird hierbei nicht diskutiert und dafür im Synergiebericht behandelt (Buck et al., 2016).

Bei der Auswahl einer Massnahme nach dem Kriterium der hohen Wirksamkeit wird eine möglichst gute Abdeckung über die Dimensionen der vier Massnahmenbereiche (vgl. Kap. 3.5) angestrebt. Die Einführung von technischen Innovationen wird nicht als Massnahme *per se* aufgeführt, sondern es werden Handlungsempfehlungen mit Kopplung an ein Gesetz oder an eine Erziehungsmassnahme vorgestellt. Beispiele dazu sind eine Alkohol-Zündschlosssperre als gesetzliche Vorschrift für alkoholauffällige PW-

Lenkende (siehe Via sicura) oder Gurtpflicht als gesetzliches Obligatorium, welches in der Schweiz 1976 und 1981⁸ eingeführt wurde.

In erster Linie werden Massnahmen für die identifizierten Risikokonstellationen entwickelt. Jedoch kann die Wirkung einer Massnahme über eine Risikokonstellation hinausreichen und somit auf erweiterte Unfallsituationen abzielen. Dadurch ist es möglich, dass die betroffene Unfallsituation, die von der Massnahme potenziell angesprochen wird, von der eingangs statistisch identifizierten Risikokonstellation abweicht.

Die Auswahl und Bewertung der Massnahmen erfolgt nach den in der Tab. 6 dargestellten Dimensionen, welche im Folgenden definiert sind:

- **Potenzial:** Häufigkeit der Unfallsituation pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}/\text{Jahr}$), basierend auf einer Analyse des Strassenverkehrsunfall-Registers (VU). Die Zahlen sind jeweils auf die 10er Stellen gerundet, mit Ausnahme bei den Getöteten, welche aufgrund der geringen Mengen auf die Ziffer genau angegeben sind.
- **Anteil am Gesamtunfallgeschehen** in Prozent pro Jahr: Die absolute Häufigkeit der herausgearbeiteten Unfallsituation pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}/\text{Jahr}$) wird ins Verhältnis zum Gesamtunfallgeschehen gesetzt ($U_{(G+SV+LV)}/U_{\text{GES}(G+SV+LV)}$).
- **Wirksamkeit:** Entspricht der potenziellen Reduktion der Unfälle mit Personenschaden, wenn diese Massnahme eingeführt würde. Die Reduktion wird absolut pro Jahr angegeben ($U_{(G+SV+LV)}$). Zum Teil wird die Wirksamkeit für Unfälle mit getöteten Unfallteilnehmenden (G) beziffert. Dies wird durch die Einheit $U_{(G)}$ angezeigt.
- **Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont):** Es wird eine Angabe gemacht, in welchem Zeithorizont eine Umsetzung möglich sei.
- **Zukünftige Entwicklung/Trends:** Es werden die Trends aufgeführt, die mit der Massnahme in Verbindung steht.
- **Wirtschaftlichkeit:** Bewertung der ausgewählten Massnahmen hinsichtlich technischer Realisierbarkeit, zukünftiger Entwicklung/Trends und Wirtschaftlichkeit.

Tab. 6 Dimensionen der Massnahmenbewertung

Bewertungsdimension	Beschreibung	Beispiel
Potenzial $U_{(G+SV+LV)}$	Durchschnittliche absolute Häufigkeit der Unfallsituation pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$)	1000 $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)	Verhältnis zwischen Häufigkeit der Unfallsituation pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$) und dem Gesamtunfallgeschehen pro Jahr ($U_{\text{GES}(G+SV+LV)}$)	XX.X %
Wirksamkeit $U_{(G+SV+LV)}$	Bei Einführung der Massnahme zeigen Studien eine Reduktion von XX %. Dadurch kann die absolute Häufigkeit der reduzierten Unfallsituationen pro Jahr abgeschätzt werden.	$1000 \cdot 10 \% = 100 U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	In welchem Zeithorizont ist eine Umsetzung möglich?	Kurzfristig bis langfristig (ggf. Jahresangaben)
Zukünftige Entwicklung/Trends	Nimmt dieses Problem zukünftig zu? (demographischer Wandel, mehr Ältere = mehr Unfallsituationen?, Modal-Split-Entwicklungen, Peak Car bei jugendlichen Automobilisten, selbstlenkende Fahrzeuge etc.)	Abnehmend, gleichbleibend oder zunehmend (ggf. Jahresangaben)
Wirtschaftlichkeit	<i>Cost-Benefit-Ratio</i> (nur, wo möglich und Studien vorhanden sind)	Wirtschaftlich bis unwirtschaftlich

⁸ In der Schweiz wurde die Gurtpflicht 1976 und erneut 1981 eingeführt. Von Oktober 1977 bis 1980 kam es zu einer Aussetzung des Gesetzes (Ewert & Fitz, 2004).

3.5 Identifikation von Massnahmenbereichen

Es gibt unterschiedliche Ansätze, um Verkehrssicherheitsmassnahmen zu kategorisieren. Eine der bekanntesten Taxonomien (4 „E's“) unterscheidet vier Hauptkategorien von Massnahmenbereichen: *engineering*, *education*, *enforcement* und *economy*.

In der Verkehrssicherheitsarbeit wird klassischerweise zwischen ingenieurtechnischem *engineering*, welches sich auf die Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeuge bezieht, und verhaltensorientierten Massnahmen unterschieden (Brucks et al., 2012). Die verhaltensorientierten Massnahmen zielen direkt auf einzelne Aspekte des Verkehrsverhalten und werden noch einmal in die Bereiche Information und Ausbildung (*education*), Überwachung und Ahndung (*enforcement*) sowie ökonomische Massnahmen (*economy*) gegliedert (Ahrens et al., 2010). Den technischen Massnahmen (*engineering*) mit Bezug auf die Strassengestaltung und die Fahrzeuge wird demgegenüber ein mittelbarer Einfluss auf das Verkehrsverhalten beigemessen. Der Massnahmenbereich *enforcement* beinhaltet eine Eingriffstätigkeit der öffentlichen Verwaltung in die Rechte der Einzelnen. Die anderen drei Bereiche können als Leistungstätigkeit angesehen werden, da sie im Zusammenhang mit staatlichen Leistungen stehen.

Es gilt anzumerken, dass Einzelmassnahmen zwar schon für sich wirksam sein können, jedoch deren Wirkung durch ein synergetisches Zusammenspiel mit anderen Massnahmen noch einmal erhöht werden kann (Ahrens et al., 2010).

3.5.1 Technische Massnahmen (*engineering*)

Technische Massnahmen sind nach Ahrens et al. (2010) in der öffentlichen Meinung und bezüglich der Finanzierung am einfachsten zu legitimieren. Zu solchen Massnahmen gehören zum Beispiel durchgehende Velonetzrouten, sichere Verkehrsanlagen, breitere Strassen oder das Fällen von Bäumen am Strassenrand.

Ahrens et al. (2010) gliedern diesen Massnahmenbereich in:

- Planung, Bau und Betrieb der Infrastruktur
- Fahrzeuge
- Kommunikationstechnik und Schnittstellen.

Bei den Fahrzeugen wird zwischen aktiver und passiver Fahrzeugsicherheit unterschieden. Bei einer aktiven Fahrzeugsicherheit sollen Unfälle vermieden werden, bei einer passiven Fahrzeugsicherheit sollen die Folgen von Unfällen verringert werden (Ahrens et al., 2010). Im vorliegenden Bericht wird für eine exaktere Beschreibung der Massnahmen auch der Begriff „fahrzeugseitige Massnahmen“ verwendet.

3.5.2 Information und Ausbildung (*education*)

Die Hauptursache bei Unfällen sind menschliche Fehler und unangepasstes, gefahrenträchtiges Verhalten. Solche Ursachen werden allein oder in Interaktion mit ungünstigen Bedingungen bei Verkehrswegen und Verkehrsmitteln für über 90 Prozent aller Verkehrsunfälle verantwortlich gemacht (Ahrens et al., 2010). Mit Massnahmen im Bereich Information und Ausbildung sollen die Verkehrsteilnehmenden über die Regeln und die Konsequenzen des eigenen Verhaltens im Strassenverkehr informiert und aufgeklärt werden.

Ahrens et al. (2010) unterscheiden den Massnahmenbereich „education“ in:

- Ausbildung, Aufklärung und Erziehung
- Marketing und Öffentlichkeitsarbeit.

3.5.3 Überwachung und Ahndung (*enforcement*)

Die ordensrechtlichen Massnahmen *enforcement* unterteilen sich nach Ahrens et al. (2010) zufolge in die drei Bereiche:

- Gesetzgebung (inkl. Umsetzung durch Ge- und Verbote, Beschilderung, Verkehrsregeln nach Strassenverkehrsgesetz (SVG))
- Überwachung
- Ahndung.

In der vorliegenden Untersuchung beschreibt die Massnahmenkategorie „Überwachung und Ahndung“ alle drei Teilbereiche. Verkehrsregeln werden aus verschiedenen Gründen durch unbeabsichtigte oder beabsichtigte Verstösse nicht eingehalten. Zu unbeabsichtigten Regelverstösse kann es infolge von Unaufmerksamkeit, Unkonzentriertheit oder Vergesslichkeit kommen; absichtliche Regelverstösse werden bewusst begangen (Gehlert, 2011).

3.5.4 Ökonomische Massnahmen (*economy*)

Anreiz- beziehungsweise Belohnungssysteme beeinflussen im Gegensatz zu Geboten und Verboten das Verkehrsverhalten positiv. Das heisst, Verkehrsteilnehmende werden dazu animiert, ein entsprechend erwünschtes Verkehrsverhalten zu wiederholen, da dies für sie in positiven Konsequenzen resultiert.

Ahrens et al. (2010) gliedern den Massnahmenbereich *economy* in:

- Steuerliche Massnahmen
- Preispolitische Massnahmen
- *Incentives*, Subventionen.

In der Verkehrssicherheitsarbeit können monetäre Anreize direkt das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmenden beeinflussen, wie beispielsweise durch neue Versicherungsmodelle, die eine Prämienreduktionen bei besonders sicherem Verhalten gewähren (Ahrens et al., 2010). Auch kann der Staat mit Subventionen auf die Kaufentscheidung der Konsumenten hin zu sicheren Fahrzeugen oder Sicherheitsausrüstung einwirken (Ahrens et al., 2010).

Gehlert (2011) nennt verschiedene Arten von positiven Anreizen zur Verhaltensbeeinflussung:

- Materielle Belohnung
- Soziale Belohnung
- Angenehm erlebte Tätigkeit oder Aktivität
- Informativ oder verdeckte Belohnungen.

3.5.5 Überblick über Massnahmenfelder

Die unten aufgeführte *Tab. 7* gibt einen Überblick zu den vier Massnahmenbereichen, welche in den vorausgegangenen Kapiteln 3.5.1 bis 3.5.4 eingeführt wurden, und den dazu gehörigen Massnahmenfeldern.

Tab. 7 Massnahmenbereiche, -felder und -beispiele der Verkehrssicherheitspolitik

Massnahmenbereiche	Massnahmenfelder	Massnahmenbeispiele
Technische Massnahmen (<i>engineering</i>)	Bau und Gestaltung der Verkehrsinfrastrukturen	Kreuzungsfreier Verkehr dank Mittelplanke, Fällen von Baumalleen, Sanierung von Gefahrenstellen
	Strassenverkehrstechnik/ Kommunikationstechnik	Anwenden einer neuen Verkehrsflusstheorie, Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Beschilderung und Markierungen für Geschwindigkeitsreduzierungen
	Aktive Fahrzeugsicherheit (Vermeidung von Unfällen)	Förderung von Bremsassistenten (z. B. ABS)
	Passive Fahrzeugsicherheit (Verringerung der Folgen bei Unfällen)	Einbauen von Airbag-Systemen
	Rettungswesen	Koordination von Schutz und Rettung
Information und Ausbildung (<i>education</i>)	Ausbildung, Aufklärung und Erziehung	Veloschulung mit Primarschüler-schaft, Obligatorische Schleuderkurse für Neulenkende
	Marketing und Öffentlichkeitsarbeit	Präventionskampagnen zum Schul-anfang, Publizieren von <i>Best Practices</i> in den Medien
Überwachung und Ahndung (<i>enforcement</i>)	Gesetzgebung (Ge- und Verbote)	Tempo 80 ausserorts, Promillegrenze 0.5
	Überwachung	Verkehrskontrollen (inkl. „Blitzer“)
	Bessere Durchsetzung von bestehenden Regeln	Verbot entgeltlicher und öffentlicher Warnungen vor Verkehrskontrollen
	Präventive Massnahmen	Verbot des Fahrens unter Alkoholein-fluss für bestimmte Personengruppen
	Ahndung/Sanktionierung (repressive Massnahmen)	Einziehen von Fahrzeugen bei Ra-sern, Fahrausweisentzug
Ökonomische Massnahmen (<i>economy</i>)	Steuerliche Massnahmen	Steuerliche Vergünstigungen für Personen, die ein Neufahrzeug mit zusätzlichem Sicherheitssystem anschaffen
	Preispolitische Massnahmen	An die Risiken der Versicherten angepasste Versicherungsprämien
	Incentives, Subventionen, Belohnungen (materiell, sozial, informa-tiv)	Subventionen für Fahrzeugsicher-heitssysteme
Verbesserung der Daten-grundlage	Verbesserung der Datengrundlage	Optimierung der Unfallstatistik

3.5.6 Unterteilung nach Unfallbeteiligung (EGO & ALTER)

Zusätzlich zu der Klassifikation der ausgearbeiteten Massnahmen in die vier Massnahmenbereiche wird je nach Gegebenheit weiter eine Unterteilung nach Unfallbeteiligung in EGO oder ALTER vollzogen.

Die Identifikation von Risikokonstellationen erfolgte in einem ersten Auswahl-schritt inhaltlich begründet und basierend auf Verkehrsteilnehmergruppen (PW-Lenkende, Velofahrende, Zufussgehende, Motorradfahrende, Lkw-Lenkende etc.). Da sich dabei für die einzelnen Konstellationen in der Regel charakteristische Unfallsituationen beschreiben las-

sen, in denen andere Verkehrsteilnehmende beteiligt sind, können in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Ursachen sowohl Massnahmen für anfänglich betrachtete Verkehrsteilnehmergruppen als auch Massnahmen, bezogen auf den Unfallgegner, zur Reduktion der Unfallwahrscheinlichkeit wirksam sein.

Beziehen sich die Massnahmen auf die für die Analyse anfänglich gewählte Zielgruppe, werden diese in der Darstellung mit EGO gekennzeichnet. Beziehen sich die Massnahmen auf die in den Analysen identifizierten typischen Unfallgegner, erfolgt der Verweis durch das Label ALTER.

So kann beispielsweise begründet angenommen werden, dass, bezogen auf die Gruppe der Motorradfahrenden, Kollisionen mit PW an Kreuzungen eine typische Unfallkonstellation darstellen. Zunächst ungeachtet der Schuldfrage, ist die Erhöhung der visuellen und kognitiven Auffälligkeit eine denkbare Massnahme, bezogen auf die Motorradfahrenden (EGO). Die Sensibilisierung der PW-Lenkenden für Motorradfahrende wäre ein vorstellbarer Massnahmenansatz, bezogen auf PW-Lenkende (ALTER).

3.6 Unfallklärungsmodell nach Fuller

Insbesondere für die Massnahmenformulierung wird ein Modell benötigt, das die Unfallentstehung heuristisch verständlich macht. Denn für die Variablen aus den statistischen Analysen, wie etwa eine bestimmte Altersklasse in einem bestimmten Fahrzeug, sind Brückenhypothesen für die Ursachen des Unfallgeschehens erforderlich, die nicht aus der Statistik abgeleitet werden können. Erst durch theoriegeleitete Kausalannahmen kann das Spektrum für die Massnahmenformulierung festgelegt werden.

Wie kommt es zu Verkehrsunfällen? Bevor Massnahmenfelder formuliert werden können, sollte die Entstehung eines Verkehrsunfalls vergegenwärtigt werden. Basierend auf Kontrolltheorien der Fahraufgabe können drei elementare Konzepte identifiziert werden, die innerhalb eines Wirkmodells zentrale Elemente zum Verständnis für die Entstehung von Verkehrsunfällen sind.

Das *Fahraufgaben-Fähigkeits-Interface* (Abbildung 2), basierend auf Fuller (2005), als eine erste Komponente beschreibt das Verhältnis von Fahraufgabenanforderung (A) und Fahrerfähigkeit respektive -können (K). Durch das Verhältnis dieser beiden Grössen ist die Aufgabenschwierigkeit der Fahraufgabe determiniert. Die Schwierigkeit der Fahraufgabe wächst, wenn Anforderungen in Relation zu vorhandenen Fähigkeiten stärker zunehmen. Ein Kontrollverlust wird wahrscheinlicher, wenn die situative Anforderung die Bewältigungsfähigkeit übersteigt ($K < A$). Unter diesen Gegebenheiten können Unfälle entweder durch kompensatorische Handlungen anderer Verkehrsteilnehmender respektive durch „glückliche“ Umstände vermieden werden (sog. „*lucky escapes*“) oder aber es kommt zur Kollision.

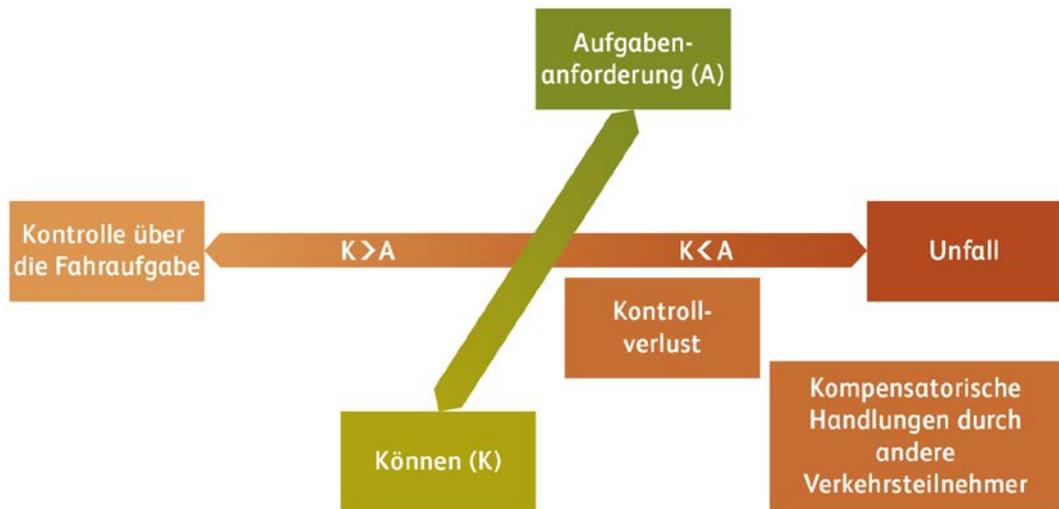


Abb. 2 Fahraufgaben-Fähigkeits-Interface

Anforderungen durch die Fahraufgabe und damit die Aufgabenschwierigkeit stellen jedoch keine statischen Komponenten dar, sondern werden einerseits durch ein dynamisches Verkehrsumfeld und andererseits durch das regulative Moment der Aufgabe „Fahren“ selbst (*Self-paced-Aufgabe*) bestimmt. So können die Fahrenden durch die Wahl der Geschwindigkeit selbst die Aufgabenschwierigkeit regulieren und damit auf wechselnde Aufgabenanforderungen adaptiv reagieren (z. B. Geschwindigkeitsreduktion bei Glätte). Dies ermöglicht dem Lenkenden sicherzustellen, dass Können und Anforderungen in adäquater Beziehung zueinander stehen.

Diese Eigenschaft eines selbstregulativen Moments der Fahraufgabe wird als zweite grundlegende Komponente im Sinne eines *Feedback-Loop* (Abbildung 3) durch die Kontrolltheorie aufgegriffen. Der Feedback-Loop basiert auf einem kybernetischen Regelkreis, der aus vier zentralen Komponenten besteht: einem Referenzwert, einem Komparator, einer Input- und einer Outputfunktion. Gemäss Carver & Scheier (1988) sind bei menschlichen Selbstregulationsprozessen (in diesem Anwendungsfall Verkehrshandeln) konkrete Ziele vorangestellt, die eine Referenz (erwünschter Zustand) erzeugen (bei Glätte durch reduzierte Geschwindigkeit sicher ans Ziel zu kommen).

Die Referenz steht im Mittelpunkt des Selbstregulationsprozesses und beschreibt eine präferierte Aufgabenschwierigkeit und somit die Risikobereitschaft des Fahrenden. Beim Input handelt es sich um die wahrgenommene Information (erhöhte Schwierigkeit durch Driften aufgrund von Glatteis). Der Komparator (Abgleich zwischen Situation und Referenz) vergleicht die Ist-Situation mit der Referenz. Bei Abweichungen erfolgt eine Regulation (Output, z. B. Geschwindigkeitsminderung), die wiederum eine Auswirkung auf die Situation hat, woraufhin ein erneutes Abgleichen erfolgt. Kurzum: Die Fahrsituation verändert sich, diese wird wahrgenommen, antizipiert und dann mit dem Gleichgewichtszustand und der Referenz abgeglichen. Daraus folgt – im (optimalen) Falle der Anwendung auf die Unfallentstehung – eine (Verkehrs-)handlung zur Gefahrenvermeidung.

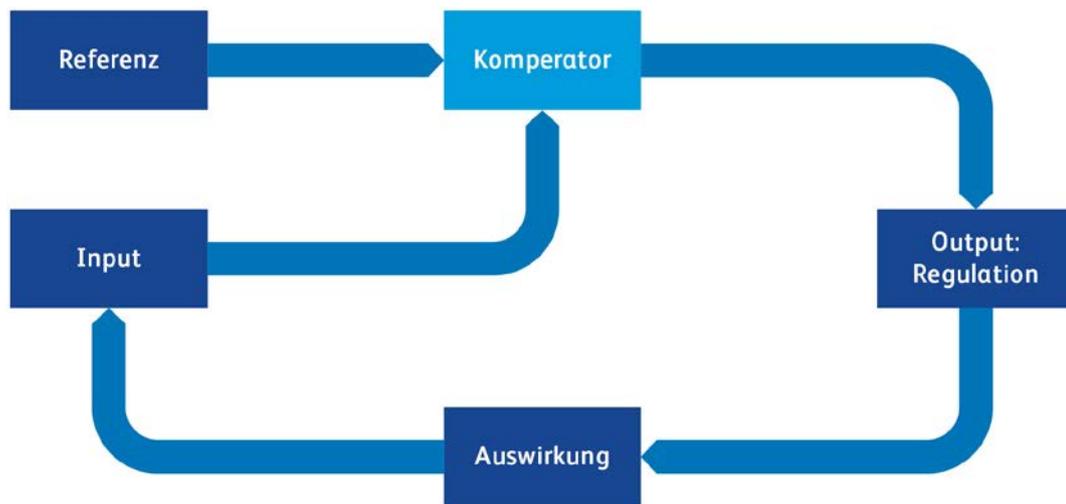


Abb. 3 Feedback-Loop

Ein drittes Kernelement beschreibt, dass der Fahrende durch die Regulation den Zustand eines optimalen Anforderungslevels anstrebt, bei der er das höchste Mass an Performanz respektive ein Optimum in der Ausführung erreicht. Dabei sind einerseits zu niedrige Anforderungen suboptimal und mit Gefühlen von Langeweile und Monotonie assoziiert. Andererseits sind zu hohe Anforderungen suboptimal und gehen mit Gefühlen der Überforderung, Angst und „Notlage“ (*Disstress*) einher. Ein optimaler Anforderungsgehalt führt zu Eustress, *Flow-Erleben* – man fühlt sich ausgelastet und der Fahrsituation gewachsen (Abbildung 4).

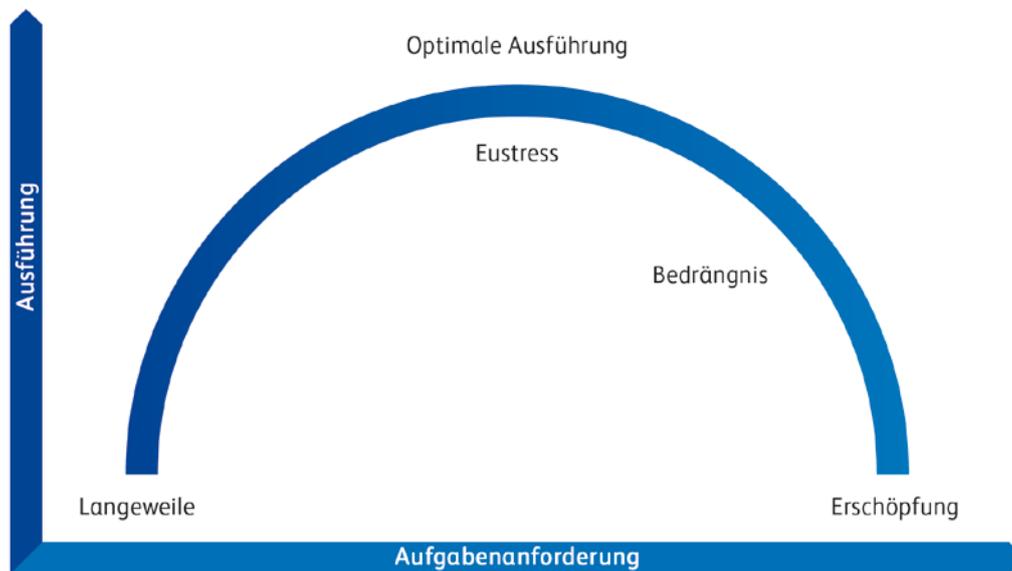


Abb. 4 Aufgabenanforderung und Ausführung

Diese drei grundlegenden Überlegungen können zusammenfassend in einem Wirkungskreis abgebildet werden (Abbildung 5). Unfälle werden dann wahrscheinlich, wenn durch eine suboptimale Regulation die Anforderungen der Fahraufgabe die Bewältigungskompetenz übersteigen. Suboptimale Regulationen können begründet sein, wenn Anforderungen der Aufgabe sehr kurzfristig wechseln. Dies erfolgt insbesondere dann, wenn aufgrund einer erhöhten Risikobereitschaft der Sicherheitsbereich für die Kompensation ($K > A$) durch eine Regulation gering und damit weniger fehlertolerant ist und/oder wenn durch eine Diskrepanz zwischen subjektiv empfundenen Bewältigungskompetenzen und objektiv vorhandenen Bewältigungskompetenzen (Selbstkalibration) die Grundlage für eine erfolgreiche Regulation fehlt. Mit Blick auf den ständigen Wechsel von Fahranforderungen ist weiterhin nicht nur von Bedeutung, wie gut der Fahrende aktuelle Anforderungen wahrnimmt oder bewertet, sondern ebenso, wie gut der Fahrende einen solchen

Wechsel und damit unmittelbar zukünftige Anforderungen antizipieren respektive vorwegnehmen kann.

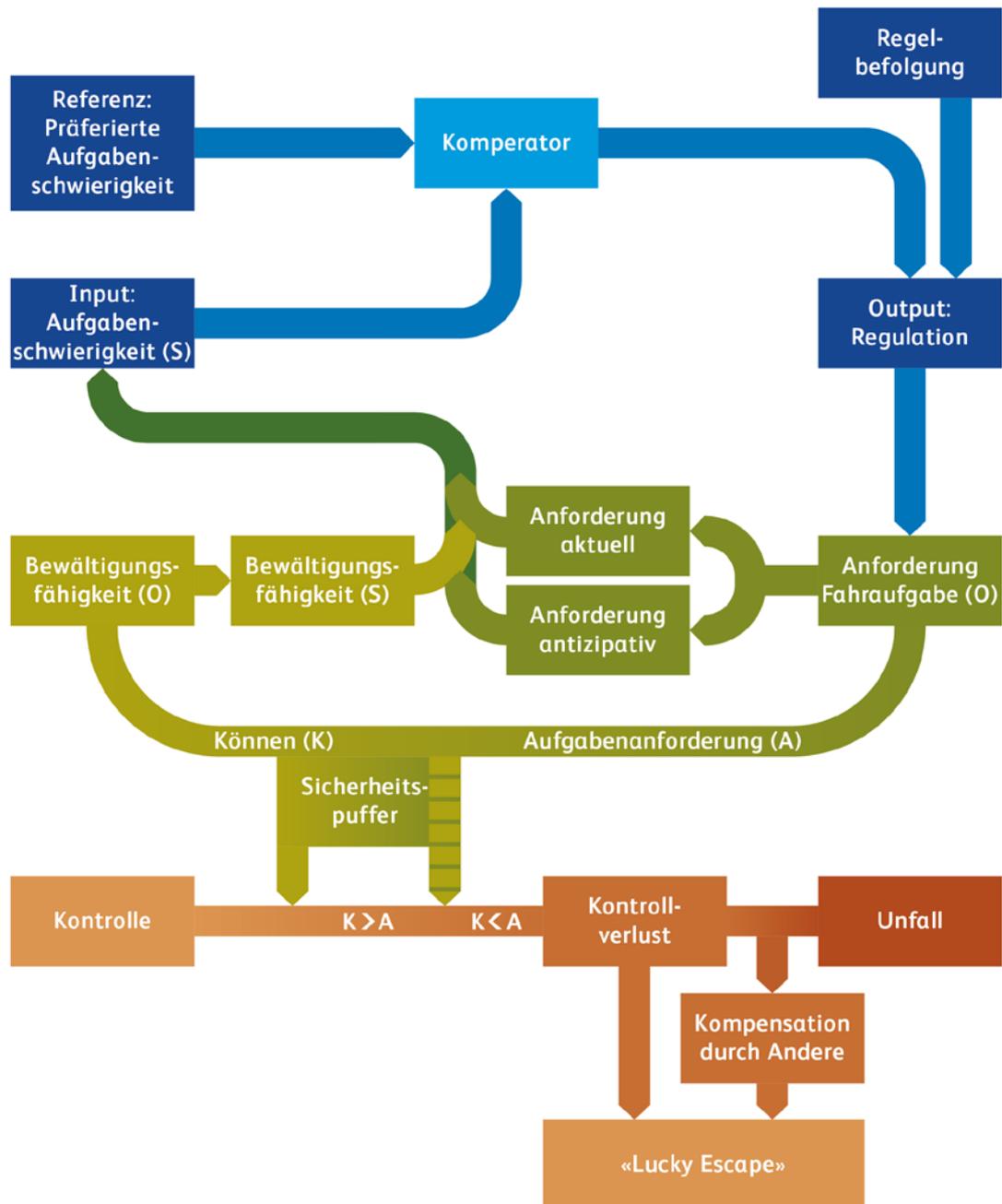


Abb. 5 Theoretischer Rahmen - Wirkmodell (adaptiert nach Fuller, 2005)

Im Wirkungskreis können verschiedene kritische Stellen hervorgehoben werden: Wird die objektive Bewältigungskompetenz adäquat eingeschätzt? Wird die Anforderung der Aufgabe (im Rahmen einer sich dynamisch ändernden Fahrumgebung) adäquat wahrgenommen? Wie hoch ist das akzeptierte Risiko? Wie sieht es mit der normativen Compliance (Regelbefolgung) aus?

Das Unfallklärungsmodell von Fuller wird als Grundlage verwendet, wenn Ursachen und Kausalannahmen vonnöten sind, um die Unfälle an bestimmte Massnahmen zu koppeln (siehe auch Unterkapitel Ursachen/Kausalannahmen ab Kap. 5.1 bis Kap. 5.14).

3.7 Abgrenzung zu HMI-Ansätzen zur Erklärung des Unfallgeschehens

Das Fuller-Modell, dargestellt in Kap. 3.6, nennt aus unserer Sicht zentrale Stellgrössen und Wirkzusammenhänge, die zum Verständnis der Entstehung oder der erfolgreichen Vermeidung von Verkehrsunfällen beitragen.

Innerhalb des Modelles können dabei weitere Themengebiete detaillierter spezifiziert werden. So ist zum Beispiel für eine optimale Perzeption von Aufgabenanforderungen die menschengerechte Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen (*Human-Machine-Interface*, HMI) relevant.

Das bedeutet einerseits, dass unter anderem Informationen, die den Lenkenden zur Diagnose der Fahrsituation durch assistierende Systeme zur Verfügung gestellt werden und ihn unterstützen sollen, wesentlichen Charakteristika menschlicher Informationsverarbeitung Rechnung tragen müssen (Informationsmenge, -art, -kanal, -zeitpunkt, -ort) (vgl. Norman, 2002; Wickens et al., 2004). Andererseits soll die Gestaltung von Fahrzeugen angemessene Rückmeldungen an den Lenkenden ermöglichen, um aktuelle Merkmale der Fahraufgabe erkennen zu können.

So ist zum Beispiel die zunehmende Isolierung von Fahr- und Umgebungsgeräuschen (Dämpfung von Strassenunebenheiten) durchaus eine komforterhöhende Massnahme, kann aber aufgrund der eingeschränkten respektive reduzierten Rückmeldung aus sicherheitsrelevanter Perspektive die Wahrnehmung der gefahrenen Geschwindigkeit entscheidend ändern.

Weiterhin spielt bei der Betrachtung von HMI die menschengerechte Gestaltung von Bedienelementen (Ergonomie) eine bedeutende Rolle. Bedienelemente sollten so gestaltet sein, dass sie den Fahrer bei der Ausführung von getroffenen Handlungsabsichten unterstützen, die Fehlerwahrscheinlichkeit auf Ausführungsebene reduzieren beziehungsweise Fehlertoleranz (Fehler „verzeihend“) gewährleisten und darüber hinaus wiederum angemessene Rückmeldung bei fehlerhafter Bedienung geben.

Unter Beachtung des Zieles einer ganzheitlichen Betrachtung des Schweizer Unfallgeschehens scheint eine besondere Berücksichtigung der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen allerdings zu eingrenzend und zum Teil nicht zielführend.

So steht aus sachlogischen Überlegungen zum Beispiel bei Massnahmen zur Rückfallprävention von Alkoholfahrten oder bei Unfällen von älteren Fussgängern auf Plätzen nicht zwingend eine Berücksichtigung von HMI-Aspekten an erster Stelle.

An anderen Stellen werden HMI-Aspekte, wie die Rückmeldung über die aktuelle Fahrsituation an Lenkende durch das Fahrzeug, genannt (z. B. erhöhte Geschwindigkeit bei Kurvenfahrt von Motorrädern), ohne explizit auf HMI zu verweisen. Eine detaillierte Betrachtung der optimalen Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen (Wie muss ein Assistenzsystem aus informationsverarbeitender und ergonomischer Perspektive gestaltet sein?) kann unter Berücksichtigung des Projektfokus nicht primärer Gegenstand sein und muss daher in Arbeiten mit speziellem Fokus erfolgen.

4 Hauptergebnisse der empirischen Analysen und Beispiele aus dem Massnahmenpool

Anhand der in Kapitel 3.3 dargestellten statistischen Methoden zur Identifikation von Risikokonstellationen wurden je Verkehrsmittel eine Vielzahl an Auffälligkeiten identifiziert. Es wurden folgende Kriterien verwendet, um eine Auswahl für die Massnahmen je Risikokonstellation zu treffen:

- Abdeckung über eine breite Auswahl an Verkehrsteilnehmenden (PW-Lenkende, Motorradlenkende, Velofahrende, Zufussgehende, Lkw-Lenkende, Chauffeure/eusen des öffentlichen Verkehrs)
- Mengenmässige Bedeutung der Risikokonstellation: Handelt es sich um eine mengenmässig relevante Gruppe, für die es sich lohnt, Massnahmen umzusetzen?
- Stärke der Abweichung zwischen erwarteten und beobachteten Häufigkeiten (Pearson-Residuen): Ist diese Gruppe stark auffällig im Vergleich zu allen anderen aufgedeckten Risikokonstellationen?

Nach diesen Kriterien wurden die in Kapitel 4.1 bis 4.6 dargestellten 14 Risikokonstellationen für die Massnahmenentwicklung identifiziert. Nachfolgend werden diese kurz erläutert, wobei ein Abgleich mit den Ergebnissen aus TP 2-M erfolgt und Beispiele aus dem Massnahmenpool aufgeführt werden. Die genauere Massnahmenbewertung wird in Kapitel 5 vorgestellt.

4.1 PW-Lenkende (PW)

Tab. 8 Risikokonstellationen (RK) für PW-Lenkende

RK 1	Selbst-/Schleuderunfälle durch junge, männliche Lenker, meist in der Nacht, häufig am Wochenende, auf nassen oder trockenen Strassen, wobei der Fahrer durch Rauschmittel beeinträchtigt ist (Alkohol, Drogen, Medikamente).
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. In TP 2 sind zusätzliche Auffälligkeiten auf Nationalstrassen (allg. Ausser-Orts-Strassen), Regen (dann aber eher bei Sachschäden) und schwachbelasteten Strassen (DTV) zu finden.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Intelligent Speed Adaption (ISA)</i> <p>Information und Ausbildung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integration eines <i>Hazard Perception Tests</i> in die Zweiphasenausbildung - Integration der Fahrassistenzsystem-Thematik (FAS) in die Fahrausbildung <p>Überwachung und Ahndung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nachfahrverbote am Wochenende für Fahranfänger und/oder Integration in die Zweiphasenausbildung - Restriktionen für Fahranfänger bei der Mitnahme von (jugendlichen) Passagieren (Integration in die Zweiphasenausbildung) <p>Ökonomische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „<i>Pay as/how you drive</i>“-Massnahmen
RK 2	Einbiegeunfälle, verursacht durch Fahrfehler, häufig bei feuchter oder nasser Strasse und beeinträchtigter oder schlechter Sicht, teilweise in der Hauptverkehrszeit. Diese Konstellation ist allgemein auffällig, das heisst unabhängig von Geschlecht, Alter oder Migrationsstatus.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Dort gibt es zusätzlich empirische Evidenz bei Vorfahrt, Kreisverkehren und beim Linkseinbiegen (Problem mit den von linkskommenden Fahrzeugen). Allerdings ist Nässe nicht auffällig in TP 2.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notbremsassistent (BAS) <p>Information und Ausbildung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autonomer Notbremsassistent (<i>Advanced Emergency Braking System (AEBS)</i>) - Integration eines <i>Hazard Perception Tests</i> in die Zweiphasenausbildung - Obligatorische Rückmeldefahrten für Fahrende ab 70 Jahren

	- Training von Risikobewertung/Verkehrsraumwahrnehmung
	Ökonomische Massnahmen: - Versicherungsboni für sicherheitsrelevante Fahrzeugassistenzsysteme (<i>Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)</i>)
RK 3	Ältere Lenkende verursachen Unfälle mit Zufussgehenden, teilweise bei nasser oder feuchter Strasse und/oder beeinträchtigter oder schlechter Sicht.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Auch dort haben Zufussgehende bei Nacht, Regen und bei Nässe Schwierigkeiten mit älteren PW-Lenkenden (Vermutung: Sicht und Griffigkeit der Fahrbahn).
	Technische Massnahmen: - Notbremsassistent (BAS) - Autonomer Notbremsassistent (AEBS) - (Nacht-)Sicht-Assistent
Massnahmenpool (Beispiele)	Information und Ausbildung: - Rückmeldefahrten für Fahrende ab 70 Jahren - Trainingsmassnahmen. Trainieren definierter Fahraufgaben im Realverkehr - Kognitives Training/Sichtfeld. Verkehrsbezogenes kognitives Training zur Schulung der Gefahrenwahrnehmung
	Ökonomische Massnahmen: - Versicherungsanreize für freiwillige Teilnahme an Trainingsmassnahmen - Monetäre Anreize für Sicherheits-FAS
RK 4 (Datenpooling AD-MAS/MOFIS)	Die Fahrzeugtypen in den auffälligen Risikokonstellationen sind Klein- und insbesondere Mittelklassewagen. Diese Fahrzeugtypen treten allgemein am häufigsten auf. Bei den spezielleren Fahrzeugen zeigt sich, dass bei den Risikokonstellationen mit Vans immer und bei solchen mit SUVs häufig eine Frau am Steuer sitzt. Die entsprechenden Lenkerinnen sind zwischen 25 und 79 Jahre alt. SUVs und Vans treten bei den Unfalltypen Auffahr- und Einbiegeunfälle auf. Junglenkende (18-24 Jahre) sind in der Risikokonstellation immer mit alten Fahrzeugen (Klein- oder Mittelklassewagen) unterwegs (älter als 2004). Das Gleiche gilt für die über 80-jährigen Lenkenden. Bei Risikokonstellationen mit neuen Fahrzeugen sind in der Regel 25-64-jährige Lenkende am Steuer.
Abgleich mit TP 2	Es sind keine validierbaren Aussagen aus TP 2 möglich (geringe Datenmenge).
	Technische Massnahmen: - Notbremsassistent/Autonome Notbremsassistenten (Ego & Alter) - Abstandsregulation/abstandswarnender Tempomat (Ego & Alter)
Massnahmenpool (Beispiele)	Information und Ausbildung: - Integration der FAS-Thematik in die Fahrausbildung - Information über Assistenzsysteme im Zusammenhang mit Rückmeldefahrten
	Ökonomische Massnahmen: - Insbesondere Nutzung und Akzeptanz von Versicherungsboni für sicherheitsrelevante Fahrzeugassistenzsysteme (ADAS) abhängig von Technikaffinität, zusätzliche Anreize notwendig.
RK 5 (Datenpooling AD-MAS/MOFIS)	Separate Analyse der Lenkenden mit ADMAS-Massnahmen: - Auffahrunfälle innerorts und auf Autobahnen, häufig während Verkehrsspitzen. In den auffälligen Konstellationen sind die Lenkenden in der Regel mit alten Mittelklasse-Fahrzeugen unterwegs, teilweise sind die Fahrzeuge aber auch neu. - Selbstunfälle; fast immer unter Beeinträchtigung von Rauschmitteln - Allgemein: Einbiegeunfälle innerorts
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Schleuder-Selbstunfall: Fahrfehler, Geschwindigkeit und Übermüdung sind auffällig auf Nationalstrassen. Fahrstreifenwechsel, Überholen, Auffahren: Vereinzelt Fahrfehler und Anzahl Massnahmen sind auffällig.
	Technische Massnahmen: - Alkohol-Lock für registrierte Alkoholsünder (<i>Via sicura</i> ab 2017) - Black-Boxen Obligatorium (<i>Via sicura</i> ab 2017)
Massnahmenpool (Beispiele)	Information und Ausbildung - Blutalkoholkonzentration-Rückmeldung-Stationen - Rehabilitation durch Kombination aus erzieherischer Intervention (Information), therapeutischen Interventionen sowie Bewährungsaufgaben, Monitoring

Überwachung und Ahndung:

- Fahrzeugbeschlagnahme
- Fahrzeugsanktionierung (*tagging vehicle*), zum Beispiel Einführung für Kontrollen erkennbarer Nummernschilder
- Gerichtlich basierte Intensivmassnahmen wie *DISP (Drivers Under the Influence (DUI) Intense Supervision Program)*
- *Electronic monitoring*

4.2 Zufussgehende (FG)

Tab. 9 Risikokonstellationen für Zufussgehende

RK 1	Unfälle von Kindern (0 bis 13 Jahre) auf geraden Strecken ohne und mit Fussgängerstreifen, häufig während Verkehrsspitzen, zum Teil auch bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Querungsunfälle tauchen bei Kindern überzufällig auf.
Massnahmenpool (Beispiele)	Technische Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Notbremsassistent (BAS) - Autonomer Notbremsassistent (AEBS) (inkl. Personenerkennung)
	Information und Ausbildung: <ul style="list-style-type: none"> - Online-basierte Schulwegplaner - Dynamische Rückmeldesysteme (<i>Dialog-Display</i>) - Verkehrserziehung von Kindern in Virtual Reality/Intelligenten tutoriellen Systemen (z. B. <i>SafeChild</i>) - Integration eines <i>Hazard Perception Tests</i> in die Zweiphasenausbildung
	Ökonomische Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Boni für sicherheitsrelevante Fahrerassistenzsysteme - Gamification, zum Beispiel <i>Speed Camera Lottery</i>
RK 2	Unfälle von älteren Zufussgehenden (65+) auf Plätzen oder auf dem Fussgängerstreifen, häufig Frauen.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. 65+ fallen als Problemgruppe ebenfalls auf.
Massnahmenpool (Beispiele)	Technische Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Notbremsassistent (BAS) - Autonomer Notbremsassistent (AEBS) (inkl. Personenerkennung)
	Information und Ausbildung: <ul style="list-style-type: none"> - Dynamische Rückmeldesysteme - Fitnessprogramme - Spezielle Übungstrainings zum Queren (u. a. Geschwindigkeitsabschätzung)

4.3 Velofahrende (VF)

Tab. 10 Risikokonstellationen für Velofahrende

RK 1	Einbiege- (allenfalls Abbiege-)Unfälle innerorts, Konflikt mit PW. Auffällig sind diese insbesondere bei nasser oder feuchter Strasse während der Hauptverkehrszeit. Die betroffenen Velofahrenden stammen aus allen Altersklassen.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Einbiegeunfälle haben grössere Auffälligkeit. Velofahrende und Kreisverkehr ist zusätzlich auffällig. Lichtsignalanlage (LSA) ist kein Problem. Zusätzliche Auffälligkeiten in TP 2 bei der Frühspitze und dem Zweck Arbeit/Schule. Unfälle beim Linksabbiegen sind anteilmässig die grössere Gruppe. Alle Altersklassen sind auffällig, wobei die Überauffälligkeit bei 0 bis 17 Jahren liegt.
Massnahmenpool (Beispiele)	Technische Massnahmen: Velofahrende: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Permanent Running Lights</i> - <i>Bike-to-Car-Communication</i> - Fahrrad-Assistenz-Systeme

	<p>Personenwagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrerassistenzsystem (FAS): Fahrraderkennung und Warnung - Notbremsassistent (unterstützend) - Autonomer Notbremsassistent (AEBS), Kreuzungsassistent <p>Information und Ausbildung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Hazard Perception Test</i> <p>Überwachung und Ahndung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensivierung der Bike-Kontrollen - Nutzungsverbot von Unterhaltungstechnik
RK 2	Selbstunfälle von meist männlichen Velofahrenden unter Beeinträchtigung durch Rauschmittel in der Nacht, häufig am Wochenende (Alkohol, Drogen, Medikamente). Die Velofahrenden sind dabei zwischen 18 und 64 Jahre alt.
Ableich mit TP 2	Keine Validierung möglich. Diese Art der Analyse steht bei TP 2 nicht im Blickpunkt.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Information und Ausbildung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Awareness-Kampagnen mit konfrontierenden Stilmitteln (z. B. <i>UK Think</i>) <p>Überwachung und Ahndung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Angleichung der Grenzwerte (Herabsenken) - Kontrollausweitung und Intensivierung (Polizei)
RK 3	Bei den E-Bikes gibt es aufgrund der geringen Datenmenge nur wenig Auffälligkeiten. Schwach auffällig sind hier auch Einbiegeunfälle innerorts (Konflikt mit PW) und Selbstunfälle bei beeinträchtigter Sicht. In den Risikokonstellationen und allgemein bei den Unfällen sind die auffälligen Lenkenden etwas älter (45-64 Jahre).
Ableich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Zudem empirische Evidenz für die Auffälligkeit bei Strassen innerorts im Siedlungsgebiet, beim Kreisverkehr und mit Zufussgehenden als Konfliktgegner.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bremsdynamisches Assistenzsystem - Automatisches Notrufsystem (<i>eBikecall</i>) <p>Information und Ausbildung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisierungskampagnen

4.4 Lkw-Lenkende (Lkw)

Tab. 11 Risikokonstellationen für Lkw-Lenkende

RK 1	Überholunfall (Fahrstreifenwechsel) auf der Autobahn, teilweise in der Hauptverkehrszeit, von Lkw-Lenkenden aus der Schweiz und aus dem Ausland, verursacht durch eine unangepasste Fahrweise.
Ableich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Dieses Ergebnis stellt die Hauptsituation dar. Steigung ist zudem bei TP 2 auffällig. Einfahrtsbereiche, Beschleunigungsstreifen. Die Unfallschwere steigt bei wenig Verkehr an. Diese genannten Auffälligkeiten betreffen alle Verkehrsteilnehmenden. Schwere Nutzfahrzeuge (SNF) (inkl. Lkw) sind mit 7 % aller Unfälle auf Nationalstrassen beteiligt.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spurverlassenswarner / Lane Departure Warning (LDW) - <i>Lane keeping system (LKS)</i>/Spurhalteassistent - Spurwechselassistent (Totwinkel-Assistent) - <i>Fahrerzustandserkennung (Müdigkeitswarner)</i> - Automatisierter Kolonnenverkehr

4.5 Motorradlenkende (MR)

Tab. 12 Risikokonstellationen für Motorradlenkende

RK 1	Schleuder/Selbstunfälle ausserorts, häufig am Wochenende. Motorradlenkende in allen Altersklassen, meist männlich.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP 2. Bei TP 2 erhöhte Auffälligkeit für Neulenkende und solche mit bis zu fünf Jahren Führerausweisbesitz, Alter 18 bis 24-Jährige. Zudem stellen Abbiegeunfälle ein leicht höheres Problem für Motorräder dar.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ABS und TCS (<i>Traction Control System</i>/Antriebsschlupfregelung) - Kurven-Warn-Systeme - Motorrad-Stabilitätskontrolle <p>Information und Ausbildung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich verpflichtende Trainingskurse für Fahranfänger - Restriktionen bei der Mitnahme von Passagieren für Fahranfänger - Training im Motorradsimulator - Integration eines <i>Hazard Perception Tests</i> in die Ausbildung - GDL-Restriktionen (<i>Graduated Driving License</i>) an tatsächliche Fahrleistung statt an Besitzdauer der Fahrerlaubnis koppeln - Sicherheitstraining bei Wiedereinstieg <p>Überwachung und Ahndung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temporale Restriktionen (auch streckenbezogen) <p>Ökonomische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „Pay how you ride“
RK 2	Einbiegeunfälle innerorts, häufig zur Hauptverkehrszeit bei nasser/feuchter Strasse oder am Wochenende. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen.
Abgleich mit TP 2	Konsistent mit Auffälligkeiten aus den Analysen von TP2. Insbesondere Auffälligkeiten bei Vorfahrtknoten und Kreisverkehren, bei Konfliktgegner PW und Motorrad.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <p>Motorrad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erweiterte Lichtkonfiguration - Helmlicht - Lichtfarbe - ABS (verpflichtend) <p>Personenwagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notbremsassistent (unterstützend) - Autonomer Notbremsassistent (AEBS) <p>Information und Ausbildung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einführung Gefahrenwahrnehmungstest (HPT) in das Prüfungssystem - Obligatorische Rückmeldefahrten für ältere Verkehrsteilnehmende

4.6 ÖV-Chauffeure/eusen (ÖV)

Tab. 13 Risikokonstellationen für ÖV-Chauffeure/eusen

RK 1	Unfälle zwischen Trams (etwas weniger auffällig auch Linienbusse) und Zufussgehenden auf geraden Strecken.
Abgleich mit TP 2	TP 2 verfügt über zu wenige Daten, um für diese Relation etwas aussagen zu können.
Massnahmenpool (Beispiele)	<p>Technische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frontgestaltung, Geschwindigkeitsbegrenzer <p>Infrastruktur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Querungsstellen: Zahlreiche technische Massnahmen (u. a. passive und aktive Warnzeichen, visuell, akustisch, haptisch, Markierungen, Pflasterung, <i>Z-Crossings</i>) - Freie Strecke: Zäune, Absperrungen, Pflasterung - Bodenampeln <p>Information und Ausbildung:</p> <p>ÖV-Chauffeure/eusen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simulatortraining <p>Zufussgehende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Awareness-Kampagnen</i>

5 Massnahmenbewertung

5.1 PW-RK1

Selbst-/Schleuderunfälle durch junge, männliche Lenkende, meist in der Nacht, häufig am Wochenende, auf nassen oder trockenen Strassen, wobei der Fahrer durch Rauschmittel beeinträchtigt ist (Alkohol, Drogen, Medikamente).

5.1.1 Ursachen/Kausalannahmen

Die Ursachen für diese Unfälle sind in der Literatur hinreichend beschrieben und untersucht (z. B. Shinar, 2007; Holte, 2012). Junge Fahrer sind Anfänger und damit unerfahren (Anfängerproblematik) und befinden sich in einer jugendspezifischen Entwicklungs- und Motivationslage (Jugendlichkeitsproblematik, vgl. auch Schlag, 2008). Folgende konkrete Problemfelder werden für diese Risikokonstellation als relevant gesehen (vgl. Schlag, ergänzt durch Lee, 2007):

- Probleme der Fahrzeugbeherrschung: beansprucht Ressourcen und provoziert Überreaktion bei Fehlern, fehlenden Automatismen und Handlungsrouninen.
- Probleme der Aufmerksamkeitszuwendung: Aufmerksamkeit liegt zum Grossteil beim Fahrzeughandling, nicht bei der Fahrzeugführung. Ablenkbarer durch Nebenaufgaben.
- Erhöhte Sensitivität für *peer-Einflüsse*, verbunden mit der Übernahme unangepasster Normen.
- Inadäquate Gefahrenerkennung und Gefahrenantizipation.
- Risikowahrnehmung: Unterschätzung des Risikos bei Überschätzung eigener Bewältigungsfähigkeiten, teilweise Egozentrismus und Gefühl der Unverletzbarkeit.
- Höhere Bereitschaft zu Risikoverhalten (z. B. kleinere Sicherheitsabstände, höhere Geschwindigkeiten).
- Probleme der Gefahrenexposition: Jugendliches Freizeitverhalten, Alkoholkonsum, nächtliche Aktivitäten ausser Haus etc.
- Bezüge zum Arbeitsmodell finden sich damit einerseits in (noch) unzureichend ausgeprägten Bewältigungskompetenzen, damit einhergehend suboptimale Abschätzung der Anforderungen durch die Fahraufgabe (insbesondere vorwegnehmende Anforderungen - antizipativ), gleichzeitig können eine erhöhte Risikoakzeptanz sowie eine vergleichsweise geringe Bereitschaft zu Regelkonformität als risikoerhöhende Faktoren einer optimalen Regulation entgegenwirken.

5.1.2 Massnahmen

Technische Massnahmen

Intelligent Speed Adaptation (ISA)-Systeme existieren als informative, unterstützende und eingreifende Systeme, welche die Geschwindigkeit automatisch limitieren, wenn die Geschwindigkeitsbegrenzung überschritten wird. Lai et al. (2012) zeigen in ihren Modellen, basierend auf UK-Daten bei einer 100 % Marktdurchdringung, dass ein freiwilliges ISA die Zahl der Unfälle mit Verletzungsfolgen um 12 % und ein nicht ausschaltbares ISA um 29 % reduzieren würde. Laut *European Traffic Safety Council (ETSC)* beabsichtigt die Europäische Kommission in 2016, neue verpflichtende Sicherheitsrichtlinien für den europäischen Markt vorzuschlagen, voraussichtlich inklusive ISA. Weiterhin berichten Lai et al. (2012) ein sehr positives Kosten-Nutzen-Verhältnis von ISA, je nach Einsatzszenario von 3.4 bis 7.4. Vaa et al. (2014) empfehlen eine selektive Einführung, vor allem bei Hochrisikogruppen (u. a. junge Lenker zwischen 18-20 Jahren), da hier das Kosten-Nutzen-Verhältnis deutlich positiver ist (5.4) als bei einer Einführung für alle Fahrzeuge (1.6).

Es kann begründet angenommen werden, dass ISA sowohl auf geraden Strecken als auch in Kurven die Wahrscheinlichkeit von Unfällen reduziert. In Kurven führen häufig zu

hohe Eingangsgeschwindigkeiten, verbunden mit Geschwindigkeitsübertretungen vor der Kurve, zu kritischen Situationen, da der Fahrer im weiteren Kurvenverlauf auf korrektive Fahrmanöver angewiesen ist. Gerade bei unzureichender Fahrerfahrung können diese Gefahrenmanöver fehlerhaft erfolgen beziehungsweise mit einer plötzlichen hohen Beanspruchung des Fahrers einhergehen, die zu suboptimalen Bewältigungsmechanismen führen. So zeigen Studien (vgl. Jimenez et al., 2008), dass gefahrene Geschwindigkeiten in Kurven erfolgreich durch ISA reduziert werden können und durch diese Massnahme ein insgesamt homogeneres Fahrverhalten erreicht wurde.

Information und Ausbildung

Hazard Perception Test (HPT)/Gefahrenwahrnehmungstest als zusätzliche Prüfungskomponente für den Zugang zum selbstständigen beziehungsweise unbeschränkten selbstständigen Führen eines Personenwagens. *Hazard Perception Tests* als standardisierte Prüfungsverfahren messen das Leistungsniveau von Fahranfängern bezüglich ihrer Verkehrsraumbeobachtung, Gefahrenentdeckung und -antizipation, Gefahrenbewertung sowie der Ableitung adäquater Kompensationsstrategien. Dies verweist darauf, dass sich unter Hazard Perception im Sinne eines ganzheitlichen Wahrnehmungsprozesses ein heterogenes Konstrukt verbirgt, das unterscheidbare Teilkompetenzen umfasst, die sich wechselseitig bedingen. Neben einem effizienten Monitoring des Verkehrsraumes sowie der Lokalisierung und Identifizierung von expliziten und impliziten Gefahren trägt die Gefahrenantizipation in den einschlägigen Gefahrenkognitionsmodellen einen besonderen Stellenwert für eine adäquate Gefahrenwahrnehmung (vgl. Crundall, 2016; Genschow & Sturzbecher, 2015).

Beispiele für die Umsetzung dieser zusätzlichen Zugangsvoraussetzung finden sich unter anderem in UK, Australien, Neuseeland und den Niederlanden. Evaluationsstudien verweisen auf die Wirksamkeit dieser Massnahme mit Blick auf die Unfallreduktion: Kohortenuntersuchungen schätzten Unfallrückgänge um 17 % (95 %-Konfidenzintervall (KI), Untere Grenze (UG); 3 %) für Kohorten mit zusätzlicher Gefahrenwahrnehmungsprüfung (HPT) in UK (Wells et al., 2008). Vergleiche zwischen Neulenkenden mit bestandener HP-Prüfung und nicht bestandener HP-Prüfung wiesen ein *um 25 % erhöhtes Unfallrisiko für Neulenkende* mit unzureichendem Fähigkeitsstand aus (Horswill et al., 2015).

Integration Fahrassistenzsystem-Thematik (FAS) in die Fahrausbildung dient dazu, Wissen und mentale Modelle über Fahrerassistenzsysteme an Neulenkende zu vermitteln und damit dem zukünftigen Nutzungsgrad dieser Systeme zu erhöhen. Adäquate mentale Modelle für FAS werden als Voraussetzung gesehen, um Misstrauen beziehungsweise überzogenem Systemvertrauen vorzubeugen und damit eine spätere Nutzung der Systeme zu fördern.

Überwachung und Ahndung

Passagierrestriktionen wurden in Neulenkenden-Graduierungsprogrammen vor allem in den USA und Neuseeland aufgenommen, die Fahranfängern die Mitnahme gleichaltriger oder jüngerer Personen untersagen. Fell et al. (2011) berichten Rückgänge von 9 % tödlicher Unfälle bei 16-17-jährigen amerikanischen Fahranfängern nach der Einführung von Passagierrestriktionen. Ähnliche Zahlen berichten Begg & Stephenson (2003) für Neuseeland und Masten & Hagge (2004) für Kalifornien.

Nachtfahrtrestriktionen beschränken die Gefahrenexposition für Neulenkende während der Hochrisikophase im Rahmen von Graduierungssystemen zur Fahrerlizenzierung. Grundgedanke ist die Verlagerung potenziell gefährdender Expositionen auf einen Zeitraum, in dem in höherem Masse Fahrerfahrung und gefahrenvermeidendes Verhalten erworben wurde. Metaanalysen weisen hypothesenkonform hohe Unfallrückgänge insbesondere für Nachtunfälle auf. So wird von Elvik et al. (2009) ein prozentualer Rückgang der Anzahl nächtlicher Unfälle um 46 % (95 %-KI: UG; 36 %, OG; 54 %) berichtet. Fell et al. (2011) finden in einer amerikanischen Evaluationsstudie für 16-17-jährige Fahranfängern eine relative Abnahme von tödlichen Nachtunfällen um 10 % und für tödliche Unfälle mit Alkoholeinfluss um 12.6 %.

Restriktion für hochmotorisierte Fahrzeuge ist eine Möglichkeit der Risikoverringering innerhalb der graduierten Lernphase von Fahranfängern, wie es unter anderem in einigen australischen Staaten umgesetzt ist. Es gibt bisher allerdings kaum Studien, die Sicherheitseffekte von Restriktionen für hochmotorisierte Fahrzeuge für Fahranfänger nachweisen (u. a. Palamara & Gavin, 2005). Die Studie von Keall & Newstead (2013) ist die einzige uns bekannte Untersuchung, die die potenzielle Wirksamkeit einer solchen Restriktion mit neuseeländischen und australischen Daten abschätzt. Im Ergebnis zeigen sich sehr geringe positive Effekte (zwischen 0.4 % bis 2.5 % Unfallreduktion) bei allerdings wenig realistischen Annahmen (z. B. 100 % Regelbefolgung). Wenn nur die Einführungs- und Überwachungskosten berücksichtigt werden, sollte es zu einem neutralen oder sogar negativen Kosten-Nutzen-Verhältnis kommen (Keall & Newstead, 2013).

Ökonomische Massnahmen

„*Pay as you drive*“ (PAYD) und „*Pay how you drive*“ (PHYD) richten die Höhe der Versicherungsprämie am Risikograd des tatsächlichen Fahrverhaltens des Versicherungsnehmers aus (Litman, 2008). Dadurch wird die direkte Adressierung von riskanten Verhaltensweisen (z. B. Geschwindigkeitsüberschreitungen oder Dunkelheitsfahrten) durch finanzielle Sanktionen und von sicheren Verhaltensweisen durch Belohnungen (z. B. Einhalten der Drehzahlgrenze, Geschwindigkeitslimit etc.) ermöglicht. In einer Simulation für die Niederlande schätzen Zantema et al. (2008) für eine Prämie, bezogen auf die gefahrenen Kilometer (PAYD), eine *Unfallreduktion von 5 %*. Erste empirische Untersuchungen belegen, dass die Einführung eines „Pay as/how you drive“-Versicherungstarifs zu einer signifikanten Reduktion von Geschwindigkeitsvergehen bei jungen Fahrern führt, jedoch weniger zu einer Verringerung der Fahrleistung oder von Nachtfahrten (Bolderdijk et al., 2011). Allerdings waren die Prämiennachlässe für das Vermeiden von Nachtfahrten in dieser Studie sehr gering (5 Euro/Monat). Elvik (2014) sowie Elvik & Ramjerdi (2014) untersuchen sieben verschiedene Versuche von PAYD- und PHYD-Tarifen und finden einen klaren Zusammenhang zwischen der Höhe der Prämiennachlässe, der Reduktion von Geschwindigkeitsvergehen und der Fahrleistung, wobei die Effekte bei Geschwindigkeitsüberschreitungen (maximal -80 %) deutlich höher ausfallen als bei der Verringerung der Fahrleistung (maximal -10 %). Es ist davon auszugehen, dass insbesondere sicherheitsbewusste und eher risiko-averse Fahrer PHYD-Systeme wählen, da sie ihnen die grössten Vorteile versprechen. Um vor allem die gefährdeten risiko-suchenden Fahrer zu erreichen, müssten PHYD-Tarife für Fahranfänger obligatorisch sein. Selbst dann ist davon auszugehen, dass die Effekte bei dieser Gruppe deutlich kleiner ausfallen (Elvik, 2014). Eine auf den oben genannten Studien basierende hypothetische Kosten-Nutzen-Analyse von Elvik (2014) ergibt ein negatives Kosten-Nutzen-Verhältnis und empfiehlt den Einsatz von freiwilligen oder obligatorischen ISA-Systemen.

Monetäre Anreize für Sicherheits-FAS (bspw. Versicherungsrabatte) sollen die Verbreitung und Marktdurchdringung sicherheitsrelevanter Fahrerassistenzsysteme (siehe ISA) unterstützen.

Massnahmenkombinationen

Kopplung von Sicherheits-FAS (Monitorsysteme) und graduiertes Fahrerlizenzierung unterstützt die Befolgung von Restriktionen während der frühen Phase des selbstständigen Fahrens (Hochrisikophase, bspw. Nachtfahrrestriktion oder Geschwindigkeitsbegrenzung). Dadurch kann der Zugriff auf *Infotainment*-Funktionen beschränkt sowie soziale Kontrolle, zum Beispiel über elterliche Einflussnahme, und Kontrolle durch die Dokumentation von Fahrverhalten und Regelverstössen ermöglicht werden.

Schlussfolgerungen

Bezogen auf die Risikoklasse junge Fahrende, Nachtfahrten und Alkohol/Drogen erscheinen vor allem restriktive Massnahmen wirksam, um einen substantiellen Sicherheitsgewinn zu erreichen, darunter insbesondere Nachtfahrrestriktionen, gegebenenfalls gekoppelt mit Passagierrestriktionen. Generell empfiehlt sich für die Zielgruppe junge Fahrende auch über die spezifische Risikokonstellation hinaus ein (obligatorisches) *Intel-*

ligent Speed Adaption-System, um geschwindigkeitsbasierte Kontrollverluste zu verringern.

Die Umsetzbarkeit von Nachtfahrtrestriktionen wird vor allem durch Akzeptanzfragen beeinflusst. Da diese Massnahme im europäischen Kontext vergleichsweise neu ist, sind gesellschaftliche Diskussionen zu erwarten. Darüber hinaus wird die Wirksamkeit solcher Restriktionen massgeblich von der Befolungsquote bestimmt. Die Akzeptanz von Nachtfahrtrestriktionen im Unterschied zum Beispiel zu Passagierrestriktionen fällt dabei bei amerikanischen Fahranfängern und deren Eltern höher aus (Lin & Fearn, 2003; Williams et al., 2011).

Der zeitliche Horizont für die Umsetzbarkeit von ISA unterscheidet sich je nach Einführungsszenario. Technische Voraussetzung ist dafür unter anderem die Verfügbarkeit aktueller digitaler Strassenkarten, damit die Informationen über die Tempolimits geliefert werden können. Dies wird jedoch nicht mehr als Problem gesehen (Lai et al., 2014; Vaa et al., 2014). Schwieriger gestaltet sich die Frage nach den Kosten von ISA, inklusive dessen Einbau, sowie nach der Akzeptanz, insbesondere von obligatorischen Systemen, vor allem bei den Hochrisikogruppen wie jungen Fahrenden. Vaa et al. (2014) schätzen die Kosten für den (nachträglichen) Einbau von ISA, basierend auf Lai et al. (2012), auf 357 Britische Pfund, wobei sie annehmen, dass die Kosten sich zukünftig eher erhöhen, während Lai et al. (2012) davon ausgehen, dass sie sinken werden. Hinsichtlich der Akzeptanz zeigt sich, dass bei einem freiwilligen System Fahrende, die gern schnell fahren, ISA signifikant weniger nutzen als Fahrende, die eher bereit sind, sich an Geschwindigkeitsbegrenzungen zu halten (Jamson, 2006). Darüber hinaus müssen sehr hohe Anreize gesetzt werden, damit Fahrende, die gern schnell fahren, sich ein solches System kaufen (Chorlton et al., 2012).

Tab. 14 Bewertung Nachtfahrtrestriktion

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr von jungen Neulenkenden (d. h. jünger als 24 und Fahrausweis < 1Jahr) in der Nacht (22 bis 4 Uhr), unter Beeinträchtigung von Rauschmitteln (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus), mit mindestens einem Verletzten. In Klammern alle Unfälle in der Nacht.	30 _(0, 10, 20) (110 _(2, 20, 90)) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.1% (0.6 %)
Wirksamkeit $U_{(G+SV+LV)}$	Bei Einführung einer Nachtfahrtrestriktion zeigen Studien eine Reduktion zwischen 10 – 46 %.	0 - 10 (10 – 50) $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Basierend auf der Bevölkerungsentwicklung und der Zahl der Fahranfänger (weniger Führerausweise bei unter 24-Jährigen).	Problem gleichbleibend bis rückläufig
Wirtschaftlichkeit	Unbekannt	Unbekannt

Tab. 15 Bewertung ISA

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht durch junge Lenkende zwischen 18 und 24 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	700 (12, 120, 570) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		3.8 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Bei Einführung eines obligatorischen ISA ist eine Reduktion von bis zu 29 % möglich.	200 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Nachrüstbarkeit, Akzeptanz	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Basierend auf der Bevölkerungsentwicklung und der Zahl der Fahranfänger.	Problem gleichbleibend bis rückläufig
Wirtschaftlichkeit	Cost-Benefit-Ratio 3.4 bis 7.4 je nach Szenario	Sehr wirtschaftlich

5.2 PW-RK2

Einbiegeunfälle, verursacht durch Fahrfehler, häufig bei feuchter/nasser Strasse und beeinträchtigter oder schlechter Sicht, teilweise in der Hauptverkehrszeit. Unabhängig von Geschlecht, Alter oder Migrationsstatus.

5.2.1 Ursachen/Kausalannahmen

Fahrfehler beruhen in der Regel auf vorgelagerten suboptimalen Entscheidungen über Fahrmanöver und sind zumeist auf eine unzureichende Diagnose der Verkehrssituation zurückzuführen. Unter Beachtung der beschriebenen Risikokonstellation stellen sich folgende Bedingungen als kritisch dar:

- Hohe visuelle Beanspruchung und höhere kognitive Belastung, hoher Anspruch an Reizverarbeitung, insbesondere zu Zeiten mit starkem Verkehrsaufkommen.
- Aufmerksamkeitskonkurrenz verschiedener kritischer Objekte im Verkehrsraum bei begrenzter visueller Aufmerksamkeitskapazität.
- Führt zu verschlechterter Abschätzung von Zeitlücken und Annäherungsgeschwindigkeiten.
- Häufig unter Zeitdruck/Eile (Hauptverkehrszeit) – suboptimale Entscheidungen.
- Zusätzlich zur visuellen Situation; wenn Strassenzustand nass/feucht, sind Kompensationsmöglichkeiten beeinträchtigt.
- Besonders gefährdet sind schwächere Verkehrsteilnehmende (vgl. MR-RK2, VFL-RK1).
- Im Sinne des Wirkmodells in Kapitel 3.6 lassen sich somit erhöhte Anforderungen durch die Fahraufgaben feststellen, die gerade bei dynamischen Veränderungen mit höherer Wahrscheinlichkeit unzureichend abgebildet werden und damit eine adäquate Regulierung durch Verhaltensanpassung unwahrscheinlicher werden lassen.

5.2.2 Massnahmen

Diese Risikokonstellation zeigt sich unabhängig von Merkmalen der Lenkenden. Für die Massnahmenvorschläge sind unterschiedliche Zugänge für verschiedene Personengruppen zu beachten.

Technische Massnahmen

Autonome Notbremsassistenten (AEBS) führen Gefahrenbremsungen ungeachtet einer vorliegenden Reaktion des Fahrenen aus, sobald eine drohende Kollision sensorisch detektiert und immanent wird. Autonome Notbremsassistenten helfen, Unfälle zu vermeiden oder die Unfallschwere zu mindern, indem automatisch Bremsvorgänge eingeleitet

werden. Zur Erkennung von drohenden Kollisionen nutzen die Systeme hierfür Radar, Kamera oder Laser. Ermittelt das Steuergerät eine unvermeidbare Kollision, wird der Fahrer gewarnt. Reagiert dieser nicht, wird eine bestimmte Abbremsung automatisch eingeleitet und/oder der Bremsdruck erhöht, um die Aufprallgeschwindigkeit bei einer bevorstehenden Kollision zu verringern (NHTSA, 2015; Fahrzeugsystemdaten, 2015).

Notbremsassistenten (BAS) können helfen, Verzögerungen in der Entdeckung, Entscheidung und Reaktion, bezogen auf potenzielle Konfliktpartner, bei kritischen Fahrmanövern, wie plötzlichen Gefahrenbremsungen, zum Teil zu kompensieren, indem die Verzögerung des Fahrzeuges zusätzlich verstärkt beziehungsweise optimiert wird. Das System entlastet den Fahrenden in einer Notbremssituation und bremst progressiv, ohne dass der Fahrende den maximalen Bremsdruck zur Verfügung gestellt haben muss. Dazu erfasst das System die Geschwindigkeit, mit welcher auf die Bremse getreten wird. Geschieht das aussergewöhnlich schnell, schliesst der BAS auf eine Notsituation und stellt in Sekundenbruchteilen die maximale Bremsleistung zur Verfügung. Die wichtigsten Bestandteile des BAS sind in den Bremskraftverstärker integriert (Fahrzeugsystemdaten, 2015).

Information und Ausbildung

Hazard Perception Tests (HPT)/Gefahrenwahrnehmungstests als zusätzliche Prüfungskomponenten für den Zugang zum selbstständigen beziehungsweise unbeschränkten selbstständigen Führen eines PW stellen sich auch hier als geeigneter Massnahmenansatz dar. Dies gilt insbesondere für Neulenkende, da hierbei die Verkehrsraumbeobachtung, die Antizipation von Gefahrenmomenten, die Identifikation relevanter Objekte und eine adäquate Aufmerksamkeitsallokation zentraler Kompetenzanforderungen getestet werden. Es liegen positive Befunde über die Wirksamkeit dieser Massnahme in Bezug auf Unfallreduktion vor (vgl. Kap. 5.1.2).

Rückmeldefahrten (verpflichtende) ab 70 Jahren durch Sachverständige können helfen, diese Personengruppe für fahraufgabenbezogene Kompetenzdefizite zu sensibilisieren und über technische oder verhaltensbasierte Kompensationsmöglichkeiten zu informieren. Dabei muss in Betracht gezogen werden, dass an solchen Programmen insbesondere Fahrer freiwillig teilnehmen, bei denen weniger wahrscheinlicher Auffälligkeiten beziehungsweise Kompetenzdefizite vorhanden sind (positive Selbstselektion). Daher kann eine obligatorische Kopplung der Massnahme als Voraussetzung für die Verlängerung der Fahrerlaubnis zielführend sein. Zurzeit liegen keine Wirksamkeitsbelege für diese Massnahme vor. Allerdings finden sich Belege für eine signifikante Verbesserung sicheren Verkehrsverhaltens älterer Autofahrender auf das durchschnittliche Niveau von 40-50-jährigen Autofahrenden durch Rückmeldefahrten (Poschadel, 2013). Siehe hierzu auch die Diskussion zur weiterführenden Literatur in Kap. 5.3.2.

Simulatorgestütztes Training von Verkehrsraumwahrnehmung/Lückenakzeptanz zeigt sich in experimentellen Untersuchungen als wirksam, um die Wahrnehmung von Zeitlücken und darauf basierenden Entscheidungen zu verbessern. Unfallbezogene Wirksamkeitsanalysen fehlen bislang. Derartige Trainingseinheiten sind sowohl für Neulenkende im Rahmen der Fahranfängervorbereitung (Ausbildung) als auch für ältere Verkehrsteilnehmende in Verbindung mit Fahrkompetenzrückmeldungen denkbar. Insbesondere Situationen, die besonders hohe Anforderungen an adäquate Einschätzungen stellen, wie die Abschätzung bei mehreren potenziellen Konfliktpartnern oder aufgrund visueller Charakteristik schwierig zu bewertender Konfliktpartner (z. B. Motorräder), können gezielt fokussiert werden.

Ökonomische Massnahmen

Monetäre Anreize für Sicherheits-FAS (beispielsweise Versicherungsrabatte) sollen die Verbreitung und Marktdurchdringung sicherheitsrelevanter Fahrerassistenzsysteme (siehe AEBS, BAS) unterstützen.

Schlussfolgerung

Ein Element zur Verhinderung obiger Einbiegeunfälle stellt neben der Verbesserung der Sichtbarkeit des Kollisionsgegners (vgl. Risikokonstellationen VF-RK1 und ML-RK2) die Sensibilisierung und Schulung der PW-Lenkenden, unter anderem hinsichtlich dieser speziellen Gefahrensituation, dar. Mit der Einführung des Gefahrenwahrnehmungstests (HPT) für die Fahrschülerschaft und obligatorischer Rückmeldefahrten für ältere Verkehrsteilnehmende könnten zwei zentrale Risikogruppen abgedeckt werden. Politischen Willen vorausgesetzt, ist der zeitliche Horizont einer Einführung dieser Massnahmen vergleichsweise kurz. Akzeptanzrelevant ist vor allem die Frage, wie die Kosten der Massnahmen verteilt werden.

Tab. 16 Bewertung Gefahrenwahrnehmungstest (HPT)

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht durch Neulenkende (Fahrausweis < 3 Jahre), wobei dieser als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	200 (1, 30, 170) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		1.0 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	~ 17 % (95 %-KI: UG; 3 %) für Unfälle mit mind. Teilschuld (Wells et al., 2008)	~40 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Basierend auf der demographischen Entwicklung (Zunahme älterer Menschen, Rückgang Fahranfänger)	Problem tendenziell gleichbleibend bis abnehmend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

Tab. 17 Bewertung Rückmeldefahrten für Fahrzeuglenkende ab 70 Jahre

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden über 70 Jahre, wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	250 (3, 40, 200) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		1.3 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Nicht bekannt	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Basierend auf der demographischen Entwicklung (Zunahme älterer Menschen).	Problem steigend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

5.3 PW-RK3

Ältere Lenkende verursachen Unfälle mit Zufussgehenden, teilweise bei nasser oder feuchter Strasse und/oder beeinträchtigter oder schlechter Sicht.

5.3.1 Ursachen/Kausalannahmen

Probleme älterer Verkehrsteilnehmender lassen sich in Bezug auf die identifizierte Risikokonstellation wie folgt skizzieren:

- Altersbedingter Abbau motorischer, sensorischer und kognitiver Leistungsfähigkeit (im Überblick von Schlag, 2008).
- Damit einhergehend sind grundlegende Leistungskomponenten der Gefahrenwahrnehmung und -antizipation (sensorisch und kognitiv) betroffen.
- Verzögerte Entscheidungen (kognitiv) und suboptimale Ausführung von gefahrenvermeidenden Fahrmanövern (motorisch).
- Längere Reaktionszeiten beim Erkennen von Fussgängern (Bromberg et al., 2012), verringertes Sichtfeld (*useful-field-of-view*).
- Unzureichende beziehungsweise verzögerte Realisierung und Selbstreflexion sowie soziales Verkehrsumfeld verhindert erfolgreiche Kompensation und Defizitausgleich (z. B. durch Streckenwahl oder langsames Fahren).
- Beeinträchtigte oder schlechte Sichtbedingungen beziehungsweise erschwerende Bedingungen für gefahrenvermeidende Fahrmanöver, wie nasse beziehungsweise feuchte Strassenbeläge, erhöhen den Anforderungsgehalt durch die Fahraufgabe.
- Rückgreifend auf das Arbeitsmodell lässt sich festhalten, dass Bewältigungskompetenzen eingeschränkt werden und eine subjektive Repräsentation dieser Veränderungen einerseits zeitverzögert erfolgt und/oder aber das soziale Verkehrsumfeld eine erfolgreiche Regulation durch adaptive Verhaltensstrategien erschwert.

5.3.2 Massnahmen

Technische Massnahmen

Notbremsassistent - BAS (Beschreibung vgl. Kap. 5.2.2). Simulationsanalysen von realen Unfällen kommen zu dem Schluss, dass etwa 12 % von PW-Zufussgehenden-Unfällen mit BAS vermeidbar waren und dass durch BAS die Unfallschwere bei 96 % der Unfälle deutlich geringer ausfällt (Badea-Romero et al., 2013). Ebenfalls unter der Hypothese einer optimierten Bremswirkung durch BAS berichten weitere Studien ein Vermeidungspotenzial von 10-12 % für tödliche PW-Zufussgehende-Unfälle (Page et al., 2005). Verhaltensstudien im Simulator zeigen, dass bei typischen kritischen Situationen die Unfallrate mit BAS deutlich niedriger lag (32 %) als bei Fahrten ohne BAS (58 %). Weiterhin verweisen Unfallanalysen auf eine Unfallreduktion um 13 %-Punkte bei PW-Zufussgehenden-Unfällen bei mit BAS ausgestatteten PW (Breuer et al., 2007). Walter et al. (2015) zitieren eine spanische Studie, die ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1 zu 11 berichtet.

Autonomer Notbremsassistent (AEBS) (Beschreibung vgl. Kap. 5.2.2). In Abhängigkeit der Grösse des sensorischen Erkennungsfeldes (*field-of-view*) werden über potenzielle Reduktionen um 40 % für getötete Zufussgehende und 27 % für schwerverletzte Zufussgehende im Zusammenhang mit Frontalkollisionen berichtet (bei 40° FOV) (Rosen et al., 2010). Weiterhin werden Limitierungen angezeigt, wonach bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten und plötzlich hinter Verdeckungen erscheinenden Zufussgehenden dem System Grenzen gesetzt sind (Seiniger et al., 2012). Schätzungen (Edwards et al., 2013) für Grossbritannien und Deutschland (deutsche Werte in Klammer) geben für den technischen Stand 2013 eine Abnahme tödlich verletzter Zufussgehender von 6.2 % (2.9 %), Schwerverletzter von 4.2 % (4.6 %) und Leichtverletzter von 2.2 % (4.4 %) an. Unter Berücksichtigung weiterer technischer Verbesserungen werden zum Stand 2023 Reduktionen von 19.9 % getöteter Zufussgehender (9.9 %), 13.6 % (15.8 %) Schwerverletzter und 7.3 % (14.8 %) leichtverletzter Zufussgehender erwartet. Ein vergleichsweise hohes Wirksamkeitspotenzial berichten Hummel et al. (2011), basierend auf Unfallrekonstruktionen für Deutschland. Demnach sind 30.7 % von PW-Zufussgehenden-Unfällen durch AEBS vermeidbar. In Abhängigkeit der Unfallschwere werden 21 % vermeidbare Getötete, 15 % vermeidbare Schwerverletzte und 44.5 % vermeidbare Leichtverletzte unter der theoretischen Annahme eines idealen Fahrers berichtet. Unter der Annahme, dass die Leistungsfähigkeit des Notbremsassistenten in den nächsten Jahren bei gleichzeitiger Abnahme der Kosten deutlich steigen wird, gehen Hynd et al. (2015) von einem positiven Kosten-Nutzen-Verhältnis aus.

(Nacht-)Sicht-Assistent. Diese Systeme sollen Unfällen vorbeugen, indem sie die Erkennungsleistung von kritischen Objekten, unter anderem Zufussgehende bei Dunkelheit, Dämmerung oder schlechten Sichtbedingungen wie beispielsweise Nebel, verbessern.

Dabei werden die verfügbaren Informationen dem Fahrenden über ein Display (verschiedene Optionen) dargeboten. Weiterhin können systemspezifische Warnungen über mögliche Objekte aufgezeigt werden. Bisher liegen allerdings keine zuverlässigen Schätzungen über das Unfallvermeidungspotenzial vor. Walter et al. (2015) berichten, dass auf der Basis von CARE (*Community database on Accidents on the Roads in Europe*) abgeschätzt wurde, dass durch Nachtsichtgeräte 3.5 % aller Getöteten und knapp 5 % aller Schwerverletzten verhindert werden könnten. Der Grossteil des Rettungspotenzials betrifft die äusseren Kollisionsgegner, während PW-Insassen nur geringfügig davon profitierten. Darüber hinaus bestehen Befürchtungen, dass Systeme zur Verbesserung der Sicht bei ungünstigen Sichtbedingungen zu negativen Verhaltensadaptionen führen. Möglicherweise wird unter anderem schneller gefahren. Dies könnte letztlich zu einem negativen Sicherheitsnutzen führen (Hynd et al., 2015; Schlag et al., 2009; Sharfi & Shinar, 2014).

Information und Ausbildung

Rückmeldefahrten (verpflichtende) ab 70 Jahre. Fahrproben im realen Verkehr mit definierten Fahraufgaben und Rückmeldungen durch sachverständige Personen zu möglichen Defiziten beziehungsweise Kompensationsmöglichkeiten zeigten sich als wirksam (Poschadel et al., 2013). Einerseits können ältere PW-Lenkende für mögliche Leistungsabnahmen sensibilisiert und andererseits über verhaltensbasierte und technikbasierte Kompensationsmöglichkeiten informiert werden. Die Untersuchungen zeigen, dass sich allein durch die Rückmeldungen zu definierten Fahraufgaben die Fahrperformanz für alle Teilnehmer (> 70 Jahre) signifikant und stabil verbesserte. Insbesondere starke Fahrer erreichten ein Performanzniveau vergleichbar mit 40-50-jährigen PW-Lenkenden. Untersuchungen zeigen, dass Ältere gegenüber jüngeren Fahrern keine Unterschiede bezüglich der Selbsteinschätzung ihrer Fahrfähigkeiten, Vorsichtnahme und ihres Selbstvertrauens zeigen (Lang et al., 2014, S.18). Im Vergleich zu den sichereren Lenkenden im mittleren Lebensalter kann dies als weiterer Hinweis für die Beteiligung oben beschriebener Mechanismen im Sinne einer suboptimalen Kalibrierung (zeitlich verzögerte Realisierung und Selbsteinschätzung eigener Kompetenzen und dadurch verhinderter Kompensationsstrategien) gesehen werden. Die Autoren unterstreichen daher als Schlussfolgerung ihrer Untersuchung: „Interventions [are] needed that feed back objective information on driver capacity to facilitate self-regulatory adaptation of driving style in older driver“ (Lang et al., 2014, S.19, bezugnehmend auf Kuiken & Twisk, 2001). Lang et al. (2014) heben gleichzeitig die hohe Akzeptanz für Feedbackmassnahmen in diesem Bereich hervor. Rückmeldefahrten im Sinne einer Fahrprüfung für ältere Fahrer mit der verbundenen Konsequenz der Einbusse der Fahrberechtigung bei Nichtbestehen scheinen dabei nicht zielführend (Keall & Woodbury, 2014). Die Autoren verweisen mit Recht auf den Stressgehalt durch eine solche Prüfungssituation für ältere Personen und auf die negativen psychischen Folgen, die aus einem drohenden Wegfall der Fahrerlaubnis erwachsen. Dabei konnten für eine eingeführte 20-minütige praktische Prüfungssituation für ältere Verkehrsteilnehmende keine Effekte auf das Unfallgeschehen festgestellt werden. Konsequenterweise bezieht sich das Obligatorium bei den hier vorgeschlagenen verpflichtenden Rückmeldefahrten auf die Teilnahme an dieser Intervention und ist ausdrücklich nicht verbunden mit der Konsequenz einer Entscheidung bezüglich Behalt vs. Wegfall der Fahrerlaubnis im Sinne einer Prüfung. Vielmehr sollten die Rückmeldungen vorrangig an die teilnehmende Person gegeben werden, um damit verbunden Informationen/Hilfestellungen zu selbstverantwortlichem Handeln bereitzustellen und die Selbsteinschätzung zu verbessern (siehe Lang et al., 2014). Die verpflichtende Teilnahme erscheint dabei sinnvoll, da anderweitig starke Selektionseffekte zu erwarten sind.

Trainingsangebote für Senioren, gegebenenfalls integriert in Zwei-Jahres-Kontroll-Rhythmus beim Hausarzt. Das Trainieren definierter Fahraufgaben im Realverkehr erwies sich als besonders effektive Massnahme, um die Fahrperformanz zu verbessern. Diese Verbesserungen zeigten sich auch nach einem Jahr als zeitlich stabil. Relativ betrachtet zum Ausgangsniveau, profitierten insbesondere schwächere Fahrende von dieser Intervention (Poschadel et al., 2013). Im Vergleich zur reinen Rückmeldefahrt zeigten sich auch bei dieser Fahrergruppe Verbesserungen, die oberhalb der Fahrperformanz von 40-50-jährigen Fahrenden lag. Effektivitätsanalysen über potenzielle Effekte auf das Unfallgeschehen liegen nicht vor.

Kognitives Training. Verkehrsbezogenes kognitives Training zur Schulung der Gefahrenwahrnehmung zeigte sich effektiv für die Vergrösserung des Sichtfeldes und einhergehend mit der verbesserten Detektionsperformanz von Zufussgehenden (Rogé et al., 2014). Hierbei handelt es sich um eine experimentelle Untersuchung, die ältere Fahrer im Rahmen simulierter Fahraufgaben in der Gefahrenwahrnehmung trainierten. Casutt et al. (2014) erklären, dass Fahrsimulationsdaten die Fahrausübung und die kognitiven Fähigkeiten sehr gut darstellen. Bislang liegen jedoch keine unfallbezogenen Evaluationsstudien zu simulationsgestützten kognitiven Trainingseinheiten vor.

Ökonomische Massnahmen

Versicherungsanreize für freiwillige Teilnahme an Trainingsmassnahmen. Flankierend zu Edukationsmassnahmen, wie der Teilnahme an Trainingseinheiten, kann durch ein Bonussystem in der Versicherung die Bereitschaft zur Teilnahme an diesen Massnahmen zusätzlich verstärkt werden.

Monetäre Anreize für Sicherheits-FAS (bspw. Versicherungsrabatte) sollen die Verbreitung und Marktdurchdringung sicherheitsrelevanter Fahrerassistenzsysteme (siehe AEBS, BAS) unterstützen.

Schlussfolgerung

Das Potenzial (autonomer) Notbremsassistenten zur Verhinderung von Fussgängerkollisionen auf gerader Strecke ist enorm. Fraglich ist allerdings, wie die Zielgruppe älterer Fahrer damit erreicht werden kann. Zwar haben sich kürzlich 20 Autohersteller mit der US-amerikanischen Verkehrssicherheitsbehörde NHTSA⁹ darauf geeinigt, spätestens ab 2022 autonome Notbremsassistentensysteme standardmässig in nahezu alle US-Neuwagen einzubauen. Allerdings wird es noch Jahre darüber hinaus brauchen, bis sie in den Fahrzeugflotten weit verbreitet sind. Wir empfehlen daher, über obligatorische Rückmeldefahrten für ältere Verkehrsteilnehmende die Einführung von Notbremsassistenten bei dieser Gruppe zu forcieren. Ziel der Rückmeldefahrten ist es unter anderem, Feedback über fahrrelevante Probleme zu geben und gleichzeitig Optionen einer Verbesserung aufzuzeigen. An dieser Stelle könnten gezielt Hinweise über die Sicherheitspotenziale von Notbremsassistenten gegeben werden. Durch das Obligatorium wäre sichergestellt, dass alle Fahrenden ab einer festgelegten Altersstufe (z. B. ab 70 Jahren) erreicht werden.

Tab. 18 Bewertung Autonomer Notbremsassistenten (AEBS)

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle mit Zufussgehenden pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	250 (5, 70, 180) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		1.4 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	6-21 % getötete Zufussgehende	1 $U_{(G)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Ab 2022 sollen autonome Notbremsassistentensysteme standardmässig in nahezu alle Neuwagen eingebaut werden (US).	Langfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Basierend auf der demographischen Entwicklung (Zunahme älterer Menschen).	Problem steigend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Cost-Benefit-Ratio 1	Kostenneutral

⁹ National Highway Traffic Safety Administration. <http://www.nhtsa.gov>.

5.4 PW-RK4

Bei den spezielleren Fahrzeugen zeigt sich, dass bei den Risikokonstellationen mit Vans immer und bei solchen mit SUVs häufig eine Frau am Steuer sitzt. Die entsprechenden Lenkenden sind zwischen 25 und 79 Jahre alt. SUVs und Vans treten bei den Unfalltypen Auffahr- und Einbiegeunfällen auf.

5.4.1 Ursachen/Kausalannahmen

Die vorliegende Risikokonstellation verweist auf eine Interaktion von Geschlecht des PW-Lenkenden und Fahrzeugtyp auf das Unfallgeschehen. Diese Form der Interaktion fand in bisherigen Forschungsarbeiten vergleichsweise wenig Interesse. Es lassen sich dennoch Ergebnisse berichten, die eine Interpretation der vorliegenden Risikokonstellation unterstützen:

- Sogenannte *Light Truck Vehicles* (LTV; Vans, Minivans, SUVs) vermitteln dem Fahrer ein höheres Mass an subjektiver Sicherheit als Fahrern in konventionellen PW (UDV, 2012) – mögliche Fehlanpassung im Sinne einer inadäquaten Risikokompensation.
- Karosserieform von LTV begünstigt das Auffahren anderer Fahrzeuge, dabei ist die Sicht nachfolgender Fahrzeuge auf das vorausliegende Verkehrsgeschehen und damit die Antizipation der Entwicklung von Verkehrssituationen eingeschränkt (*information-blocking*).
- Auffahrende LTV verletzen den Unfallgegner (meist PW) in der Regel durch Bauart, Masse sowie dessen Missverhältnis zur Charakteristik deutlich schwerer als konventionelle PW.
- Die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls durch das Auffahren eines anderen Fahrzeuges steigt, wenn der Lenkende des vorausfahrenden LTV eine Frau ist. Frauen bremsen in kritischen Situationen (z. B. an umschaltenden Lichtsignalanlagen) wahrscheinlicher als Männer (Yan et al., 2005).
- Ein Blick auf das Arbeitsmodell lässt den Schluss zu, dass einerseits durch die Charakteristika von *Light Truck Vehicles* eine adäquate Bewertung aktueller und vor allem antizipativer Anforderungen für folgende Fahrzeuge erschwert ist und andererseits – eventuell durch erhöhte subjektive Sicherheitsgefühle – die Bewertung der aktuellen Aufgabenschwierigkeit und damit verbunden des Risikolevels inadäquat ist. Dies kann wiederum aufgrund der Besonderheiten dieser Fahrzeugkategorie zu schwereren Unfällen führt.

5.4.2 Massnahmen

Technische Massnahmen

Notbremsassistent/Autonome Notbremsassistenten (AEBS) (EGO & ALTER¹⁰). Sowohl für die LTV als auch für die Unfallgegner scheint für diesen Unfalltyp die effektive Verzögerung des Fahrzeuges eine entscheidende Bedeutung zur Reduktion der Unfälle zuzukommen. Dabei ist zu erwarten, dass durch den Einsatz der Systeme einerseits dem Effekt durch das Missverhältnis Masse/Karosserie entgegengewirkt werden kann, wenn das auffahrende Fahrzeug ein LTV ist. Andererseits könnte eine verzögerte oder ausbleibende Bremsreaktion, die durch die Informationsbeschränkung aufgrund eines vorausfahrenden LTV begünstigt wird, verhindert werden. Bezüglich des Unfallvermeidungspotenzials finden sich in der Literatur je nach Schätzungsverfahren, System und Szenario sehr unterschiedliche Zahlen (zwischen 2-44 % Reduktion aller Getöteten). Fildes et al. (2015) untersuchen, basierend auf realen Unfalldaten mit einem metaanalytischen Ansatz, die

¹⁰ Bei identifizierten Risikokonstellationen mit anderen beteiligten Verkehrsteilnehmern (sogenannten *multi-party-crashes*) werden in Abhängigkeit der angenommenen Ursachen sowohl Massnahmen, bezogen auf die anfängliche betrachtete Risikogruppe (EGO), als auch Massnahmen, bezogen auf die identifizierten Unfallgegner (ALTER), berücksichtigt.

Wirksamkeit eines autonomen City-Notbremsassistenten (Funktion bis 50 km/h) und finden eine Reduktion von 38 % (95 % KI: UG 18%, OG 53%) von Auffahrunfällen.

Abstandsregulation/abstandswarnender Tempomat (EGO & ALTER). Insbesondere Auffahrunfälle sind häufig durch zu geringe Sicherheitsabstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen bedingt. Assistenzsysteme, die bei zu geringen Abständen den Fahrenden entweder warnen oder aktiv die Geschwindigkeit verringern (*Adaptive Cruise Control (ACC)*), können zumindest einen Teil der Auffahrunfälle verhindern beziehungsweise deren Schwere verringern. Aufgrund der Unfallschwere von Auffahrunfällen wird hier der Nutzen stärker auf Autobahnen als auf Land- oder Stadtstrassen gesehen (Hynd et al., 2015). Vaa et al. (2014) schätzen auf Basis von norwegischen Unfalldaten eine Reduktion von Getöteten bei Auffahrunfällen unter idealen Bedingungen (z. B. Ausrüstungsquote 100 %) von maximal ca. 16 %. Dabei nehmen sie neben Auffahrunfällen auch Kollisionen mit Zufussgehenden auf. Basierend auf einer Literaturstudie schlussfolgert SWOV (2010), dass das ACC (*Adaptive Cruise Control*) einen positiven Sicherheitseffekt vor allem bei staufreien Autobahnfahrten hat, nicht jedoch bei hoher Verkehrsdichte oder auf ländlichen und städtischen Strassen. Hynd et al. (2015) zitieren drei Studien, bei denen zwei negative Kosten-Nutzen-Verhältnisse ergeben.

Information und Ausbildung

Integration der FAS-Thematik in die Fahrausbildung, das heisst Anpassung von Inhalten der Fahrausbildung an den fahrzeugtechnischen Wandel. Die Nutzung von Fahrassistenzsystemen ist abhängig von der wahrgenommenen Zuverlässigkeit beziehungsweise dem Vertrauen in diese Systeme. Dabei ist ein „blindes“ Vertrauen in die Systeme ebenso nachteilig wie ein überzogenes Misstrauen. Wesentlich ist, dass der Lenkende ein adäquates mentales Modell über die Systeme entwickelt, welches die entsprechenden Systemfunktionen und ihre Abhängigkeiten abbildet. Darauf basierend sollte der Lenkende wissen, wann ein System funktioniert und wann nicht. Studien zeigen, dass Fahrzeuglenkende über unzureichende Kenntnisse über Assistenzsysteme verfügen. Hierbei kann es helfen, wenn während der Fahranfängervorbereitung (Ausbildung) ebenfalls mit Blick auf Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik unterrichtet wird. Dabei können insbesondere Nutzen und Funktion von Sicherheitsassistenzsystemen thematisiert werden.

Information über Assistenzsysteme im Zusammenhang mit Rückmeldefahrten. Für ältere Verkehrsteilnehmerinnen kann die angesprochene Vermittlung von Wissen und mentalen Modellen zu sicherheitsförderlichen Assistenzsystemen im Rahmen von Rückmeldefahrten erfolgen (siehe PW-RK3, Kap. 5.3.2).

Ökonomische Massnahmen

Bonus für Sicherheitsassistenzsysteme. Flankierend kann durch ein Bonussystem bezüglich der Versicherungsprämien die Akzeptanz von fahrzeugbezogenen Massnahmen zusätzlich verstärkt werden. Insbesondere für Frauen scheinen verstärkende Anreize wesentlich, da die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen vom Grad der Technikaffinität mitbestimmt ist und hierbei insbesondere Männer stärkere Ausprägungen aufweisen.

Schlussfolgerungen

Durch weitere technische Entwicklungen (z. B. Erweiterung des Erkennungsfeldes, Erkennung Zufussgehender/Velofahrender) ist davon auszugehen, dass Notbremsassistenten zukünftig nicht nur bei Auffahrunfällen, sondern auch bei Einbiegeunfällen ein enormes Unfallvermeidungspotenzial haben werden. Um dieses Potenzial so früh und weit als möglich auszunutzen, empfehlen wir Anreize einzusetzen, zum Beispiel in Form von Versicherungsrabatten, um so zu einer schnelleren Marktdurchdringung dieser Systeme zu gelangen.

Tab. 19 Bewertung Autonomer Notbremsassistent (AEBS)

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Auffahrunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, wobei ein Van und SUV involviert ist (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	1420 (3, 100, 1320) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil an Gesamtunfallgeschehen (%)		7.5 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	38 % (95 %-KI: UG; 18 %, OG; 53 %) Auffahrunfälle	540 (260 - 750) $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Ab 2022 sollen autonome Notbremsassistentensysteme standardmässig in nahezu alle Neuwagen eingebaut werden (US).	Langfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Zunahme SUVs	Problem tendenziell steigend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Cost-Benefit-Ratio 1	Kostenneutral

5.5 PW-RK5

PW-Lenkende, die bereits mit Alkohol in ADMAS registriert wurden, haben ein deutlich höheres Risiko erneut einen Unfall unter Alkohol zu verursachen (Wiederholungstäter).

5.5.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Alkoholauffällige Fahrer neigen trotz hoher Strafen in erheblichem Masse zu Rückfällen (Rückfallquote Deutschland über 5 Jahre 34.5 % bei Ersttätern; Dunkelziffer: 50 %; Stephan, 1984).
- Geht häufig einher mit problematischem Konsum in vielen Situationen des alltäglichen Lebens; generell normabweichendes Trinkverhalten: Wahrscheinlichkeit einer Trunkenheitsfahrt ist umso höher, je höher die generelle Häufigkeit von Alkoholkonsum ist (Choi et al., 2014). Zuverlässiger Indikator für eine kritische Blutalkoholkonzentration während einer Fahrt ist die Häufigkeit des Alkoholkonsums der vorausgehenden Woche (Keane et al., 1993).
- Bei der Betrachtung von subjektiven Einflüssen auf die Wahrscheinlichkeit von Trunkenheitsfahrten zeigen sich zum Teil deutliche Unterschiede zu anderen Verkehrsverstössen, insbesondere die wahrgenommene Verhaltenskontrolle zeigt hohe Erklärungskraft (Rößger, 2008; Rößger et al., 2011) - deutet ebenfalls auf Abhängigkeitsproblematik („trinkende Fahrer vs. fahrende Trinker“, Stephan, 1984).
- In diesem Zusammenhang ist ein schwieriger Umgang mit Toleranzbestimmung (Grenzwerte) anzunehmen.
- In Bezug auf das Wirkmodell in Kapitel 3.6 wird unmittelbar die objektive Bewältigungsfähigkeit und gleichzeitig die Fähigkeit, Anforderungen durch die Fahraufgabe adäquat zu bewerten, beeinträchtigt. Vorgelagert und damit mittelbar lassen sich besondere Schwierigkeiten im Umgang mit der Einhaltung formeller Normen dieser Teilstichprobe beschreiben.

5.5.2 Massnahmen

Information und Ausbildung

Blutalkoholkonzentration-Rückmeldung-Stationen (BAK-Rückmeldung-Stationen) finden sich zumeist in räumlicher Nähe zu Orten, an denen Alkohol konsumiert wird (Bar- oder Kneipenviertel). Diese Stationen geben Personen die Möglichkeit, vor einer Fahrt freiwillig ihre Blutalkoholkonzentration (BAK) zu überprüfen, um damit im besten Fall bei unzulässiger Blutalkoholkonzentration Abstand von der selbstständigen Nutzung des PW zu nehmen. Diese Massnahme wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Unter anderem

wird über Probleme durch Messungenauigkeiten berichtet (bei Überschätzung: Misstrauen in das System, bei Unterschätzung: Rechtfertigung der Fahrt) und weiterhin über Probleme durch negative Nebeneffekte, wie Wettbewerbsanreize (den *High-Score* erreichen), und über eine mangelnde Wirksamkeit in Bezug auf die Verhinderung von Fahrten unter Alkoholeinfluss (Dunaway et al., 2011).

Rehabilitationsmassnahmen stellen für sich noch keine innovativen Massnahmen im Sinne der Festlegung in Kapitel 3.1.3 dar. Sie können jedoch eine Vielzahl spezifischer Einzelinterventionen umfassen, die sich wiederum in ihrer Kombination positiv auf das Rückfallrisiko auswirken und zum Teil über bisherige Massnahmenansätze hinausgehen. Dabei wurden verschiedene Komponenten identifiziert (Nochajski & Stasiewicz, 2006). Edukative Komponenten vermitteln Informationen über physiologische und psychologische Wirkungen von Alkohol auf das Fahren und die Fahrfertigkeiten. Begleitende Screenings über Abhängigkeiten und Missbrauch können eine intensivere Behandlung von Suchtinterventionen initiieren. In sogenannten *Victim Impact Panels (VIP)* setzen sich auffällig gewordene Fahrende persönlich und direkt mit den Berichten und Leiden der Opfer von Alkoholunfällen auseinander. Aufgrund der Heterogenität von Rehabilitationsansätzen und der unkontrollierten Wechselwirkung einzelner Komponenten sowie aufgrund von Sekundäreffekten, wie Stichprobenselektivität etc., ist die konkrete Benennung der Effektstärke durch Rehabilitation schwer genau zu beziffern. Eine methodisch anspruchsvolle Metaanalyse von Wells-Parker et al. (1995) wies einen Rückgang der Rückfallrate von 8-9 % für Teilnehmende von Rehabilitationsprogrammen gegenüber Nichtteilnehmenden aus. Vergleichbare Zahlen wurden bei alkoholbedingten Unfallzahlen festgestellt. Am stärksten in Bezug auf das Rückfallrisiko schlossen dabei Programme ab, die edukative und therapeutische Komponenten sowie eine Nachbegleitung in der Bewährungszeit kombinierten. Klipp (2011) zeigte im Rahmen einer internationalen Betrachtung¹¹ von Rehabilitationsprogrammen (DRUID-Projekt¹²) eine hohe Akzeptanz dieses Massnahmenansatzes bei den Betroffenen mit hohem Potenzial für Verhaltensänderungen über alle beteiligten Länder. Unter Berücksichtigung des insgesamt sehr positiven Bildes zeigten Programme mit freiwilliger Teilnahme die besten Ergebnisse in den Einschätzungen durch die teilnehmenden Personen. Einschränkend wird angemerkt, dass dabei Selektionseffekte sowie Effekte durch die Reduktion von kognitiver Dissonanz nicht auszuschliessen sind und dass Langzeitwirkungen der Massnahmen (z. B. bezüglich Rückfall) nicht abgeleitet werden können.

Überwachung und Ahndung

Fahrzeugbeschlagnahmung beschreibt eine abschreckende Strafmassnahme, bei der die Fahrzeuge, mit denen Lenkende auffällig gewordenen sind, für eine bestimmte Periode beschlagnahmt werden. Voas & De Young (2002) geben einen Überblick über verschiedene Anwendungen dieser Sanktionsform aus dem angloamerikanischen Raum. Dabei berichten die Autoren unter anderem über signifikante Abnahmen von unerlaubten Fahrten während eines Fahrverbots infolge einer Trunkenheitsfahrt – aber auch darüber hinaus über eine Reduktion der Rückfallquote nach dieser Strafmassnahme. So wurde im Rahmen einer Massnahmenevaluation in Ohio gezeigt, dass die Fahrten während des Fahrverbotes (*DWS; driving while suspended*) um 50-60 % und Trunkenheitsfahrten nach der Sanktionsphase um 25-30 % (*DWI; driving while intoxicated*) abnahmen. Diese Ergebnisse wurden in einer Replikationsstudie bestätigt, bei der eine Reduktion von 25-50 % der Rückfallquote im Vergleich zu einer Kontrollgruppe festgestellt wurde. Mit Blick auf Effekte auf die Unfallzahlen zeigte De Young (2000) einen Rückgang von Unfällen um 13.6 % für die Gruppe von auffällig gewordenen Fahrenden, wenn ein entsprechendes Gesetz implementiert war. Allerdings wurde für Vergleichsgruppen ebenfalls ein Un-

¹² Das internationale Projekt DRUID (Driving Under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines) erarbeitete wissenschaftliche Grundlagen für verkehrspolitische Entscheidungen innerhalb der EU sowie Vorschläge für effiziente Massnahmen zur Bekämpfung von psychoaktiven Substanzen im Strassenverkehr. http://www.druid-project.eu/Druid/EN/Home/home_node.html und <http://www.bast.de/DE/Presse/2011/presse-22-2011.html>

fallrückgang um 8.6 % festgestellt. Unter Beachtung verschiedener Kontrollvariablen zeigte sich nur ein geringer Effekt auf die Unfallrate. Die Autoren erklärten die geringen Effekte mit dem geringen Bekanntheitsgrad der Massnahme.

Kennzeichenmarkierung stellt ebenfalls eine Massnahme dar, die in erster Linie Fahrten von auffällig gewordenen Lenkenden während eines Fahrverbotes erschweren soll. Dabei werden durch klare, äusserlich erkennbare Merkmale am Kennzeichen der Polizei Möglichkeiten für effiziente Kontrollen gegeben. Darüber hinaus wird angenommen, dass diese Massnahme auch einen spezialpräventiven Effekt auf die Rückfallquote aufweist. Eine Evaluation der Massnahme von Voas et al. (1997) zeigte einen Rückgang der Fahrten unter Alkoholeinfluss und der Fahrten bei Fahrverbot für Personen, deren Kennzeichen auffällig markiert wurden, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Inkonsistent hierzu wurden keine Änderungen in der Unfallrate festgestellt. Die Konfiszierung von Kennzeichen während der Phase eines Fahrverbotes zeigte in einer frühen Studie eine Reduktion um 50 % für erneute Fahrten unter Alkoholeinfluss bei wiederholt auffälligen Lenkenden gegenüber einer vergleichbaren Gruppe, die nicht in Berührung mit dieser Massnahme kam (Rodgers, 1994).

Gerichtlich basierte Intensivmassnahmen bezeichnen gerichtlich angeordnete Bewährungsmassnahmen für wiederholt auffällig gewordene Fahrzeuglenkende mit unterschiedlichen edukativen sowie überwachungs- und sanktionsbezogenen Komponenten. Unter anderem beschreiben Lapham et al. (2006) ein dreijähriges Programm intensiver Bewährungsaufgaben (*DISP; Driving under influence Intensive Supervision Program*) als Alternative zu Arrestierung. DISP umfasst dabei unter anderem anfängliches Fahrverbot, elektronisches Monitoring, Abstinenz und Kontrolle der Abstinenz, wöchentliche Teilnahme in Selbsthilfegruppen, Teilnahme an *Victim Impact Panels* (durch Alkoholunfälle geschädigte Personen berichten über ihre Erlebnisse und Lebensänderungen) sowie regelmässige Treffen mit Bewährungshelfern. Die Kosten werden vom Fahrzeuglenkenden getragen. Innerhalb des dreijährigen Zeitraumes werden die Auflagen bei erfolgreicher Bewährung schrittweise gelockert. Die Autoren zeigten eine Abnahme des Risikos für erneute Auffälligkeiten um 48 % (KI 95 %: UG; 24 %, OG; 64 %) im Vergleich zu konventionellen gerichtlichen Massnahmen (Arrest).

Transdermale Alkoholsensoren stellen keine eigenständige Massnahme gegen Alkoholfahrten beziehungsweise Rückfälle dar. Allerdings werden sie als mögliche aussichtsreiche technische Neuerung gesehen, um den Alkoholkonsum von auffällig gewordenen Fahrern im Rahmen von Monitoring-Ansätzen (siehe gerichtliche Intensivmassnahmen) zu überwachen (Voas & Fell, 2010). Durch transdermale Alkoholsensoren wird Alkohol an der Hautoberfläche durch elektrochemische Sensortechnologie detektiert. Evaluationsstudien für am Handgelenk oder Fussgelenk getragene Geräte zeigen vielversprechende Ergebnisse in Hinblick auf die Detektionsperformanz (Marques & McKnight, 2007; Marques & McKnight, 2009). In Verbindung mit Sicherheits- und automatischen Reportfunktionen scheinen diese Sensoren für ein wirksames Monitoring von wiederholt auffällig gewordenen Personen geeignet zu sein.

Schlussfolgerungen

Mit Blick auf die Charakteristika der Risikokonstellation bietet speziell für diesen Fall die Reduktion der Rückfallquote einen geeigneteren Indikator für die Effektstärke als die Unfallrate. Weiterhin ergeben sich Schwierigkeiten in Bezug auf die Vergleichbarkeit der Effekte, da sich die Grundlagen der Vergleiche zum Teil in Bezug auf Kontrollgruppencharakteristika und Stichprobenselektivität deutlich unterscheiden (z. B. Arrest vs. Bewährungsprogramm). Dennoch lassen sich Massnahmen identifizieren, die effektiv die Rückfallquote beeinflussen können. Gerade vor dem Hintergrund der Wiederholungstat sind dies zumeist Kombinationen verschiedener Interventionen, die einerseits auf Spezialprävention (Abschreckung), Rehabilitation und therapeutische Veränderung des Trinkverhaltens zielen sowie teilweise begleitendes Monitoring während der Bewährungsphase umfassen. Shinar (2007) stellt hierzu treffend fest, dass „... *the only way to drastically reduce DWI is to combine multiple approaches...*“ Die Einzelmassnahmen in *Tab. 20* und *Tab. 21* scheinen mit Blick auf die nachgewiesenen Effekte gewisse Potenziale innerhalb einer Massnahmenkombination aufzuweisen.

Tab. 20 Fahrzeugbeschlagnahmung

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen), wobei gegen den Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens (Fahrt oder Sucht) verhängt wurde.	370 (7, 70, 300) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		2.0 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Ca. 25-30 % Rückfallreduktion	90 – 110 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetzgebung	Kurzfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Nicht bekannt	Gleichbleibend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Kostenübernahme durch auffällige Lenkende	Positiv

Tab. 21 Rehabilitation durch Kombination aus erzieherischer Intervention (Information), therapeutischer Intervention sowie Bewährungsaufgaben, Monitoring

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen), wobei gegen den Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens (Fahrt oder Sucht) verhängt wurde.	370 (7, 70, 300) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		2.0%
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Ca. 8-9 % Rückfallreduktion	30 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetzgebung	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Unbekannt	Unbekannt
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Kostenübernahme durch auffällige Lenkende	Positiv

5.6 FG-RK1

Unfälle von Kindern (0 bis 13 Jahre) auf geraden Strecken ohne und mit Fussgängerstreifen, häufig während Verkehrsspitzen, zum Teil auch bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht.

5.6.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Kinder befinden sich je nach Alter in einer besonderen Entwicklungssituation. Ihre motorischen, perzeptuellen und kognitiven Fähigkeiten entwickeln sich in einem langfristigen Veränderungsprozess.
- Für die Verkehrsteilnahme wichtige Fähigkeiten, wie die Schätzung von Geschwindigkeiten und Entfernungen (*time to arrival*) und das Erkennen und Bewerten von Gefahren, sind erst ab 10 – 12 Jahren ausreichend entwickelt (Richter et al., 2006).
- Zwei Drittel der 5-12-jährigen Kinder nutzen ausschliesslich Entfernungen, um Lücken zu bewerten (Connelly et al., 1998).
- 5-6-Jährige zeigen deutliche Defizite beim Überqueren einer Strasse beim Stoppen, Schauen der Blickrichtung und beim Überqueren (Zeedyk et al., 2001). 60 % der Kinder stoppten nicht, nur 41 % (bei Ablenkung nur 7 %) schauten nach herannahendem Verkehr. Die, die schauten, taten dies oft nicht in die richtige Richtung.

- Diskrepanz zwischen vermitteltem Querungsverhalten und bei Erwachsenen zu beobachtendem Verhalten (Richter et al., 2006).
- Zeitweise Maskierung aufgrund physischer Gestalt wahrscheinlicher (durch PW-Innenraum, durch andere Verkehrsteilnehmende, parkende Fahrzeuge).
- Hohe visuelle Beanspruchung und höhere kognitive Belastung, hoher Anspruch an Reizverarbeitung, insbesondere zu Zeiten mit starkem Verkehrsaufkommen.
- Aufmerksamkeitskonkurrenz verschiedener kritischer Objekte im Verkehrsraum bei begrenzter visueller Aufmerksamkeitskapazität.
- Problematisch sind weiterhin unangemessene Annäherungsgeschwindigkeiten der PW (u. a. Mennicken, 1999; Schulze, 2005).
- Mit Bezug auf das Wirkmodell in Kapitel 3.6, werden aktuelle Anforderungen und Vornahme von Situationsverläufen von Kindern in Abhängigkeit ihres Entwicklungsstands mit höherer Wahrscheinlichkeit unzureichend abgebildet. Gleichzeitig können Kinder für PW-Lenker höhere Herausforderungen an eine adäquate Anpassung des eigenen Fahrverhaltens darstellen (z. B. aufgrund visueller Bedingungen; Maskierung), welche mitunter misslingt.

5.6.2 Massnahmen

Technische Massnahmen

ALTER (PW-Lenkende)

Unterstützender Notbremsassistent – BAS; vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2

Autonomer Notbremsassistent – AEBS; vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2

Information und Ausbildung

EGO (Zufussgehende)

Verkehrserziehung von Kindern in Virtual Reality Systemen kann gezielt dafür genutzt werden, Blickstrategien und Querungsverhalten zu trainieren sowie Kinder für Annäherungsgeschwindigkeiten und Zeitlückenschätzungen zu sensibilisieren (Gu & Sosnovsky, 2014). In der Umsetzung als intelligente tutorielle Systeme (z. B. *SafeChild*¹³) können dabei Training und Erlernen des angemessenen Sicherungsverhaltens adaptiv in Abhängigkeit vom individuellen Fertigungsstatus des Kindes gestaltet werden. Je nach Entwicklungsstand der Kinder gibt es unterschiedliche Ansätze. Je jünger die Kinder sind, desto stärker ist die Verkehrserziehung auf praktische Übungen angelegt (vgl. Zeedyk et al., 2001). Mit fortschreitendem Alter können sie immer besser mit Konzepten und Theorien umgehen. Zunehmend werden dabei, neben praktischen Übungen im Verkehr, Computer- oder Virtual Reality-Simulationen eingesetzt. So belegen Thomson et al. (1996), dass die Identifikation von sicheren Querungsstellen mit Kindern schon ab einem Alter von 5 Jahren erfolgreich geübt werden kann. Darüber hinaus existieren einige Programme, die spezifische Kompetenzen, wie zum Beispiel das Identifizieren von sicherheitsrelevanten Objekten oder das Schätzen von Entfernung und Geschwindigkeit herannahender Fahrzeuge, mit verschiedenen Methoden schulen und trainieren können und deren Wirksamkeit zumindest in Teilen erfolgreich evaluiert worden ist (Barton et al., 2007; Hunt et al., 2011; Maier et al., 2015; Young & Lee, 1987; Schwebel et al., 2008; Thomson et al., 2005). Wichtig ist insbesondere bei kleinen Kindern die Einbeziehung der Eltern. Achermann Stürmer (2014) schlussfolgert, dass Verkehrserziehung, kombiniert mit der Sensibilisierung der Eltern, als sehr empfehlenswerte Massnahme zu bezeichnen ist. Percer (2009) findet in ihrem Review von Verkehrserziehungsmassnahmen für kindliche Fuss-

¹³ Im Projekt SafeChild können Kinder in einer virtuellen Realität (VR) verschiedene Verkehrssituationen sicher und beliebig oft üben (<http://safechild.celtech.de>)

gänger, dass vor allem jene Programme wirksam sind, die die lerntheoretischen und entwicklungsspezifischen Besonderheiten von Kindern unterschiedlicher Altersstufen berücksichtigen. In Flandern wurde 2013 eine grosse Fussgängerprüfung für alle Viertklässler eingeführt, die ein praktischer Test von Fussgängergrundkenntnissen im echten Strassenverkehr (zum Beispiel Überqueren der Strasse auf einem Zebrastreifen) ist (DEKRA, 2015). Festzuhalten ist, dass bisher der Hauptzugang zur Fussgängersicherheit bei Kindern über die Verkehrserziehung in Kindergärten und Schulen erfolgt. Evaluationsstudien mit Fokus auf Unfallreduktion liegen nach Kenntnis der Autoren bislang nicht vor.

Online-basierte Schulwegplaner dienen dazu, Wissen und Kenntnis über sichere Wege und Querungsstellen auf Internetplattformen zu teilen und Kindern für ihre alltägliche Mobilität (zu Fuss) zu vermitteln. So können online sichere Schulwege gesucht beziehungsweise grafisch erstellt und Pläne für einen sicheren Weg heruntergeladen werden. Ein Beispiel für eine entsprechende Umsetzung ist die Initiative der Continental AG und der Landesverkehrswacht Niedersachsen e.V.¹⁴ Evaluationen für diesen Massnahmenansatz liegen jedoch bislang nicht vor.

Bodenampeln zielen darauf ab, durch Smartphone abgelenkte Fussgänger im eingeschränkten Sichtfeld notwendige Gefahrensignale vor dem Überqueren von Strassen zu vermitteln (Süddeutsche Zeitung, 2016). Die hier diskutierte Risikogruppe stellt in ihrer Altersstruktur nicht ganzheitlich die problematische Zielgruppe dar, aber für die ältere Teilstichprobe (11-13 Jahre) kann Ablenkung durch mobile Medien durchaus angenommen werden. Wirksamkeitsuntersuchungen liegen bisher nicht vor.

ALTER (PW-Lenkende)

Dynamische Rückmeldesysteme (Dialog-Display) geben den Fahrenden im Unterschied zu konventionellen Geschwindigkeitsanzeigen eine bewertende Rückmeldung über ihre gefahrene Geschwindigkeit. Hält der Fahrende die zugelassene Höchstgeschwindigkeit ein, bekommt er eine positive Rückmeldung in Form eines verstärkenden „Danke“. Beim Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erhalten die Fahrenden eine negative Rückmeldung in Form eines ermahnenden „Langsam“. Durch die individualisierte und dynamische Darbietung der Rückmeldung in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit erhöht sich die Aufmerksamkeit der PW-Lenkenden. Die unmittelbare positive oder negative Rückmeldung soll die Konsequenzen des eigenen Geschwindigkeitsverhaltens bewusstmachen. Darüber hinaus werden durch den Verzicht der Rückmeldung von konkreten Messergebnissen, wie bei ähnlichen Systemen, unerwünschte Nebeneffekte wie Streben nach Geschwindigkeitsrekorden vermieden. Des Weiteren ist das Lob beziehungsweise der Tadel für alle anderen Verkehrsteilnehmenden ebenfalls deutlich sichtbar und ermöglicht eine soziale Kontrolle der individuellen Geschwindigkeit. ETSC (2008), Schulze (2005), Hofmann (2005) und Stern et al. (2006) berichten für das Dialog-Display in verschiedenen Anwendungskontexten eine Reduzierung der wichtigsten Geschwindigkeitsparameter (V_d^{15} , V_{85}^{16} , V_{zul}^{17}) durch den Einsatz des Dialog-Displays um 2 bis 10 km/h. Deutlich verbesserten sich ebenfalls Aufmerksamkeitsparameter, untersucht als Interaktions- und Blickverhalten der Fahrzeugführer gegenüber Zufussgehenden beziehungsweise Bahnfahrzeugen (Stern, 2007).

Gamification-Ansätze beschreiben unterschiedliche Interventionen einer innovativen Massnahmengattung, die über spielerische Elemente die Motivation für gewünschte Verhaltensanpassungen stark steigern kann und damit hohes Potenzial für Verhaltensänderungen trägt. Auch im Bereich Verkehrssicherheit, insbesondere für Geschwindigkeitsreduktionen im kritischen Bereich, wurden *Gamification-Ansätze* in Pilotversuchen umge-

¹⁴ Der Schulwegplaner hilft einen sicheren Schulweg zu planen (www.schulwegplaner.de)

¹⁵ Durchschnittsgeschwindigkeit

¹⁶ 85. Perzentil der Geschwindigkeitsverteilung

¹⁷ Prozentsatz Fahrer mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit

setzt. So wurden im Rahmen der *Speed Camera Lottery* an bestimmten lokalen Standorten sowohl regelnonkonform als auch regelkonform fahrende PW registriert. Die regelkonform Fahrenden wurden automatisch für eine Gewinnausschüttung aufgenommen. Der „Gewinnpott“ ergab sich aus Geldbussen für regelnonkonformes Geschwindigkeitsverhalten der anderen Lenkenden. Eine experimentelle Untersuchung zeigte eine Reduktion der mittleren Geschwindigkeit um circa 21 % (Diewald et al., 2013).

Hazard Perception Test in die Zweiphasenausbildung integriert; vergleiche Kapitel 5.1.2 und 5.2.2

Schlussfolgerungen

Unter Berücksichtigung der Bedeutung unangemessener Geschwindigkeiten von PW und der dadurch bedingten Verknappung von Reaktionszeiten sowie suboptimaler Gefahrenmanöver bei potenziell kindlichen, zum Teil unvermeidbaren (siehe Entwicklungsproblematik) Fehlverhalten, tragen auch hier technologische fahrzeugbezogene Massnahmen (wie der Notbremsassistent) ein hohes Wirkungspotenzial zur Reduzierung dieser Unfälle. Dieser Ansatz kam bereits mehrfach zur Sprache und zeigt sich zur Steigerung der Verkehrssicherheit als unspezifisch für verschiedene Risikokonstellationen geeignet. Bezogen auf diese spezifische Konstellation mit dem *Dialog-Display*, wird eine Massnahme berücksichtigt, die eine verkehrssicherheitsdienliche Verhaltensanpassung der PW-Lenkenden verspricht, bevor Gefahrenmanöver immanent werden. Ein möglicher Vorteil gegenüber fahrzeugbezogenen Massnahmen ist, dass diese in der ganzheitlichen Wirkungsentfaltung an die Marktdurchdringung gekoppelt ist. Darüber hinaus können die Displays gezielt an Risikostellen wie Kindergärten, Schulen und Freizeiteinrichtungen installiert werden. Nichtsdestotrotz ist auch vor dem Hintergrund dieser Risikokonstellation die Marktdurchdringung von unterstützenden oder autonomen Notbremsassistenten mit geeigneten Anreizen (Versicherungsprämien) zu begünstigen. Gegenüber dem ebenfalls vielversprechenden Ansatz der *Speed Camera Lottery* versprechen *Dialog-Displays* weniger datenschutzrechtliche Bedenken.

Tab. 22 Bewertung Dynamische Rückmeldesysteme (*Dialog-Display*)

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, wobei als Hauptursache im Unfallprotokoll ein Geschwindigkeitsvergehen ausgewiesen ist (inklusive von Touristen verursachte Unfälle).	60 (4, 20, 30) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.3 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Keine Evaluation vorhanden	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei sinkenden Geburtenraten	Problem gleichbleibend bis abnehmend
Wirtschaftlichkeit	Unbekannt	Unbekannt

5.7 FG-RK2

Unfälle von älteren Zufussgehenden (65+) auf Plätzen oder auf dem Fussgängerstreifen, häufig Frauen.

5.7.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Altersbezogene Veränderungen in den sensorischen, kognitiven und motorischen Ressourcen führen zu Performanceeinbussen, die insbesondere bei Querungen ein erhöhtes Unfallrisiko bedingen (Dommes & Cavallo, 2012; Dommes et al., 2013, Dunbar et al., 2004).

- Höhere Anzahl unsicherer Querungsentscheidungen bei Fussgängern über 65 Jahren vor allem in komplexeren Verkehrssituationen, wie sie zum Beispiel bei Beachtung von zwei entgegengesetzten Fahrtrichtungen auftreten. Die Anzahl sicherer Querungsentscheidungen steigt dagegen signifikant bei weniger komplexen Situationen an (z. B. in Einbahnstrassen) (Oxley et al., 1997).
- Ältere Zufussgehende haben Probleme bei der Einschätzung der Fahrzeuggeschwindigkeit: Sie treffen ihre Querungsentscheidungen vor allem distanzbasiert und nicht geschwindigkeitsbasiert (Dommes et al., 2013).
- Bei niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit Unterschätzung der Ausweichzeitspanne (*TTA; time to avoid*), bei höherer Geschwindigkeit Überschätzung TTA. Das heisst, Ältere sind eher bereit, kleinere Zeitlücken bei höheren Geschwindigkeiten zu wählen (Lobjois & Cavallo, 2007; Lobjois & Cavallo, 2009).
- Angesichts ihrer „Angst zu fallen“ (z. B. Scheffer et al., 2008) und der Notwendigkeit, das Gleichgewicht beim Gehen zu halten (Woolacott & Tang, 1997), weisen ältere Zufussgehende mehr Aufmerksamkeitsressourcen beim Queren dem Gehen zu.
- Insgesamt wirken sich die altersbedingten kognitiven Veränderungen vor allem auf unbekanntere beziehungsweise komplexe Situationen aus.
- Obwohl primär als Fahrermodell entwickelt, lassen sich prinzipielle Annahmen des Wirkmodells in Kapitel 3.6 übertragen. Die Bewältigungsfähigkeit ist aufgrund altersbezogener Veränderungen objektiv eingeschränkt – die subjektive Repräsentation erfolgt ebenfalls teilweise. Dies führt aufgrund von Mobilitätsbedürfnissen und -notwendigkeit zu Unsicherheit, Angst sowie Disstress (hohe wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit) und als solches wiederum zu suboptimaler Performanz.

5.7.2 Massnahmen

Technisch

Unterstützender Notbremsassistent – BAS; vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2

Autonomer Notbremsassistent – AEBS; vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2

Information und Ausbildung

Verkehrssicherheitsprogramme für Ältere (z. B. „Mobil bleiben - aber sicher!, „sicher mobil“) setzen ihre Schwerpunkte vor allem auf das Autofahren und thematisieren Fussgängersicherheit nur am Rand. Spezielle Fitnessprogramme für Ältere, die vor allem die physischen Voraussetzungen für eine sichere Verkehrsteilnahme als Zufussgehende herstellen wollen, existieren vor allem zur Sturzprävention (Scheffer et al., 2008). Ein Wirksamkeitsnachweis für die Fussgängersicherheit liegt bisher nicht vor, scheint aber plausibel. Dommes & Cavallo (2012) untersuchen, ob Querungsentscheidungen und Verhalten von älteren Zufussgehenden durch ein Simulator-basiertes Querungstraining verbessert werden können. Dabei finden sie signifikante Verbesserungen in der Querungsperformanz bei der Experimentalgruppe, die allerdings nach 6 Monaten nicht mehr messbar sind. Für ältere Autofahrende kann Poschadel (2013) nachweisen, dass ein 15-stündiges Fahrtraining schwieriger Fahraufgaben die individuelle Fahrkompetenz über 70-jähriger Autofahrender im Realverkehr überzufällig und nachhaltig erhöhen kann.

Alter (PW-Lenkende)

Dynamische Rückmeldesysteme (Dialog-Display); siehe Kapitel 5.6.2

Schlussfolgerung

Spezielle Programme für ältere Zufussgehende gibt es nur spärlich, dazu sind sie bisher nicht ausreichend evaluiert. Hier besteht eine deutliche Forschungslücke, die zukünftig geschlossen werden muss. Auf Basis der ungenügenden Befundlage zur oben genannten Risikokonstellation erscheint der autonome Notbremsassistent, zukünftig möglichst erweitert mit einer verlässlichen Fussgängererkennung, derzeit am geeignetsten, zumin-

dest Teile der Risikokonstellation (Fussgängerstreifen) abdecken zu können (vgl. PW-RK3, Kap. 5.3.2).

Tab. 23 Bewertung Autonomer Notbremsassistent (AEBS)

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden auf dem Fussgängerstreifen, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	140 (3, 40, 100) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.8 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	6-21 % getötete Zufussgehende	1 $U_{(G)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Ab 2022 sollen autonome Notbremsassistentensysteme standardmässig in nahezu alle Neuwagen eingebaut werden (US).	Langfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Basierend auf der demographischen Entwicklung (Zunahme älterer Menschen)	Problem steigend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Cost-Benefit-Ratio 1 (Hynd et al., 2015)	Kostenneutral

5.8 VF-RK1

Einbiege- (allenfalls Abbiege-)Unfälle innerorts von Velofahrenden, Konflikt mit Personenwagen. Auffällig sind diese insbesondere bei nasser oder feuchter Strasse während der Hauptverkehrszeit. Die betroffenen Velofahrenden stammen aus allen Altersklassen.

5.8.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Geringe visuelle Auffälligkeit, vor allem zu Zeiten mit starkem Verkehrsaufkommen aufgrund höherer visueller Beanspruchung und höherer kognitiver Belastung, hoher Anspruch an Reizverarbeitung, *visual competition* bei begrenzter Aufmerksamkeitskapazität vorrangig mit salienteren Verkehrsteilnehmern (PW, ÖV etc.).
- Zeitweise Maskierung aufgrund physischer Gestalt wahrscheinlicher (durch PW-Innenraum, durch andere Verkehrsteilnehmende).
- Zusätzlich sind Erwartungen der PW-Lenkenden über Ort und Fahrverhalten der Velofahrer nicht entsprechend. Teilweise unterstützt durch regelnonkonformes Verhalten der Velofahrenden.
- Ablenkung durch mediale Geräte während des Velofahrens führt zum Teil zu Einschränkungen des strassenverkehrsbezogenen Situationsbewusstseins.
- Vergleichsweise niedrige Exposition (relativ zu PW), ebenfalls ungünstig für erwartungsgeleitete Detektionsperformanz bei PW-Lenkenden.
- Nasse beziehungsweise feuchte Strassen führen zu höheren Anforderungen für Fahrzeugstabilisierung/-führung (untere Ebene der Fahraufgabe). Damit weniger Ressourcen für Manöverebene der Fahraufgabe (*Hazard perception*).
- Parallelen zum Wirkmodell in Kapitel 3.6 lassen sich u. a. mit Verweis auf eine erschwerte Antizipation und Bewertung der Anforderungen (bspw. durch inadäquate Erwartungen, visuelle Auffälligkeit, mediale Ablenkung) für beide Konfliktpartner ziehen.

5.8.2 Massnahmen

Technisch

EGO (Velo)

Permanent Running Lights stellen eine bekannte Massnahme für motorisierte Fahrzeuge dar, um vorrangig deren visuelle und auch kognitive Auffälligkeit zu erhöhen. Tagfahrlicht

für Velofahrende fand hingegen in der Vergangenheit weniger Interesse, stellt aber auch im Zuge der Einsatzmöglichkeit moderner leuchtintensiver LED-Leuchtmittel einen denkbaren Massnahmenansatz dar. Experimente liefern hierzu vielversprechende Ergebnisse. Eine dänische Studie (Madsen et al., 2012) zeigt an einer grossen Stichprobe (N=3845) 19 % weniger Unfälle mit Verletzungsfolgen für den Velofahrenden, wenn die Velos mit Tagfahrlicht ausgestattet waren. Dies galt insbesondere für Unfälle mit anderen Verkehrsteilnehmenden am Tag (-47 %). Die Autoren schränken ein, dass die Wirkung durch mögliche Selbstselektionseffekte und aufgrund der selbstberichteten Unfälle überschätzt sein könnte. Mit ähnlichem Tenor kommt eine britische Studie (Fotios & Castleton, 2015) zur Schlussfolgerung, dass einerseits die Überwachung und Kontrolle der Beleuchtungsvorschriften für Dunkelheit und andererseits die Erweiterung von Beleuchtungsvorschriften auch für Tageslichtzeiten wirksame Massnahmenansätze zur Steigerung der Verkehrssicherheit von Velofahrenden sind.

Bike-to-Car-Communication beschreibt einen innovativen technischen Ansatz (sogenannte x-to-x bzw. V2V-Kommunikationseinrichtung), der durch GPS-gestützte Sensoren und Empfänger potenzielle Konfliktpartner vor kritischen Interaktionen warnt (von Below, 2016). Eine experimentelle Studie von Gustafsson et al. (2013) prüfte die Umsetzbarkeit einer solchen Applikation für Velofahrende auf Smartphones und kommt zu einer positiven Gesamteinschätzung. Die Autoren weisen allerdings darauf hin, dass es sich dabei zurzeit eher um Konzeptstudien handelt als um die Evaluation von marktreifen Produkten. Weitere existierende Umsetzungen finden sich in der *BikeShieldApp* oder in *VOLVO's City Safety-System* (Yoon et al., 2015).

Fahrrad-Assistenz-Systeme wie das *intelligente Fiets* des niederländischen Forschungsinstituts TNO (2014) befinden sich ebenfalls in der frühen Entwicklung. Das „intelligente Fahrrad“ hat Radarsensoren am Lenker und eine Kamera am Heck. Ziel der Assistenzsysteme ist es vor allem, Senioren mit eingeschränktem Hör- und Sehvermögen das Velofahren zu erleichtern.

ALTER (PW)

Unterstützender Notbremsassistent – BAS; vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2; keine spezifischen Zahlen für Velo-PW-Unfälle

Autonomer Notbremsassistent – AEBS; vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2; keine spezifischen Zahlen für Velo-PW-Unfälle

Fahrerassistenzsystem: Fahrraderkennung und Warnung werden unter anderem ebenfalls in V2V-Kommunikationsansätzen umgesetzt. Dabei wird der Fahrende gewarnt, wenn sich ein schwächerer Verkehrsteilnehmender (Velo, Motorradfahrer, Zufussgehender) in kritischer Interaktion mit dem Fahrzeug befindet. Zumeist lassen sich dabei herstellereinspezifische Systeme wie das *City-Safety-System* von Volvo identifizieren. Belastbare Unfallreduktionen auf die konkrete Risikokonstellation liegen nicht vor.

Information und Ausbildung

ALTER (PW)

Hazard Perception Test; vergleiche Kapitel 5.1.2 und 5.2.2

Überwachung und Ahndung

Intensivierung Bike-Kontrollen. Eine stärkere Überwachung und Sanktionierung von Fehlverhalten durch Velofahrende, zum Beispiel regelwidrige Verkehrsraumnutzung oder Rotlichtmissachtung, kann einerseits spezialpräventiv ein notwendiges Regulativ für regelwidrige Verhaltensweisen darstellen und andererseits generalpräventiv das Bewusstsein für regelkonformes Verhalten und die Abschreckung regelnonkonformer Verhaltensweisen erhöhen. So schlägt unter anderem von Below (2016) Schwerpunktkontrollen unter Einbeziehung von medialer Begleitung zur Thematisierung von Fehlverhalten durch Velofahrende als potenziell wirksamen Massnahmenansatz vor. Evaluationsstudien über

die Wirkung von Alkoholkontrollen bei Velofahrenden (Reduktion der Unfallzahlen) liegen bislang nicht vor. Hinreichend belegt ist die Wirksamkeit von Alkoholkontrollen auf Unfälle bei PW-Lenkenden. Eine im EU-Projekt PEPPER¹⁸ durchgeführte Metaanalyse (N = 49 Evaluationsstudien) ergab eine durchschnittliche Unfallreduktion für mobile Kontrollen von 8 % (Range = -12; -3) und für stationäre Alkoholkontrollen von 15 % (-18; -11) bei PW-Lenkenden (Erke et al., 2009).

Nutzungsverbot von Geräten, die mediale Ablenkung induzieren. Verschiedene Veröffentlichungen (u. a. Goldenbeld et al., 2012; von Below, 2016; Waard et al., 2015) weisen darauf hin, dass die Nutzung von Unterhaltungsmedien, wie beispielsweise Musikhören über Kopfhörer, während des Velofahrens zu sicherheitsabträglichen Effekten führt. Für PW-Lenkende ist die Wirkung durch ablenkende (Neben-)Tätigkeiten vergleichsweise gut untersucht, für Velofahrende trifft dies bisher nicht in dem Masse zu. Entsprechende kognitive sowie sensorische Ablenkung durch Medienkonsum während des Velofahrens ist dennoch sehr wahrscheinlich. Auch hierbei wird die Wirksamkeit einer entsprechenden Restriktion abhängig sein von der medialen Vermittlung (Aufklärung über Anliegen und Hintergründe) sowie von einer merklichen Überwachung des Befolgungsgrads.

Schlussfolgerung

Wie auch für andere Risikokonstellationen, die Kollisionen mit Personenwagen beinhalten, tragen autonome Notbremsassistenzsysteme in Personenwagen (AEBS) aus sachlogischen Überlegungen heraus ein sehr hohes Unfallreduktionspotenzial. Belastbare Zahlen, spezifisch bezogenen auf die vorliegende Risikokonstellation, liegen allerdings bislang nicht vor. Vor diesem Hintergrund, den gefundenen Effektstärken und basierend auf den getroffenen Kausalannahmen eröffnet sich ein weiterer kombinierter Massnahmenansatz in der Steigerung der visuellen und kognitiven Auffälligkeit für Velofahrende (Tagfahrlicht – *Permanent Running Light*), verknüpft mit Massnahmen, die die Umsetzung dieser Intervention kontrollieren und damit gleichzeitig für regelkonformes Verhalten in weiteren Bereichen (Verkehrsraumnutzung) sensibilisieren.

Tab. 24 *Permanent Running Lights (Tagfahrlicht)*

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle mit mindestens einem Verletzten von Velofahrenden pro Jahr, am Tag, Konflikt mit mindestens einem anderen, grösseren Verkehrsteilnehmer (Lkw, Bus, PW, Motorrad oder Landwirtschaftsfahrzeug).	1690 (19, 370, 1300) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		9.0 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	47 % Unfallreduktion am Tag mit anderen Verkehrsteilnehmenden (Madsen et al., 2012).	800 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Im Zuge von Förderungen des Veloverkehrs, u. a. aus ökologischen oder ökonomischen Gründen kann mit einer Zunahme gerechnet werden.	Problem gleichbleibend bis tendenziell steigend
Wirtschaftlichkeit	Unbekannt	Unbekannt

¹⁸ Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads. <http://www.vtt.fi/sites/pepper/en>.

5.9 VF-RK2

Selbstunfälle von meist männlichen Velofahrenden unter Beeinträchtigung durch Rauschmittel in der Nacht, häufig am Wochenende (Alkohol, Drogen, Medikamente). Die Velofahrenden sind dabei zwischen 18 und 64 Jahre alt.

5.9.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Velofahren wird ähnlich wie Zufussgehen als vergleichsweise freie Mobilitätsform wahrgenommen, die anderen informellen Normen und Verhaltensstandards als beispielsweise die motorisierte Teilnahme am Strassenverkehr unterliegt.
- Dies wird weiterhin dadurch unterstützt, das Velofahren als Mobilitätsform relativ zeitig in der Entwicklungsphase erste Anwendung findet und keine vergleichbare Ausbildungs- und Prüfungsvoraussetzungen daran gekoppelt sind wie für eine motorisierte Verkehrsteilnahme. Beispielsweise fokussieren entsprechende Verkehrstrainings für die Zielgruppe (Kinder) stärker auf Verkehrsraumwahrnehmung als auf Fahrtauglichkeit.
- Weiterhin bietet Velofahren als freie, unmotorisierte Mobilitätsform stärker die subjektiv wahrgenommene Möglichkeit, sich – zum Beispiel durch die Teilnutzung strassenungebundener Routen - möglichen Konflikten zu entziehen.
- Bei den Verkehrsteilnehmenden besteht zum Teil hohe Unsicherheit über entsprechende formelle Regelungen bezüglich einer Fahruntauglichkeit bei Velofahrenden infolge von Beeinträchtigungen (Alkohol, Drogen, Medikamenten) (von Below, 2016).
- Alkoholkonsum des Velofahrenden ist auffällig stark negativ korreliert mit der Helmnutzung (Airaksinen et al., 2010). Dies deutet einerseits darauf hin, dass auffällige Velofahrende generell risikoreichere Verhaltensmuster zeigen und dass andererseits im Falle von Unfällen diese schwerere Folgen nach sich ziehen. Es ist anzunehmen, dass das einen Effekt auf die Anzahl registrierter Unfälle hat, da leichtere Velounfälle häufig nicht berichtet werden (Dunkelziffer).
- Unter Bezug zum Wirkmodell in Kapitel 3.6 sind Einschränkungen im Abgleich von Anforderungen und in der Bewältigungsfähigkeit als unmittelbare Folge von Alkoholkonsum zu nennen. Weiterhin deuten die empirischen Befunde auf ein höheres akzeptiertes Risiko als mögliche kritische Bedingung für diese Konstellation.

5.9.2 Massnahmen

Information und Ausbildung

Awareness-Kampagnen. Verschiedene Autoren (u. a. Verster et al., 2009) verweisen aufgrund der empirischen Befunde zu Alkoholkonsum und Velounfällen auf die Notwendigkeit, ähnliche Kampagnen für eine Steigerung des Problembewusstseins umzusetzen, wie dies bereits für die motorisierte Verkehrsteilnahme stattfindet. So ist es erforderlich, das Bewusstsein für Risiken und Konsequenzen des Velofahrens unter Beeinträchtigung zu steigern (Asbridge et al., 2014). Eine vergleichsweise innovative Umsetzung von Awareness-Kampagnen findet sich im Einsatz konfrontierender Stilmittel (z. B. *UK Think*). Der Einsatz konfrontierender Stilmittel (*Fear/Threat Appeals*) bezeichnet die Vermittlung angst- beziehungsweise furchtauslösender Botschaften, um die Wahrscheinlichkeit riskanten Verhaltens und dadurch die Anzahl damit verbundener Unfälle zu reduzieren. Philipps et al. (2011) berichten in einer auf 119 verschiedenen Studien basierenden Metaanalyse eine (generelle) durchschnittliche Reduktion der Unfälle um 9 % (95 %-KI: UG; 6 %, OG; 12 %). Allerdings finden Carey et al. (2013) in einer Metaanalyse, die auf 13 experimentellen Studien beruht, die angstausslösende Stilmittel zur Beeinflussung riskanten Fahrverhaltens einsetzen, keinen Effekt. Am geringsten wirkten solche Stilmittel bei der Hauptadressatengruppe junge Männer (vgl. Lewis et al., 2007). Obwohl wirksame Kampagnen mit furchtauslösenden Stilmitteln auch in anderen Lebensbereichen existieren, ist der Zusammenhang zwischen Furcht und Verhalten komplex und wird wahrscheinlich durch weitere Variablen moderiert. Von daher kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht von einem nennenswerten Unfallreduktionspotenzial konfrontierender Stilmittel ausgegangen werden, obwohl sie häufig hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit erzeugen

und damit auf wichtige Verkehrssicherheitsprobleme hinweisen können. Die Schweizer Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) empfiehlt daher, Schockkampagnen nur selten gezielt einzusetzen und liefert eine Checkliste für deren Gestaltung (Uhr, 2015).

Überwachung und Ahndung

Grenzwerte herabsenken (definieren und kommunizieren). Eine klar begründete und medial kommunizierte (Neu-)Festlegung von Grenzwerten dient dazu, das Bewusstsein für die Gefahren des Fahrens unter Beeinträchtigung zu vermitteln und kann über die Neudefinition von formellen Normen auch informelle Normen mittelfristig lenken. Bezogen auf Alkoholkonsum zeigen Untersuchungen (Dalrup et al., 2014), dass eine Blutalkoholkonzentration im Bereich von 0.8 bis 1.1 Promille eine relevante Leistungsbeeinträchtigung beim Velofahren bedingt, die von den allermeisten Velofahrenden nicht mehr kompensiert werden kann.

Intensivierung Bike-Kontrollen. Überwachungsmassnahmen, das heisst Alkoholkontrollen für Velofahrende (Atemtest), dienen einerseits dazu, formelle Normen durchzusetzen und zu kommunizieren (spezial- und generalpräventive Funktion von Überwachung). Andererseits können Überwachungsmassnahmen zur Bildung und Internalisierung von Normen beitragen (positive Generalprävention).

Schlussfolgerung

Obwohl diese Risikokonstellation durch viele Befunde in der Literatur empirische Unterstützung findet, sind keine spezifischen Zahlen zum Rückgang der Unfallzahlen oder zur Abnahme riskanter Verhaltensweisen durch innovative Massnahmenansätze verfügbar. Es werden allerdings ein Herabsenken der Grenzwerte (insbesondere bezogen auf Alkohol), stärkere Überwachungsaktivitäten und Alkoholkontrollen sowie die Steigerung des Problembewusstseins für Risiken und Konsequenzen beeinträchtigten Velofahrens durch edukative Kampagnen als zielführende Massnahmenkombination diskutiert. Dies erscheint sinnvoll, da das Fahren unter Alkoholeinfluss mit Velos offensichtlich einer anderen normativen Bewertung in der Gesellschaft unterliegt („Kavaliersdelikt“) als motorisierte Fahrten unter Alkoholeinfluss. Die Massnahmen könnten entsprechend einen sicherheitsdienlichen Normbildungsprozess in Gang setzen.

Tab. 25 Herabsenken der Grenzwerte für Blutalkoholkonzentration (BAK) für Velofahren

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfall pro Jahr von Velofahrenden mit mindestens einem Verletzten, wobei der Velofahrende durch Alkohol beeinträchtigt war.	200 (2, 60, 140) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		1.1 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Nicht bekannt	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Kurzfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei steigender Velopopularität und Förderung des Radverkehrs.	Problem gleichbleibend bis tendenziell steigend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

5.10 VF-RK3

Bei den E-Bikes gibt es aufgrund der geringen Datenmenge nur wenige Auffälligkeiten. Schwach auffällig sind hier Einbiegeunfälle innerorts (Konflikt mit PW) und Selbstunfälle bei beeinträchtigter Sicht. In den Risikokonstellationen und allgemein bei den Unfällen sind die Lenkenden etwas älter (45-64 Jahre).

5.10.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Eigenschaften des Pedelecs (*Pedal Electric Cycle*): grössere Masse, höhere mögliche Geschwindigkeit, gewöhnungsbedürftiges Fahr- und Bremsverhalten (Schepers et al., 2014; Weber et al., 2014).
- Werden insbesondere von Älteren genutzt (vulnerabler, höhere Exposition, nachlassende Sensorik, Motorik und kognitive Belastbarkeit, verringerte Reaktionszeiten) (Vlakveld et al., 2015).
- Unterschätzen der Geschwindigkeit von E-Bikes auf Seiten der PW-Lenkenden. Das kann beispielsweise dazu führen, dass PW-Lenkende beim Einbiegen vor einem bevorrechtigten Pedelec zu geringe Zeitlücken annehmen (Scaramuzza et al., 2015).
- Unterschätzen des Effekts der Geschwindigkeit auf die Unfallkonsequenzen auf Seiten der E-Bike-Fahrer (Scaramuzza et al., 2015).
- Wirkmechanismen im Sinne des Wirkmodells in Kapitel 3.6 lassen sich u. a. für die folgenden kritischen Punkte feststellen: inadäquate Bewertung von antizipativen Anforderungen (durch fehlende diskriminative Merkmale zu Velos für PW-Lenkende), inadäquate Abschätzung der Aufgabenschwierigkeit, vor allem aufgrund suboptimaler Bewertung eigener Kompetenz im Kontext der Aufgabenschwierigkeit, bei E-Bike-Fahrenden.

5.10.2 Massnahmen

Hinsichtlich Einbiegeunfällen von E-Bikes wird auf die erste Risikokonstellation von Velofahrenden (Kap. 5.8) verwiesen. Die folgenden Massnahmenempfehlungen beziehen sich vor allem auf Selbstunfälle von E-Bikes. Aufgrund der Neuartigkeit von E-Bikes ist im Moment über Ursachen und Hergang von Alleinunfällen bei E-Bikes noch wenig bekannt (Scaramuzza et al., 2015).

Technisch

Bremsdynamisches Assistenzsystem (BDA) beziehungsweise Antiblockiersystem für E-Bikes befinden sich im bundesdeutschen Projekt *BikeSafe* (Maier et al., 2015) in Entwicklung. Dabei soll BDA vor allem die beiden kritischen Fahrsituationen Vorderradblockieren und Überschlag verhindern. Derzeit existieren erste Prototypen.

Automatische Notrufsysteme eignen sich insbesondere für Alleinunfälle, bei denen keine weiteren Personen anwesend sind (Høye et al., 2011 zit. nach Vaa et al., 2014). Der Nutzen liegt vor allem in der Verringerung der Zeit bis zum Eintreffen medizinischer Hilfe. In einer finnischen Studie schätzen die Autoren, dass ein automatisches Notrufsystem für Personenwagen 4-8 % aller tödlichen Unfälle verhindern könnte (Sihvola et al., 2009). Inwieweit sich diese Zahlen auf Velounfälle übertragen lassen, bleibt jedoch offen.

Information und Ausbildung

Eine Sensibilisierung für den Effekt der Geschwindigkeit auf die Unfallkonsequenzen wird von Scaramuzza et al. (2015) zum Beispiel beim Kauf eines E-Bikes in Form von Broschüren empfohlen. Hinsichtlich des Unterschätzens der Geschwindigkeit von E-Bikes auf Seiten der PW-Lenkenden empfehlen die Autoren sowohl Sensibilisierungsanstrengungen von PW-Lenkenden und von E-Biker-Fahrenden.

Schlussfolgerungen

E-Bikes sind vergleichsweise neu auf dem Markt, jedoch entwickeln sie sich zunehmend zu einem beliebten Verkehrsmittel, insbesondere bei Pendlern und Älteren. Alleinunfälle sind der bedeutsamste Unfalltyp von E-Bike-Fahrenden (Scaramuzza et al., 2015). Erste Studien zu den Ursachen existieren, detailliertes Wissen fehlt aber nach wie vor. Darüber hinaus gibt es bisher noch keine als wirksam evaluierten Massnahmen. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle darauf verzichtet, weitere konkrete Massnahmen zu bewerten und vorzuschlagen. Die weitere Entwicklung der Unfallzahlen mit E-Bikes sollte allerdings sorgfältig beobachtet werden.

Tab. 26 Bremsdynamisches Assistenzsystem (BDA) für Velos

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle von E-Bikes pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, Konflikt mit mindestens einem anderen, grösseren Verkehrsteilnehmenden (Lkw, Bus, PW, Motorrad oder Landwirtschaftsfahrzeug):	190 (3, 60, 130) $U_{(G+SV+LV)}$
	Anzahl Schleuder-/Selbstunfälle von E-Bikes pro Jahr mit mindestens einem Verletzten:	
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.5 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Unbekannt	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Gesetz/Verordnung	Kurzfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei steigender Velopopularität und Förderung des Radverkehrs.	Problem gleichbleibend bis tendenziell steigend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Nicht bekannt	Nicht bekannt

5.11 Lkw-RK1

Überholunfall (Fahrstreifenwechsel) auf der Autobahn, teilweise in der Hauptverkehrszeit, von Lenkenden aus der Schweiz und aus dem Ausland, verursacht durch eine unangepasste Fahrweise.

5.11.1 Ursachen/Kausalannahmen

Der Berufsverkehr unterscheidet sich aufgrund technischer, regulatorischer, organisatorischer und vor allem ökonomischer Bedingungen deutlich vom Individualverkehr. Steigender Wettbewerbsdruck, überlange Arbeitszeiten, mangelnde Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, teilweise schlechte technische Zustände der Fahrzeuge sowie übermüdete und abgelenkte Fahrende sind nur einige Aspekte, die dabei eine Rolle spielen. Als direkte verhaltensseitige Faktoren, die häufig im Zusammenhang mit Lkw-Unfällen in der Forschung diskutiert werden, sind Müdigkeit und damit häufig verbunden Ablenkung (ETSC, 2001; Evers & Auerbach, 2005). Dabei hat sich gezeigt, dass bei bis zu 20 % aller Lkw-Unfälle Ermüdung ein wesentlicher Faktor ist. Müdigkeit führt zu verlängerten Reaktionszeiten, einer verminderten Aufmerksamkeit und einer Verlangsamung der Verarbeitung und Integration von Informationen. Müdigkeit tritt häufig nachts aufgrund der circadianen Rhythmik und bei monotonen Tätigkeiten auf, wie sie vor allem stundenlange Fahrten auf Autobahnen darstellen. Hinzu kommt, dass auf diesen langen Fahrten häufig Nebentätigkeiten (z. B. Lesen, Fernsehen) eingesetzt werden, um der Monotonie beziehungsweise Langeweile des Fahrens entgegenzuwirken.

Mit Blick auf das Arbeitsmodell spricht dies vor allem für eine bedeutsame Herabsetzung der zulässigen Fahrdauer zur Möglichkeit wechselnde dynamische Veränderung innerhalb der Verkehrssituation aufgrund herabgesetzten Vigilanzniveaus und/oder Ablenkung adäquat kompensatorisch zu regulieren.

5.11.2 Massnahmen

Technisch

Zur *Fahrerzustandserkennung (Müdigkeitswarner)* stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung (Platho et al., 2013). Nach wie vor existiert jedoch kein Goldstandard zur zuverlässigen Müdigkeitserfassung. Die derzeit verfügbaren Müdigkeitswarnsysteme bieten bisher oftmals keine zufriedenstellende Entdeckungsleistung. Die Folge ist, dass die Warnungen der Systeme teilweise als störend empfunden werden und damit die Akzep-

tanz und die Nutzungsbereitschaft sinken. Darüber hinaus besteht die Befürchtung, dass negative Verhaltensadaptionen auftreten könnten und Lenkende sich auf solche Systeme verlassen und trotz Müdigkeit weiterfahren (Vaa et al., 2014). Die Autoren haben keine kontrollierten Studien gefunden, die die Auswirkungen von Müdigkeitssystemen auf Unfälle untersucht haben. Daher ist bisher nicht klar, ob der Nettonutzen solcher Systeme positiv sein wird. Voraussetzung ist dafür, dass Müdigkeit zukünftig zuverlässig erkannt und der Fahrende rechtzeitig gewarnt wird. Daneben muss gewährleistet sein, dass negative Verhaltensanpassungen ausgeschlossen werden können und die besonderen Umstände von Berufskraftfahrern berücksichtigt werden.

Der Spurwechselassistent (Totwinkel-Assistent) ist ein Fahrerassistenzsystem zur Warnung des Fahrers vor drohenden Kollisionen beim Spurwechsel. Hier geht es darum, den Fahrenden beim *beabsichtigten* Fahrstreifenwechsel zu unterstützen, vor allem um andere Verkehrsteilnehmende im toten Winkel nicht zu übersehen. Jermakian (2011) kommt in ihrer Analyse amerikanischer Unfalldaten zum Schluss, dass 41 % aller Lkw-Unfälle (-35 % Verletzte und -18 % Getötete), die mit beabsichtigten Fahrstreifenwechseln im Zusammenhang stehen, durch einen Spurwechselassistenten verhindert werden könnten. Hummel et al. (2011) stellen auf Basis deutscher Unfalldaten fest, dass bei den wenigen Auffahrunfällen aufgrund eines Spurwechsels schwere Kollisionen eher selten auftreten. Sie berechnen ein theoretisches Reduktionspotenzial des Spurwechselassistenten von 7.9 % aller Lkw-Unfälle. Unter den Leichtverletzten bei allen Lkw-Unfällen würden 9.5 % erreicht, unter den Schwerverletzten wären 1.4 % adressierbar, die Zahl der Getöteten würde sich gar nicht verändern. In einer Kostennutzenanalyse für die amerikanische *Federal Motor Carrier Safety Administration* berichten Houser et al. (2009) positive Kostennutzenkoeffizienten zwischen 1.37 und 6.55 je nach System. Jermakian (2011) weist jedoch darauf hin, dass die durchschnittliche Lebensdauer von Lkw relativ lang ist und Innovationen sich langsam durchsetzen.

Spurverlassenswarner beziehungsweise Lane Departure Warning (LDW) warnen die erkannten Spurmarkierungen aus und warnen den Fahrenden bei *unbeabsichtigtem* Verlassen der Fahrspur. Da der Anteil unbeabsichtigten Verlassens der Fahrspur an obiger Risikokonstellation unbekannt ist, lässt sich der Sicherheitseffekt nicht quantifizieren. Darüber hinaus hängt die Wirksamkeit von Spurverlassenswarnern von zahlreichen Faktoren ab (u. a. Art des Systems, Unfalltyp, Fahrerreaktionen etc.). Hummel et al. (2011) berichten, bezogen auf das gesamte Lkw-Unfallgeschehen in Deutschland, von einem Vermeidungspotenzial von 1.8 %. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Verunglückten, wonach 1 % der Schwerverletzten und 2 % der Leichtverletzten vermeidbar wären. Werden die durch den Spurverlassenswarner vermeidbaren Unfälle auf alle Unfälle mit ungewolltem Abkommen von der Fahrbahn/Fahrspur bezogen, so finden die Autoren ein theoretisches Sicherheitspotenzial von 38.9 %. Jermakian (2011) findet in ihren Analysen ein Potenzial von 3 % Unfallreduktion für Alleinunfälle durch Abkommen von der Strasse und 10 % für Auffahrunfälle und seitliche Kollisionen mit entgegenkommendem oder parallelem Verkehr. Visvikis et al. (2008) kommen je nach Fahrzeug- und Unfalltyp zu Reduktionspotenzialen bei tödlichen Unfällen zwischen 16 und 48 %. Hickman et al. (2015) berichten eine 1.9-fache höhere Unfallrate, bedingt durch Spurverlassen bei Lkws ohne Spurverlassenswarner. Sie finden ein Reduktionspotenzial zwischen 23 % und 50 % relevanter Unfälle.

Spurhalteassistenzsysteme beziehungsweise Lane Keeping Support (LKS) stellen eine Erweiterung des Spurverlassenswarners dar (vgl. Gayko, 2009). Im Gegensatz zu *Lane Departure Warning (LDW)* geht eine Spurhalteassistenz über Warnungen hinaus und greift zusätzlich aktiv in das Lenksystem ein. Dadurch wird der Fahrende bei der Fahraufgabe des Spurhaltens unterstützt. Dabei erfolgt die motorische Ausführung der Lenkung des Fahrzeugs durch den Fahrenden und das LKS-System zugleich. Das Einsatzgebiet der bisher verfügbaren Systeme erstreckt sich vor allem über autobahnähnliche Strassen mit sichtbaren Markierungen der Fahrstreifen für mittlere bis hohe Geschwindigkeiten (vgl. Gayko, 2009). Da LKS-Systeme zusätzlich zur Warnung aktiv in die Lenkung eingreifen, um ein Verlassen der Spur zu verhindern, wird die Wirksamkeit insgesamt als höher eingeschätzt als bei LDW-Systemen. So nehmen Hynd et al. (2015) an, dass das Unfallvermeidungspotenzial von LKS im oberen Bereich der Schätzungen für Spurverlassenswarner (LDW) liegt. Daschner & Gwehenberger (2005) schätzen, dass

zwei Drittel der relevanten Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn auf Autobahnen verhindert werden könnten.

Schlussfolgerungen

Während bisher zuverlässige und valide Verfahren zur Müdigkeitserkennung fehlen, existieren zwei gut evaluierte Assistenzsysteme, die dazu beitragen können, die Auftretenswahrscheinlichkeit von Überholunfällen auf Autobahnen bei Lkw-Lenkenden zu verringern. Der Spurwechselassistent (Totwinkel-Assistent) warnt vor drohenden Kollisionen beim beabsichtigten Spurwechsel. Der Spurhalteassistent unterstützt nicht nur beim Spurhalten, sondern warnt und greift aktiv in die Lenkung ein, um ein unbeabsichtigtes Verlassen der Spur zu verhindern. Da die Anteile beabsichtigten versus unbeabsichtigten Verlassens der Spur an obiger Risikokonstellation unbekannt sind, ist davon auszugehen, dass die beste Wirkung erreicht wird, wenn beide Assistenten aktiv sind.

Tab. 27 Spurwechselassistent zur Warnung des Fahrenden vor drohenden Kollisionen beim Spurwechsel

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl von Überholunfall/Fahrstreifenwechsel von Lkw-Lenkenden auf der Autobahn pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, Lkw-Lenkenden. Berücksichtigt werden nur Lkws aus der Schweiz.	40 (1, 3, 40) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.2 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Bei Einführung der Massnahme zeigen Studien eine Reduktion von 0–18 % Getötete bei beabsichtigtem Fahrstreifenwechsel.	1 U_G
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Langer Lebensdauerzyklus Lkw, Frage der Nachrüstbarkeit in bestehende Lkw.	Langfristig (ca. 15 Jahre)
Zukünftige Entwicklung/Trends	Zunahme aufgrund weiteren Wachstums Schwerlastverkehr.	Problem nimmt zukünftig zu
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Cost-Benefit-Ratio 1.4 und 6.5 ja nach Szenario	Sehr wirtschaftlich

Tab. 28 Spurhalteassistentensystem (LKS)

Bewertungsdimension	Beschreibung	Beispiel
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl von Frontalkollisionen von Lkw-Lenkenden, wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden, pro Jahr mit mindestens einem Verletzten. Berücksichtigt werden nur Lkws aus der Schweiz.	10 (0, 0, 10) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.05 %
Wirksamkeit $U_{(G+SV+LV)}$	Bei Einführung der Massnahme zeigen Studien ein Reduktionspotenzial zwischen 23 % und 50 % durch unbeabsichtigtes Abkommen von der Fahrspur.	2 – 5 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Langer Lebensdauerzyklus Lkw, Frage der Nachrüstbarkeit in bestehende Lkw.	Langfristig (ca. 15 Jahre)
Zukünftige Entwicklung/Trends	Zunahme aufgrund weiteren Wachstums Schwerlastverkehr	Problem nimmt zukünftig zu
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Cost-Benefit-Ratio 1.4 und 6.5 (Hynd et al., 2015)	Sehr wirtschaftlich

5.12 MR-RK1

Schleuder-/Selbstunfälle ausserorts, häufig am Wochenende. Lenkende in allen Altersklassen, meist männlich.

5.12.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Motorradfahren ist zu einem hohen Mass mit einer emotionalen, hedonistischen Bedeutung belegt (Broughton et al., 2009).
- Direkte Erfahrungen von fahrphysikalischen Kräften durch typische Fahreigenschaften (während Beschleunigungsvorgang, Fahrphysik beim Kurvenfahren etc.) werden positiv und stimulierend wahrgenommen und bilden ein wesentliches Element für die Wahl dieses Transportmittels.
- Wiederholtes Erleben positiver Konsequenzen führt in der Regel zur Herausbildung von Gewohnheiten (Schlag, 2013) und der möglichen Etablierung sicherheitskritischer Fahrstile.
- Persönlichkeitsmerkmale: Motorradlenkende weisen im Vergleich zu anderen Verkehrsteilnehmergruppen höhere Werte in Dimensionen auf, die im positiven Zusammenhang mit der Tendenz zu höherer Risikobereitschaft stehen (*Sensation Seeking, Extraversion*).
- Balancefahrzeug: reagiert bezüglich Fahrstabilität sehr sensibel bei plötzlich eintretenden kritischen Bedingungen oder kleineren Unregelmässigkeiten im Vergleich zu anderen Transportmitteln (Änderung Haftreibung, Fahrbahnbelag, Schlaglöcher etc.).
- Wiedererlangung der Stabilität unter der Bedingung äusserst hoher Aktivierung des Lenkenden (durch die Gefahrensituation) verlangt den sicheren Abruf automatisierter Handlungsrountinen, die in der Regel erst durch häufige Ausführungen erlangt und automatisiert werden können.
- Kritische Fahrmanöver durch Motorradlenkende werden wahrscheinlicher in Zeiten mit vergleichsweise geringem Verkehrsaufkommen und entsprechendem räumlichen Angebot.
- Das heisst, eine hohe präferierte Aufgabenschwierigkeit bei bedingten Möglichkeiten zur kompensatorischen Handlungsregulation sind im Sinne des Wirkmodells in Kapitel 3.6 als besonders kritische Punkte zu nennen. Weiterhin stellt die Sensitivität dieser Fahrzeugkategorie auf plötzlich auftretende Veränderungen in den Anforderungen (bspw. kleine Unregelmässigkeiten im Strassenzustand) eine besondere Herausforderung dar.

5.12.2 Massnahmen

Technisch

Fahrzeugstabilisierende Systeme, insbesondere ABS. Fahrzeugstabilisierende Systeme, wie Antiblockiersysteme - *Traction Control Systeme (TCS)* - sind aufgrund der fahrdynamischen Besonderheiten in verschiedenen Fahrsituationen (beim Durchfahren von Kurven etc.) für Motorräder im Vergleich zu Personenwagen gegenwärtig begrenzt. Dennoch verweisen verschiedene Autoren auf die schon jetzt vorhandene Sicherheitswirkung, insbesondere in Bezug auf den Einsatz von ABS für Motorräder, und empfehlen eine verpflichtende Einführung. Seiniger et al. (2012) geben einen Überblick über verschiedene Studien, die einen Rückgang tödlicher Motorradunfälle zwischen 8-17 % schätzen, und berichten über Ergebnisse, denen zufolge mit ABS ausgestattete Motorräder mit 37 % geringerer Wahrscheinlichkeit in tödliche Unfälle involviert sind. Unter Wirtschaftlichkeits-erwägungen wurde für die Umsetzung der Massnahme ABS ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis von > 4 ermittelt. Weitere Studien berichten noch höhere Effekte, bezogen auf die Reduktion tödlicher Unfälle (-25 %; OECD, 2015).

Kurven-Warn-Systeme. Experimentelle Studien verweisen auf eine frühzeitige und deutlichere Anpassung des Fahrverhaltens bei Motorradfahrern, wenn diese vor der Einfahrt in Kurven durch haptische Warnungen entweder über den Gasgriff oder über einen haptischen Handschuh gewarnt wurden (Huth et al., 2012). Dabei bewertet das System

Streckeninformationen, sicherheitsoptimiertes Fahrverhalten und das aktuell gezeigte Fahrverhalten und gibt dem Fahrer Rückmeldung über potenzielle Fehlanpassungen. Vor dem Hintergrund des Innovationsgrades dieser Massnahme liegen keine Evaluationsstudien für die Wirksamkeit auf das Unfallgeschehen der Motorradlenkenden durch Kurven-Warn-Systemen vor.

Motorrad-Stabilitätskontrolle (ABS enhanced) zeigt sich aktuell als Neuerung in der Entwicklung von Motorradassistenzsystemen und erweitert die Fahrdynamikregulation für das Problemfeld Bremsen in Kurven (siehe oben). Dabei wird durch erweiterte Sensorik und Software dem Aufstellen in Kurven durch zu starkes Bremsen (und dadurch der gefährlichen Vergrösserung des Kurvenradius) entgegengewirkt. Weiterhin soll das Überbremsen der Räder und die damit verbundene Gefahr eines Wegrutschens in Schräglage verhindert werden, indem sichergestellt wird, dass die Räder ausreichend Seitenführungskräfte aufbauen können (Ilg, 2015).

Bereifung und Reifenfabrikatsbindung. Gerade bei motorisierten, einspurigen Balancefahrzeugen wie Motorrädern hat die Interaktion zwischen Fahrwerk und Reifencharakteristika hohe Auswirkungen auf Fahrstabilität und Fahreigenschaft (ifz, 2015). Das Institut für Zweiradsicherheit (2015) empfiehlt daher klare Vorgaben, um sicherzustellen, dass Motorrad und Reifen optimal aufeinander abgestimmt sind, und um gleichzeitig die notwendigen Testungen hierfür in einem zu gewährleisten Rahmen zu halten. Durch eine Reifenfabrikatsbindung für Motorräder durch die Hersteller können verbindliche Vorgaben geschaffen werden, die einerseits dafür sorgen, dass ausschliesslich (professionell) getestete Reifenkombinationen verwendet werden, und andererseits, dass Motorradfahrer von der kontinuierlich fortschreitenden Entwicklung in der Reifenproduktion unter Sicherheitsaspekten profitieren.

Information und Ausbildung

Zusätzlich verpflichtende Trainingskurse für Fahranfänger fokussieren auf eine Intensivierung der Vermittlung von Fertigkeiten, die für das Fahren eines Motorrades benötigt werden. Eine Teilnahme an derartigen Trainingskursen ist unter anderem in Luxemburg für Fahranfänger obligatorisch vorgeschrieben, ansonsten erlischt die Gültigkeit der Fahrerlaubnis. Die Effektivität von fertikeitsbasierten Trainingsmassnahmen ist umstritten und wird in Abhängigkeit von den vermittelten Inhalten diskutiert. So werden Trainingsmassnahmen, die sich hauptsächlich auf das Handling und die Beherrschung des Motorrades konzentrieren, zum Teil als problematisch für die Verkehrssicherheit bewertet, da dadurch unrealistischen Einschätzungen eigener Fertigkeiten und der Unterschätzung von Risiken Vorschub geleistet werden kann. Tatsächlich weisen Vergleiche zwischen PW-Lenkenden mit Fahrtraining und ohne Fahrtraining negative Konsequenzen für Personen mit Fahrtraining aus (Nordzij et al., 2001). Positive und sicherheitsförderliche Trainingseffekte für Motorradlenkende werden hingegen berichtet, wenn die Trainingseinheiten insbesondere Fertigkeiten in der Gefahrenwahrnehmung und Risikoabschätzung thematisieren (Boele-Vos & De Craen, 2015).

Verpflichtende Trainingskurse bei Wiedereinstieg bzw. zur Gültigkeitserhaltung der Fahrerberechtigung. Motorräder werden zu einem grossen Teil als Freizeitaktivität beziehungsweise im Zusammenhang mit Selbstverwirklichung und abhängig von Lebensphasen gefahren. Unter Umständen können daher die Zeiten zur Erlangung der Fahrkompetenz (Fahrerlaubnis) und die Zeit der Anschaffung und Nutzung eines Motorrades weit auseinanderliegen (z. B. Fahrerlaubnis mit 20 Jahren, Anschaffung/Nutzung mit 45 Jahren), ohne dass in dieser Zeitspanne Fahrpraxis und -kompetenz weiterhin gefestigt wurden. Dies scheint problematisch, da Fahrfertigkeiten verlernt werden beziehungsweise nicht mehr der technischen Weiterentwicklung gerecht werden können (z. B. höher motorisierte, leichtere Motorräder). Regelmässige Trainingskurse (bspw. alle 3 Jahre) zu Fahrfertigkeiten, Gefahrenwahrnehmung und Risikoabschätzung für den Erhalt der Fahrerberechtigung (insbesondere bei höheren Motorradklassen) beziehungsweise der Nachweis über notwendige Fahrfertigkeiten und Gefahrenkognitionskompetenzen vor Neuanschaffung können diesem Problem entgegenwirken.

Tatsächliche Fahrleistung als Kriterium für Auflagenbefreiung (Probezeit). Da Motorradfahren zum Teil andere Mobilitätsfunktionen erfüllt als weitere Formen der motorisierten Verkehrsteilnahme und damit verbunden andere Nutzungscharakteristika (insbesondere stärker freizeitorientiert) vorliegen, erfüllen zeitbezogene Auflagen (z. B. die Probezeit) die Funktion der Reduktion von Risikoexpositionen bis zur Bewährung durch ausreichende Fahrpraxis nur ungenügend. Diese Auflagen werden letztlich auch erfüllt, wenn im gegebenen Zeitraum keine beziehungsweise nur sehr selten Gelegenheiten für den Fahrerpraxiserwerb wahrgenommen wurden. Unter diesem Gesichtspunkt wäre eine Kopplung an die Fahrleistung zur Auflagenbefreiung ein valideres Kriterium.

Eine *Integration von Gefahrenwahrnehmungstests (HPT)* für den Zugang zur Fahrerlaubnis (vgl. Kap. 5.1.2) trägt als Prüfungskomponente zwei Funktionen: Einerseits steuert sie den Erwerb und die Auseinandersetzung mit sicherheitsrelevanten Fertigkeiten während der Ausbildung (Steuerungsfunktion) und andererseits prüft sie die Ausprägung der Fertigkeiten und kontrolliert damit den Zugang zur unbeschränkten Teilnahme am motorisierten Verkehr geeigneter und ungeeigneter Kandidaten (Kontrollfunktion). Über eine solche Prüfungskomponente liegen verschiedene Evaluationsstudien vor, die von einer sicherheitsfördernden Wirkung und einer Reduktion des Unfallrisikos bei PW-Fahranfängern sprechen. Zu beachten ist hierbei, dass sich Gefahren für das Motorradfahren zum Teil von denen beim PW-Fahren unterscheiden und dies bei der Konzeption eines Tests zu berücksichtigen ist.

Training im Motorradsimulator beschreiben Nordzij et al. (2001) als mögliche Massnahme sowohl für Fahranfänger als auch für erfahrene Lenkende. Nach Meinung dieser Autoren bietet der Simulator durch die Simulation gefährlicher Situationen die Möglichkeit, auftretende Fehler im Fahr- und Bremsverhalten systematisch zu betrachten. Darüber hinaus wird die Vermittlung von Automatismen bei der Gefahrenbewältigung von der Strasse in eine geschützte Lernumgebung verlagert. Studien zur Effektivität von Trainingseinheiten im Motorradsimulator liegen bislang nicht vor.

Überwachung und Ahndung

Restriktionen bei der Mitnahme von Passagieren werden in Verbindung mit graduellen Fahrerlaubnissystemen diskutiert (Haworth & Mulvihill, 2005). Für die Einführung einer Beschränkung der Sozium-Mitnahme wird angeführt, dass die Ausbalancierung und die (Wieder-)Erlangung von Fahrstabilität insbesondere in kritischen Situationen schwieriger fällt, wenn ein Sozium transportiert wird. Daher wäre eine erfolgreiche Bewältigung dieser Anforderungen nach einer Phase mit ausreichender Fahrerfahrung und Praxis wahrscheinlicher. Aus Forschungsarbeiten zum Anfängerrisiko bei PW-Lenkenden ist ferner bekannt, dass insbesondere junge Fahrer durch Mitfahrende verstärkt zu höherer Risikobereitschaft neigen beziehungsweise durch den Mitfahrenden abgelenkt werden (Regan & Mitsopolous, 2001; Fell et al., 2011). Dies ist für Motorradlenkende ebenfalls nicht auszuschliessen. Entsprechende Restriktionen für Fahranfänger zeigen eine Abnahme von tödlichen Unfällen um 9 % (Fell et al., 2011; vgl. auch Lin & Fearn, 2003). Nach Kenntnis der Autoren liegen zurzeit keine Studien zur Wirkung von Soziumrestriktionen für junge Motorradlenkende vor. Ein weiterer Aspekt, der in Verbindung mit Soziumrestriktionen plausibel scheint, ist, dass das Motorrad als Transportmittel gerade für Freizeitfahrten mit sozialem Bezug unattraktiver wird und auf sicherere Verkehrsmittel ausgewichen wird.

Temporale Fahrverbote am Wochenende (auch nur streckenbezogen). Die Restriktion von Fahrten am Wochenende für Fahranfänger, zum Teil streckenbezogen beziehungsweise nachts, werden unter anderem bei Nordzij et al. (2001) als eine weitere mögliche Massnahme genannt. Dabei wird diese Massnahme ebenfalls im Sinne einer Begrenzung der Risikoexposition für Fahranfänger verstanden. Für PW-Lenkende werden positive Effekte für Nachtfahrverbote berichtet (Lin & Fearn, 2003; Foss & Evenson, 1999). Über die Wirkung von temporalen Restriktionen für Motorradlenkende liegt keine Evaluation vor. Streckenbezogene Restriktionen werden in der Literatur zum Teil kritisch bewertet, da unerwünschte Seiteneffekte, wie etwa die räumliche Verlagerung auf gefährlichere Strecken, nicht ausgeschlossen werden können (Nordzij et al., 2001). Insgesamt ist weiterhin zu beachten, dass eine Umsetzung dieser Form von Restriktionen nur durch begleitende Überwachungsmaßnahmen möglich scheint.

Ökonomisch

„Pay as/how you drive“ (PAYD) werden als mögliche innovative Massnahmen für PW-Versicherungen diskutiert (vgl. Kap. 5.1.2) und sind prinzipiell ebenso für Motorradlenkende vorstellbar.

Schlussfolgerung

Der Kontrollverlust beim Motorradfahren ist häufig verbunden mit unangepasster Fahrweise und falscher Bremsnutzung im Gefahrenmoment. Insbesondere bezogen auf den zweiten Punkt zeigen sich vielversprechende Ansätze, um erfolgreiche Unterstützungen aus dem Personenwagen-Bereich (*ABS*, *ABS enhanced*) auf das Motorrad zu übertragen. Mit Blick auf das hohe Unfallrisiko und die besondere Unfallschwere ist eine verpflichtende Einführung von *ABS* (gegebenenfalls mit Übergangszeiten) zu empfehlen. Ferner ist die Marktdurchdringung weiterer Sicherheitssysteme mit Anreizansätzen (Versicherungsrabatte, Zuschüsse, günstige Kreditierung) zu forcieren. Ausserdem besitzt die Gefahrenwahrnehmung einen grossen Stellenwert für eine adäquate Fahrweise und die Geschwindigkeitswahl. Der fahrpraktische Kompetenzerwerb und -erhalt kann darüber hinaus mit Trainingseinheiten in regelmässigen Abständen zur Gültigkeitserhaltung der Fahrberechtigung unterstützt werden. Die daraus resultierende Sonderstellung für das Motorradfahren, besonders in hohen Klassen, scheint vor dem Hintergrund des besonderen Unfallrisikos, der besonderen Schwere und dem besonderen Nutzungsverhalten gerechtfertigt.

Tab. 29 Verpflichtende Einführung von fahrzeugstabilisierenden Systemen, insbesondere *ABS*

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Schleuder-/Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, ausserorts oder auf der Autobahn (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	480 (17, 150, 430) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		2.6 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Reduktion 8-17 % tödlicher Unfälle	1 - 3 $U_{(G)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)		Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei steigenden Kraftstoffpreisen, Zunahme Autoverkehr, Verkehrsbelastung – Zunahme Motorrad.	Gleichbleibend bis tendenziell wachsend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Cost-Benefit-Ratio > 4	Positiv

Tab. 30 Hazard Perception Test - Zusätzliche Prüfungskomponente Gefahrenwahrnehmung für Fahrereignung

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von einem Neulenkenden (Fahrausweis < 3 Jahre), wobei der Motorradlenkende als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).	750 (12, 230, 510) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		4.0 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	3-8 % Reduktion selbstverschuldeter Unfälle (grobe Schätzung unter Annahme der Reduktion bei PW, verringerte Effektivität durch besondere Gefahren und Balancefahrzeug).	20 – 60 $U_{(G+SV+LV)}$
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)		Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei steigenden Kraftstoffpreisen, Zunahme Autoverkehr, Verkehrsbelastung – Zunahme Motorradzulassungen.	Gleichbleibend bis tendenziell wachsend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

Tab. 31 Verpflichtende Trainingseinheiten bei Wiedereinstieg bzw. zur Gültigkeitserhaltung der Fahrberechtigung.

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Wiedereinsteiger sind nicht im Datensatz identifizierbar.	
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)	-	-
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Unbekannt	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	-	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei steigenden Kraftstoffpreisen, Zunahme Autoverkehr, Verkehrsbelastung – Zunahme Motorradzulassungen.	Gleichbleibend bis tendenziell wachsend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

5.13 MR-RK2

Einbiegeunfälle innerorts, häufig zur Hauptverkehrszeit, bei nasser/feuchter Strasse oder am Wochenende. Konfliktfahrzeug PW.

5.13.1 Ursachen/Kausalannahmen

- Entdeckungsfehler (verzögerte oder ausbleibende Registrierung) sowie Entscheidungsfehler (inadäquate Einbiege-Entscheidung aufgrund fehlerhafter Einschätzung der Annäherungsgeschwindigkeit) durch PW-Lenkende aufgrund visueller und kognitiver Auffälligkeit von Motorrädern (u.a. Rogé & Vienne, 2015, Crundall et al., 2008; Beanland et al., 2015).
- Verzögerungen in der Entdeckungsleistung können zusätzlich verstärkt werden durch die notwendige Beachtung anderer visuell salienterer Fahrzeuge (PW), zum Beispiel während der Hauptverkehrszeiten (Rößger et al., 2012).
- Hinweise für negative Effekte auf die Erkennungsleistung von Motorrädern durch die zunehmende Einführung von Tagfahrlicht für PW (Cavallo & Pinto, 2012).
- Die Grundlage (wahrgenommene *Time-to-Arrival*) für Einbiege-Entscheidungen für Motorräder durch PW-Lenkende wird aufgrund ungünstiger visueller Merkmale

- (schmale Front, häufig ein Scheinwerfer) zum Teil drastisch überschätzt (Gould et al., 2012a; Gould et al., 2012b).
- Vergleichsweise geringere Exposition von Motorrädern im Verkehrsraum kann zur Herausbildung inadäquater Erwartungen und damit zu suboptimalen Entdeckungsleistungen führen (Beanland et al., 2015).
 - Unzureichende Kenntnisse und Erwartungen über vom PW abweichende Fahrmanöver können gleichfalls die Entdeckungsperformanz durch andere Verkehrsteilnehmende beeinträchtigen.
 - Interaktionen zwischen PW und Motorradlenkenden können situationsabhängig zur Notwendigkeit von korrigierenden Fahrmanövern beider Konfliktpartner führen (Gefahrenbremsung): impliziert hohe Anforderungen für Motorradfahrende (Balancefahrzeug, sensible Fahrstabilität) bei zusätzlichen kritischen Einflüssen (Strassenzustand nass oder feucht).
 - Mit Blick auf das Wirkmodell in Kapitel 3.6 können zusammenfassend folgende Punkte hervorgehoben werden: mangelhafte Antizipation seitens PW-Lenker aufgrund kognitiver und visueller Beschränkungen, bezogen auf Motorradlenkende. Hohe Anforderungen an entsprechende Kompensation durch Motorradlenkende (Balancefahrzeug).

5.13.2 Massnahmen

Technisch

Verbesserte Frontlichtkonfiguration (EGO). Durch die Erweiterung der frontalen Lichtkonfiguration sollen insbesondere drei Aspekte verfolgt werden. Einerseits soll dem Motorrad ein distinktives und schnell erfassbares Signalmuster *specific visual signature* verliehen werden, das eine rasche Erfassung und Identifizierung von Motorrädern und darüber hinaus auch eine zuverlässige Unterscheidung zu visuell ähnlichen Fahrzeugen, wie beispielsweise langsamen Mopeds, für andere Verkehrsteilnehmenden begünstigt (Cavallo & Pinto, 2012). Weiterhin wird angenommen, dass durch eine erweiterte Lichtkonfiguration die Einschätzung der Annäherungsgeschwindigkeit beziehungsweise der *time-to-arrival* positiv beeinflusst werden kann (Horswill et al., 2005, Rößger et al., 2015). Ferner bieten zusätzliche Lichtquellen eine verstärkte Objekt-Hintergrund-Kontrastierung und haben damit Bedeutung für die reizgesteuerte Aufmerksamkeitsallokation (Itti & Koch, 2000). Vorgeschlagen werden in der Literatur trianguläre Anordnungen von Leuchtquellen. Die zitierten Studien liefern vor allem experimentelle empirische Belege für die Wirksamkeit mit Blick auf Entdeckungs-, Identifikations- und Abschätzungsperformanz. Wirksamkeitsstudien mit Bezug auf die Unfallwahrscheinlichkeit liegen zurzeit noch nicht vor.

Helmlicht (EGO). Zusätzliche Lichtkonfigurationen, integriert im Helm des Motorradfahrers, sollen ebenfalls aufmerksamkeitslenkende Funktionen erfüllen und dem Motorradfahrer gleichzeitig ein distinktiveres Erscheinungsbild verleihen. Vorgeschlagen werden unter anderem von Pinto et al. (2014) die Integration einfacher Leuchtelemente bis hin zu im Wechsel blinkenden Lichtsystemen (*ABLS; alternating blinking light system*) (Gershon & Shinar, 2013). Experimentelle Studien verweisen auf substantielle Verbesserungen der Detektionsleistungen durch andere Verkehrsteilnehmende, die zugleich weniger beeinflusst von Umgebungseffekten waren (Gershon & Shinar, 2015). Studien zu Effekten auf das Unfallgeschehen liegen zurzeit nicht vor.

Lichtfarbe (EGO). Als Unterstützungsmöglichkeit für schnelles Erkennen und Identifizieren von Motorradfahrern verweisen Pinto et al. (2014) auf den Einsatz spezifischer Lichtfarben für Frontscheinwerfer bei Motorrädern. Diese Autoren konnten zeigen, dass durch gelbes Licht der Frontscheinwerfer die Detektionsleistung im Kontrast zu weissem PW-Licht durch Beobachter gerade in Situationen mit hohen visuellen Anforderungen (Hauptverkehrszeiten) signifikant erhöht werden konnte. Zu Effekten auf das Unfallgeschehen sind aktuell keine Studien bekannt.

Verpflichtende Einführung ABS (EGO). Die fahrzeugstabilisierende Funktion von ABS wird als sehr effektive Massnahme insbesondere in Situationen, die kritische Fahrmanöver erfordern, bewertet (Seiniger et al., 2012; vergleiche Kapitel 5.12.2).

Unterstützender Notbremsassistent – BAS (Alter); vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2

Autonomer Notbremsassistent – AEBS (Alter); vergleiche Kapitel 5.2.2 und 5.3.2

Bereifung, vergleiche Kapitel 5.13.1

Information und Ausbildung

Für edukative Massnahmen zeigen sich Schnittmengen zum Unterkapitel 5.2.2 der Einbiegeunfälle für PW-RK2. Konkret betrifft dies:

- Einführung Gefahrenwahrnehmungstest (HPT) in das Prüfungssystem
- Obligatorische Rückmeldefahrten für ältere Verkehrsteilnehmende.

Schlussfolgerungen

Für die vorliegende Risikokonstellation stellen sich unterstützende Systeme, die die Fahrstabilität des Motorrads im Falle einer Gefahrenbremsung bei Fahrfehlern anderer Verkehrsteilnehmenden gewährleisten sollen, als besonders effektiver Ansatz dar. Weiterhin zeigen sich distinktive Frontlichtgestaltungen (Tab. 31), die eine bessere Abschätzung des Annäherungsverhaltens von Motorrädern erlauben, als sinnvoller Massnahmenansatz. Auf Seiten des Unfallgegners (PW) liegt ein effektiver Ansatzpunkt in der Schulung der Gefahrenwahrnehmung in Situationen mit schwächeren Verkehrsteilnehmenden. Dies kann gleichzeitig adäquate Erwartungen über Exposition und Fahrverhalten von Motorradfahrenden formen.

Ein Hauptschwerpunkt sollten daher Massnahmen zur Forcierung der Marktdurchdringung von fahrzeugstabilisierenden Systemen für Motorräder sein, wie in Unterkapitel 5.12.2 beschrieben und deren Wirksamkeit in Tab. 29 dargestellt wird.

Tab. 32 Verbesserte Frontlichtkonfiguration (EGO).

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}$)	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht, wobei ein anderes Fahrobjekt (Motorrad oder grösser involviert ist). Ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus.	580 (7, 150, 430) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		3.1 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Unbekannt	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Per Verordnung/Gebot mit Übergangsfristen	Mittelfristig
Zukünftige Entwicklung/Trends	Bei steigenden Kraftstoffpreisen, Zunahme Autoverkehr, Verkehrsbelastung – Zunahme Motorradzulassungen.	Gleichbleibend bis tendenziell wachsend
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

5.14 ÖV-RK1

Unfälle zwischen Trams (etwas weniger auffällig auch Linienbusse) und Zufussgehenden auf geraden Strecken.

5.14.1 Ursachen/Kausalannahmen

Die Ursachen für Kollisionen von Trams und Bussen mit Zufussgehenden können sehr unterschiedlich sein (vgl. Duduta et al., 2015). Für die Ursacheninterpretation ist zum Beispiel die Lage des Unfallortes bedeutsam: Befindet er sich in der Nähe einer Haltestelle oder auf freier Strecke? In der Literatur wird hinsichtlich der Infrastruktur häufig eine

mangelnde Gestaltung der Anlagen genannt, wie das Fehlen ausreichender Gehwege, Plattformen und Sicherheitszonen, die fehlende räumliche Trennung von Tram-Fahrbahnen und Fussgängerverkehr sowie ein Mangel an Sichtbarkeit oder allgemeiner, eine falsche Layout-Konfiguration insbesondere von Querungsanlagen (vgl. Marti et al., 2016; Inturri & Morley, 2015). Auf Seiten der Zufussgehenden werden häufig als mitverursachende Faktoren genannt, dass Fussgänger sich nicht bewusst sind, dass Trams Vortritt haben, sie unaufmerksam oder abgelenkt sind, oder dass sie Regeln bewusst übertreten (*violations*) und Zeichen, Signale und Warneinrichtungen absichtsvoll nicht beachten (Castanier et al., 2012; Fontaine, 2015). Auf Seiten der Tramfahrer betont SWOV (2011) die Herausforderung, die sich daraus ergibt, dass die ÖV-Lenkenden teilweise in Situationen mit getrennten Spuren fahren, die signalgesteuert sind, und teilweise in Situationen, wo Tramverkehr und Zufussgehende gemischt sind. Darüber hinaus spielen die gefahrenen Geschwindigkeiten eine Rolle, da Trams aufgrund ihrer Fahrzeugmasse einen wesentlich längeren Anhalteweg haben, und die Front der Fahrzeuge, die insbesondere die Verletzungsschwere bestimmt.

5.14.2 Massnahmen

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Einflussfaktoren ist unseres Erachtens erforderlich, eine detaillierte, in der Regel lokale Unfallursachenanalyse durchzuführen, um dann geeignete und angepasste Massnahmenvorschläge entwickeln zu können. Hinweise für Massnahmen, die über obige Risikokonstellation hinausgehen, geben unter anderem SWOV (2011) und UDV (2016).

Tab. 33 Anzahl Unfälle mit ÖV-Beteiligung: situative Massnahmenerstellung

Bewertungsdimension	Beschreibung	Schätzung
Potenzial ($U_{(G+SV+LV)}/\text{Jahr}$)	Anzahl Tramunfälle mit Zufussgehenden pro Jahr mit mindestens einem Verletzten:	50 (3, 20, 30) $U_{(G+SV+LV)}$
	Anzahl Busunfälle mit Zufussgehenden pro Jahr mit mindestens einem Verletzten:	40 (1, 10, 20) $U_{(G+SV+LV)}$
Anteil am Gesamtunfallgeschehen (%)		0.3 %/0.2 %
Wirksamkeit ($U_{(G+SV+LV)}$)	Unbekannt	-
Technische Realisierbarkeit (Zeithorizont)	Unbekannt	Unbekannt
Zukünftige Entwicklung/Trends	Unbekannt	Unbekannt
Wirtschaftlichkeit (Effizienz)	Unbekannt	Unbekannt

5.15 Massnahmenübersicht

Nachfolgend werden zuerst die aussichtsreichsten Massnahmen vorgestellt. Abschliessend erfolgt ein Überblick über alle behandelten Massnahmen.

5.15.1 Die aussichtsreichsten Massnahmen

Insgesamt konnten für 15 Massnahmen (dargestellt in Tab. 34) die Potenziale abgeschätzt werden, welche in der Spalte „Potenzial: Anzahl Unfallsituationen pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$)“ aufgeführt sind. Für eine Vielzahl davon wurde zudem die mögliche Wirksamkeit bezüglich der Unfallreduktion berechnet, welche in der Spalte „Wirksamkeit: Anzahl reduzierte Unfallsituationen pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$)“ abgebildet ist. In der Spalte „Kategorie“ ist die Zuordnung zu den Massnahmenbereichen zu finden. In der Spalte Beschreibung der durch die Massnahme „angesprochenen Unfallsituationen“ werden die Unfallsituationen, zu welchen Potenzialangaben vorliegen, präziser beschrieben. In erster

Linie werden Massnahmen für die identifizierten Risikokonstellationen entwickelt. Jedoch kann die Massnahme auch mit den Risikokonstellationen verwandten und somit auf erweiterte oder speziellere Unfallsituationen abzielen. So kann die betroffene Unfallsituation, welche in der Spalte „angesprochenen Unfallsituationen“ in der Tab. 34 präzise definiert wird, und die von der Massnahme potenziell angesprochen wird, von der eingangs statistisch identifizierten Risikokonstellation abweichen.

Des Weiteren ist nicht auszuschliessen, dass die erarbeiteten Massnahmen ein wesentlich grösseres Potenzial beinhalten, da diese auch auf weitere, in unserer Untersuchung nicht in Betracht gezogene Unfallsituationen wirken können. Demzufolge könnten bei der Betrachtung weiterer Risikokonstellationen (siehe Anhänge) gewisse Massnahmen zusätzliche Überschneidungen aufweisen und allenfalls eine höhere Wirksamkeit aufzeigen.

Tab. 34 Die 15 aussichtsreichsten Massnahmen

Massnahme	Kategorie	angesprochene RK	Potenzial: Anzahl Unfallsituationen ¹⁹ pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$)	Wirksamkeit: Anzahl reduzierte Unfallsituationen pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$)	Beschreibung der durch die Massnahme angesprochenen Unfallsituation (kann von der statistisch identifizierten RK abweichen)
Autonomer Notbremsassistent (AEBS)	Technisch	PW 2	1690 (7, 280, 1410) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert</i>	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, wobei der Lenkende als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 3	250 (5, 70, 180) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Anzahl Zufussgehende-Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 4	1420 (3, 100, 1320) $U_{(G+SV+LV)}$	540 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Auffahrunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, wobei Vans und SUVs involviert sind (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		FG 1	1200 (29, 350, 830) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.</i>	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus)
		FG 2	140 (3, 40, 100) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, auf dem Fussgängerstreifen, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		VF 1	1720 (109, 360, 1360) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.</i>	Anzahl Unfälle mit mindestens einem Verletzten Velofahrenden pro Jahr. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen.
		MR 2	510 (6, 120, 3) $U_{(G+SV+LV)}$	<i>Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.</i>	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen. (Ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).

¹⁹ Die Werte sind jeweils auf 10er Stellen gerundet, Ausnahme bei den Getöteten, welche aufgrund der geringen Mengen auf die Ziffer genau angegeben sind.

Hazard Perception Test (HPT)	Information & Ausbildung	PW 1	540 <small>(9, 90, 440)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten verursacht durch PW-Neulenker (Fahrausweis <3 Jahre)), wobei dieser als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 2	200 <small>(1, 30, 170)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	40 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten durch Neulenker (Fahrausweis < 3 Jahre), wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		FG 1/2	110 <small>(3, 30, 70)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden. Das Konfliktfahrzeug ist ein Personenwagen. Der Lenker ist ein Neulenker (Fahrausweis <3 Jahre) (ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus).
		MR1/2	750 <small>(12, 230, 510)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	20 – 60 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten verursacht von einem Neulenker (Fahrausweis <3 Jahre), wobei der Motorradlenker als Hauptverursacher identifiziert wurde (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Permanent Running Lights für Velofahrende	Technisch	VF 1	1690 <small>(19, 370, 1300)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	800 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Unfälle mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Velofahrenden pro Jahr, am Tag, Konflikt mit mindestens einem anderen, grösseren Verkehrsteilnehmenden (Lkw, Bus, PW, Motorrad oder Landwirtschaftsfahrzeug).
Intelligent Speed Adaption (ISA)	Technisch	PW 1	700 <small>(12, 120, 570)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	200 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht durch junge PW-Lenkende zwischen 18 und 24 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Verbesserte Frontlichtkonfiguration	Technisch	MR 2	580 <small>(7, 150, 430)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht, wobei ein anderes Fahrobjekt (Motorrad oder grösser) involviert ist (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
Fahrzeugstabilisierende Systeme, insb. ABS	Technisch	MR 1	480 <small>(17, 200, 270)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	1-3 $U_{(G)}$	Anzahl Schleuder-/Selbstunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, ausserorts oder auf der Autobahn (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		MR 2	140 <small>(1, 30, 110)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Einbiege-Unfälle von Motorrad-Lenkenden pro Jahr bei nasser/feuchter Strasse. Ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus.
Fahrzeugbeschlagnahme bei Wiederholungstätern	Überwachung & Ahndung	PW 5	370 <small>(7, 70, 300)</small> $U_{(G+SV+LV)}$	90-110 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen), wobei gegen den Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens (Fahrt oder Sucht) verhängt wurde.

Kombination aus Information, Therapie und Bewährungsauflagen	Information & Ausbildung + Überwachung & Ahndung	PW 5	370 (7, 70, 300) $U_{(G+SV+LV)}$	30 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lenkenden unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen), wobei gegen den Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens (Fahrt oder Sucht) verhängt wurde.
Rückmeldefahrten (verpflichtend) ab 70 Jahre	Information & Ausbildung	PW 2	250 (3, 40, 200) $U_{(G+SV+LV)}$	positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Einbiegeunfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten durch Lenkende über 70 Jahre, wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		PW 3	170 (4, 50, 110) $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Zufussgehende-Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten verursacht von Lenkenden über 70 Jahren (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).
		MR 2	20 (0, 10, 20) $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Einbiege-Unfälle innerorts pro Jahr mit mindesten einem Verletzten verursacht von Motorrad-Lenkenden über 70 Jahre. Ohne Touristen und Lenkende unbekanntem Migrationsstatus.auf PW-Lenkende.
Bremsdynamische Assistenzsysteme (BDA) für E-Bikes	Technisch	VF 3	190 (3, 60, 130) $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle von E-Bikes pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, Konflikt mit mindestens einem anderen, grösseren Verkehrsteilnehmenden (Lkw, Bus, PW, Motorrad oder Landwirtschaftsfahrzeug): Anzahl Schleuder-/Selbstunfälle von E-Bikes pro Jahr ohne Beteiligung weiterer Fahrzeuge, mit mindestens einem Verletzten:
Grenzwerte BAK senken, definieren und kommunizieren	Überwachung & Ahndung	VF 2	200 (2, 60, 140) $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle pro Jahr von Velofahrenden mit mindestens einem Verletzten, wobei der Velofahrende durch Alkohol beeinträchtigt war.
Dynamische Rückmeldesysteme (Dialog-Display)	Information & Ausbildung	FG 1	60 (4, 20, 30) $U_{(G+SV+LV)}$	Positiv, jedoch wissenschaftlich noch nicht quantifiziert	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, wobei als Hauptursache im Unfallprotokoll ein Geschwindigkeitsvergehen ausgewiesen ist (inklusive von Touristen verursachte Unfälle).
		FG 2	10 (0, 0, 0) $U_{(G+SV+LV)}$	Keine Vergleichsstudien für die Wirksamkeit verfügbar.	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem verletzten Zufussgehenden, verursacht von Lenkenden über 65 Jahren, wobei als Hauptursache im Unfallprotokoll ein Geschwindigkeitsvergehen ausgewiesen ist (inklusive von Touristen verursachte Unfälle).
Spurwechsel-assistent (Totwinkel-Assistent)	Technisch	Lkw 1	40 (1, 3, 40) $U_{(G+SV+LV)}$	1 $U_{(G)}$	Anzahl von Überhol-/Fahrstreifenwechselunfällen auf der Autobahn pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von Lkw-Lenkenden. Berücksichtigt werden nur Lkws aus der Schweiz.
Nachfahrrestriktionen für Neulenkende	Überwachung & Ahndung	PW 1	30 (0, 10, 20) $U_{(G+SV+LV)}$	0-10 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl Unfälle pro Jahr mit mindestens einem Verletzten, verursacht von jungen Neulenkenden (d. h. jünger als 24 und Fahrausweis <1 Jahr) in der Nacht (22 bis 4 Uhr), unter Beeinträchtigung von Rauschmitteln (ohne Touristen und Lenkende mit unbekanntem Migrationsstatus).

Spurhalte-assistenzsysteme (LKS)	Technisch	Lkw 1	10 (0, 1, 10) $U_{(G+SV+LV)}$	2-5 $U_{(G+SV+LV)}$	Anzahl von Frontalkollisionen pro Jahr mit mindestens einem Verletzten durch Lkw-Lenkende, wobei diese als Hauptverursacher identifiziert wurden. Berücksichtigt werden nur Lkws aus der Schweiz.
----------------------------------	-----------	-------	-------------------------------------	------------------------	---

Die autonomen Notbremsassistentensysteme (AEBS) in Personenwagen weisen eine hohe Wirksamkeit auf. Zudem spricht diese Massnahme eine Vielzahl von Risikokonstellationen an, vor allem betreffend Kollisionen mit Personenwagen. Solche Systeme führen Gefahrenbremsungen ungeachtet einer vorliegenden Reaktion des Fahrenden aus. Unter der Annahme, dass sich diese Systeme in den nächsten Jahren technisch noch weiterentwickeln, kann davon ausgegangen werden, dass sich solche AEBS in sämtlichen Personenwagen und Lastwagen etablieren können. Für die Risikokonstellationen PW 3 und FG 2 fehlen wissenschaftliche Angaben zu den Unfällen mit Personenschäden insgesamt, doch Vergleichsstudien zeigen, dass die Massnahme die Anzahl der Getöteten verringern kann.

Die Massnahme *Hazard Perception Test (HPT)* aus dem Bereich Information und Ausbildung adressiert mehrere Risikokonstellationen und spricht eine Vielzahl potenzieller Unfallsituationen pro Jahr an. Solche Gefahrenwahrnehmungstests als standardisierte Prüfungsverfahren messen das Leistungsniveau einer Person bezüglich ihrer Verkehrsraumbeobachtung, Gefahrenentdeckung und der Antizipation von Gefahrenmomenten, der Gefahrenbewertung sowie der Ableitung adäquater Kompensationsstrategien. Die Gefahrenantizipation trägt in den einschlägigen Gefahrenkognitionsmodellen einen besonderen Stellenwert für eine adäquate Gefahrenwahrnehmung. Für die Risikokonstellationen Personenwagen und Motoradfahrende liegen wissenschaftliche Studien vor. Daraus konnte eine jährliche Reduktion von 90 Unfällen abgeleitet werden, was eine relative hohe Wirksamkeit bedeutet. Für die restlichen vier Risikokonstellationen sind noch keine Studien verfügbar, welche eine Schätzung ermöglichen würden. Die Tatsache, dass diese Massnahme in die Ausbildung integriert werden kann, ermöglicht eine breite Anwendung. Die Dauer einer Einführung dieser Massnahme ist vergleichsweise kurz.

Obwohl die technische Massnahme *Permanent Running Lights* für Velofahrende nur mit einer Risikokonstellation in Verbindung steht (VF-RK1), zeigt sie hier eine hohe Wirksamkeit. Die Abschätzung basiert dabei auf einer Vergleichsstudie, welche von einer Unfallreduktion von bis zu 19 % bei Unfällen mit Verletzungsfolgen und einer Reduktion von bis zu 47 % bei Unfällen mit anderen Verkehrsteilnehmenden ausgeht. Jedoch kann an diesem Beispiel auch die Unsicherheit des abgeschätzten Unfallreduktionspotenzials pro Jahr verdeutlicht werden. Die verwendete Vergleichsstudie basiert auf Experimenten in Dänemark. Madsen et al. (2012) zeigen an einer grossen Stichprobe (n=3845), dass diese Massnahme mit 19 % weniger Unfällen mit Verletzungsfolgen für Velofahrende einhergehen. Dies gilt insbesondere für Unfälle am Tag mit anderen Verkehrsteilnehmenden (-47 %). Die Autoren schränken ein, dass die Wirkung durch mögliche Selbstselektionseffekte und aufgrund der selbstberichteten Unfälle überschätzt sein könnte. Die berichteten Reduktionspotenziale sind somit als grobe Einschätzungen zu verstehen. Dennoch kann daran abgeleitet werden, dass die Verbreitung derartiger Tagfahrlichter gefördert werden sowie Velofahrende über die Vorteile und zusätzlichen Sicherheitsaspekte informiert und aufgeklärt werden sollten. Eine Ausdehnung der Beleuchtungsvorschriften am Tag bringt allenfalls Schwierigkeiten bei der Umsetzung mit sich, da viele Freizeitfahrräder aus technischen und sportbezogenen Gründen nicht mit zusätzlichen Elementen wie Tageslicht ausgestattet werden können. Auf die politische Umsetzbarkeit wird in diesem Bericht nicht eingegangen. Diesbezüglich wird auf den Synergiebericht verwiesen.

Eine hohe Wirksamkeit verspricht das Assistenzsystem *Intelligent Speed Adaption (ISA)*, welches im vorliegenden Bericht für Selbstunfälle, verursacht durch junge Lenkende, untersucht wurde und eine signifikante Unfallreduktion versprechen könnte. Dabei handelt es sich um ein informatives, unterstützendes und eingreifendes System, welches die Geschwindigkeit automatisch limitiert, wenn die Geschwindigkeitsbegrenzung überschritten wird. Insgesamt wird mit dieser technischen Massnahme ein homogeneres Fahrverhalten erreicht. Studien (vgl. Kap. 5.1.2) zeigen, dass ISA auf geraden Strecken und in Kurven die Wahrscheinlichkeit von Unfällen reduziert. Die Wirksamkeit ist abhängig von der da-

zugehörigen Umsetzungsstrategie (z. B. Empfehlungen beim Neukauf, Aufklärungskampagnen, Obligatorium für Neufahrzeuge oder Nachrüstung).

Die auf Rehabilitation ausgelegte Massnahmenkombination aus erzieherischer Intervention (Information und Ausbildung), therapeutischen Interventionen sowie Bewährungsauflagen und Monitoring weist für Wiederholungstäter (Rauschmittel am Steuer) ein Potenzial zur Reduktion von Unfällen mit Personenschaden auf und verspricht eine ernstzunehmende Reduktionswirksamkeit. Die Unfallsituation wurde durch Lenkende unter Rauschmittelbeeinträchtigung (Alkohol oder Drogen) verursacht, obwohl gegen die Lenkenden vorgängig bereits eine ADMAS-Massnahme aufgrund eines Rauschmittelvergehens verhängt wurde. Vor dem Hintergrund der Wiederholungstat ist diese Kombination verschiedener Interventionen, welche Spezialprävention, Rehabilitation und therapeutische Veränderung des Trinkverhaltens sowie teilweise begleitendes Monitoring während der Bewährungsphase umfassen, eine sinnvolle und effektaufweisende Massnahme. Bei Betroffenen zeigt dieser Massnahmenansatz einerseits eine hohe Akzeptanz und andererseits ein hohes Potenzial für Verhaltensänderungen.

Fahrzeugbeschlagnahmung und Nachtfahrrestriktionen für Neulenkende aus dem Massnahmenbereich Überwachung und Ahndung betreffen jeweils nur eine Risikokonstellation, zeigen jedoch verhältnismässig eine hohe Wirksamkeit. Die Anzahl unerlaubter Fahrten während der Fahrzeugbeschlagnahmung infolge Trunkenheit nehmen verständlicherweise ab. Vielversprechend ist die Tatsache, dass sich die Trunkenheitsfahrten nach dieser Sanktionsphase merklich reduzieren.

Der *Spurwechselassistent* und *Spurhalteassistenzsysteme (Lane Keeping Support)* für Lastwagen versprechen in Anbetracht der jährlich auftretenden Unfälle ebenso eine bedeutende Wirksamkeit. Diese konnte allerdings nur für Unfälle mit Getöteten und nicht für alle Unfälle mit Personenschäden evaluiert werden, da ähnliche wissenschaftliche Untersuchungen noch ausstehen.

Für die Motorradfahrenden wirken die technischen Massnahmen *Verbesserte Frontlichtkonfiguration* und *Fahrzeugstabilisierende Systeme* auf eine Vielzahl von Unfällen mit Personenschäden.

Für die weiteren empfohlenen Massnahmen ist eine Schätzung der Reduktionswirksamkeit von Unfällen auf der Grundlage von Sekundärstudien wissenschaftlich nicht zuverlässig durchführbar. Nichtsdestotrotz geben die betroffenen Unfallzahlen pro Jahr Auskunft über die Grösse der anzusprechenden Gruppe.

5.15.2 Übersicht der diskutierten Massnahmen

In den vorausgegangenen Kapiteln 5.1 bis 5.14 wurden diverse Massnahmen, kategorisiert nach den vier Massnahmenbereichen (Kap. 3.5), ausgearbeitet und beschrieben. Auf einzelne Massnahmen wurde detaillierter eingegangen. Dazu wurden die Potenziale der zu reduzierenden Unfälle und gegebenenfalls die möglichen Wirksamkeiten der Massnahmen berechnet (Kap. 5.15.1).

Die erarbeiteten Massnahmen beziehen sich auf die 14 definierten Risikokonstellationen. In der vorliegenden Untersuchung wurden insgesamt 59 innovative und in der Schweiz in dieser Form noch nicht angewandte Massnahmen beschrieben. *Tab. 35* beinhaltet eine Übersicht zu allen besprochenen Massnahmen. Zudem wird das Potenzial: Anzahl Unfallsituationen pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$) ausgewiesen. Da die Massnahmen auch andere Unfälle ansprechen können, ist davon auszugehen, dass die präsentierte Werte Untergrenzen darstellen. Das tatsächliche Potenzial ist wahrscheinlich höher.

Das Potenzial entspricht den Mittelwerten der Unfallzahlen aus 4 respektive 6 Jahren. Da die Unfallzahlen jährlich variieren sind die Werte als Grössenordnung zur groben Orientierung bezüglich der Unfallhäufigkeit zu verstehen. Bei der Summe wurde berücksichtigt, dass derselbe Unfall in verschiedenen RK vorkommen kann und dementsprechend bereinigt.

Tab. 35 Die 59 Massnahmen

Massnahme	Kategorie	Überschneidungen mit RK	Potenzial: Anzahl Unfallsituationen ²⁰ pro Jahr ($U_{(G+SV+LV)}$)
Autonomer Notbremsassistent (AEBS)	Technisch	PW 2,3,4; FG 1,2; Velo 1; MR 2	>5330
Permanent Running Lights	Technisch	Velo 1	>1690
Hazard Perception Test (HPT)	Information & Ausbildung	PW 1,2; FG 1; Velo 1; MR 1,2	>1590
Intelligent Speed Adaption (ISA)	Technisch	PW 1	>700
Verbesserte Frontlichtkonfiguration	Technisch	MR 2	>580
Fahrzeugstabilisierende Systeme, insb. ABS	Technisch	MR 1, 2	>610
Rückmeldefahrten (verpflichtend) ab 70 Jahre	Information & Ausbildung	PW 2, 3; MR 2	>430
Fahrzeugbeschlagnahmung	Überwachung & Ahndung	PW 5	>370
Grenzwerte BAK senken, definieren und kommunizieren	Überwachung & Ahndung	Velo 2	>200
Bremsdynamische Assistenzsysteme (BDA) für E-Bikes	Technisch	Velo 3	>190
Dynamische Rückmeldesysteme (Dialog-Display)	Information & Ausbildung	FG 1, 2	>60
Spurwechselassistent (Totwinkel-Assistent)	Technisch	Lkw 1	>40
Nachtfahrrestriktionen für Neulenkende	Überwachung & Ahndung	PW 1	>30
Spurhalteassistenzsysteme (Lane Keeping Support)	Technisch	Lkw 1	>10
Integration FAS-Thematik in Fahrausbildung	Information & Ausbildung	PW 1,4	-
Simulatorgestütztes Training von Verkehrsraumwahrnehmungen	Information & Ausbildung	PW 2	-
Trainingsangebot für Senioren, ggf. integriert in 2-Jahres-Kontroll-Rhythmus	Information & Ausbildung	PW 2	-
Kognitives Training, verkehrsbezogen	Information & Ausbildung	PW 3	-
Informationen zu Assistenzsystemen im Zusammenhang mit Rückmeldefahrten	Information & Ausbildung	PW 4	-
Zusätzlich verpflichtende Trainingskurse für Fahranfänger	Information & Ausbildung	MR 1	-
Trainingskurse, verpflichtend bei Wiedereinstieg, Gültigkeitserhaltung	Information & Ausbildung	MR 1	-
Tatsächliche Fahrleistung als Kriterium für Auflagenbefreiung	Information & Ausbildung	MR 1	-
Training Motorradsimulator	Information & Ausbildung	MR 1	-
Blutalkoholkonzentration (BAK)-Rückmelde-Stationen	Information & Ausbildung	PW 5	-

²⁰ Die Werte sind jeweils auf 10er Stellen gerundet, Ausnahme bei den Getöteten, welche aufgrund der geringen Mengen auf die Ziffer genau angegeben sind.

Rehabilitationsmassnahmen	Information & Ausbildung	PW 5	-
Verkehrserziehung von Kindern in Virtual Reality Systemen	Information & Ausbildung	FG 1	-
Online-basierte Schulwegplaner	Information & Ausbildung	FG 1	-
Bodenampeln	Information & Ausbildung	FG 1	-
Gamification-Ansätze	Information & Ausbildung	FG 1	-
Verkehrssicherheitsprogramme für Ältere	Information & Ausbildung	FG 2	-
Awareness-Kampagnen Velo & Alkohol	Information & Ausbildung	VF 2	-
Sensibilisierung für Effekte der Geschwindigkeit auf Unfallkonsequenzen	Information & Ausbildung	VF 3	-
„Pay as/how you drive“ (PAYD/PHYD)	Ökonomisch	PW 1; MR 1	-
Monetäre Anreize für Sicherheits-FAS	Ökonomisch	PW 1, 2, 3	-
Versicherungsanreiz für freiwillige Teilnahme an Trainingsmassnahmen	Ökonomisch	PW 3	-
Bonus für Sicherheitsassistenzsysteme	Ökonomisch	PW 4	-
Notbremsassistent (BAS)	Technisch	PW 2,3; FG 1,2; Velo 1; MR 2	-
(Nacht-)Sicht-Assistent	Technisch	PW 3	-
Abstandsregulation/abstandswarnender Tempomat	Technisch	PW 4	-
Kurven-Warn-System	Technisch	MR 1	-
Motorrad-Stabilitätskontrolle (ABS enhanced)	Technisch	MR 1	-
Helmlicht	Technisch	MR 2	-
Lichtfarbe	Technisch	MR 2	-
Fahrerzustandserkennung	Technisch	Lkw 1	-
Spurverlassenswarner (Lane Departure Warning)	Technisch	Lkw 1	-
Bike-to-Car-Communication	Technisch	VF 1	-
Fahrrad-Assistenz-Systeme	Technisch	VF 1	-
Fahrerassistenzsystem (FAS) für Veloerkennung & Warnung	Technisch	VF 1	-
Automatische Notrufsysteme	Technisch	VF 3	-
Passagierrestriktionen für Neulenkende	Überwachung & Ahndung	PW 1; MR 1	-
Restriktion für hochmotorisierte Fahrzeuge	Überwachung & Ahndung	PW 1	-
Temporale Fahrverbote am Wochenende (evtl. streckenbezogen)	Überwachung & Ahndung	MR 1	-
Kennzeichenmarkierung	Überwachung & Ahndung	PW 5	-
Gerichtlich basierte Intensivmassnahmen	Überwachung & Ahndung	PW 5	-
Transdermale Alkoholsensoren	Überwachung & Ahndung	PW 5	-

Intensivierung Bike-Kontrollen	Überwachung & Ahndung	VF 1, 2	-
Nutzungsverbot von Geräten, die mediale Ablenkung induzie- ren	Überwachung & Ahndung	VF 1	-

6 Diskussion

6.1 Kritische Würdigung der Daten und Analysemethode

Der neu geschaffene Datenpool (VeSPA-Datensatz), bestehend aus Unfalldaten und verknüpft mit weiteren Informationen, bietet die Möglichkeit, den Einfluss verschiedenster Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen integriert zu betrachten.

Die Stärke dieser Analyse im Vergleich zu anderen Unfallanalysen ist der umfassende Einbezug vieler Einflussfaktoren.

Der vorgestellte methodische Ansatz stellt die Abweichungen zwischen beobachteten und erwarteten Unfallzahlen gegenüber, welche aus dem Unabhängigkeitsmodell hergeleitet werden. So können massnahmenrelevante Unfallsituationen trotz fehlender Expositionsdaten identifizieren werden.

Eine Limitation der vorgestellten Untersuchung ist die Tatsache, dass keine Korrektur für eine überproportionale Exposition vorgenommen werden kann und daher gewisse Konstellationen kontextbedingt gehäuft auftreten können. Bei der Analyse trifft das insbesondere bei den Unfällen von rauschmittelbeeinträchtigten Lenkenden zu. Diese Konstellation tritt häufiger in der Nacht und am Wochenende auf. Trotzdem bleibt diese Konstellation anhand der Fallzahlen und der speziellen Umstände eine massnahmenrelevante Risikokonstellation. Die Verwendung von robusten Schätzmethode verhindert zudem, dass die Analyse durch Ausreisser verfälscht wird. Auf der anderen Seite wird damit in Kauf genommen, dass allfällige Auffälligkeiten in den mengenmässig grössten Konstellationen verborgen bleiben. Die deskriptive Auswertung der Fallzahlen gab keinen Hinweis auf eine entsprechende Konstellation. Damit bleibt der in Kapitel 2.2 dargestellte Forschungsbedarf für geeignete Expositionsdaten bei Analysen in dieser Detailtiefe weiterhin bestehen.

Als unabhängige Validierung der hier vorgestellten Risikokonstellationen kann zum Vergleich das Teilprojekt 2 herangezogen werden. Mittels einer grundsätzlich anderen Analysemethode, basierend auf der Netzinfrastruktur, ergeben sich deckungsgleiche Risikokonstellationen, was das Vertrauen in die Analyseergebnisse stärkt (vgl. Abgleich mit TP 2 in *Tab. 8* bis *Tab. 13*).

Bei den Analysemodellen ist grundsätzlich der Einbezug weiterer Einflussfaktoren oder eine detailliertere Unterteilung bestehender Faktoren denkbar. So könnte man die Rauschmittel Drogen und Alkohol unterscheiden oder bei der Ablenkung die genaue Ursache (Telefon, Art des Mitfahrens) ausweisen. Die Schwierigkeit bei einer solchen Einteilung liegt darin, dass durch weitere Faktorstufen oder Einflussvariablen die Aufteilung in den Zellen feiner wird. Die Fallzahlen für einzelne Konstellationen, insbesondere mit spezielleren Stufen wie Drogenkonsum oder Ablenkung durch Mitfahrende, sind dann zu klein, um eine stabile Auswertung durchzuführen. In weiterführenden, vertieften Analysen könnte jedoch darauf eingegangen werden. Bei den E-Bikes kam die Idee auf, die Art der E-Bikes zu unterscheiden. Dies wäre über die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit bis zu einem gewissen Grad durchaus möglich. Die Fallzahlen bei den E-Bikes sind dafür jedoch noch zu gering.

Die gegebene Subjektivität und Heterogenität bei der Erfassung des Unfallaufnahmeprotokolls durch einen Polizeibeamten stellt sicherlich einen einschränkenden Faktor in der Datenerhebung dar. Ein weiteres Erfassungsproblem ist die Tatsache, dass gerade im Langsamverkehr oder bei kleineren Verkehrsunfällen bei weitem nicht alle Unfälle polizeilich aufgenommen werden und dadurch eine Lücke in den Daten entsteht. Zudem: Der Hauptverursacher, welcher im Unfallprotokoll vor Ort von der Polizei festgelegt wird, muss nicht zwingend dem endgültigen gerichtlichen Entscheid entsprechen.

6.2 Kritische Würdigung der Massnahmenerarbeitung und -bewertung

Wie in Kapitel 3.4 dargestellt, bilden verfügbare Metaanalysen zu Massnahmenkonzepten, Analysen aus Primärstudien sowie technische Berichte, welche im Rahmen der Erarbeitung von Verkehrssicherheitskonzepten erstellt wurden, die Grundlage für die Berechnung der Reduktionswirksamkeit der Massnahmen. Da der Fokus bei der Selektion auf innovativen, bisher in der Schweiz nicht umgesetzten oder geplanten Massnahmen lag, standen in vielen Fällen keine Metaanalysen für die Massnahmenentwicklung zur Verfügung. Daher musste auf weniger robuste Primär- oder Reviewstudien zurückgegriffen werden.

Die Tatsache, dass die Massnahmenbewertung nur auf sekundären Quellen beruht, ist ein limitierender Aspekt dieser Studie. Es besteht deshalb Forschungsbedarf, die genauen Wirksamkeiten der Massnahmen in weiterführenden und ausführlicheren Vertiefungsstudien zu evaluieren. Darüber hinaus ist aufgrund des unterschiedlichen Innovationsgrades einzelner Massnahmen die Qualität der zugrundeliegenden Studien heterogen verteilt. Für einige Massnahmen (z. B. Notbremsassistent) liegen relativ stabile Befunde vor, die auf grösseren Stichproben basieren. Für andere Massnahmenansätze (z. B. Tagfahrlicht für Velos) steht teilweise nur eine Primärstudie zur Verfügung. Daraus folgt, dass generell aufgrund der vergleichsweise geringen Datenbasis die berechneten Reduktionswirksamkeiten mit Unsicherheiten behaftet sind und deshalb mit Vorsicht interpretiert werden sollten.

Die hier skizzierten Massnahmenbewertungen charakterisieren damit eher im Sinne einer ordinalen Einstufung beziehungsweise eines Rankings eine mögliche Reduktionswirksamkeit und tragen somit vor allem zur Identifizierung von *aussichtsreichen Handlungsfeldern* bei. Zudem sind die vorgestellten Reduktionswirksamkeiten mit unterschiedlichen Sicherheiten behaftet, da sie zum Teil sowohl qualitativ als auch quantitativ auf unterschiedlichen Daten beruhen.

7 Empfehlungen

Die vorliegende Arbeit kann zur Identifikation von *aussichtsreichen Handlungsfeldern* verwendet werden. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind aus wissenschaftlicher Perspektive zu verstehen und beinhalten keine Diskussion zur Akzeptanz der Massnahmen innerhalb eines verkehrspolitischen Umfelds.

Als *aussichtsreiche Handlungsfelder* empfiehlt diese Arbeit die 15 Massnahmen aus dem Kapitel 5.15.1. In dieser Tabelle sind die Massnahmen aufgelistet, welche konkret bewertet wurden. Für eine Vielzahl dieser Massnahmen konnte zudem die Wirksamkeit in Form der Unfallreduktion pro Jahr im Gebiet der Schweiz abgeschätzt werden.

Als weitere Handlungsfelder empfiehlt diese Arbeit die Massnahmen in Tabelle *Tab. 35* in Kapitel 5.15.2, die jedoch in anschliessenden Studien bewertet werden müssen.

Die künftige Prävention wird sich nicht auf «neue/innovative» Massnahmen beschränken können. Etablierte Massnahmen müssen weitergeführt werden und sind die Basis für eine weitere Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Die positive Entwicklung der letzten 40 Jahre war kein Selbstläufer, sie ist auf eine kontinuierliche Sicherheitsarbeit zurückzuführen. Wichtige Massnahmen haben dazu beigetragen, z. B. Tragobligatorium Gurt und Helm, Geschwindigkeitslimiten, Alkoholgrenzwert, verkehrstechnische Optimierungen, Erhöhung der aktiven und passiven Sicherheit der Automobile, Intensivierung der Kontrolltätigkeit der Polizei, Verbesserung der Fahrausbildung und Optimierung des Rettungswesens.

Trotz oder gerade wegen der bereits erreichten Sicherheitsfortschritte wird die Präventionsarbeit im Strassenverkehr auch in den nächsten Jahren eine grosse Herausforderung darstellen. Zwar werden technische Innovationen – in erster Linie Fahrerassistenzsysteme – oder weitere Optimierungen bei der klassischen Verkehrssicherheitsarbeit (Engineering, Education, Enforcement, Economy) die Prävention unterstützen, doch werden andere und neue Entwicklungen zu meistern sein: Die Fahrleistungen nehmen weiterhin zu, die Verkehrszusammensetzung verändert sich (z. B. mehr Elektrofahrzeuge), der Anteil älterer und leicht verletzlicher Verkehrsteilnehmer (z. B. Radfahrer) steigt an. Mittel- und langfristig muss die Präventionsarbeit diese Entwicklungen antizipieren und die richtigen Strategien entwickeln.

Die in den vorliegenden Berichten erkannten Probleme können nicht durch einzelne Massnahmen gelöst werden, sie erfordern eine ganzheitliche Strategie. Daher gilt es anzumerken, dass Einzelmassnahmen zwar schon für sich wirksam sein können, jedoch deren Wirkung durch ein synergetisches Zusammenspiel mit anderen Massnahmen noch einmal erhöht werden kann (Ahrens et al., 2010). Insbesondere die Fahrerassistenzsysteme müssen an Umsetzungsstrategien gekoppelt werden (z. B. Empfehlungen beim Neukauf, Aufklärungskampagne, Obligatorium für Neufahrzeuge oder sogar Nachrüstung etc.)

Zuallerletzt wird auf den Synthesebericht zum VeSPA-Forschungspaket verwiesen, der unter anderem den folgenden Fragefeldern nachgeht (Buck et al., 2016):

- Wie steht es um die politische Umsetzbarkeit der Massnahmen?
- Wie werden Massnahmen priorisiert?
- Wie kann die praktische Umsetzbarkeit von Massnahmen gesichert werden?
- Lassen sich Massnahmen aus den beiden Teilprojekten verbinden bzw. in Massnahmenpakete überführen?

Anhänge

I	Modellierung der Risikokonstellationen.....	117
I.1	PW-Lenkende.....	117
I.1.1	Ergänzende Auswertung zu den PW-Lenkenden	120
I.2	Zufussgehende	121
I.3	Velofahrende und E-Biker	125
I.4	Lkw-Lenkende	128
I.5	Motorradlenkende	129
I.6	ÖV-Chauffeure/eusen	130

I Modellierung der Risikokonstellationen

I.1 PW-Lenkende

Das Hauptmodell für alle PW-Lenkenden aus der Schweiz ergibt 1086 Risikokonstellationen. Die 20 Konstellationen mit den grössten Pearson-Residuen sind in der folgenden Tabelle abgebildet:

Tab. 1 PW-Lenkende Modell; 20 Konstellationen mit grössten Pearson-Residuen

Unfalltyp	Ort	Strassenzustand	Sicht	Verkehrszeit	Zweck	Ablenkung	Beeinträchtigung	ADMAS-Massnahmen	Unfallursache	Alter	Geschlecht	Migration	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Weiblich	Schweizer	271	11.2	15.8
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	25-44	Weiblich	Schweizer	222	9.6	14.3
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	65-79	Männlich	Schweizer	218	9.4	14.1
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Unang. Fahrw.	25-44	Weiblich	Schweizer	216	13.0	13.8
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Unang. Fahrw.	45-64	Weiblich	Schweizer	213	12.5	13.7
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	25-44	Weiblich	Schweizer	203	12.9	13.3
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Weiblich	Schweizer	200	14.0	13.2
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Männlich	Schweizer	179	7.6	12.8
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	65-79	Weiblich	Schweizer	180	8.9	12.8
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Weiblich	Schweizer	182	11.7	12.6
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Männlich	Schweizer	147	6.6	11.6
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Nein	0	Unang. Fahrw.	45-64	Männlich	Schweizer	153	10.3	11.5
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	25-44	Weiblich	Schweizer	152	9.9	11.5
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Arbeit	Nein	nein	0	Fehler	45-64	Männlich	Schweizer	145	6.6	11.5
Auffahren	Autobahn	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Arbeit	Nein	nein	0	Fehler	25-44	Männlich	Schweizer	143	7.0	11.4
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Freizeit	Nein	nein	0	Unang. Fahrw.	25-44	Weiblich	Schweizer	153	13.4	11.3
Auffahren	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Arbeit	Nein	nein	0	Unang. Fahrw.	25-44	Männlich	Schweizer	144	9.2	11.2
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Arbeit	Nein	Nein	0	Fehler	25-44	Weiblich	Schweizer	140	7.4	11.2
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	sonstige Zeit	Arbeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Männlich	Schweizer	135	6.5	11.1
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Freizeit	Nein	Nein	0	Fehler	45-64	Männlich	Schweizer	132	7.7	10.8

Die grössten Residuen zeigen sich bei den grössten Gruppen. Das sind Schweizer und Schweizerinnen in den grossen Altersgruppen der 25-44- respektive der 45-64-Jährigen. In der Phase 1 haben die Autoren gesehen, dass das Risiko bei verschiedenen Konstellationen in Alter, Geschlecht und Migrationsstatus unterschiedlich ist. Um diese Erkenntnisse zu berücksichtigen, werden die verschiedenen Gruppen getrennt ausgewertet. Um einen besseren Überblick über die Risikokonstellationen in den Gruppen zu erhalten, werden ähnliche Risikokonstellationen mit einer gewichteten hierarchischen Clusteranalyse zu Risikokonstellationen zusammengefasst. Im Folgenden sind die wichtigsten Risikokonstellationen für die einzelnen Gruppen aufgelistet. Kriterien für die Auswahl sind die Anzahl Fälle, die Grösse der Pearson-Residuen sowie die Homogenität der Gruppen. Damit wird berücksichtigt, dass es schwierig ist, Massnahmen für unspezifische Konstellationen zu entwickeln, auch wenn die Gruppe gross ist.

1. Junge männliche Lenker (18-24-Jährige) mit Migrationshintergrund (Insgesamt wurden für diese Gruppe 5 Cluster (\triangleq Risikokonstellationen) unterschieden)

- Einbiegeunfälle innerorts, teilweise während der Hauptverkehrszeit oder mit beeinträchtigter Sicht, verursacht durch Fahrfehler (126 beobachtete Fälle bei 25 erwarteten Fällen)
- Selbst-/Schleuderunfälle in der Nacht mit beeinträchtigter Sicht unter Beeinträchtigung von Rauschmitteln (31/4)
- Auffahrunfälle innerorts oder auf der Autobahn, häufig in der Hauptverkehrszeit auf trockener Strasse, wobei der Fahrer teilweise abgelenkt ist (126/29)

2. Junge männliche Lenker (18-24-jährig) mit Schweizer Pass (10 Cluster)

- Selbst-/Schleuderunfälle durch junge, männliche Lenker, meist in der Nacht, häufig am Wochenende, auf nasser oder trockener Strasse, wobei der Fahrer durch Rauschmittel beeinträchtigt ist (Alkohol, Drogen, Medikamente) (259/23)
- In eine ähnliche Richtung gehen Selbst-/Schleuderunfälle auf nasser/beeinträchtigter Strasse bei meist beeinträchtigter/schlechter Sicht, ausserorts, verursacht durch eine unangepasste Fahrweise (214/37)
- Einbiegeunfälle, verursacht durch Fahrfehler, häufig bei feuchter oder nasser Strasse und beeinträchtigter oder schlechter Sicht, teilweise in der Hauptverkehrszeit (grosse, aber relativ unspezifische Risikokonstellation) (615/69)
- Auffahrunfälle innerorts oder auf der Autobahn, in der Regel bei trockener Strasse und guter Sicht, häufig in der Hauptverkehrszeit, verursacht durch einen abgelenkten Fahrer (z. B. Handy). (160/23)

3. Junge weibliche Lenker (18-24-jährig) mit Schweizer Pass (5 Cluster)

- Auffahrunfälle insbesondere innerorts oder auf der Autobahn, häufig während Verkehrsspitzen (707/123)
- Speziell auffällig sind die Auffahrunfälle, welche durch Ablenkung verursacht wurden (124/24)

4. Junge weibliche Lenker (18-24-jährig) mit Migrationshintergrund

Zu kleine Gruppe um relevante Risikokonstellationen zu bestimmen.

5. Männliche Lenker zwischen 25 und 64 Jahren mit Schweizer Pass (11 Cluster)

- Einbiegeunfälle, häufig bei feuchter/nasser Strasse und beeinträchtigter/schlechter Sicht, verursacht durch Fahrfehler (2666/285)
- Auffahrunfälle, hauptsächlich innerorts oder auf Autobahnen, bei verschiedenen Wetterbedingungen, wobei der Lenker abgelenkt war (524/86)
- Auffahrunfälle, bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht und oft feuchter/nasser Strasse, meist innerorts oder auf Autobahnen (1080/242)
- Selbstunfälle, meist bei beeinträchtigter Sicht (Nacht) durch einen durch Rauschmittel beeinträchtigten Lenker. In zwei auffälligen Konstellationen wurden gegen die Lenker vorgängig eine oder mehrere ADMAS Massnahmen verhängt (268/25)

6. Weibliche Lenker zwischen 25 und 64 Jahren mit Schweizer Pass (11 Cluster)
 - Auffahrunfälle, meist innerorts, teilweise bei nasser/feuchter Strasse und beeinträchtiger/schlechter Sicht, verursacht durch unangepasste Fahrweise (1839/263)
 - Ähnlich gelagert sind Auffahrunfälle, meist bei Verkehrsspitzen, häufig bei nasser/feuchter Strasse und beeinträchtigter Sicht, verursacht durch Fahrfehler (1712/285)
 - Fussgängerunfälle, innerorts, teilweise bei feuchter/nasser Strasse und beeinträchtiger oder schlechter Sicht, häufig in Verkehrsspitzen (479/88)
 - Selbstunfälle (Frontalkollisionen) bei beeinträchtigter Strasse und meist beeinträchtiger oder schlechter Sicht, oft ausserorts (275/40)
7. Männliche Lenker zwischen 25 und 64 mit Migrationshintergrund (8 Cluster)
 - Auffahrunfälle, hauptsächlich innerorts bei regulärer Strasse mit guter Sicht, wobei der Lenker abgelenkt war (159/26)
 - Allgemein sind Auffahrunfälle bei verschiedenen Bedingungen auffällig (sehr grosse, aber unspezifische Klasse) (1841/303)
 - Selbstunfälle, häufig am Wochenende durch einen mit Rauschmittel beeinträchtigten Fahrer (99/12)
 - Selbstunfälle, meist bei beeinträchtigter Strasse (z. B. Schnee) und beeinträchtigter Sicht, oft ausserorts (77/13)
 - Einbiegeunfälle, meist innerorts bei verschiedenen Bedingungen (grosse, aber unspezifische Klasse) (1044/146)
8. Weibliche Lenker zwischen 25 und 64 mit Migrationshintergrund (8 Cluster)
 - Auffahrunfälle bei guten Bedingungen, häufig während Verkehrsspitzen (693/144)
 - Etwas spezifischer in der gleichen Kategorie sind Auffahrunfälle innerorts bei regulärer Strasse mit guter Sicht, wobei die Lenkerin abgelenkt war (72/14)
 - Einbiegeunfälle, meist innerorts, bei verschiedenen Bedingungen (512/76)
 - Fussgängerunfälle, innerorts bei regulärer Strasse (40/10)
9. Männliche Lenker zwischen 65 und 79 (9 Cluster)
 - Fussgängerunfälle innerorts, teilweise bei feuchter/nasser Strasse und beeinträchtigter/schlechter Sicht (483/78)
 - Einbiegeunfälle innerorts und ausserorts, bei trockener Strasse und meist guter Sicht, teilweise während Verkehrsspitzen, verursacht durch Fahrfehler (906/71)
 - Etwas spezifischer sind hier die Einbiegeunfälle bei feuchter/nasser Strasse (141/25)
 - Auffahrunfälle innerorts bei trockener Strasse durch einen abgelenkten Fahrer (73/14)
10. Weibliche Lenker zwischen 65 und 79 (9 Cluster)
 - Fussgängerunfälle innerorts, teilweise bei feuchter/nasser Strasse und schlechter Sicht (159/37)
 - Einbiegeunfälle innerorts und ausserorts bei trockener Strasse und meist guter Sicht, teilweise während Verkehrsspitzen, verursacht durch Fahrfehler (537/51)
 - Etwas spezifischer sind auch hier die Einbiegeunfälle bei feuchter/nasser Strasse (74/12)
 - Auffahrunfälle innerorts bei trockener Strasse durch einen abgelenkten Fahrer (43/9)
11. Männliche Lenker über 80 (6 Cluster)
 - Fussgängerunfälle innerorts, teilweise bei nasser/feuchter Strasse und beeinträchtigter/schlechter Sicht (106/21)
 - Auffahrunfälle innerorts, bei trockenen Strassen, meist ausserhalb der Hauptverkehrsspitzen, teilweise mit einem abgelenkten Fahrer (93/23)
 - Einbiegeunfälle innerorts und ausserorts, bei trockener Strasse und guter Sicht, teilweise während Verkehrsspitzen, verursacht durch Fahrfehler (282/34)

12. Weibliche Lenker 80+

Da die Gruppe klein ist, gibt es nur wenig Auffälligkeiten. Auffällig sind insbesondere Einbiegeunfälle innerorts, bei trockener Strasse, am Tag, verursacht durch Fahrfehler.

I.1.1 Ergänzende Auswertung zu den PW-Lenkenden

Die ergänzenden Auswertungen für die Fahrzeugtypen, Touristen und Neulenker wurden nach dem gleichen Prinzip durchgeführt.

Fahrzeugtypen

Eine automatisierte Clusteranalyse funktioniert mit diesen Daten nur bedingt, da es aufgrund der vielen Variablen schwierig ist, sinnvolle Klassen zu bilden. Deshalb wurden die wichtigsten (d. h. besonders interessantesten) Risikoklassen manuell bestimmt.

- Die Fahrzeugtypen in den meisten auffälligen Risikokonstellationen sind Klein- und insbesondere Mittelklassewagen. Diese Fahrzeugtypen treten auch allgemein am häufigsten auf.
- Risikokonstellationen mit SUVs treten bei Auffahr- und Einbiegeunfällen, meist verursacht durch Fahrfehler, auf. Am Steuer sind sowohl Frauen als auch Männer. Die Männer sind dabei zwischen 45 und 79, die Frauen zwischen 25 und 64 Jahre alt.
- Risikokonstellationen mit Vans treten ebenfalls bei Auffahr- und Einbiegeunfällen auf. Am Steuer sind dabei immer Frauen zwischen 25 und 64. Die Unfälle geschehen innerorts am Tag bei guter Sicht und trockener Strasse.
- Risikokonstellationen von jungen männlichen Lenkern enthalten Selbst-, Auffahr-, Abbiege- und Einbiegeunfälle. Sie sind dabei immer in älteren Fahrzeugen (Mittel- oder Kleinwagen) unterwegs. Wie aus der Hauptanalyse bekannt, sind die Lenker in den Risikokonstellationen mit Selbstunfällen häufig durch Rauschmittel beeinträchtigt.
- Risikokonstellationen von Lenkenden zwischen 65 und 79 Jahren enthalten hauptsächlich Einbiegeunfälle. Ebenfalls vertreten sind Auffahr-, Abbiege- und Fussgängerunfälle. Fahrzeugtyp und Alter sind unterschiedlich.
- Risikokonstellationen von älteren Lenkenden (80+) enthalten ebenfalls hauptsächlich Einbiegeunfälle. Sie sind dabei immer in älteren Fahrzeugen (Mittel- oder Kleinwagen) unterwegs.
- Risikokonstellationen mit neuen Fahrzeugen gibt es vor allem in den Altersgruppen der 25-64-Jährigen. Der häufigsten Unfalltypen sind dabei Auffahr- und Einbiegeunfälle.

Touristen (7 Cluster)

- Auffahrnfälle auf der Autobahn in den Ferien meist bei trockener Strasse und guter Sicht, Lenker mehrheitlich männlich und zwischen 25 und 64 Jahre alt (286/56)
- Auffahrnfälle innerorts, seltener ausserorts, in den Ferien bei trockener Strasse und guter Sicht, Lenker mehrheitlich männlich und zwischen 25 und 64 Jahre alt (255/60)
- Auffahrnfälle bei den 25 -64-Jährigen, meist männlich, auf dem Arbeitsweg, häufig in der Hauptverkehrszeit, teilweise durch abgelenkte Lenker (360/71)

Neulenker (8 Cluster)

- Einbiegeunfälle von Männern innerorts bei trockener Strasse, teilweise in der Hauptverkehrszeit, verursacht durch Fahrfehler (109/20)
- Eine ähnliche Konstellation gibt es auch bei den Frauen: Einbiegeunfälle innerorts bei trockener Strasse, verursacht durch Fahrfehler (90/19)
- Allgemein auffällig sind verschiedene Gruppen von Selbstunfällen:
 - Männer innerorts in der Nacht, verursacht durch einen mit Rauschmittel beeinträchtigten Lenker (32/4)
 - Männer ausserorts häufig in der Nacht, verursacht durch unangepasste Fahrweise (72/14)
 - Männer und Frauen ausserorts bei feuchter/nasser Strasse mit beeinträchtigter Sicht, verursacht durch unangepasste Fahrweise. (39/8)

I.2 Zufussgehende

Das Modell für die Zufussgehenden ergibt 102 Risikokonstellationen mit einem Pearson-Residuum grösser als 2.5. Die 20 Konstellationen mit den grössten Pearson-Residual sind in der folgenden Tabelle abgebildet:

Tab. 2 Zufussgehende-Modell; 20 Konstellationen mit grössten Pearson-Residuen

Ort	Strassenzustand	Verkehrszeit	Sicht	Unfallstelle	Fussweg	grösstes Fahrzeug	Alter	Geschlecht	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson Residual
Innerorts	feucht/nass	Verkehrsspitze	schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	weiblich	117	9.2	10.0
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	0-13	weiblich	128	21.9	9.4
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	weiblich	136	37.8	8.4
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Andere	PW	0-13	weiblich	114	25.4	8.3
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Platz	Andere	PW	65+	weiblich	101	19.6	8.1
Innerorts	feucht/nass	Verkehrsspitze	schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	18-24	weiblich	70	8.3	7.4
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	65+	weiblich	117	37.6	7.3
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Platz	Andere	PW	25-64	weiblich	73	10.3	7.3
Innerorts	feucht/nass	Verkehrsspitze	schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	männlich	73	10.5	7.3
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	0-13	männlich	138	57.8	6.8
Innerorts	feucht/nass	Verkehrsspitze	beeinträchtigt	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	weiblich	60	10.4	6.4
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	0-13	weiblich	71	20.3	6.0
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	weiblich	88	32.9	5.9
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Andere	PW	0-13	männlich	168	94.1	5.7
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	männlich	83	31.4	5.7
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	gut	Gerade	Andere	PW	0-13	weiblich	71	23.5	5.6
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	beeinträchtigt	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-64	weiblich	70	24.1	5.5
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Platz	Andere	PW	65+	männlich	46	8.9	5.5
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Andere	PW	25-64	weiblich	77	29.2	5.4
Innerorts	Regulär	sonstige Zeit	gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	65+	männlich	59	17.4	5.4

Auffällige Risikokonstellationen sind immer innerorts. Viele ereignen sich auf dem Fussgängerstreifen, dem natürlichen Treffpunkt zwischen Fussgänger und anderen Verkehrsteilnehmern. Häufig treten Risikokonstellationen während Verkehrsspitzen auf. Die acht grössten Risikokonstellationen betreffen Frauen.

Mittels gewichteter Clusteranalysen wurden die Risikokonstellationen zu 13 Risikokonstellationen zusammengefasst, davon einzelne ähnliche Konstellationen manuell. Im Folgenden sind die wichtigsten Risikokonstellationen gemäss ihrer Relevanz in absteigender Reihenfolge wiedergegeben. Kriterien sind die Anzahl Fälle und die Grösse der Pearson-Residuen. Berücksichtigt wird bei der Reihenfolge auch die Tatsache, dass es für unspezifische Faktorkonstellationen schwieriger ist, Massnahmen zu entwickeln, auch wenn die Gruppe gross ist. Entsprechend werden diese Risikokonstellationen zurückgestuft.

Risikokonstellationen 1 (2 Risikokonstellationen aus der Clusteranalyse)

- Unfälle von Kindern (0-13-jährig), teilweise auf Fussgängerstreifen bei regulären Strassenverhältnisse und meist guter Sicht (1059 beobachtete Fälle bei 441 erwarteten Fällen)
- Ergänzt werden kann diese Klasse mit der kleineren Risikoklasse mit Unfällen von Kindern (0-13-jährig) auf Fussgängerstreifen bei feuchter/nasser Strasse und bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht, meist während der Hauptverkehrszeit (100/18)

Risikokonstellationen 2

- Unfälle von Älteren (65+) auf Plätzen oder Geraden teilweise auf Fussgängerstreifen, bei guten Bedingungen. (688/232)
- Ergänzt werden kann diese Klasse mit Unfällen von Älteren (65+) auf dem Fussgängerstreifen, meist während Verkehrsspitzen, bei feuchter/nasser Strasse und bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht (113/23)
- In die gleiche Kategorie gehören auch Unfälle von Älteren (65+) bei guten Bedingungen, wobei gegenüber den oben aufgeführten Klassen das Konfliktfahrzeug kein PW, sondern Fahrräder, Lkws oder Busse sind. (68/27)

Risikokonstellationen 3

- Unfälle von 25-64-Jährigen auf dem Fussgängerstreifen bei beeinträchtigter oder schlechter Sicht, meist während Verkehrsspitzen und feuchter/nasser Strasse (594/142)

Das Modell für die Fahrzeuglenker, welche in einen Unfall mit Fussgängern involviert sind, ergibt 101 Risikokonstellationen mit einem Pearson-Residuum grösser als 2.5. Die 20 Konstellationen mit den grössten Pearson-Residual sind in der folgenden Tabelle abgebildet:

Tab. 3 Fahrzeuglenker-Modell; 20 Konstellationen mit grössten Pearson-Residuen

Ort	Strassenzustand	Verkehrszeit	Sicht	Unfallstelle	Fussweg	Grösstes Fahrzeug	Alter	Geschlecht	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Innerorts	Feucht/nass	Verkehrsspitze	Schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	45-64	Männlich	103	10.0	9.2
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	45-64	Männlich	137	31.1	9.0
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Andere	PW	45-64	Männlich	133	31.3	8.8
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	65-79	Männlich	110	26.6	8.0
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Andere	PW	25-44	Weiblich	90	16.8	7.7
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Andere	PW	25-44	Männlich	105	27.6	7.5
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-44	Weiblich	82	17.2	7.2
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	45-64	Weiblich	82	17.7	7.1
Innerorts	Feucht/nass	Verkehrsspitze	Schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-44	Männlich	64	9.0	6.9
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Andere	PW	45-64	Weiblich	76	16.4	6.8
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Andere	PW	65-79	Männlich	82	20.4	6.8
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Gerade	Andere	PW	45-64	Männlich	86	26.9	6.4
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Gerade	Andere	PW	25-44	Weiblich	67	16.1	6.2
Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	45-64	Männlich	83	26.7	6.2
Innerorts	Feucht/nass	Verkehrsspitze	Schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	45-64	Weiblich	51	8.0	6.0
Innerorts	Feucht/nass	Verkehrsspitze	Schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-44	Weiblich	47	6.0	6.0
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	25-44	Männlich	79	27.0	5.8
Innerorts	Feucht/nass	Verkehrsspitze	Beeinträchtigt	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	45-64	Männlich	47	7.7	5.7
Innerorts	Feucht/nass	Verkehrsspitze	Schlecht	Gerade	Fussgängerstreifen	PW	65-79	Männlich	43	7.3	5.4
Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Gerade	Andere	Lkw/Bus	25-44	Männlich	49	11.5	5.4

Auch hier sind die auffälligen Risikokonstellationen immer innerorts und häufig auf Fussgängerstreifen. Die relative kleine Gruppe der älteren Lenkenden ist überproportional vertreten.

Mittels Clusteranalyse wurden 10 Risikokonstellationen unterschieden. Folgende Risikokonstellationen wurden als interessant identifiziert:

Risikokonstellationen 1

- Unfälle auf dem Fussgängerstreifen, meist während Verkehrsspitzen, bei feuchter/nasser Strasse und beeinträchtigter oder schlechter Sicht, von PW-Lenker aller Altersklassen, wobei Männer häufiger sind. (569/113)

Risikokonstellationen 2

- Unfälle auf dem Fussgängerstreifen oder dem Trottoir bei guten Witterungsbedingungen. (690/215)

Risikokonstellationen 3

- Unfälle von männlichen Lkw-Lenkern bei guten Bedingungen auf Geraden, Einmündungen oder Plätzen. (187/52)

Risikokonstellationen 4

- Unfälle von männlichen ÖV-Lenkern bei guten Bedingungen, teilweise während Verkehrsspitzen. (127/33)

I.3 Velofahrende und E-Biker

Das Modell für die verunfallten Velofahrenden ergibt 103 Risikokonstellationen mit einem Pearson-Residuum grösser als 2.5. Die 20 Konstellationen mit den grössten Pearson-Residual sind in der folgenden Tabelle abgebildet:

Tab. 4 *Fahrradfahrer-Modell; 20 Konstellationen mit grössten Pearson-Residuen*

Ort	Strassenzustand	Sicht	Verkehrszeit	Zweck	Radweg	Grösstes Fahrzeug	Beeinträchtigung	Alter	Geschlecht	Unfalltyp	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Ja	25-44	Männlich	Selbst	122	8.2	10.3
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Fahrrad	Ja	25-44	Männlich	Selbst	81	10.1	7.9
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	PW	Nein	45-64	Männlich	Einbiege	88	19.1	7.3
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	PW	Nein	45-64	Männlich	Einbiege	126	44.1	7.3
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Nein	25-44	Weiblich	Selbst	61	11.9	6.3
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	PW	Nein	25-44	Männlich	Einbiege	81	26.4	6.1
Innerorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Freizeit	Nein	PW	Nein	0-13	Männlich	Einbiege	110	47.5	6
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Fahrrad	Nein	25-44	Weiblich	Selbst	55	11.2	5.9
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Nein	45-64	Männlich	Selbst	72	22.6	5.8
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Nein	45-64	Männlich	Selbst	100	42.1	5.8
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	PW	Nein	45-64	Männlich	Abbieg	73	26.5	5.4
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	PW	Nein	45-64	Weiblich	Einbiege	81	32.5	5.4
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	PW	Nein	45-64	Männlich	Abbieg	79	31.6	5.3
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	PW	Nein	25-44	Weiblich	Einbiege	75	29.1	5.3
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Ja	45-64	Männlich	Selbst	40	6.5	5.3
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	PW	Nein	25-44	Männlich	Einbiege	90	40.2	5.2
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Ja	18-24	Männlich	Selbst	35	4.1	5.2
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	PW	Nein	45-64	Männlich	Einbiege	35	5.1	5.1
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Sonstige Zeit	Freizeit	Nein	Fahrrad	Ja	45-64	Männlich	Selbst	36	6.9	4.8
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Nein	Fahrrad	Nein	25-44	Männlich	Selbst	75	33.8	4.8

Mittels Clusteranalyse wurden folgende Risikokonstellationen als besonders interessant identifiziert:

Risikokonstellationen 1

- Einbiegeunfälle innerorts, fast immer bei guten Bedingungen. Konflikt mit PW. Velofahrende in allen Alterskategorien (1205/530)
- Einbiegeunfälle innerorts bei nasser oder feuchter Strasse während der Hauptverkehrszeit, Konflikt mit PW. (105/27)

Risikokonstellationen 2

- Selbstunfälle innerorts, meist in der Nacht, wobei der Velofahrende durch Rauschmittel beeinträchtigt ist. Häufiger sind es Männer, Alter zwischen 18 bis 64 Jahre. (478/74)
- Selbstunfälle ausserorts in der Freizeit, meist am Wochenende, bei guten Bedingungen. Velofahrende zwischen 25 und 64 Jahren (285/98)
- Selbstunfälle innerorts bei meist guten Bedingungen. (908/391)

E-Bikes

Bei den E-Bikes gibt es nur 3 Risikokonstellationen:

Tab. 5 E-Bikes-Modell; 3 Risikokonstellationen

Ort	Strassenzustand	Sicht	Verkehrszeit	Zweck	Grösstes Fahrzeug	Beeinträchtigung	Alter	Geschlecht	Unfalltyp	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Einbiege	11	3.5	2.3
Innerorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	PW	Nein	45-64	Weiblich	Einbiege	13	5.4	2.1
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigung	Sonstige Zeit	Freizeit	E-Bike	Ja	45-64	Männlich	Selbst	10	3.4	2.2

Auffällig sind auch hier Einbiegeunfälle und Selbstunfälle. Die E-Biker sind dabei zwischen 45 bis 64 Jahre alt. Bei Einbiegeunfällen gibt es einen Konflikt mit PW, bei den auffälligen Selbstunfällen ist die Sicht beeinträchtigt.

I.4 Lkw-Lenkende

Das Modell für verunfallte Lkw-Lenkende, welche einen Unfall verursacht haben, ergibt die folgenden 17 Risikokonstellationen mit einem Pearson-Residuum grösser als 2.5.

Tab. 6 Lkw-Lenkende-Modell; 17 Risikokonstellationen

Unfalltyp	Ort	Strassenzustand	Verkehrszeit	Sicht	Ablenkung	Beeinträchtigung	Unfallursache	Herkunft Lkw	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Überholen	Autobahn	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	48	5.9	6.1
Selbst	Ausserorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	45	6.3	5.8
Überholen	Autobahn	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Ausland	38	4.3	5.5
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	40	5.6	5.4
Auffahrt	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Ja	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	38	6.0	5.2
Autobahnbieg	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	32	3.3	5.1
Auffahrt	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	33	7.7	4.4
Überholen	Autobahn	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	25	4.9	4.0
Einbiegen	Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	23	4.7	3.8
Selbst	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	27	7.8	3.7
Überholen	Autobahn	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Ausland	18	2.8	3.6
Fussgänger	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	21	5.0	3.5
Autobahnbiegen	Innerorts	Regulär	Verkehrsspitze	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	17	2.8	3.5
Überholen	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	24	7.3	3.4
Fussgänger	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	18	4.0	3.3
Auffahrt	Innerorts	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Unangepasste Fahrweise	Schweiz	23	9.6	2.8
Auffahrt	Autobahn	Regulär	Sonstige Zeit	Gut	Nein	Nein	Fehler	Schweiz	17	6.2	2.6

Mittels Clusteranalyse wurden die Risikokonstellationen in 5 Risikokonstellationen unterteilt. Folgende Risikokonstellationen wurden als besonders interessant identifiziert:

- Überholunfall auf der Autobahn, teilweise in der Hauptverkehrszeit, von Lenkern aus der Schweiz und aus dem Ausland, verursacht durch eine unangepasste Fahrweise (153/25)
- Auffahrunfälle innerorts oder auf der Autobahn, teilweise durch einen abgelenkten Lkw-Fahrer (111/29)
- Einbiege-/Abbiegeunfälle innerorts, teilweise in der Hauptverkehrszeit, verursacht durch Fahrfehler (112/16)

- Schleuderunfall innerorts oder ausserorts durch unangepasste Fahrweise (72/14)
- Fussgängerunfälle innerorts (39/9)

I.5 Motorradlenkende

Das Modell für die verunfallten Motorradfahrer ergibt 133 Risikokonstellationen mit einem Pearson-Residuum grösser als 2.5. Die 20 Konstellationen mit den grössten Pearson-Residual sind in der folgenden Tabelle abgebildet:

Tab. 7 Motorradfahrer-Modell; 20 Konstellationen mit grössten Pearson-Residuum

Ort	Strassen-zustand	Sicht	Verkehrszeit	Zweck	Grösstes Fahrzeug	Beeinträchtigung	Alter	Geschlecht	Unfalltyp	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Motorrad	Nein	25-44	Männlich	Selbst	331	35.8	16.2
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Motorrad	Nein	45-64	Männlich	Selbst	207	30.4	12.3
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	Motorrad	Nein	18-24	Männlich	Selbst	147	21.1	10.4
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Wochenende	Freizeit	Motorrad	Ja	25-44	Männlich	Selbst	82	6.1	8.4
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Sonstige Zeit	Freizeit	Motorrad	Ja	25-44	Männlich	Selbst	83	7.7	8.3
Ausserorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Motorrad	Nein	45-64	Männlich	Selbst	140	46.2	7.9
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Einbiege	149	54.5	7.7
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Sonstige Zeit	Freizeit	Motorrad	Ja	45-64	Männlich	Selbst	67	9.1	7.1
Innerorts	Regulär	Beeinträchtigt	Wochenende	Freizeit	Motorrad	Ja	18-24	Männlich	Selbst	61	6.5	7
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Auffahr	100	32.8	6.7
Ausserorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Motorrad	Nein	18-24	Männlich	Selbst	75	19.8	6.4
Ausserorts	Regulär	Gut	Sonstige Zeit	Freizeit	Motorrad	Nein	25-44	Männlich	Selbst	113	45.3	6.4
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Einbiege	68	15.5	6.4
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Auffahr	65	14.8	6.2
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	25-44	Männlich	Frontal	58	11	6.2
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Abbieg	60	13.6	6
Ausserorts	Regulär	Gut	Verkehrsspitze	Freizeit	Motorrad	Nein	25-44	Männlich	Selbst	89	34.1	5.8
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	45-64	Männlich	Abbieg	96	40.5	5.7
Innerorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	25-44	Männlich	Einbiege	105	47	5.7
Ausserorts	Regulär	Gut	Wochenende	Freizeit	PW	Nein	25-44	Männlich	Überhol	49	10.4	5.5

Mittels Clusteranalyse wurden die Risikokonstellationen in 16 Risikokonstellationen unterteilt. Folgende Risikokonstellationen wurden als besonders interessant identifiziert:

Risikokonstellation 1

- Selbstunfälle ausserorts, Lenker in allen Altersklassen, hauptsächlich Männer (1454/368)
- Spezifischer sind Selbstunfälle ausserorts, meist in der Nacht und am Wochenende, wobei der Motorradfahrende durch Rauschmittel beeinträchtigt ist. (167/31)

Risikokonstellation 2

- Selbstunfälle innerorts, meist in der Nacht, teilweise bei nasser Strasse, wobei der Motorradfahrende durch Rauschmittel beeinträchtigt ist. Häufiger sind es Männer, Alter zwischen 18 bis 64 Jahren. (623/101)
- Allgemein sind auch Selbstunfälle innerorts auffällig, bei meist guten Bedingungen. (544/279)
- Selbstunfälle innerorts bei feuchter/nasser Strasse und beeinträchtigter Sicht, häufig während Verkehrsspitzen. Lenker männlich und zwischen 25 und 64 Jahren. (66/15)

Risikokonstellation 3

- Einbiegeunfälle innerorts und ausserorts bei guten Bedingungen am Wochenende, Konflikt meist mit PW, Motorradlenker meist männlich zwischen 25 und 64. (556/214)
- Einbiegeunfälle innerorts bei nasser oder feuchter Strasse, meist während der Hauptverkehrszeit. Konflikt mit PW. (164/35)
- Einbiegeunfälle innerorts bei guten Bedingungen, meist während der Hauptverkehrszeit. Konflikt mit PW. (441/252)

Risikokonstellation 4

- Auffahrunfälle innerorts, meist während Verkehrsspitzen, Konflikt mit PW. (641/307)
- Auffahrunfälle ausserorts bei guten Bedingungen am Wochenende, Motorradlenker männlich zwischen 25 und 64 Jahre. (168/36)

I.6 ÖV-Chauffeure/eusen

Bei den ÖV-Chauffeuren/eusen sind 10 Risikokonstellationen auffällig.

Tab. 8 ÖV-Chauffeur/eusen-Modell

Strassenzustand	Sicht	Verkehrszeit	Stelle	Konflikt mit	Objekt	Beobachtete Unfälle	Erwartete Unfälle	Pearson-Residual
Regulär	Gut	Sonst	Gerade	Fussgänger	Tram	66	16.5	6.1
Regulär	Gut	Spitze	Gerade	Fussgänger	Tram	54	12.5	5.7
Regulär	Gut	Sonst	Gerade	Fussgänger	Linienbus	55	18.1	5.0
Regulär	Gut	Sonst	Einmündung	PW	Linienbus	44	13.6	4.6
Regulär	Gut	Spitze	Gerade	Fussgänger	Linienbus	42	16.8	3.9
Regulär	Gut	Sonst	Kreuzung	PW	Linienbus	31	12.5	3.3
Regulär	Gut	Sonst	Gerade	Selbstunfall	Linienbus	31	12.7	3.3
Regulär	Gut	Sonst	Einmündung	PW	Tram	27	10.6	3.2
Regulär	Gut	Sonst	Gerade	PW	Linienbus	49	28.9	2.9
Regulär	Gut	Spitze	Einmündung	PW	Linienbus	26	12.6	2.6

Auffällig sind insbesondere Unfälle von Trams (etwas weniger stark auch Linienbusse) mit Zufussgehenden. Eine weitere auffällige Gruppe sind die Konflikte von Linienbussen mit PW bei Einmündungen oder Kreuzungen.

Glossar

Begriff, Abkürzung	Bedeutung
ABLS	Alternating Blinking Light System
ABS	Antiblockiersystem
ABS enhanced	Erweitertes Antiblockiersystem
ACC	Adaptive Cruise Control (Adaptive Geschwindigkeitsregelung)
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ADMAS	Administrativmassnahmen-Register
AEBS	Advanced Emergency Braking System. Autonomer Notbremsassistent, auch: autonome Notbremsassistenzsysteme
ASR	Antriebsschlupfregelung; regelt die Motorleistung, wenn bei zu viel Gas die Räder durchdrehen
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAK	Blutalkoholkonzentration
BAS	Bremsassistent. Dieser erkennt, wenn die Geschwindigkeit, mit der der/die Fahrer/in auf das Bremspedal tritt, deutlich höher ist als normal, und schliesst daraus, dass eine Notbremsituation vorliegt. BAS aktiviert dann ein Magnetventil, das innerhalb kürzester Zeit den vollen Bremsdruck aufbaut.
BDA	Bremsdynamisches Assistenzsystem für E-Bikes
COSMO	Consortium für Small-Scale Modelling. Prognosesystem zur Berechnung des zukünftigen Zustands der Atmosphäre
DDR	Driver distraction and drowsiness recognition
DISP	Drivers Under the Influence (DUI) Intense Supervision Program
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
DUI	Drivers Under Influence
DRUID	Driving under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines
DWI	Driving while intoxicated
DWS	Driving while suspended
FAS	Fahrerassistenzsystem
FG	Fussgänger
GDL-Restriktionen	Graduated Driving License - Restriktionen
GLM	Generalisierte Lineare Modelle
HMI	Human-Machine-Interface, Mensch-Maschine-Schnittstellen
HPT	Hazard Perception Test
ISA	Intelligent Speed Adaption
k. A.	Keine Angaben
KI	Konfidenzintervall
LDW	Lane Departure Warning, Spurverlassenswarner. Die Fahrenden werden beim unbeabsichtigtem Verlassen der Fahrspur gewarnt.

LKS	Lane Keeping System, Spurhalteassistenzsystem. Erweiterung des LDW. Dieses System geht über die Warnung hinaus und greift aktiv in das Lenksystem ein.
Lkw	Lastkraftwagen, Lastwagen, Camion
LSA	Lichtsignalanlage
LTV	Light Truck Vehicles
LKW	Lastkraftwagen
MOFIS	Motorfahrzeug- und Motorfahrzeughalterregister der Schweiz
MR	Motorrad
MZMV	Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010
n. b.	Nicht bekannt
OG	Obere Grenze des Konfidenzintervalls
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PAYD	Pay as you drive
PEPPER	Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads
PHYD	Pay how you drive
Proxy für Verkehrsdichte	Stellvertretervariable für die Verkehrsdichte
PW	Personenwagen
RIA	Road Safety Impact Assessment. Ein modellbasiertes Infrastruktur-Sicherheitsinstrument, welches proaktiv in der Planungsphase Anwendung findet.
Risikokonstellation	Spezifische Konstellation der berücksichtigten Einflussfaktoren mit einer grossen positiven Abweichung zwischen beobachteter und erwarteter Unfalhäufigkeit. Diese entsprechen dem Resultat aus dem log-linearen Regressionsmodell. Mittels einer Clusteranalyse können Risikokonstellationen zusammengefasst werden.
SNF	Schweres Nutzfahrzeug (Schwerverkehr)
SVG	Strassenverkehrsgesetz
TCS	Traction Control System (Traktionskontrolle); bezeichnet die ASR von Mazda und Saab
TTA	Ausweichzeitspanne (time to avoid)
$U_{(G+SV+LV)}$	Unfälle mit Personenschaden (schwerste Folge entweder G – Getötete / SV – Schwerverletzte / LV – Leichtverletzte)
$U_{(SS)}$	Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden
UAP	Unfallaufnahmeprotokoll
UG	Untere Grenze des Konfidenzintervalls
UK	Vereinigtes Königreich Grossbritannien und Nordirland (<i>United Kingdom</i>)
VESIPO	Projekt für die Verkehrssicherheitspolitik des Bundes
VIP	Victim Impact Panels; durch Alkoholunfälle geschädigte Personen berichten über ihre Erlebnisse und Lebensänderungen
VR	Virtuelle Realität
VU	Strassenverkehrsunfall-Register

Literaturverzeichnis

-
- [1] Achermann Stürmer, Y. (2014). Verkehrserziehung bei Kindern und Sensibilisierung der Eltern mit Schwerpunkt Fussverkehr. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
-
- [2] Agresti, A. (2013). Categorical data analysis. Hoboken/New York: Wiley.
-
- Ahrens, A., Baum, H., Beckmann, K., Boltze, M., Eisenkopf, A., Fricke, H., Göpfert, I. (2010). Sicherheit
 [3] zuerst. Möglichkeiten zur Erhöhung der Strassenverkehrssicherheit in Deutschland, Teil 1. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, Vol. 56(4), S. 1-24.
-
- Airaksinen, N., Lühje, P., Nurni-Lühje, I. (2010). Cyclists injuries treated in emergency department (ED):
 [4] consequences and costs in south-eastern Finland in an area of 100.000 inhabitants. *Annals of Advancement of Automotive Medicine*, Vol. 54, S. 267-274.
-
- ARE (2013). Verkehrsverhalten spezifischer Gesellschaftsgruppen – Entwicklung seit 1994 bis 2010. Bern:
 [5] ARE - Bundesamt für Raumentwicklung.
-
- ARE (2014). Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und
 [6] Schiffsverkehr 2010 und Entwicklungen seit 2005. Bern: ARE - Bundesamt für Raumentwicklung.
-
- Asbridge, M., Mann, R., Cusimano, M., Tallon, J., Pauley, C., Rehm, J. (2014). Cycling-related crash risk
 [7] and the role of cannabis and alcohol: a crossover study. *Preventive Medicine*, Vol. 66, S. 80-86.
-
- ASTRA (2005). Via sicura Handlungsprogramm des Bundes für mehr Sicherheit im Strassenverkehr. Bern:
 [8] ASTRA - Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Strassen.
-
- ASTRA (2013). Mehr Verkehrssicherheit dank Via sicura. Online (26.09.13):
 [9] <http://www.astra.admin.ch/themen/verkehrssicherheit/00236/index.html?lang=de>.
-
- Badea-Romero, A., Páez, F.J., Furonos, A., Barrios, J.M., De-Miguel, J.L. (2013). Assessing - The Benefit
 [10] Of The Brake Assist System For Pedestrian Injury Mitigation Through Real-World Accident Investigations. *Safety Science*, Vol. 53, S. 193-201.
-
- Baltes, P. B., Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging: The model of selective
 [11] optimization with compensation. In: P. B. Baltes, M. M. Baltes (Hrsg.): *Successful Aging: Perspectives from the Behavioral Sciences*. New York: Cambridge University Press: S. 1 – 33.
-
- Barton, B.K, Schwebel, D.C., Morrongiello, B.A. (2007). Brief Report: Increasing Children's Safe Pedestrian
 [12] Behaviors through Simple Skills Training. *J. Pediatr. Psychol.*, Vol. 32(4), S. 475-480.
-
- Beanland, V., Lenné, M. G., Rößger, L. (2015). Psychological factors in seeing motorcycles. In: L. Rößger,
 [13] M. G. Lenné, G. Underwood (Hrsg.), *Increasing Motorcycle Conspicuity: Design and Assessment of Interventions to Enhance Rider Safety*. Farnham, UK: Ashgate: S. 21-50.
-
- Beanland, V., Lenné, M., Underwood, G. (2015). Can Drivers' Expectations and Behaviour Around Motor-
 [14] cycles Be Influenced by Exposure. In L. Rößger, M. G. Lenné, und G. Underwood (Hrsg.): *Increasing Motorcycle Conspicuity: Design and Assessment of Interventions to Enhance Rider Safety*. Farnham, UK: Ashgate. S. 165-182.
-
- Begg, D., Stephenson, S. (2003). Graduated driver licensing: The New Zealand experience. *Journal of*
 [15] *Safety Research*, Vol. 34, S. 99–105.
-
- BFS (2010). Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung in der Schweiz 2010-2060. Bern: BFS - Bundesamt
 [16] für Statistik.
-
- bfu (2002). Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes. Bern:
 [17] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung und Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen ASTRA
-
- bfu (2010). SINUS-Report 2010: Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2009. Bern:
 [18] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung.
-
- bfu (2016). STATUS 2016: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz,
 [19] Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung.
-
- Buck, M, N. Grau, P. Spacek (2016). Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht, Forschungsauftrag SVI
 [20] 2012/001. Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
-
- Bodenmann, B.R. (2012). Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturier-
 [21] ten Datenanalysen [Forschungsauftrag SVI 2011/001]. Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
-
- Boele-Vos, M. J., De Craen, S. (2015). A randomized controlled evaluation stud of the effects of a one-day
 [22] advanced rider training course. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 79, S. 152-159.
-
- Bolderdijk, J.W., Knockaert, J., Steg, E.M., Verhoef, E.T. (2011). Effects of Pay-As-You-Drive vehicle in-
 [23] surance on young drivers' speed choice: Results of a Dutch field experiment. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 43, S. 1181-1186.
-
- Breuer, J. J., Faulhaber, A., Frank, P., Gleissner, S. (2007). Real World Safety Benefits of Brake Assis-
 [24] tance Systems. Proc. 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles Conference (ESV) [S. Paper No.07-0103]. Lyon, France.
-

- [25] Bromberg, S., Oron-Gilad, T., Ronen, A., Borowsky, A., Parmet, Y. (2012). The perception of pedestrians from the perspective of elderly experienced and experienced drivers. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 44, S.48-55.
- [26] Broughton, P. S., Fuller, R., Stradling, S., Gormley, M., Kinnear, N., O'doan, C. (2009). Conditions for speeding behaviour: A comparison of car drivers and powered two wheeled riders. *Transportation Research Part F: Traffic and Transportation Psychology*, Vol. 12, S. 417-427.
- [27] Bruce, B., McGrath, P. (2005). Group interventions for the prevention of injuries in young children: a systematic review. *Injury Prevention*, Vol.11, S. 143-147.
- [28] Brucks, W., Brandenberger, L., Janssens, O., Käppeli, E. (2012). Rahmenprogramm Verkehrssicherheit - Best Practice anderer Städte. Zürich: Dienstabteilung Verkehr.
- [29] Carey, R. N., McDermott, D. T. Sarma, K. M. (2013). The impact of threat appeals on fear arousal and driver behavior: A meta-analysis of experimental research 1990 – 2011. *PLoS One*, Vol. 8(5), e62821.
- [30] Carver, C.S. Scheier, M.F. (1998). On the Self-regulation of Behaviour. New York: Cambridge University Press.
- [31] Castanier, C., Paran, F., Delhomme, P. (2012). Risk of crashing with a tram: Perceptions of pedestrians, cyclists, and motorists. *Transportation Research Part F 15*, S. 387–394.
- [32] Casutt, G., Martin, M., Keller, M., Jäncke, L. (2014). The relation between performance in on-road driving, cognitive screening and driving simulator in older healthy drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology Behavior*, Vol. 22, S. 232–244.
- [33] Cavallo, V., Pinto, M. (2012). Are car daytime running lights detrimental to motorcycle conspicuity? *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 49, S. 78-85.
- [34] Choi, N., DiNitto, D. Marti, C. (2014). Risk factors for self-reported driving under the influence of alcohol and/or illicit drugs among older adults. *The Gerontologist*, Vol. 00, S. 1-11.
- [35] Chorlton, K., Hess, S., Jamson, S., Wardman, M. (2012). Deal or not deal: Can incentives encourage widespread adoption of intelligent speed adaptation devices? *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 48, S. 73-82.
- [36] Connelly, M.L., Conaglen, H.M., Parsonson, B.S., Isler, R.B. (1998). Child pedestrians' crossing gap thresholds. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 30 (4), S. 443-453.
- [37] Crundall, D. (2016). Hazard prediction discriminates between novice and experienced drivers. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 86, S.47-58.
- [38] Crundall, D., Humphrey, K., Clarke, D. (2008). Perception and appraisal of approaching motorcycles at junctions. *Transportation Research Part F*, Vol. 11, S. 159-167.
- [39] Dalrup, T., Hartung, B., Maatz, K., Mindašvili, N., Roth, E., Schwender, H. (2014). Grenzwerte für absolute Fahruntüchtigkeit bei Radfahrern. Berlin: Unfallforschung der Versicherer /Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
- [40] Daschner, D.; Gwehenberger, J. (2005). Wirkungspotenzial von Adaptive Cruise Control und Land Guard System bei schweren Nutzfahrzeugen [Bericht Nr. F05-912]. München: MAN Nutzfahrzeuge AG und Allianz Zentrum für Technik GmbH.
- [41] De Young, D. (2000). An evaluation of the general deterrent effects of vehicle impoundment on suspended and revoked drivers in California. *Journal of Safety Research*, Vol. 31, S. 51-59.
- [42] DEKRA (2015). Verkehrssicherheitsreport 2015. Strategien zur Unfallvermeidung auf den Strassen Europas. DEKRA Automobil GmbH.
- [43] Diewald, S., Möller, A., Roalter, L., Stockinger, T., Kranz, M. (2013). Gameful Design in the Automotive Domain – Review, Outlook and Challenges. In: *Automotive UI'13*, S. 28-30. Eindhoven, Netherlands.
- [44] Dommès, A., Cavallo, V. (2012). Can simulator-based training improve street-crossing safety for older pedestrians? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 15, S. 206–218.
- [45] Dommès, A., Cavallo, V., Oxley, J. (2013). Functional declines as predictors of risky street-crossing decision in older pedestrian. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 59, S. 135-143.
- [46] Dörner, K., Hipp, E., Schwertberger, W. (2009). Bahnführungsassistenz für Nutzfahrzeuge. In Hermann Winner, Stephan Hakuli, Gabriele Wolf (Hrsg.). *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*, S. 582-598, Springer.
- [47] Duduta, N., Adriaola, C., Hidalgo, D., Lindau, L.A., Jaffe, R. (2015). Traffic safety in surface public transport systems: a synthesis of research. *Public Transportation*, Vol. 7, S. 121–137.
- [48] Dunaway, K., Will, K., Sabo, C. (2011). Alcohol-Impaired Driving. In: B. Porter, *Handbook of Traffic Psychology*. San Diego: Elsevier: (S. 231-248).
- [49] Dunbar, G., Holland, C. A., Maylor, E. A. (2004). Older pedestrians: A review. London: Department for Transport.
- [50] Dupont, E., Papadimitriou, E., Martensen, H. Yannis G. (2013), „Multilevel analysis in road safety research“, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 60, S. 402-411.
- [51] Edwards, M., Nathanson, A., Wisch, M. (2013). Benefit estimate and assessment methodologies for pre-crash braking part of forward-looking integrated pedestrian safety systems. EC FP7 Aspecss project.
- [52] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (2010). Sicherheit im Strassenverkehr [Dossier]. Online (25.11.2015): www.uvek.admin.ch.

- [53] Elvik, R. (2014). Cost-Benefit Analysis of Incentive Systems Rewarding Compliance with Speed Limits. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, S. 8-15.
- [54] Elvik, R., Ramjerdi, F. (2014). A comparative analysis of the effects of economic policy instruments in promoting environmentally sustainable transport. *Transport Policy*, Vol. 33, S. 89-95.
- [55] Elvik, R., Vaa, T., Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald Group Publishing Limited, Bingley.
- [56] Erke, A., Goldenbeld, C., Vaa, T. (2009). Good practise in the selected key areas: Speeding, drink driving and seat-belt wearing: Results from metaanalysis [Bericht]. Del. 9, Police enforcement Policy and Programmes on European Roads
- [57] ETSC (2001). The role of driver fatigue in commercial road transport crashes. Brüssel: ETSC - European Transport Safety Council.
- [58] ETSC (Hrsg.) (2008). Reducing Older People's Deaths on the Roads. Road Safety PIN Flash 9. ETSC-European Transport Safety Council.
- [59] Everitt, B., Hothorn, T. (2011). *An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R*. New York Dordrecht Heidelberg London: Springer.
- [60] Evers, C., Auerbach, K. (2005). Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- [61] Ewert, U., Fitz, B. (2004). Sicherheitsgurt – Gründe für das Nichttragen und Massnahmen zur Erhöhung der Tragquote [Bfu-Report]. Bern: bfu -Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- [62] Faraway, J. (2006): *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*. Boca Raton, Fla: Chapman und Hall/CRC.
- [63] Fell, J.C., Todd, M., Voas, R.B. (2011). A national evaluation of the nighttime and passenger restriction components of graduated driver licensing. *Journal of Safety Research*, Vol. 42, S. 283-290.
- [64] Fildes, B., Keall, M., Bos, N., Lie, A., Page, Y., Pastor, C., Pennisi, L., Rizzi, M., Thomas, P., Tingvall, C. (2015). Effectiveness of low speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crashes. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 81, S. 24-29.
- [65] Fontaine, L. (Hrsg.) (2015). Operation and safety of tramways in interaction with public space. Analysis and Outcomes. Final report of the COST Action TU1103: Operation and safety of tramways in interaction with public space.
- [66] Foss, R. D., Evenson, K. R. (1999). The effectiveness of graduated driver licensing in reducing motor vehicle crashes. *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 16(1), S. 47-56.
- [67] Fotios, S., Castleton, H.F., (2015). Lighting for cycling in the UK - A review. *Lighting Res. Technol*, Vol. 0, S. 1-15.
- [68] Frick R., Wüthrich, Ph., Notter, B., Eichholzer Th. (2014). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 3 – Einflüsse der Fahrzeuge auf das Strassenunfallgeschehen [Schlussbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/004]. Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
- [69] Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behavior. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, S. 461-472.
- [70] Fuller, R. (2008). Driver control theory. From Task Difficulty to Risk Allostasis. In: B. Porter (Hrsg.) *Handbook of Traffic Psychology*. Amsterdam: Elsevier: S. 13-26.
- [71] Fuller, R. (2011). Driver Control Theory. From Task Difficulty Homeostasis to Risk Allostasis. In: B. Porter (Hrsg.), *Handbook of Traffic Psychology*. Amsterdam: Elsevier.
- [72] Gayko, J. (2009). Lane Keeping Support. In: Winner, H., Hakuli, S., Wolf, G. (Hrsg.). *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. Wiesbaden: Springer.
- [73] Gehlert, T. (2011). *Verkehrspolitik: eine interdisziplinäre Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- [74] Genschow, J., Sturzbecher, D. (2015). Traffic Perception Tests as innovative Examination Concept during Novice Driver Preparation. Traffic Perception and Hazard Avoidance. Basic Concepts and Scope of Implementation in Novice Driver Preparation. Dresden: TÜV Dekra arge tp21, 2015, S. 13-57.
- [75] Gershon, P., Shinar, D. (2013). Increasing motorcycles attention and search conspicuity by using Alternating-Blinking Lights System (ABLS). *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 50, S. 801-810.
- [76] Gershon, P., Shinar, D. (2015). Powered Two-Wheelers' Conspicuity: The Effects of Visual Context and Awareness. In: Rößger, L., Lenné, M.G., Underwood, G. (Hrsg.). *Increasing Motorcycle Conspicuity. Increasing Motorcycle Conspicuity: Design and Assessment of Interventions to Enhance Rider Safety*. Farnham, UK: Ashgate; S.183-210.
- [77] Goldenbeld, C., Houtenbos, M., Ehlers, A., De Waard, D. (2012). The use and risk of portable electronic devices while cycling among different age groups. *Journal of Safety Research*, Vol. 43, S. 1-8.
- [78] Gould, M., Poulter, D. R., Helman, S., Wann, J. P. (2012a). Errors in judging the approach rate of motorcycles in nighttime conditions and the effect of an improved lighting configuration. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 45, S. 432-437.
- [79] Gould, M., Poulter, D. R., Helman, S., Wann, J. P. (2012b). Judgements of approach speed for motorcycles across different lighting levels and the effect of an improved tri-headlight configuration. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 48, S. 341-345.

- [80] Gu, Y., Sosnovsky, S. (2014). Recognition of Student Intentions in a Virtual Reality Training Environment. *Doctoral Consortium*. Haifa (Israel): S. 69-71.
- [81] Gustafsson, P., Muñoz, J.C., Lindgren, L., Boda, C.N., Dozza, M. (2013). BikeCOM: cooperative safety application supporting cyclists and drivers at intersections. PROCEEDINGS of the 3rd International Conference on Driver Distraction and Inattention [Conference Paper]. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology.
- [82] Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. New York: Springer.
- [83] Haworth, N., Mulvihill, C. (2005). Review of motorcycle licensing and training [Report N. 240]. Australien: Monash University Accident Research Centre.
- [84] Hendricks, D., Fell, J., M. Freedman (1999). The relative frequency of unsafe driving acts in serious traffic crashes. National Highway Traffic Safety Administration. Washington D.C.
- [85] Heritier, S., Cantoni, E., Copt, S., Victoria-Feser, M.P. (2009). Robust methods in biostatistics. Chichester: Wiley.
- [86] Heuel, S., Straumann, R., Schüller, H., U. Keller (2014). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 4 – Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen [Schlussbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/005]. Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
- [87] Hickman, J., Guo, F., Camden, M., Hanowski, R., Medina, A., Mabry J.E. (2015). Efficacy of roll stability control and lane departure warning systems using carrier-collected data. *Journal of Safety Research*, Vol. 52, S. 59-63.
- [88] Hofmann, G. (2005). Wirkungsüberprüfung eines dynamischen Rückmeldesystems auf das Verhalten und die Sicherheit von Verkehrsteilnehmern am Fußgängerüberweg. Technische Universität Dresden, Institut für Psychologie, Lehrstuhl für Verkehrspsychologie.
- [89] Holte, H. (2012). Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen M229. Bergisch-Gladbach: BASt - Bundesanstalt für Strassenwesen.
- [90] Horswill, M. S., Helman, S., Ardiles, P., Wann, J. P. (2005). Motorcycle accident risk could be inflated by a time to arrival illusion. *Optometry and Vision Science*, Vol. 82(8), S. 740-746.
- [91] Horswill, M. S., Hill, A., Wetton, M. (2015). Can a video-based hazard perception test used for driver licensing? *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 82, S. 213-219.
- [92] Hotz, G. A., Cohn, S. M., Castelblanco, A., Colston, S., Thomas, M., und Weiss, A. (2004). WalkSafe: A school-based pedestrian safety intervention program. *Traffic Injury Prevention*, Vol. 5, S. 382-389.
- [93] Houser, A., Murray, D., Shackelford, S., Kreeb, R., Dunn, T. (2009). Analysis of Benefits and Costs of Lane Departure Warning Systems for the Trucking Industry [Report No. FMCSA-RRT-09-022]. Washington, DC: Federal Motor Carrier Safety Administration.
- [94] Høy, A; Elvik, R; Sørensen, M.W.J. (2011): Trafikksikkerhetsvirkninger av tiltak. Transportøkonomisk institutt. TØI -rapport 1157/2011.
- [95] Huang, H., M. Abdel-Aty (2010). Multilevel data and Bayesian analysis in traffic safety *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, S. 1556-1565.
- [96] Hummel, T., Kühn, M., Bende, J., Lang, A. (2011). Fahrerassistenzsysteme. Ermittlung des Sicherheitspotenzials auf Basis des Schadensgeschehens der Deutschen Versicherer [Report FS03]. Berlin: GDV e.V. / UDV-Unfallforschung der Versicherer.
- [97] Hunt, M., Harper, D. N., Lie, C. (2011). Mind the gap: Training road users to use speed and distance when making gap-acceptance decisions. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 43, S. 2015-2023.
- [98] Huth, V., Biral, F., Martin, O., Lot, R. (2012). Comparison of two warning concepts of an intelligent Curve Warning system for motorcyclists in a simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 44, S. 118-125.
- [99] Hynd, D., McCarthy, M., Carroll, J., Seidl, M., Edwards, M., Visvikis, C., Tress, M., Reed, N., Stevens, A. (2015). Benefit and Feasibility of a Range of New Technologies and Unregulated Measures in the fields of Vehicle Occupant Safety and Protection of Vulnerable Road Users [Final Report for the Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs]. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [100] Ilg, P. (2015). Vernetzte Assistenzsysteme machen Motorradfahren sicherer. VDI Nachrichten, Vol. 22, Online (19.06.2016): <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Wirtschaft/Vernetzte-Assistenzsysteme-Motorradfahren-sicherer>.
- [101] Institut für Zweiradsicherheit e.V. (2008). Reifenfabrikatsbindung bei motorisierten Zweirädern. Essen: Institut für Zweiradsicherheit e.V.
- [102] Inturri, G., Morley, R. (2015). Operation and safety of tramways in interaction with public space. Paper presented at the Final conference of the COST Action TU1103: Operation and safety of tramways in interaction with public space. Frankfurt, Germany.
- [103] Itti, L., Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, Vol. 40, S. 1489-1506.
- [104] Jamson, S. (2006). Would those who need ISA, use it? Investigating the relationship between drivers' speed choice and their use of voluntary ISA system. *Transportation Research Part F*, Vol. 9, S. 195-206.

- Jäncke, L., Casutt, G. (2012). Training für die Strasse. Im Simulator üben Senioren für den Strassenverkehr. Training for the street. Elder drivers practice in a simulator for real traffic [TV-Dokumentation 3Sat Nano 2012/11/22]. Online (24.11.2012): <http://www.3sat.de/nano/index.html>.
- [105] Jermakian, J. S. (2011). Crash avoidance potential of four large truck technologies. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 49, S. 338–346.
- [106] Jimenez, F., Aparicio, F., Paez, J. (2008). Evaluation of in-vehicle dynamic speed assistance in Spain: algorithm and driver behaviour. *IET Intelligent Transport Systems*, Vol. 2(2), S.132-142.
- [107] Jones, A.P., Jorgensen S.H. (2003). The use of multilevel models for the prediction of road accident outcomes. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 34, S. 59-69.
- [108] Kaufman, L., Rousseeuw, P. J. (2005). *Finding Groups in Data – An Introduction to Cluster Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons, Hoboken.
- [109] Keall, M. D., & Woodbury, E. (2014). An analysis of changes in mobility and safety of older drivers associated with a specific older driver on-road licensing test: a population study. *BMC public health*, 14(1), 1.
- [110] Keall, M.D., Newstaed S. (2013). The potential effectiveness of young driver high-performance vehicle restrictions as used in Australia. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 52(28), S. 154-161.
- [111] Keane, C., Maxim, P., Teevan, J. (1993). Drinking and driving, self-control, and gender: testing a general theory of crime. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, Vol. 30(1), S. 30-46.
- [112] Klipp, S. (2011). EU DRUID project: Results of a Questionnaire Survey amongst Participants of Driver Rehabilitation Programmes in Europe. Presentation at the DRUID Final conference, 28th September 2011, Bundesanstalt für Straßenwesen: Bergisch-Gladbach.
- [113] Kuiken, M. & Twisk, D. (2001). *Safe Driving and the Training of Calibration – SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam (Netherlands)*.
- [114] Lai, F., Carsten, O. Tate, F. (2012). How much benefit does Intelligent speed Adaptation deliver: An analysis of its potential contribution to safety and environment. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 48, S. 63-72.
- [115] Lang, B., Gormley, M., & Parkes, A.M. (2014). Age-related differences in the response to traffic situations. Presentation at the Conference on Ageing and Safe Mobility 27th November 2014, Bundesanstalt für Straßenwesen: Bergisch-Gladbach.
- [116] Lapham, S., Kapitula, L., C'de Baca, J., McMillan, G. (2006). Impaired-driving recidivism among repeat offenders following an intensive court-based intervention. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, S. 162-169.
- [117] Lee, D. (2007). Technology and teen drivers. *Journal of Safety Research*, Vol. 38, S. 203-213.
- [118] Lewis, I.M., Watson, B.C., Tay, R.S., White, K.M. (2007). The role of fear appeals in improving driver safety: a review of the effectiveness of fear-arousing (threat) appeals in road safety advertising. *International Journal of Behavioral and Consultation Therapy*, 3, 203–222.
- [119] Li, G., Baker, S., Smialek, J., Soderstrom, C. (2001). Use of alcohol as a risk factor for bicycling injury, Vol. 285(7). *American Medical Association*, S. 893-896.
- [120] Lin, M.L., Fearn, K.T. (2003). The provisional license: nighttime and passenger restriction – a literature review. *Journal of Safety Research*, Vol. 34, S. 51-61.
- [121] Litman, T. (2008). *Distance-Based Vehicle Insurance Feasibility, Costs and Benefits: Comprehensive Technical Report*. Victoria Transport Policy Institute.
- [122] Lobjois, R., Cavallo, V. (2007). Age-related differences in street-crossing decisions: the effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39(5), S. 934–943.
- [123] Lobjois, R., Cavallo, V. (2009). The effects of aging on street-crossing behavior: from estimation to actual crossing. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41(2), S. 259–267.
- [124] Madsen, J.C.O., Andersen, T., Lahrmann, H.S. (2012). Safety effects of permanent running lights for bicycles: A controlled experiment. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 50, S. 820–829.
- [125] Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., Hornik, K. (2015). *Cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions*. R package version 2.0.
- [126] Maier, O., Pfeiffer, M., Wrede, J. (2015). Bremsdynamisches Assistenzsystem für elektrifizierte Fahrräder: Aufbau und Validierung eines Umgebungsmodells als Grundlage der modellbasierten Entwicklung. *Tagung Mechatronik 2015*, Vol. 12/13, S. 271 – 276.
- [127] Marques, P., McKnight, A. (2007). *Evaluating Transdermal Alcohol Measuring Devices, Final Report (8/31/04-2/28/06)*. Washington, D.C.: NHTSA.
- [128] Marques, P., McKnight, A. (2009). Field and laboratory alcohol detection with two types of transdermal devices. *Alcoholism. Clinical and Experimental Research*, Vol. 33(4), S. 1-52.
- [129] Marti, C., Kupferschmid J., Schwertner, M., Nash A., Weidmann U. (2016). Tram Safety in Mixed Traffic: Best Practices from Switzerland. In: Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, D.C.
- [130] Masten, S.V., Hagge, R.A. (2004). Evaluation of California's graduated driver licensing program. *Journal of Safety Research*, Vol. 35, S. 523-535.
- [131]

- [132] McDonald, N. (2001). The role of driver fatigue in commercial road transport crashes. Brussels: European Transport Safety Council.
- [133] Mennicken, C. (1999). Sicherheits- und Einsatzkriterien für Fußgängerüberwege. Hannover: *Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover*, Vol. 24.
- [134] Moser, P. (2004). Alter, Automobilität und Unfallrisiko. Eine Analyse des Mikrozensus Verkehr und der Unfallstatistik [Statistik. info 04/2004]. Zürich: Statistisches Amt des Kantons Zürich.
- [135] Nochajski, T., Stasiewicz, P. (2006). Relapse to driving under influence (DUI): A review. *Clinical Psychology Review*, Vol. 26, S. 179-195.
- [136] Nordzij, P.C., Forke, E., Brendicke, R., Chinn, B.P. (2001). Integration of needs of mopeds and motorcycle riders into safety measures. Report D-2001-05. Leischendam: SWOV.
- [137] Norman, D. A. (2002). The Design of Everyday Things. New York: Basic Books
- [138] OECD (2015). Improving Safety for Motorcycle, Scooter and Moped Riders. Paris: OECD Publishing.
- [139] Ohnmacht T., Lutzenberger, M., Schad, H., Frey, M., Ruckstuhl, A., Dettling, M., Rößger, L., Schade J. (2014). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 1 – Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1 [Zwischenbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/002]. Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
- [140] Otte, D., Facius, T., Mueller, C. (2014). Pedelecs im Unfallgeschehen und Vergleich zu konventionellen nicht motorisierten Zweirädern. *VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, Vol. 52(2), S. 48-60.
- [141] Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., Day, R., 1997. Differences in traffic judgments between young and old adult pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29(6), S. 839–847.
- [142] Page, Y., Foret-Bruno, J.-Y., Cuny, S. (2005). Are Expected and Observed Effectiveness of Emergency Brake Assist in Preventing Road Injury Accidents Consistent? Proc. 19th ESV Conf, Vol. 05-0268).
- [143] Palamara, P., Gavin, A. (2005). The relationship between Vehicle Power to Weight Ratio and Young Driver Crash Involvement, Report No. RR157, Report to the Road Safety Council of Western Australia
- [144] Percer J. (2009). Child Pedestrian Safety Education. Applying Learning and Developmental Theories to Develop Safe Street-Crossing Behaviours. Washington DC: U. S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. DOT HS 811 190.
- [145] Phillips, R.O., Ulleberg, P. Vaa, T. (2011). Meta-analysis of the effect of road safety campaigns on accidents. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 43, S. 1204–1218.
- [146] Pinto, M., Cavallo, V., Saint-Pierre, G. (2014). Influence of frontal light configuration on the visual conspicuity of motorcycles.
- [147] Platho, C., Pietrek, A., Kolrep, H. (2013). Erfassung der Fahrermüdigkeit. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Fahrzeugtechnik, Vol. 89.
- [148] Poschadel, S. (2013). Trainierbarkeit der Fahrkompetenz im Alter. In: Schlag, B., Beckmann, K.J. (Hrsg.): Mobilität und demographische Entwicklung. Köln: TÜV Media GmbH.
- [149] Poschadel, S., Boenke, D., Blöbaum, A., Rabczinski, S. (2013). Ältere Autofahrer: Erhalt, Verbesserung und Verlängerung der Fahrkompetenz durch Training. Köln: TÜV Media GmbH.
- [150] R Core Team, (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Online (25.05.2014): <https://www.R-project.org/>.
- [151] Rasmussen, J. (1982). Human errors. A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, Vol. 4/2–4, S. 311-333.
- [152] Reason, J. (1991). Human Error. New York: Cambridge University Press.
- [153] Regan, M. A., Mitsopoulos, E. (2001). Understanding passenger influences on driver behaviour: Implications for road safety and recommendations for countermeasure development (Report No. 180). Clayton, Australia: Monash University Accident Research Centre.
- [154] Richter, S, Schlag, B., Schupp, A. (2006). Zum Einfluss entwicklungspsychologischer Besonderheiten des Kinder- und Jugendalters auf die Unfallgefährdung. In B. Schlag, D. Roesner, H. Zwipp und S. Richter (Hrsg.). Kinderunfälle. Ursachen und Prävention. VS Verlag für Sozialwissenschaften: S. 25-35.
- [155] Rodgers, A. (1994). Effect of Minnesota's license plate impoundment law on recidivism of multiple DWI violators. *Alcohol, Drugs and Driving*, Vol. 10, S. 127-134.
- [156] Rogé, J., Ndiaye, D., Vienne, F. (2014). Useful visual field training: A way to improve elderly car drivers' ability to detect vulnerable road users. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 26, S. 246-257.
- [157] Rogé, J., Vienne, F. (2015). Is the poor visibility of motorcycles related to their low sensory and cognitive conspicuity or to the limited useful visual field of car drivers? In L. Rößger, M. G. Lenné, und G. Underwood (Eds.), Increasing Motorcycle Conspicuity: Design and Assessment of Interventions to Enhance Rider Safety. Farnham, UK: Ashgate, S. 145-164.
- [158] Romano, E.O., Peck, R.C., Voas R.B. (2012). Traffic environment and demographic factors affecting impaired driving and crashes. *Journal of Safety Research*, Vol. 43 (1), S. 75-82.
- [159] Rosén, E., Källhammer, J.-E., Eriksson, D., Nentwich, M., Fredriksson, R., Smith, K. (2010). Pedestrian injury mitigation by autonomous braking. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, S.1949-1957.

- Rößger, L. (2008). Überprüfung eines Modells zur Regelbefolgung in der Bevölkerung und Verkehrsüberwachung. In: Schade, J., Engeln, A. (Hrsg.). Fortschritte der Verkehrspsychologie. Wiesbaden: VS Research: S. 81-101.
- [160] Rößger, L., Hagen, K., Krzywinski, J., Schlag, B. (2012). Recognisability of different configurations of front lights on motorcycles. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 44, S. 82-87.
- [161] Rößger, L., Krzywinski, J., Mühlbauer, F., Schlag, B. (2015). Design studies on improved frontal light configurations for powered-two-wheelers and testing in laboratory experiments. In: Rößger, L., Lenné, M.G., Underwood, (Eds.), *Increasing Motorcycle Conspicuity: Design and Assessment of Interventions to Enhance Rider Safety*. Farnham, UK: Ashgate: S.109-128.
- [162] Rößger, L., Schade, J., Schlag, B., Gehlert, T. (2011). Verkehrsregelakzeptanz und Enforcement [Forschungsbericht VV06]. Berlin: GDV e.V./UDV-Unfallforschung der Versicherer.
- [163] Rousseeuw, P., Croux, C., Todorov, V., Ruckstuhl, A., Salibian-Barrera, M., Verbeke, T., Koller, M., Maechler, M. (2015) *robustbase: Basic Robust Statistics*. R package version 0.92-5. URL <http://CRAN.R-project.org/package=robustbase>.
- [164] Rudin-Brown, Ch. M., Edquist, J., Lenné, M. (2014). Effects of driving experience and sensation-seeking on drivers' adaptation to road environment complexity. *Safety Science*, Vol. 62, S. 121-129.
- [165] Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behaviour. In: Evans, L., Ching, R. (Hrsg.): *Human Behaviour and Traffic Safety*. New York: Plenum Press.
- [166] Salvisberg, M. (2014). Variabilitäts-Abschätzung des Unfallrisikos und der Unfallrate [Masterarbeit]. Zürich: ETH Zürich.
- [167] Scaramuzza, G., Uhr, A., Niemann, S. (2015). E-Bikes im Strassenverkehr – Sicherheitsanalyse [bfu-Report 72]. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- [168] Schade, F.D. (2008). Der Kraftfahrer in der zweite Lebenshälfte: Verkehrsteilnahme und Verkehrsauffälligkeit. In: Schade, J., Engeln, A. (Hrsg.). Fortschritt der Verkehrspsychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- [169] Scheffer, A. C., Schuurmanns, M. J., Van Dijk, N., Van der Hooft, T., De Rooij, S. E. (2008). Fear of falling: Measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age and Ageing*, Vol. 37, S. 19–24.
- [170] Schepers, J., Fishman, E., den Hertog, P., Wolt, K.K., Schwab, A. (2014). The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 73, S. 174-80.
- [171] Schlag, B. (2008). Älter werden und Auto fahren. *Report Psychologie*, Vol. 33, S. 72-84.
- [172] Schlag, B. (2013). Lern- und Leistungsmotivation. Wien: Springer VS.
- [173] Schlag, B., Beckmann, K.J. (2013). Demographische Entwicklung und zukünftige Mobilität. In: Schlag, B., Beckmann, K.J. (Hrsg.). *Mobilität und demographische Entwicklung. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung Mobilität und Alter*, Vol. 7. Köln: TÜV Media GmbH.
- [174] Schlag, B., Fischer, Th., Rößger, L., Schulze, C. (2005). Evaluation eines dynamischen Rückmeldungssystems an einem Fußgängerüberweg. *Straßenverkehrstechnik*, Vol. 49(12), S. 628-633.
- [175] Schlag, B., Heger, R. (2004). Ansätze einer psychologisch fundierten Strassengestaltung. In: B. Schlag (Hrsg.): *Verkehrspsychologie*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- [176] Schlag, B., Petermann, I., Weller, G., Schulze, C. (2009). *Mehr Licht – mehr Sicht – mehr Sicherheit?* Wiesbaden: VS Research.
- [177] Schmitt K.-U., Baumgartner, L., Furter, K., Weber, T., Gubler, A., Scholz, S., Lübner, B., Thomas P. (2014). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 5 – Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens [Schlussbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/006] Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
- [178] Schüller, H., Balmberger, M., Straumann, R., Ulmer M. (2014). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 2 – Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1, [Zwischenbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/003]. Bern: SVI - Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
- [179] Schulze, C. (2005). Sicherheitsförderung am Fußgängerüberweg – Untersuchung zur Wirkung einer innovativen Fußgängerüberweggestaltung. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Psychologie, Lehrstuhl für Verkehrspsychologie.
- [180] Schwebel, D., Gaines, J., Severson, J. (2008). Validation of virtual reality as a tool to understand and prevent child pedestrian injury. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 40(4), S. 1394–1400.
- [181] Seiniger, P., Schröter, K., Gail, J. (2012). Perspectives for motorcycle stability control systems. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 44, S. 74-81.
- [182] Sharfi, T., Shinar, D. (2014). Enhancement of road delineation can reduce safety. *Journal of Safety Research*, Vol. 49, S. 61-68.
- [183] Shinar, D. (2007). *Traffic Safety and Human Behavior*. Bingley: Emerald Group Publishing.
- [184] Sihvola, N., Luoma, J., Schirokoff, A., Salo, J., Karkola, K. (2009). In-depth evaluation of the effects of an automatic emergency call system on road fatalities. *European Transport Research Review*, Vol. 1, S. 99–105.
- [185]

- [186] Sommer, H., Lieb, Chr., van Riewkoop, R., Maibach, M., Schreyer, C., Sutter D. (2008). Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz, Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten [Schlussbericht VSS SNR 641 721 Strassenverkehrssicherheit, Folgeabschätzung (RIA)]. Bern: ARE - Bundesamt für Raumentwicklung, BAFU-Bundesamt für Umwelt.
- [187] Stephan, E. (1984). Die Rückfallwahrscheinlichkeit bei alkoholauffälligen Kraftfahrern in der Bundesrepublik Deutschland - Die Bewährung in den ersten 5 Jahren nach Wiedererteilung der Fahrerlaubnis. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, Vol. 30, S. 28-33.
- [188] Stern, J. (2007). Evaluation eines dynamischen Rückmeldesystems an Fußgängerüberwegen und an einem Bahnübergang. In: Schade, J., Engeln, A. (Hrsg.) (2008): Fortschritte der Verkehrspsychologie. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, S. 103-122.
- [189] Stern, J., Schlag, B., Rößger, L., Fischer, T., Schade, J. (2006). Wirkungen und Akzeptanz polizeilicher Verkehrsüberwachung. Frankfurt: Verlag für Polizeiwissenschaft.
- [190] Süddeutsche Zeitung (2016). Augsburg führt Boden-Ampeln für Handynutzer ein. Online (12.05.2016): <http://www.sueddeutsche.de/bayern/verkehrssicherheit-augsburg-fuehrt-boden-ampeln-fuer-handynutzer-ein-1.2958002>.
- [191] SWOV (2010). Advanced Cruise Control [SWOV-Factsheet]. Leidschendam: SWOV.
- [192] SWOV (2011). Road safety hazards of public transport [SWOV-Factsheet]. Leidschendam: SWOV.
- [193] Ternig, E. (2015). Ablenkung durch moderne Kommunikationsmittel. Ursache für Verkehrsunfälle, Kontrollmöglichkeiten. 53. Deutscher Verkehrsgerichtstag 2015 [Veröffentlichung der auf dem 53. Deutschen Verkehrsgerichtstag vom 28. bis 30. Januar 2015 in Goslar gehaltenen Vorträge, Referate und erarbeiteten Empfehlungen, 211-27]. Köln: Luchterhand.
- [194] Thomson J.A., Tolmie A., Foot H.C., McLaren B. (1996). Child development and the aims of road safety education: A review and Analysis. University of Strathclyde Glasgow. *Road Safety Research Report*, Vol. 1.
- [195] Thomson, J.A., Tolmie, A.K., Foot, H.C., Sarvary, P.A., Whelan, K.M., Morrison, S. (2005). Influence of virtual reality training on the roadside crossing judgements of child pedestrians. *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 11(3), S. 175-186.
- [196] TNO (2014). Elderly safer on the road with first intelligent bike. Online (12.05.2016): <https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2014/12/elderly-safer-on-the-road-with-first-intelligent-bike/>.
- [197] Topp, H. (2013). Anpassung des Strassenverkehrs an die Anforderungen älterer Menschen: Infrastruktur und Strassenraumgestaltung. In: Schlag, B., Beckmann, K.J. (Hrsg.). Mobilität und demographische Entwicklung. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung Mobilität und Alter, Vol. 7. Köln: TÜV Media GmbH.
- [198] Treat, J., Tumbas, N., McDonald, S., Shinar, D., Hume, D., Mayer R. (1977). Tri-level study of the causes of traffic accidents [Final report]. Volume 1: Casual factor tabulations and assessments. Washington DC., National Highway Traffic Safety Administration U.S. Department of Transportation.
- [199] UDV (2012). Sport Utility Vehicles im Unfallgeschehen. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V./UDV.
- [200] UDV (2016). Massnahmen zur Reduzierung von Strassenbahnunfällen. Unfallforschung der Versicherer im Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V, Berlin.
- [201] Uhr A., Ewert U., Scaramuzza G., Cavegn M., Niemann S., Achermann Stürmer A. (2016). Sicherheit älterer Verkehrsteilnehmer [bfu-Sicherheitsdossier Nr. 14]. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- [202] Uhr, A. (2015). Kurzanalyse Schockkampagnen. Hintergrund, Wirkung und Empfehlungen [bfu-Faktenblatt Nr. 15. ISBN 978-3-906173-94-8]. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2015.
- [203] Vaa, T., Assum, T., Elvik, R. (2014). Driver support systems: Estimating road safety effects at varying levels of implementation. *Report of the Institute of Transportation*, Vol. 1304.
- [204] Verster, J., van Herwijnen, J., Volkerts, E., Olivier, B. (2009). Nonfatal Bicycle Accident Risk After an Evening of Alcohol Consumption. *The Open Addiction Journal*, Vol. 2, S. 1-5.
- [205] Visvikis, C., Smith, T. L., Pitcher, M., Smith, R. (2008). Study on lane departure warning and lane assist systems [Project report PPR 374]. *Transport Research Laboratory*.
- [206] Vlakoveld, W.P., Twisk, D., Christoph, M., Boele, M., Sikkema, R., Remy, R., Schwab, A.L. (2015). Speed choice and mental workload of elderly cyclists on e-bikes in simple and complex traffic situations: A field experiment. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 74, S. 97-106.
- [207] Voas, R., De Young, D. (2002). Vehicle action: effective policy for controlling drunk and other high-risk drivers? *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 34, S. S.263-270.
- [208] Voas, R., Fell, J. (2010). Preventing Alcohol-Related Problems Through Health Policy Research. *Alcohol Res Health*, Vol. 33(1), S. 18-28.
- [209] Voas, R., Tippetts, A., Lange, J. (1997). Evaluation of a method for reducing unlicensed driving: The Washington and Oregon License Plate Sticker Laws. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 29, S. 627-634.
- [210] von Below, A. (2016). Verkehrssicherheit von Radfahrern - Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Unterreihe „Mensch und Sicherheit“ [Heft M 264]. Bergisch-Gladbach.
- [211] Waard, D., de Westervhuis, F., Lewis-Evans, B. (2015). More screen operation than calling: The results of observing cyclists' behaviour while using mobile phones. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 76, S. 42-48.

- Walter E., Achermann Stürmer, Y, Ewert U, Scaramuzza, G., Niemann S, Cavegn, M. (2015). Personenwagen-Lenkende und –Mitfahrende [bfu-Sicherheitsdossier Nr. 13]. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- [213] Walter, E., Achermann Stürmer, Y., Scaramuzza, G., Niemann, S., Cavegn, M. (2012). Fahrradverkehr [bfu-Sicherheitsdossier Nr. 08]. Bern: Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- [214] Weber, T., Scaramuzza, G., Schmitt, K.U. (2014). Evaluation of e-bike accidents in Switzerland. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 73, S. 47-52.
- Weller, G. (2013). Ergebnisse von Fahrversuch mit älteren Pkw-Fahrern. In: Schlag, B., Beckmann, K.J. (Hrsg.). *Mobilität und demographische Entwicklung*. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung Mobilität und Alter, Vol. 7, Köln: TÜV Media GmbH.
- [215] Weller, G., Strauzenberg, N., Herle, M., Schlag, B., Richter, S. (2014). Accident patterns and prospects for maintaining the safety of older drivers. Köln: TÜV-Media GmbH.
- [216] Wells, P., Tong, S., Sexton, B., Grayson, G., Jones, E. (2008). Cohort II: A Study of Learner and New Drivers. Volume 1 [Main Report]. London: Department for Transport.
- [217] Wells-Parker, E., Bangert-Drowns, R., McMillen, R., Williams, M. (1995). Final results from a meta-analysis of remedial intervention with drink/drive offenders. *Addiction*, Vol. 90(7), S. 907-926.
- [218] WHO (2013). *Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners*. WHO Press - World Health Organization.
- [219] Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y. & Gordon-Becker, S. E. (2004). *An Introduction to Human Factors Engineering* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- [220] Williams, A.F., Braitman, K. A., McCartt, A.T. (2011). Views of parents of teenagers about licensing policies: a national survey. *Traffic Injury Prevention*, Vol. 12, S. 1–8.
- [221] Woollacott, M.H., Tang, P.F. (1997). Balance control during walking in the older adult: research and its implications. *Physical Therapy*, Vol. 77, S. 646–60.
- [222] Xu, Y. Li, Y., Jiang, L. (2014). The effects of situational factors and impulsiveness on drivers' intentions to violate traffic rules: Difference of driving experience. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 62, S. 54.
- [223] Yan, X., Radwan, E., Abdel-Aty, M. (2005). Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, S. 983-995.
- [224] Yoon, S., Pace, D.A., Ellen, C.M. (2015). IntelliWay: Connecting Bicycles to the V2V Network. A Major Qualifying Project Report: Submitted to the Faculty of the Worcester Polytechnic Institutes, Worcester (Massachusetts).
- [225] Young, D. S., Lee, D. N. (1987). Training children in road crossing skills using a roadside simulation. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 19, S. 327–341.
- [226] Zantema, J., van Amelsfort, D., Bliemer, M., Bovy, P. (2008). Pay-as-you-drive strategies: Case study of safety and accessibility effects. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2078, S. 8-16.
- [227] Zeedyk, M. S., Wallace, L., Carcary, B., Jones, K., Larter, K. (2001). Children and road safety: Increasing knowledge does not improve behavior. *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 71, S. 573-594.
- [228]

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 22.08.2016

Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2014/008
 Projekttitel: Forschungspaket VeSPA - Teilprojekt 1-Massnahmen (TP 1-M): Massnahmen und Potenziale im Bereich Verkehrsteilnehmende
 Enddatum:

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

In diesem Teilprojekt der zweiten Phase wird generell ein mikroskopischer Ansatz der Verkehrssicherheitsforschung verfolgt und für die Schweiz werden neue, innovative Massnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit hergeleitet und deren Potenziale für die Unfallreduktion abgeschätzt. Der geschaffene Datenpool (VeSPA-Datensatz), bestehend aus Unfalldaten verknüpft mit weiteren Informationen, bietet die Möglichkeit den Einfluss verschiedenster Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen integriert zu betrachten. Der angewandte methodische Ansatz stellt die Abweichungen zwischen beobachteten und erwarteten Unfallzahlen gegenüber, welche aus dem Unabhängigkeitsmodell hergeleitet werden. So können massnahmenrelevante Unfallsituationen trotz fehlender Expositionsdaten identifizieren werden.

Mittels log-linearen Regressionsmodell und Clusteranalyse wurden 14 spezifische Risikokonstellationen zusammengefasst und mitsamt der beschriebenen Unfallsituation anhand ihrer Auffälligkeit und mengenmässigen Bedeutung als besonders massnahmenrelevant identifiziert. Die Massnahmen wurden in erster Linie für die identifizierten Risikokonstellationen entwickelt, sie können jedoch auch weitere, mit den Risikokonstellationen verwandten, Unfallsituationen beeinflussen. Insgesamt konnte das Potenzial von 59 Massnahmen mit der Berechnung der Anzahl Unfallsituationen pro Jahr aus folgenden vier Einflussbereichen evaluiert und in Betracht gezogen werden:

- Engineering: Technische Massnahmen
- Education: Information und Ausbildung
- Enforcement: Überwachung und Ahndung
- Economy: Ökonomische Massnahmen

Sofern für die Schweiz übertragbare wissenschaftliche Vergleichsstudien vorlagen, konnte für einzelne Massnahmen die Wirksamkeit in Form der theoretisch reduzierbaren Unfälle abgeschätzt werden. Diese werden als aussichtsreiche Massnahmen identifiziert. Auf diese Weise kann das Unfallreduktionspotenzial pro Jahr bei einer flächendeckenden Einführung in der Schweiz begründet quantifiziert werden.

Folgende Massnahmen weisen die höchsten potenziellen Unfallreduktionen bei der durch die Massnahme angesprochenen Unfallsituation aus:

- Permanent Running Lights für Velofahrende
- Autonomer Notbremsassistent (AEBS)
- Intelligent Speed Adaption (ISA)
- Fahrzeugbeschlagnahmung
- Hazard Perception Test/Gefahrenwahrnehmungstest (HPT)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die grundlegenden Ziele dieser Arbeit wurden erfolgreich umgesetzt und erreicht. In einem ersten Schritt konnten massnahmenrelevante Unfallsituationen (Mensch, Infrastruktur, Wetter, Fahrzeug) vor dem Hintergrund des Datapoolings und aus den strukturierten Datenanalysen identifiziert und die Auffälligkeiten als Risikokonstellationen definiert werden.

Weiter wurden Massnahmen für die Risikokonstellationen und Unfallsituationen entwickelt und auf der Grundlage einer wissenschaftlichen Literaturrecherche konnten die Massnahmenwirksamkeiten abgeschätzt werden. Die entwickelten Massnahmen werden situationsbedingt beschrieben und angepasst an die Risikokonstellationen und Unfallsituationen werden Empfehlungen abgegeben.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die vorgeschlagen Massnahmen, die eine besonders hohe und statistisch sichere Wirkung haben wie z.B. autonome Notbremsassistentensysteme für Personenwagen und Permanent Running Lights für Velos können zur Umsetzung empfohlen werden. Auch Massnahmen aus dem Bereich Information und Ausbildung wie Gefahrenwahrnehmungstests und Rückmeldefahrten sowie Ahndungsmassnahmen wie Fahrzeugbeschlagnahmung leisten einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Der vorliegende statistische Ansatz muss nun in die Praxis überführt werden, um die effektive Wirkung zu messen. Ein solches Monitoring ist wissenschaftlich zu begleiten. Mit den Daten und Ergebnissen sowie zusätzlicher ausländischer Daten besteht nun auch die Möglichkeit, internationale Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Verkehrsverhalten bezüglich der Verkehrssicherheit zu erkennen.

Publikationen:

Geplant sind Beiträge in Fachmedien (z.B. Strasse und Verkehr), in wissenschaftlichen Journals, Kurzdarstellungen auf den Homepages der Forschungsstellen, Integration einzelner Erkenntnisse in die Hochschulausbildung (Stufe Bachelor) sowie in Weiterbildungskurse. Die jährliche SVI-Forschungstagung soll ebenso als eine Multiplikationsmöglichkeit genutzt werden.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Ohnmacht

Vorname: Timo

Amt, Firma, Institut: Hochschule Luzern - Wirtschaft ITW

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Der Forschungsstelle ist es gelungen, basierend auf einem wissenschaftlichen Vorgehen (Literaturrecherche und Datenanalyse) ein konkretes Massnahmenset vorzuschlagen und zu bewerten, das die weiteren Diskussionen zur Verkehrssicherheit gewinnbringend beeinflussen wird. Alle Ziele wurden damit vollständig erreicht. Die Arbeit in dieser Phase des Pakets war für die Forschungsstelle anspruchsvoll, da zum einen hohe Erwartungen vorhanden waren und zum anderen die Möglichkeiten der Datenanalyse nahezu unbeschränkt sind.

Umsetzung:

Die Forschungsarbeit gibt konkrete Hinweise, wo und wie zukünftig angesetzt werden könnte, um die Zahl der Verkehrstoten weiter zu reduzieren. Die wertvollen Erkenntnisse und die vorgeschlagenen Massnahmen können entweder direkt von den verantwortlichen Stellen verwendet werden oder wo erforderlich für die Umsetzung einer detaillierten Einzelplanung zugeführt werden.

weitergehender Forschungsbedarf:

Ein Monitoring der empfohlenen Massnahmen ist wissenschaftlich zu begleiten. Mit den Daten und Ergebnissen sowie zusätzlicher ausländischer Daten besteht nun auch die Möglichkeit, internationale Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Verkehrsverhalten bezüglich der Verkehrssicherheit zu erkennen. Weiterer Forschungsbedarf besteht darin, die effektive Wirkung der Massnahmen zu eruieren, nachdem die empfohlenen Massnahmen in die Praxis überführt wurden.

Einfluss auf Normenwerk:

Keine

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Simma

Vorname: Anja

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA - Unfallstatistik, Analysen, Sicherheitsgrundlagen

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.

SVI Publikationsliste

Das Publikationsverzeichnis der SVI-Forschungsarbeiten kann unter www.svi.ch (Forschung -> Forschungsberichte/Publikationsverzeichnis) heruntergeladen werden.