

Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 269

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften

von

Maria Pohle
Reinhold Maier

Technische Universität Dresden
Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik
und Theorie der Verkehrsplanung

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 269

bast

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: FE 82.0511/2010
Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften

Fachbetreuung:

Marco Irzik

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-235-3

Bergisch Gladbach, Januar 2016

Kurzfassung – Abstract – Summary

Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften

Das Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot (FGSV, 2007)) gibt bereits Hilfen zur Bestimmung unfallauffälliger Bereiche von Motorrädern auf Landstraßen. Bisher existiert aber kein Merkblatt, welches den Bereich innerhalb geschlossener Ortschaften abdeckt, obwohl etwa 2/3 der Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung motorisierter Zweiradfahrer (MZR) innerorts stattfinden (DESTATIS, 2012).

Mithilfe theoretischer Ansätze werden geeignete Grenzwerte entwickelt, um unfallauffällige Bereiche (UAB) für MZR im Innerortsbereich zu erkennen und abzugrenzen. Neben der Bestimmung eines Grenzwerts über die absolute Anzahl an Unfällen unter Beteiligung von MZR wurde auch der Ansatz über den Relativanteil an allen Unfällen in einer Unfallhäufungsstelle (UHS nach M-Uko (FGSV, 2012)) gewählt. Die theoretischen Überlegungen zur Grenzwertbestimmung basieren auf einer Optimierung des Aufwands an zu bearbeitenden UAB im Hinblick auf den Nutzen, bestehend aus den dadurch bearbeiteten Unfällen.

Aus typischen Unfallkonstellationen und Defiziten in den bestimmten UAB wurden typische Unfallkonstellationen abgeleitet. Spezielle Defizite einer Unfallkonstellation ergaben sich aus der Analyse der Örtlichkeit und der Unfalltexte. Den Defiziten wurden geeignete Maßnahmen gegenübergestellt und in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst.

Unter Verwendung multivariater statistischer Modelle wurden Wirkungen einzelner (stetiger) Größen auf das Unfallgeschehen bzw. die Beschreibung systematischer Auswirkungen einzelner (kategorialer) Merkmale beschrieben.

Es wurden sowohl Streckenmodelle als auch Knotenpunktmodelle des Hauptstraßennetzes entwickelt, die sich in ihrer Vorfahrtsregelung und Knotenpunktform unterscheiden. Es wurden nur für Elemente des Straßennetzes mit Angaben zur Verkehrsstärke Modelle erstellt.

Modelle für Knotenpunkte, an denen die Verkehrsbelastung bekannt ist, konnten zwischen 60-70 % der systematischen Varianz der Unfallhäufigkeit beschreiben. Der Großteil ist allein auf den Einfluss der Verkehrsstärken auf der Haupt- und Nebenrichtung zurückzuführen. Weitere Unterschiede in der Unfallhäufigkeit werden durch den systematischen Einfluss von Straßenbahngleisen, Fußgängerquerungen in Geschäftsstraßen (Anzahl der Dienstleistungen im Umfeld als Stellvertretervariable) und den Zustand der Fahrbahnoberfläche (Anzahl der Haltestellen im Umfeld als Stellvertretergröße für Spurrillen) erklärt.

An Strecken ergeben sich die Unterschiede der Unfallhäufigkeit zusätzlich aus variierenden Streckenlängen.

Die Untersuchung der UAB zeigte folgende häufig auftretende Defizite:

- spitzwinklige Befahrung von Straßenbahngleisen,
- fehlende Sicht,
- Spurrillen,
- Kreisverkehrszufahrten am Ortseingang nach Innerortsstandard,
- schlecht erkennbare Wartepflicht,
- Griffigkeitswechsel (Bitumenvergüsse, großflächige Bodenmarkierungen),
- hohe Geschwindigkeiten,
- plötzliche Bremsvorgänge.

Für häufig vorkommende Unfallkonstellationen können anhand des Maßnahmenkatalogs auf typische sicherheitsrelevante Defizite innerorts hingewiesen werden und situationsgerechte und wirkungsvolle Maßnahmen vorgeschlagen werden.

Determination of accident blackspots for powered two-wheelers in urban areas

With the “Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken” (MVMot (FGSV, 2007)) exists an aid to determine accident black spots for powered two wheelers on rural roads. Until now, urban areas are not covered although about 2/3 of accidents involving powered two-wheelers with personal injuries take place in urban areas (DESTATIS, 2012).

By using multivariate statistical methods, problems in accident analysis, such as the estimation of the influence of traffic volume or other influences on the accident frequency can be described.

Appropriate measurements are derived from typical findings in accident constellations and deficits. In addition to deriving thresholds based on an absolute number of accidents, a further approach is being made by using the share of accidents powered two-wheelers contribute in common accident black spots. The theoretical considerations for the development of threshold values are based on an optimization of the cost benefit ratio. Costs are understood as the amount of blackspots that need to be handled whereas the benefits lie in the amount of accidents that can be prevented by installing appropriate measurements.

Within the determined accident black spots for powered two-wheelers typical accident constellations are identified. The analysis of accident reports and the involved locations allow the determination of special deficits of an accident constellation. The result is a catalogue of measurements for typical constellations of accidents involving powered two-wheelers.

Using generalized linear models allows the quantification of the systematic effects continuous or categorical variables have on the accident frequency.

Models for links and intersections of the main road network have been developed which differ in their right of way and the type of intersection (crossroads and junctions). For unknown traffic volumes no models could be developed for the elements.

Models for intersections with known traffic volume can describe 60-70% of the systematic variance of the accident frequency. Most of the variance can be explained by the influence of traffic volume (or traffic volume split up on major/ minor driveways).

Other systematic influence on the accident frequency can be described by the existence of tramway tracks, increased pedestrian crossings on commercial streets (business, service, shops in the environment as a proxy variable) and the condition of the road surface (number of bus/tram stops in the environment as a proxy variable for ruts)

A sufficient description of the accident frequency on segments requires the implementation of varying lengths.

The investigation of the blackspots showed recurring deficits:

- driving up tramway tracks in a low angle,
- lack of vision,
- ruts,
- roundabouts at city limits,
- bad recognizable right of way regulation,
- change of grip (bitumen, large ground markings),
- high speeds,
- sudden brake maneuvers.

For recurring accident constellations the catalogue of measurements can hint on typical deficits and local conditions affecting the safety of powered two-wheelers.

Summary

Determination of accident blackspots for powered two-wheelers in urban areas

1 Project definition

With the “Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken” (MVMot (FGSV, 2007)) exists an aid to determine accident black spots for powered two wheelers on rural roads. Until now, urban areas are not covered although about 2/3 of accidents involving powered two-wheelers with personal injuries take place in urban areas (DESTATIS, 2012). As part of the research project FE 82.0511/2010 the current knowledge shall be expanded on urban areas.

Based on a database of 38,500 accidents, theoretical approaches are used to derive threshold values for defining accident blackspots for powered two wheelers in urban areas.

Appropriate measurements are derived from typical findings in accident constellations and deficits.

By using multivariate statistical methods, problems in accident analysis, such as the estimation of the influence of traffic volume or other influences on the accident frequency can be described.

2 Research method

The literature review includes findings on the special conditions of driving a motorcycle and the accident characteristics. Furthermore, national and international threshold values for identifying accident blackspots for powered two-wheelers are described

A great extent of work was put in the aggregation of accident data from communities of different population numbers and characteristics in one database and deriving threshold values. Differences in accident structures were considered by distinguishing smaller communities (<80,000 inhabitants) and cities (≥80,000 inhabitants) in the process of developing suitable threshold values.

It has to be taken into account that threshold values for identifying accident blackspots for powered two-wheelers can result in finding blackspots that have a general high accident frequency to all road users

and therefore may not only be assigned to special deficits for powered two-wheelers. Therefore, in addition to deriving thresholds based on an absolute number of accidents, a further approach is being made by using the share of accidents powered two-wheelers contribute in common accident black spots.

The theoretical considerations for the development of threshold values are based on an optimization of the cost benefit ratio. Costs are understood as the amount of blackspots that need to be handled whereas the benefits lie in the amount of accidents that can be prevented by installing appropriate measurements. The process of optimization considers relative and absolute changes of costs and benefits and the comparison to the average cost benefit ratio (e.g. Lorenz curve, Figure 1).

Within the hereby determined accident black spots for powered two-wheelers typical accident constellations are identified. Possible general accident affecting features are determined by comparing areas with higher accident frequencies and a dominating accident constellation with areas of lower accident frequency. The analysis of accident reports and the involved locations allow the determination of special deficits of an accident constellation.

Both approaches are useful for finding appropriate measurements for different accident constellations and deficits. The result is a catalogue of

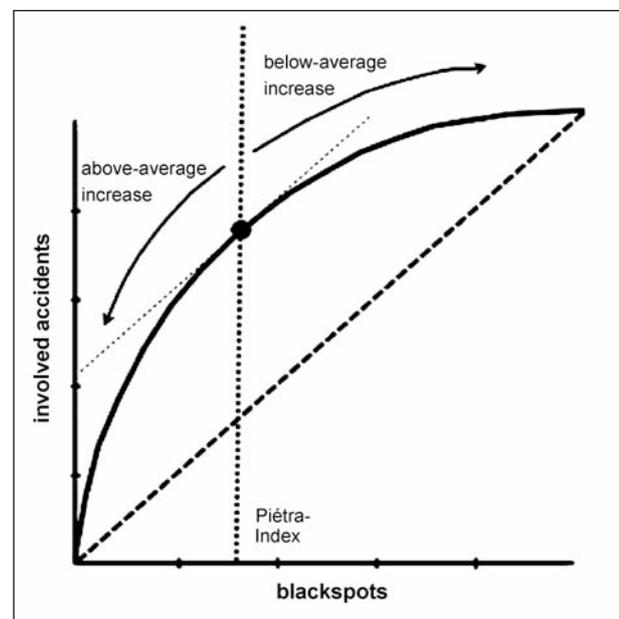


Fig. 1: Example of a Lorenz curve

measurements for typical constellations of accidents involving powered two-wheelers.

Another fundamental step is to merge the geo-referenced accident data with traffic-related data and other environmental variables. In this step a mathematical description of the estimated amount of accidents is intended by using generalized linear models.

Previous studies have shown that mono-causal descriptions regarding only the influence of one characteristic on the accident frequency may lead to unrepresentative results. Due to spurious correlations, effects of the examined variable are assumed although a correlating unconsidered variable is originally responsible for the result.

Furthermore, generalized linear models allow the quantification of the systematic effects single continuous or categorical variables have on the accident frequency.

Models for links and intersections of the main road network have been developed which differ in their right of way and the type of intersection (crossroads and junctions). No models could be developed for elements of unknown traffic volumes.

3 Results

A) Threshold values

Regarding the absolute number of accidents, an optimal threshold value of three accidents with personal injuries and with the participation of powered two wheelers within 3 years could be found. However, this approach does not preclude a general high accident frequency for all types of road users.

To identify areas of high accident frequency especially for powered two-wheelers, the common

blackspots, arising from the threshold value of 5 accidents with personal injuries within 3 years of the "Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung" (FSGV, 2012) are examined on the ratio the powered two-wheelers contribute to all accidents. An optimal threshold value was found for a share of >20% on all accidents with personal injuries within a common blackspot (Table 1).

The definition of both approaches implies that, depending on the situation, one or even both threshold values can be reached. A distinction of the types of blackspots can be made as followed (Table 2).

The application of both criteria has several advantages:

- finding of blackspots in smaller municipalities,
- exclusion of the accident blackspots with decreased proportion of PTW-accidents,
- reduced additional expense by using the pre-defined common blackspots.

B) Accident constellations in blackspots

Approximately 80% of the accidents found in blackspots occur on the main road network. Among these, a quarter take place on links whereas three quarter take place at intersections (Figure 2).

The analysis of the blackspots has shown that only 40% of the PTW-accidents are similar to the found accident constellations of the other road users.

method	threshold value
number of PTW-accidents	≥3 PTW-accidents with personal injuries
ratio of PTW-accidents	>20 % on all accidents with

Tab. 1: Threshold values

type of blackspot	≥3 PTW-accidents	>20% PTW-accidents	common blackspot	description
major blackspots	X	X	X	the amount as well as the ratio of PTW-accidents is high
minor blackspots	X		X	next to PTW-accidents, further accidents occur leading to a ratio below the threshold value of 20% PTW-accidents
moderate blackspots		X	X	in a blackspot with less than 10 accidents with personal injuries only two were accidents involving PTW
blackspots solely distinctive for PTW	X			there are not enough PTW-accidents or too less other accidents to reach the threshold value of 5 accidents with personal injuries for a common blackspot

Tab. 2: Types of threshold values

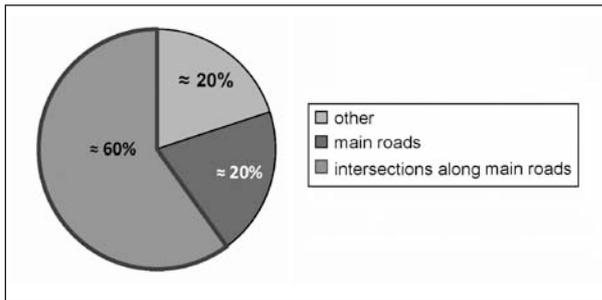


Fig. 2: Distribution of the PTW-accidents in the road network

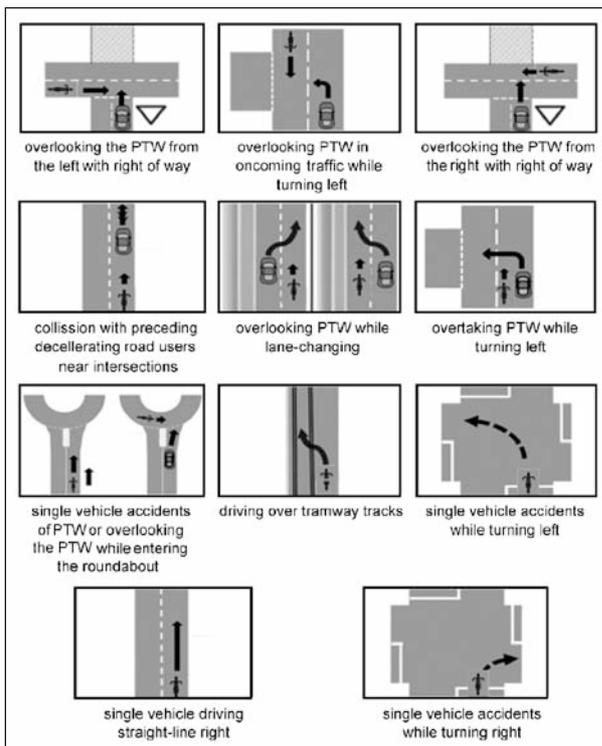


Fig. 3: Overview on the most frequent accident constellations

Figure 3 shows the most frequently occurring accident constellations.

C) Accident prediction models

Models for intersections with known traffic volume can describe 60-70% of the systematic variance of the accident frequency. Most of the variance can be explained by the influence of traffic volume (or traffic volume split up on major/ minor driveways). Other systematic influence on the accident frequency can be describes by the existence of tramway tracks, increased pedestrian crossings on commercial streets (business, service, shops in the environment as a proxy variable) and the condition of the road surface (number of bus/ tram stops in the environment as a proxy variable for ruts).

example for an accident prediction model for segments	
$U(P) = e^{-16,114} * DTV^{0,856} * L^{0,832} * e^t$	
mit $t = 0,224 * TRAM_KAT + 0,28 * Dienst$	
example for an accident prediction model for a signal controlled intersection:	
$U(P) = e^{-9,736} * HR^{0,274} * NR^{0,63} * e^t$	
mit $t = -0,465 * TRAM_KAT$	
DTV	average daily traffic [veh/24h]
L	length between intersections [m]
HR	average daily traffic on major road [veh/24h]
NR	average daily traffic on minor road [veh/24h]
TRAM_KAT	existing tramway tracks (0-missing, 1-existing)
Dienst	amount of business, service, shops in the environment

Tab. 3: Examples for accident prediction models for segments and intersections

60% of variance of accident frequency on segments can be described by the previously enlisted variables. Beside these, the length of the segment is needed for a sufficient description of accident frequency.

D) Measurements

The investigation of the blackspots showed recurring deficits:

- driving up tramway tracks in a low angle,
- lack of vision,
- ruts,
- roundabouts at city limits,
- bad recognizable right of way regulation,
- change of grip (bitumen, large ground markings),
- high speeds,
- sudden brake maneuvers.

4 Conclusions

A) Threshold values for blackspots

The defined threshold values allow the identification of accident blackspots of powered two-wheelers in urban areas. Thereby, the predefined common blackspots can be used by regarding their contributed share of accidents involving powered two-wheelers. For the further improvement of PTW-

safety, the threshold based on the absolute amount of PTW-accidents provides additional blackspots. Especially in small municipalities blackspots for PTW can be defined regardless of predefined common blackspots.

B) Accident situation in blackspots

The classification of accidents by typical accident constellations and the evaluation of characteristic deficits allow the development of a catalogue of measurements.

Furthermore, the analysis shows that other accident types and – constellations have to be paid attention on in smaller municipalities.

C) Accident prediction models

The models allow the calculation of an expected accident frequency taking systematic impact of individual characteristics into account.

For similar conditions of included variables in the models for segments and intersections, the impact of different elements can be compared to each other. By including the traffic volume (and the assumption of unchanged further conditions), the prediction of the accident frequency is time-independent.

The expected accident frequency can be used to estimate economic costs of accidents. Furthermore, the economic benefits of different measurements can be determined by monetizing the avoided accidents.

D) Selection of measurements

For recurring accident constellations the catalogue of measurements can hint on typical relevant deficits and local conditions affecting the safety of powered two-wheelers.

DESTATIS (2012): Jahrbuch Verkehrsunfälle 2011, Fachserie 8 Reihe 7. Wiesbaden

FGSV (2007): Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot). Köln: FGSV-Verlag

FGSV (2012): Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen. Köln: FGSV-Verlag

Inhalt

Abkürzungen	11	4 Methodik	25
1 Aufgabenstellung, Untersuchungsmotivation und -gegenstand, Projektablauf	13	4.1 Grenzwertbestimmung	25
1.1 Untersuchungsmotivation	13	4.1.1 Anforderungen	25
1.2 Projektablauf	14	4.1.2 Kriterien	26
1.3 Unterscheidung der Fahrzeugarten	15	4.1.3 Verfahren	26
2 Literaturanalyse	16	4.1.4 Stabilität von Unfallhäufungen	27
2.1 Fahrdynamik	17	4.1.5 Rangfolgenerstellung von UHS	28
2.1.1 Fahrbedingungen	17	4.2 Theorie der verallgemeinerten linearen Modelle	28
2.1.2 Bremsvermögen	17	4.2.1 Hintergrund	28
2.2 Kognitive Sicherheitsdefizite	18	4.2.2 Modellbestandteile	29
2.2.1 Menschliche Fehler	18	4.2.3 Modellaufbau	29
2.2.2 Sichtfeld	19	4.2.4 Modellprüfung	29
2.2.3 Anvisierter Straßenraum	19	4.2.5 Modellinterpretation	30
2.2.4 Fehlende Sichtbarkeit	20	5 Festlegung von UAB	31
2.2.5 Physische und psychische Sicherheitsdefizite	20	5.1 Untersuchungsgebiete	31
2.3 Sicherheitsdefizite im Straßenraum	20	5.2 Unfallstruktur im Untersuchungskollektiv	34
2.4 Typische Unfallkonstellationen und auffällige Bereiche des MZR-Unfallgeschehens	21	5.2.1 Relative Häufigkeit von MZR-Unfällen	34
2.4.1 Unfallverursacher	21	5.2.2 Unfallschwere	34
2.4.2 Unfallkonstellation	22	5.2.3 Hauptverursacher	35
2.4.3 Bauliche und verkehrstechnische Merkmale	23	5.2.4 Unfalltypen und Unfallarten	35
3 Grenzwertdefinitionen	23	5.2.5 Verteilung von MZR-Unfällen nach MZR-Typ	36
3.1 Identifikation von Unfallhäufungsstellen des Gesamtunfallgeschehens	23	5.3 Grenzwertbestimmung	36
3.2 Grenzwertkriterien spezieller Unfälle	24	5.3.1 U(P) mit MZR-Beteiligung	37
3.3 Grenzwertkriterien von Motorradunfällen	24	5.3.2 $U(P+S)_{MZR}$	38
		5.3.3 Anteil $U(P)_{MZR}$ in UHS	38
		5.3.4 Anteil $U(P+S)_{MZR}$ in UHS	39
		5.4 Stabilität	39
		5.4.1 3 U(P) mit MZR-Beteiligung	40
		5.4.2 Anteil $U(P)_{MZR} > 20\%$ in UHS	40
		5.5 Festlegung	41

6	Analyse des Unfallgeschehens in UAB	42	8.1.1	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.1) und K.3).	56
6.1	Unfallstruktur in den UAB	42	8.1.2	Vergleichende Untersuchung zur Konstellation K.2)	57
6.1.1	Verteilung von MZR-Unfällen nach MZR-Typ	42	8.2	Vorgehen bei den weiteren Konstellationen K.3) bis A.4)	58
6.1.2	Hauptverursacher	42	8.2.1	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.4)	58
6.1.3	Unfallschwere	42	8.2.2	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.5)	58
6.2	Unfallkonstellationen an Knotenpunkten	43	8.2.3	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.6)	58
6.2.1	Unfälle mit weiterem Verkehrsteilnehmer	43	8.2.4	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.7)	58
6.2.2	Kreisverkehrsplätze	44	8.2.5	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation A.1)	59
6.2.3	Alleinunfälle	45	8.2.6	Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation A.3)	60
6.3	Streckenunfälle	46	8.2.7	Vergleichende Untersuchungen zu den Konstellationen A.2) und A.4)	60
6.3.1	Vergleich zum allgemeinen MZR-Unfallgeschehen	47	8.3	Maßnahmen	60
6.4	Lage der UAB in Gemeinden	47	8.4	Einordnung der Modellergebnisse zu den vergleichenden Unfalluntersuchungen	60
7	Ergebnisse der verallgemeinerten linearen Modelle	48	9	Zusammenfassung und Ausblick.	61
7.1	Streckenmodell	49	9.1	Resümee	61
7.1.1	Modell S: Streckenbasiertes Unfallmodell	49	9.2	Weiterer Forschungsbedarf	61
7.2	Knotenpunktmodelle	50	9.2.1	Verallgemeinerte Unfallmodelle	61
7.2.1	Modell K1: Lichtsignalisierte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit DTV-definierten Knotenpunktarmen	50	9.2.2	Makroskopische Unfalluntersuchung	62
7.2.2	Modell K2: Verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit DTV-definierten Knotenpunktarmen	52	9.2.3	Maßnahmenfindung	62
7.2.3	Modell K3: Verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit unbekanntem DTV-in den Nebenrichtungen	53	Literatur	62	
7.3	Vergleich der Modelle	55	Anhang		
8	Vergleichende Untersuchungen der Unfallkonstellationen.	56	Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter:		
8.1	Vorgehensweise bei den Konstellationen K.1) und K.2).	56	http://bast.opus.hbz-nrw.de abrufbar.		

Abkürzungen

1-JK	Einjahreskarte
3-JK	Dreijahreskarte
5-JK	Fünfhjahreskarte
DTV	Durchschnittlich täglicher Verkehr
EUSKa	Elektronische Unfalltypensteckkarte
FZV	Fahrzeug-Zulassungsverordnung
KP	Knotenpunkt
KVP	Kreisverkehr
LSA	Lichtsignalanlage
MVMot	Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken
MZR	motorisiertes Zweirad
UAB	unfallauffälliger Bereich
UHL	Unfallhäufungslinie
UHS	Unfallhäufungsstelle
U(P)	Unfälle mit Personenschaden
U(P) _{MZR}	Unfälle mit Personenschaden und MZR-Beteiligung
U(P+S)	Unfälle mit Personen- und Sachschaden
U(P+S) _{MZR}	Unfälle mit Personen- und Sachschaden und MZR-Beteiligung
U(SP)	Unfälle mit schwerem Personenschaden
U(SP) _{MZR}	Unfälle mit schwerem Personenschaden und MZR-Beteiligung
U _{g-Typ}	Unfälle gleichen Typs

1 Aufgabenstellung, Untersuchungsmotivation und -gegenstand, Projektablauf

1.1 Untersuchungsmotivation

Die Entwicklung der Bestandszahlen motorisierter Zweiräder (MZR) zeigt seit vielen Jahren einen steigenden Trend. Für diese Verkehrsteilnehmer ergibt sich aber aufgrund ihrer unterschiedlichen physikalischen Gegebenheiten (Fahrdynamik, Beschleunigungsvermögen, passive Schutzmöglichkeiten) ein andersartiges Unfallgeschehen im Vergleich zu anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern.

Im Wesentlichen konzentrierten sich die Untersuchungen der letzten Jahre zur Motorradsicherheit auf das Unfallgeschehen im Außerortsbereich. Grund dafür ist die Auffälligkeit dieser Unfälle durch ihre besondere Unfallschwere. Mit dem Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot (FGSV, 2007)) existiert bereits eine Hilfe zur Bestimmung unfallauffälliger Bereiche auf Landstraßen.

Ausgehend vom Jahr 2003 stellt sich für die Unfälle auf innerörtlichen Straßen mit MZR-Beteiligung ein deutlich geringerer Rückgang der Getöteten ein, als es für den allgemeinen rückläufigen Trend zu verzeichnen ist. Statt eines Rückgangs der Getöteten bis zum Jahr 2010 um 40 % kann innerorts für getötete MZR-Fahrer nur ein Rückgang um 30 % verzeichnet werden (vgl. Bild 1).

Die Untersuchung der Unfälle mit getöteten Motorradfahrern innerorts nach dem Unfallverursacher zeigte, dass ca. 40 % dieser Unfälle selbstverschuldet (Alleinunfall oder Motorrad als Hauptverursacher) sind. Aufgrund ihrer höheren Unfallschwere sind aber die durchschnittlichen Unfallkosten der nicht von Motorradfahrern verursachten Unfälle höher und ergeben etwa 50 % der Verunglücktenkosten der Motorradfahrer (ASSING, 2002)

Vor allem in Relation der Unfälle zur Fahrleistung zeigt sich mit einer etwa fünffach höheren Unfallrate die besondere Gefährdung der MZR-Fahrer gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern (DESTATIS, 2012). Allerdings werden bei Mobilitätshebungen die Fahrleistungen nicht getrennt nach ihrer Ortslage erfasst.

Wegen ihrer Unfallschwere stehen die Außerortsunfälle der motorisierten Zweiradfahrer stark im Fokus, aber etwa 2/3 der Unfälle mit Personenschaden finden innerorts statt (DESTATIS, 2012). Analog dazu ergibt sich in einer vergleichenden Studie von KÖRNER (2008) innerorts eine dreimal höhere Unfalldichte. Mit einem Anteil von etwa 22 % Getöteter und Schwerverletzter an allen Verunglückten zeichnen sich die Innerortsunfälle motorisierter Zweiradfahrer im Vergleich zum Gesamtunfallgeschehen ebenfalls durch eine besondere Schwere aus.

Wegen des höheren Gefahrenpotentials innerorts für MZR-Fahrer gilt es das Unfallgeschehen dieser Verkehrsteilnehmer zu untersuchen und typische Gefahrenstellen zu identifizieren.

Allerdings erlauben es die vergleichsweise geringeren Fahrzeugbestände und niedrigeren Fahrleistungen nicht, mithilfe der derzeit existierenden allgemeinen Kriterien unfallauffällige Bereiche für MZR im Innerortsbereich zu identifizieren. Erschwerend kommt die hohe Dunkelziffer bei Unfällen unter Beteiligung motorisierter Zweiräder¹ hinzu. Beides er-

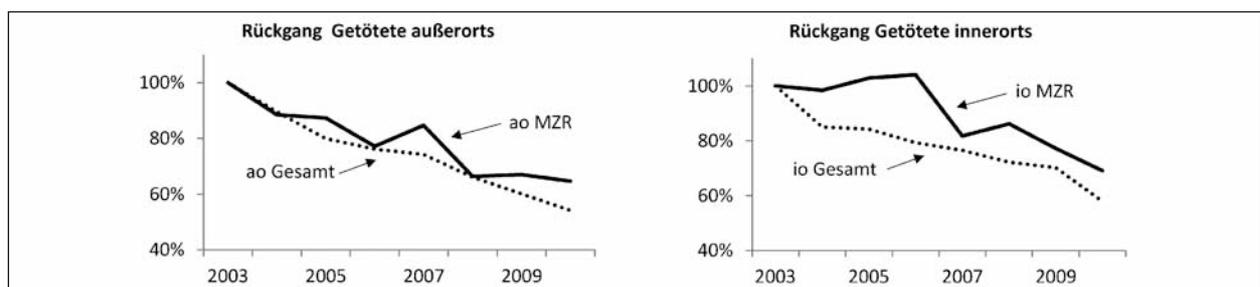


Bild 1: Zeitlicher Verlauf der getöteten MZR-Fahrer in Deutschland auf Innerorts- und Außerortsstraßen (Basisjahr 2003 = 100 %) (DESTATIS, 2012)

¹ Eine Umfrage der Zeitschrift „Motorrad“ zeigte, dass von 2.555 angegebenen Unfällen in 46 % der Fälle keine polizeiliche Aufnahme erfolgte. 69 % der nichtgemeldeten Unfälle waren Alleinunfälle. Je höher der Verletzungsgrad bei den Unfällen war, desto mehr sank der Anteil der nichtgemeldeten Unfälle (KÖRNER, 2008). Allerdings handelt es sich bei den Befragten vornehmlich um Fahrer von Sportmaschinen und Naked Bikes. Eine gesonderte Untersuchung der Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschäden hat für MZR eine durchschnittliche Dunkelziffer von 83 % ergeben (HAUTZINGER, 1993).

schwert die Ermittlung ungünstiger Einflüsse und der Verbesserung der Verkehrssicherheit für MZR, kann hier aber nicht weiter betrachtet werden.

1.2 Projektablauf

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt in den nachfolgend beschriebenen Schritten (vgl. auch Bild 2). Zunächst soll mittels einer Analyse nationaler und internationaler Studien ein Überblick zu bisherigen Erkenntnissen zum Unfallgeschehen der MZR gegeben werden. Dazu gehören unter anderem die Herausarbeitung charakteristischer Unfallkonstellationen, bauliche und wahrnehmungspsychologische Unfallursachen und mögliche Ansätze und Randbedingungen zur Bestimmung von unfallauffälligen Bereichen. Zur deutlichen Abgrenzung zwischen unfallauffälligen Bereichen von MZR (UAB) und Unfallhäufungsstellen des Gesamtverkehrs (UHS) werden die Abkürzungen „UAB“ und „UHS“ verwendet.

Anhand von Unfalldaten aus mehreren Bundesländern und mehrerer Jahre sollen UAB identifiziert und analysiert werden.

Unter Verwendung verschiedener theoretischer Ansätze zur Bestimmung von Grenzwerten für Unfallhäufungen werden UAB gekennzeichnet. Unter Beachtung weiterer Kriterien, wie der örtlichen und zeitlichen Stabilität der UAB, wird der sich aus den theoretischen Ansätzen ergebende optimale Grenzwert einer Plausibilitätsuntersuchung unterzogen.

Zur wirkungsvollen Umsetzung späterer Maßnahmen werden Ansätze zur Rangfolgenbildung von Unfallhäufungsstellen geprüft und in einem Berechnungstool hinterlegt.

Im nächsten Schritt gilt es für die UAB den Anteil der Unfälle der sich aus dem Grundrisiko ergibt und den Anteil der Unfälle der sich aus verkehrlichen oder baulichen Risikofaktoren ergibt, zu differenzieren. Durch die Erstellung verallgemeinerter linearer Modelle kann das Grundunfallrisiko abgeleitet werden, wohingegen an den UHS mit deutlich höherer Unfallanzahl aus den örtlichen Gegebenheiten die unfallbegünstigenden Faktoren ermittelt werden müssen.

Abschließend werden für die typischen und häufig auftretenden Unfallkonstellationen geeignete Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet.

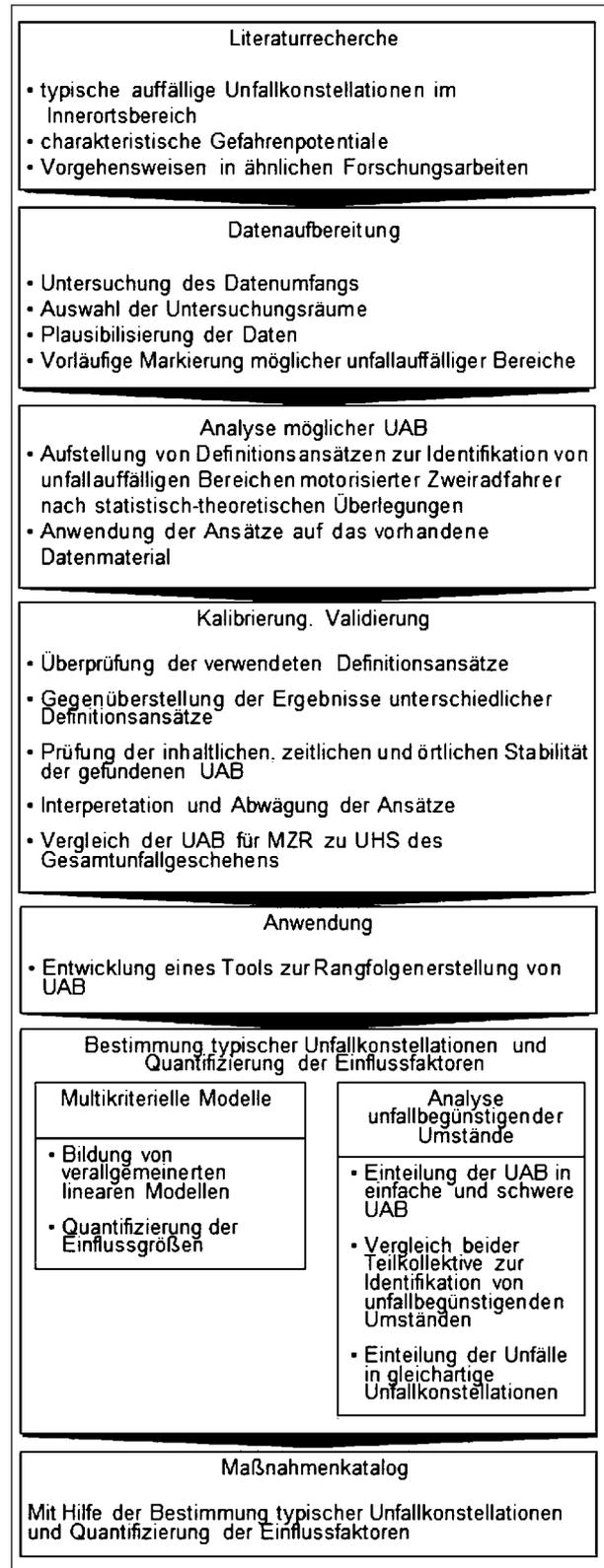


Bild 2: Inhaltlicher Projektablauf

1.3 Unterscheidung der Fahrzeugarten

Eine Einteilung der MZR kann nach den Kriterien Zulassungsverfahren, Leistung oder Aufbauart erfolgen. Die Zulassung eines MZR wird nach § 4 der Fahrzeug-Zulassungsverordnung (FZV) geregelt. Demnach müssen für alle Kraftfahrzeuge, die im Straßenverkehr geführt werden sollen, sowohl eine Betriebserlaubnis oder eine EG-Typgenehmigung erteilt werden als auch ein Kennzeichen von der Verwaltungsbehörde ausgestellt werden.

In den Absätzen des § 4 FZV werden Einschränkungen vorgenommen. Demnach sind zweirädrige Kleinkrafträder und Mofas von dieser Regelung ausgenommen. Jedoch sind die ausgenommenen

Fahrzeuge dazu verpflichtet, ein Versicherungskennzeichen zu führen.

Neben der Art des Kennzeichens erfolgt eine weitere Unterteilung der MZR anhand ihrer fahrzeugspezifischen Kennwerte (Hubraum, Nennleistung, maximale Geschwindigkeit).

Bei der Unfallaufnahme werden auf dieser Basis MZR unterschieden nach:

- Kleinkraftrad (1),
- Mofa 25 (2),
- Kraftrad (11),
- Leichtkraftrad (12) und
- Kraftroller (15).

Schlüssel-Nr.	1	2	11	12	15
Bezeichnung	Kleinkraftrad¹	Mofa 25²	Kraftrad	Leichtkraftrad	Kraftroller
aktuell zulässige Bezeichnung nach Zul.-bescheinigung	KLEINKRAFTRAD 2-RAEDRIG	KKR MOFA BIS 25 KM/H KKR L-MOFA BIS 20 KM/H	KRAFT-RAD O.LB. KRAFT-RAD M.LB.	KRAFTRAD, LEICHT-KRAFTRAD	KRAFTRAD O.LB. KRAFTRAD M.LB
Hubraum	≤ 50 cm ³ ; ≤ 4kW	≤ 50 cm ³	> 125 cm ³	51-125 cm ³	> 125 cm ³
Nennleistung	k. A.	k. A.	> 11 kW	≤ 11 kW	> 11 kW
max. Geschwindigkeit	≤ 45 km/h	≤ 25 km/h	k. A.	k. A.	k. A.
Bezeichnung DESTATIS	Moped/Mofa		Motorrad		
Kennzeichen	Versicherungskennzeichen		amtliches Kennzeichen		
	 1 – Kleinkraftrad		 11 – Kraftrad		
	 2 – Mofa		 12 – Leichtkraftrad		
	 15 – Kraftroller				
¹ enthält auch schnelle Pedelecs (S-Pedelecs) und E-Bikes (Schlüsselnummer 3) ² enthält auch Pedelecs und E-Bikes (Schlüsselnummer 3)					

Tab. 1: Einteilung MZR

In den statistischen Auswertungen des Statistischen Bundesamtes werden die Schlüsselnummern 1 und 2 in der Gruppe Moped/Mofa zusammengefasst (enthält zusätzlich leichte drei- und vierrädrige Kraftfahrzeuge mit Versicherungskennzeichen) und die Schlüsselnummern 11, 12 und 15 zu Motorrädern zusammengefasst (enthält zusätzlich drei- und leichte vierrädrige Kraftfahrzeuge mit amtlichem Kennzeichen).

In der Aufbauart unterscheiden sich Krafträder und Kraftrroller. In den Zulassungsbescheinigungen nach aktueller Systematik (KBA, 2005) wird dafür jedoch keine Unterscheidung vorgenommen. Nur MZR, die zwischen 1986 und 2000 angemeldet wurden, sind in diverse Varianten des Kraftrrollers unterschieden (Verkehrsblatt, 1986 & 2000). Inwieweit dieser Unterschied bei der Unfallaufnahme beachtet wird, ist nicht bekannt bzw. uneinheitlich.

Durch die unterschiedliche Kennzeichenregelung und die abweichende Zulassungssystematik kann die in der Unfallstatistik verwendete Einteilung nicht exakt den Fahrzeugbestandsdaten gegenübergestellt werden. Aktuell werden vom Kraftfahrt-Bundesamt zweirädrige Kfz mit Versicherungskennzeichen und mit amtlichem Kennzeichen unterschieden (siehe Bild 3). Durch die Differenzierung in Klassen über und unter 125 cm³ kann die Anzahl an Leichtkrafträdern abgeleitet werden.

Im Bericht werden die Bezeichnungen des statistischen Bundesamtes „Moped/Mofa“ und „Motorrad“ verwendet. Werden genauere Unfallbetrachtung der einzelnen Verkehrsteilnehmerarten der MZR

vorgenommen, wird die Bezeichnung der Unfallaufnahmebögen verwendet.

Im Jahr 2012 wurden vom Kraftfahrt-Bundesamt etwa 3,8 Mio. MZR mit amtlichem Kennzeichen registriert. Den größten Anteil daran bilden mit 51 % die Gruppe der Kraftrroller und Krafträder (Schlüsselnummern 11 und 15). Gemeinsam mit den Leichtkrafträdern (Schlüsselnummer 12) stellt die Gruppe der Motorräder etwa 65 % aller MZR dar.

Die niedriger motorisierten Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen bilden das letzte Drittel. Die jüngste gesonderte Bestandsaufnahme nach Mofa und Kleinkraftrad in den statistischen Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes erfolgte 2005 (KBA, 2005). Dabei lag das Aufteilungsverhältnis von Mofa und Kleinkraftrad bei etwa 30/70. Die statistische Erfassung tendiert zukünftig in der Einteilung nach EG-Fahrzeugklassen, wonach nur noch zulassungsfreie Krafträder (L1e) und zweirädrige Krafträder mit amtlichen Kennzeichen (L3e, L4e) unterschieden werden.

Für die Gruppe der Kleinkrafträder ist die Sonderregelung für die in der „DDR“ produzierten Simson-Krafträder zu erwähnen. Diese werden trotz ihrer Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h in diese Kategorie eingeordnet. Wegen ihres deutlich höheren Geschwindigkeitsvermögens ohne zusätzliche Anforderung an die Fahrerlaubnis sind diese Maschinen trotz ihres Alters immer noch sehr begehrt. In den ostdeutschen Bundesländern nehmen diese Fahrzeuge daher teilweise einen Anteil von über 60 % des MZR-Anteils ein (KBA, 2012).

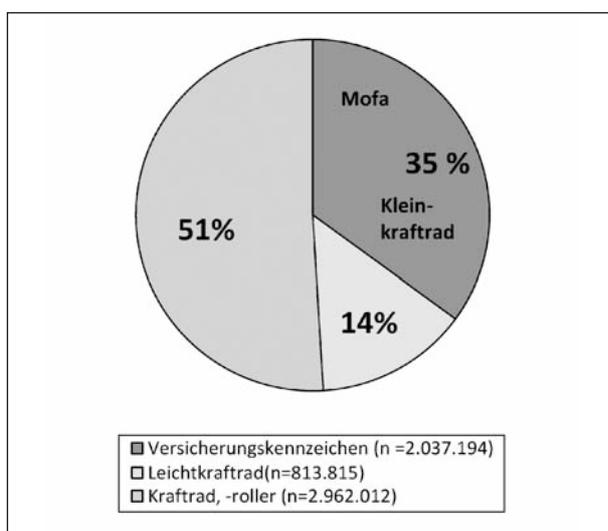


Bild 3: Bestandsaufteilung der MZR mit amtlichen Kennzeichen und Versicherungskennzeichen (nach KBA, 2005; KBA, 2012)

2 Literaturanalyse

Als einspuriges Verkehrsmittel ergeben sich für MZR bezüglich Fahrverhalten, Fahrdynamik, Wahrnehmung oder der Wahrnehmbarkeit andere Randbedingungen während der Teilnahme am Verkehr als für Führer mehrspuriger Fahrzeuge.

Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit der MZR wirken sich diese besonderen Bedingungen sowohl auf die Vermeidbarkeit von Unfällen als auch auf die Unfallschwere aus.

Insoweit gelten viele Ergebnisse der analysierten Studien zur Zweiradsicherheit inhaltlich für alle MZR-Fahrer, obwohl sich viele Studien auf die Sicherheit von Motorradfahrern konzentrieren.

2.1 Fahrdynamik

2.1.1 Fahrbedingungen

Das Führen eines MZR unterscheidet sich erheblich von demjenigen mehrspuriger Fahrzeuge. Ohne stützende Kräfte ist ein Gleichgewichtszustand im unbewegten Zustand nicht möglich. Während der Fortbewegung stellt sich ein „dynamisches System, bestehend aus Fahren dem und Fahrzeug“ ein, in dem der Fahrzeugführer „integraler Bestandteil dieses Systems“ ist (FGSV, 2007). Das Lenken eines MZR erfolgt über einen Lenkimpuls. Durch die Verlagerung seines Schwerpunkts gegenüber der Maschine kann der Fahrer eine Richtungsänderung unterstützen.

Bei einfacher gerader Fahrt befindet sich das System bei höherer Geschwindigkeit in einem stabileren fahrdynamischen Zustand. In langsamen Geschwindigkeitsbereichen ist das System anfälliger für äußere Kräfte, z. B. durch den „Fahrbahnzustand, Seitenwind oder unbewusste Bewegungen des Fahren den“ (FGSV, 2007). Während der Ein- und Ausleitung der Kurvenfahrt ist das System unabhängig von der Geschwindigkeit in einem instabilen Zustand. Durch den Fahrer müssen „Rollsplitt, Fahrbahnunebenheiten und Griffigkeitssprünge sowie abrupte Geschwindigkeitssprünge“ ausgeglichen werden“ (FGSV, 2007).

2.1.2 Bremsvermögen

Der Bremsvorgang unterscheidet sich beim MZR maßgeblich von demjenigen der mehrspurigen Fahrzeuge. Vorderradbremse und Hinterradbremse sind beim MZR unterschiedliche Systeme, die getrennt über die Hand- bzw. Fußbremshebel betätigt werden. Gegebenenfalls sind bei einer Integralbremse die Bremskräfte der Vorder- und Rückradbremsung aufeinander abgestimmt.

Zudem variieren die maximal erreichbaren Verzögerungswerte mit der Fähigkeit des Fahrers bei der Einhaltung seines Gleichgewichts beim Bremsvorgang. Für eine Geradeausbremsung bei trockener Fahrbahn können die folgenden Bremsverzögerungen angenommen werden (s. Tabelle 2).

Fahranfänger	$a = 5-7 \text{ m/s}^2$
routinierter Durchschnittsfahrer	$a = 6,5-8,5 \text{ m/s}^2$
erfahrener Sportfahrer	$a = 8-10 \text{ m/s}^2$

Tab. 2: Bremsverzögerungswerte nach Fahrerfahrung (GOLDER, 2005)

In Koordination der Vorder- und Hinterradbremse kann der Fahrer die Hinterradbremse bis zum Blockierungszustand betätigen, muss sich aber mit der Vorderradbremse dosiert an den idealen Druckpunkt annähern. Bild 4 zeigt charakteristische Verläufe der Verzögerungswerte für Pkw und MZR. Im Idealfall nimmt die Schwelldauer, während der die Verzögerung am stärksten zunimmt, mit 0,2 s für MZR gleiche Werte wie beim Pkw an. Im Anschluss erhöht sich die Verzögerung nur noch wenig bis etwa $9,5 \text{ m/s}^2$ (mit alleiniger Verwendung der Hinterradbremse werden etwa 4 m/s^2 erreicht). Die meisten MZR-Fahrer trauen sich erst bei geringerer Geschwindigkeit mit der Vorderradbremse bis zur Blockierungsgrenze abzubremsen. Dabei werden erst kurz vorm Stillstand Verzögerungen oberhalb von 9 m/s^2 gemessen. Nur bei bester Fahrzeugbeherrschung werden demnach für MZR gleiche Verzögerungswerte wie von anderen Kfz erreicht, weswegen für MZR unter sonst gleichen Bedingungen längere Bremswege zu erwarten sind.

Durch das Verhältnis zwischen Radstand und Schwerpunkthöhe ergibt sich zusätzlich die Gefahr, dass sich das MZR im Bremsvorgang „aufstellt“. Die dynamische Radlastverlagerung führt bei zunehmender Bremsverzögerung zu einer Zunahme der Belastung auf das Vorderrad. Bei zu starker Betätigung der Vorderbremse kann es so zum Blockieren des Vorderrads, zum Aufstellen des Motorrads oder im ungünstigsten Fall zum Überschlag des Fahrzeugs kommen (FORKE & GAJEWSKI, 2003).

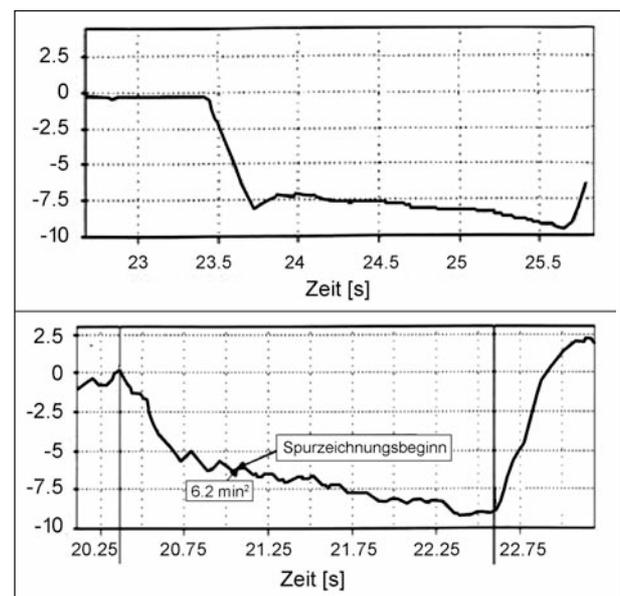


Bild 4: Zeitlicher Verlauf der Entwicklung der Verzögerungswerte von Pkw (oben) und MZR (unten) während der Bremsung (GOLDER, 2005)

Seit Mitte der 80er Jahre existieren Antiblockiersysteme (ABS) für MZR, die einen Bremsvorgang an unterschiedliche Beladungs- und Fahrbahnzustände anpassen können. Für ABS-ausgestattete MZR erhöhen sich die Verzögerungswerte. Die Studien von VAVRYN und WINKELBAUER (2002) zeigen für Fahrer von MZR ohne ABS eine durchschnittliche Verbesserung der Verzögerungswerte um 1,23 beim Umstieg auf ABS-ausgestattete MZR. Rund ein Viertel der zurzeit zugelassenen Motorräder in Deutschland sind mit ABS ausgestattet und etwa 60 % der Neuzulassungen (ADAC, 2012). Nach Beschluss des EU-Parlaments müssen ab 2016 neuzugelassene Motorräder mit mehr als 125 ccm (L4e) mit ABS ausgerüstet sein. Bis Ende 2019 wird die Kommission eine Analyse der Kosteneffizienz bei einer verbindlichen Ausrüstung der Klassen L1e und L3e prüfen und ggf. einen Gesetzgebungsvorschlag vorlegen (Europäisches Parlament, 2012).

Plötzliche Änderungen des Kraftschlusses (z. B. bei Kanaldeckeln, großflächigen Markierungen, Straßenbahnschienen, Laub, Fahrbahnverschmutzungen) können bei nur zwei Aufstandsflächen schnell zur Aufhebung des Gleichgewichtes führen. SCHWEERS & BRENDICKE (1993) weisen nach, dass Bitumen als Vergussmasse sowohl im warmen als auch nassen Zustand deutlich geringere Reibungswerte aufweist als die angrenzenden Asphaltflächen; Kurvenfahrten oder Bremsvorgänge stellen dann kritische Fahrsituationen dar.

2.2 Kognitive Sicherheitsdefizite

2.2.1 Menschliche Fehler

Die Association of European Motorcycle Manufacturers (ACEM) führte eine Studie zur differenzierten Betrachtung der Verkehrsunfälle mit MZR-Beteiligung durch. In Deutschland, Spanien, Italien Frankreich und Holland wurden 921 Verkehrsunfälle näher untersucht, aus der die Studie „MAIDS-In-depth investigations of accidents involving powered two-wheelers“ hervorging. Darin wurden die Unfälle nach baulichen Faktoren (Oberflächenbeschaffenheit, Verkehrsführung und -steuerung), den fahrzeugtechnischen Faktoren sowie den sogenannten „Human Factors“ unterschieden. Von den 921 näher untersuchten Unfällen wurden 87,9 % auf menschliche Fehler zurückgeführt, wobei die baulichen 7,7 % und die fahrzeugtechnischen Faktoren 0,3 % ausmachten. Da offenbar

menschliche Fehler den Großteil der Unfallursachen bestimmen, wurden diese Ursachen detaillierter in vier Fehlerarten aufgeteilt:

- Wahrnehmungsfehler,
- Begreifbarkeitsfehler,
- Entscheidungsfehler,
- Reaktionsfehler.

Der Wahrnehmungsfehler beschreibt die sogenannten „Looked-but-failed-to-see“-Unfälle. Der zum Unfall führende Fehler wird dadurch hervorgerufen, dass der Verkehrsteilnehmer nicht in der Lage ist, die vorliegende Situation zutreffend wahrzunehmen. Auf einer schlecht ausgebauten Straße würde ein MZR-Fahrer beispielsweise die Straßenoberfläche nach möglichen Schlaglöchern absuchen. Obwohl dabei kleinere Steine sichtbar sind, werden sie durch die nicht ausreichende Wahrnehmungsstrategie nicht wahrgenommen.

Beim Begreifbarkeitsfehler nimmt der Verkehrsteilnehmer die gefährliche Situation zwar wahr, erkennt das Risiko aber nicht bzw. schätzt es zu niedrig ein.

Bei den Unfällen, die durch Entscheidungsfehler verursacht wurden, wurde die riskante Situation zwar erkannt, aber eine falsche Strategie gewählt, um den Unfall zu vermeiden.

Bei Unfällen infolge von Reaktionsfehlern wird vom Verkehrsteilnehmer die gefährliche Situation wahrgenommen, aber er hat keine Möglichkeit (mehr) den Schaden abzuwenden.

Im Anschluss an die Einteilung der vorhandenen Unfälle nach menschlichen Fehlern wurde zusätz-

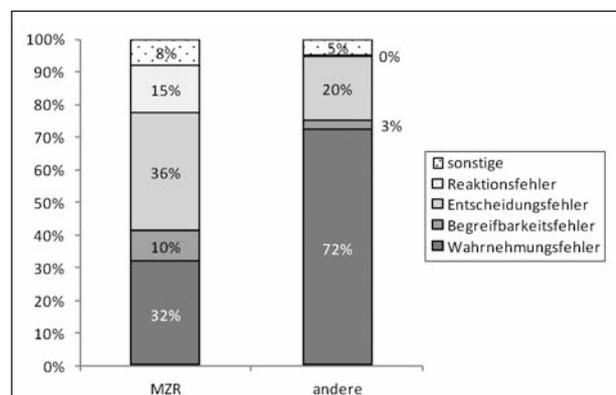


Bild 5: Unfallverursachende menschliche Fehler nach Unfallverursacher (aufbereitet aus MAIDS, 2009)

lich eine Einteilung der Unfallverursacher nach MZR und anderen Verkehrsteilnehmern vorgenommen.

Den jeweils größten Anteil bilden bei allen Verkehrsteilnehmern die Wahrnehmungs- und Entscheidungsfehler. Während bei MZR-Fahrern als Hauptverursacher diese Fehlertypen zu etwa gleichen Teilen zusammen auf 70 % der Unfälle zutrafen, erklärt allein der Wahrnehmungsfehler bei anderen Unfallverursachern 70 % der Unfälle. Je nach Verkehrsmittelart existieren demnach bei Unfällen mit MZR-Beteiligung unterschiedliche Sicherheitsdefizite, die sich in der Häufigkeit einzelner Fehlerarten widerspiegeln.

Im Folgenden werden die Sicherheitsdefizite erläutert, wobei einzelne Randbedingungen sich gegenseitig begünstigen können.

Das Sehen und Gesehen-werden ist eine wesentliche Bedingung zur sicheren Teilnahme am Verkehr. Speziell für MZR werden im Folgenden drei wesentliche Sicherheitsdefizite beschrieben.

2.2.2 Sichtfeld

MZR-Fahrer besitzen – abgesehen von seltenen Fahrzeugmodellen mit Überrollschutz – im Vergleich zu anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern keine zusätzlich sichernde Hülle. Aus diesem Grund ist der Fahrer rechtlich verpflichtet, einen Helm zu tragen. Dies schränkt aber das Sichtfeld des Fahrers im peripheren Raum ein, sodass manche sicherheitsrelevante Verkehrssituationen im Seitenraum schlecht sichtbar sind. Generell kann zwischen Integral- und Jethelmen unterschieden werden. Dabei besitzen die Helmarten bezüglich der Sicht unterschiedliche Vor- und Nachteile. Jethelme bieten mit ihrem großen Visier ein deutlich größeres Sichtfeld. Das größere Sichtfeld reduziert aber die Festigkeit der Helmschale im Bereich der Gesichtspartie, auf die 30 % aller Aufschläge verzeichnet werden. Integralhelme hingegen besitzen ein kleineres Sichtfeld, dafür aber eine höhere Festigkeit (FORKE & GAJEWSKI, 2003), die einen höheren Schutz für das Gesichtsfeld im Fall eines Unfalls bietet. Unabhängig von der Helmart ergibt sich eine weitere Einschränkung der Sicht durch:

- Regentropfen oder Schmutz auf dem Visier,
- Beschlagen des Visiers sowie
- Streulicht durch Kratzer auf dem Visier.

Defizite im Sichtfeld müssen vom Fahrer gerade im Knotenpunktbereich durch zusätzliche Kopfbewegungen ausgeglichen werden. Problematisch ist dabei das Beibehalten einer Fahrtrichtung bei gleichzeitigem Schulterblick.

2.2.3 Anvisierter Straßenraum

Aufgrund des leicht zu störenden Gleichgewichtszustands stellt ein schlechter Straßenzustand für MZR-Fahrer ein Risiko dar. Die Fahrer achten daher verstärkt auf die Oberflächeneigenschaften. In Abhängigkeit der Fahrposition konzentriert sich das Sichtfeld des MZR-Fahrers daher vor allem auf den unmittelbaren Nahbereich. Der Blick fällt selten auf weiter entfernte Fahrbahnabschnitte. Das erschwert eine vorausschauende Analyse der Verkehrssituation.

In horizontaler Richtung liegt während der Geradeausfahrt der Schwerpunkt des Blickfelds in der Mitte des Fahrstreifens mit einer leichten Versetzung zum Fahrbahnrand. Entgegenkommende Fahrzeuge werden daher nur am Rand des Sichtfeldes wahrgenommen. Während der Kurvenfahrt wandert vertikal der Augenpunkt noch tiefer und der Schwerpunkt des Blickfeldes verschiebt sich in Richtung der Fahrstreifenbegrenzung auf der Kurveninnenseite (FGSV, 2007). Beim Durchfahren einer Rechtskurve bleibt dann die eigene Fahrbahn im Sichtbereich, während Linkskurven in diesem Zusammenhang eine größere Gefahr darstellen, da hier durch das Anvisieren der Kurveninnenseite die eigene Fahrbahn teilweise aus dem Sichtfeld rückt (vgl. Bild 6) (ACEM, 2006).

Pkw-Fahrer schauen häufiger zur Fahrbahnmitte und können durch vorausschauendes Fahren kommende Probleme besser kompensieren (FORKE & GAJEWSKI, 2003) (siehe Bild 7).

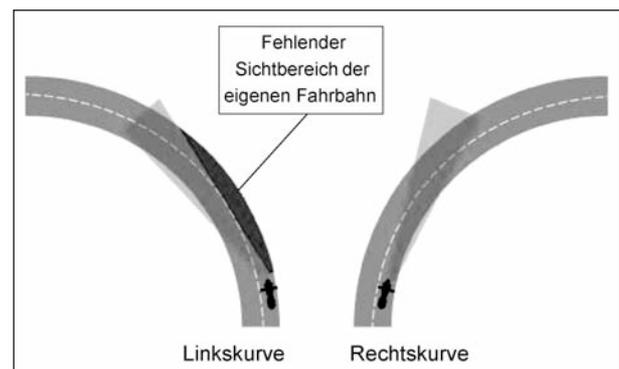


Bild 6: Sichtbereiche in Kurvenfahrten

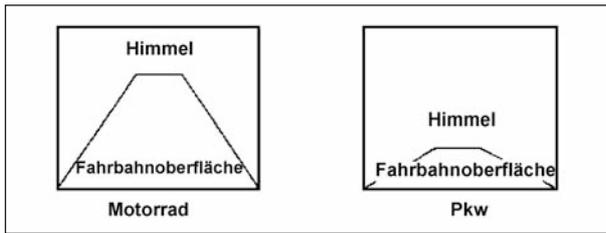


Bild 7: Vergleich des Blickfelds für Motorrad- bzw. MZR-Fahrer (links) und Pkw-Fahrer (rechts) (FORKE & GAJEWSKI, 2003)

2.2.4 Fehlende Sichtbarkeit

Bei den mehrspurigen Unfallverursachern konnte anhand der Verteilung der Fehlerarten in der MAIDS-Studie gezeigt werden, dass der Großteil der Unfälle durch die Nichterkennung des MZR verursacht wird (Wahrnehmungsfehler) (ACEM, 2009).

Des Weiteren führt die schmale Silhouette dazu, dass die Geschwindigkeiten der MZR oft unterschätzt und Entfernungen überschätzt werden. Psychologische Wahrnehmungsstudien haben gezeigt, dass Geschwindigkeiten vom Menschen über zeitliche Änderung des Sichtwinkels bestimmt werden. Je kleiner ein Objekt aber ist, desto geringer fällt dessen Änderung des Sichtwinkels bei gleicher zurückgelegter Strecke im Vergleich zu einem größeren Objekt aus.

2.2.5 Physische und psychische Sicherheitsdefizite

Ohne eine schützende Fahrzeughülle sind MZR-Fahrer vielen äußeren Einflüssen sowie der zusätzlichen Geräuschentwicklung ausgeliefert, die eine zusätzliche physische bzw. psychische Belastung darstellen und dessen Konzentrationsfähigkeit bei längerer Fahrt herabsetzen. Zugleich wird durch die komplexere Fahraufgabe ein erhöhtes Maß an Leistung vom Fahrer gefordert.

Witterungseinflüsse wie Kälte und Hitze wirken ungehindert auf den Zweiradfahrer ein. Bei Regen und beschlagenem Visier ist eine erhöhte Konzentration beim Fahrer nötig (FGSV, 2007).

Durch die Gleichgewichtsproblematik muss der Fahrer zu jedem Zeitpunkt Ausgleichsbewegungen durchführen. Die direkte Verbundenheit zwischen Fahrer und Maschine im System bedingt, dass dynamische Einflüsse unmittelbar einwirken. In vertikaler Richtung müssen vom Fahrzeugführer Stoßkräfte durch Fahrbahnebenheiten abgefangen werden. In Längsrichtung wirken beim Bremsen

und Beschleunigen trägheitsbedingte Kräfte und in Querrichtung wirken bei Kurvenfahrten Zentrifugalkräfte, die kompensiert werden müssen.

Aus den Untersuchungen von HACKENBERG & DREYER (1986), geht hervor, dass von der Aufgabe der Kurvenfahrt eine erhöhte Belastung für den Fahrer ausgeht. In Abhängigkeit der nötigen Beschleunigungs- und Bremsvorgänge änderte sich der Ruhepuls des Fahrers.

2.3 Sicherheitsdefizite im Straßenraum

Plötzlich auftretende Krafteinwirkungen längs oder quer wirken sich infolge der Gleichgewichtsproblematik negativ auf das Fahrsystem aus.

Mit Unterstützung der Europäischen Kommission wurden in der europaweiten Vergleichsstudie 2-BE-SAFE „Sicherheit und Fahrverhalten von MZR-Fahrern“ untersucht (2-BE-SAFE a, 2009).

Vergleichend wurden mittels Datenmaterials (aus Griechenland) innerorts und außerorts die Unfälle außerhalb von Knotenpunkten im Hinblick auf mögliche Steigungen, Kurven oder Engstellen untersucht. Der Großteil der Unfälle entfällt auf gerade Streckenabschnitte, die auch einen Großteil der Streckenlänge darstellen. Des Weiteren zeigte sich in den Studien anhand der Unfallstruktur, dass innerorts die Änderung der Linienführung (Kurven, Gefällestrrecken) weniger Einfluss nimmt als außerorts. Allerdings gilt das nicht gleichermaßen für alle MZR. Kleinkrafträder zeigen in den Bereichen veränderter Linienführung einen deutlich höheren Anteil im Vergleich zu Motorrädern.

Unebenheiten der Straßenoberfläche wurden mithilfe des International Roughness Index (IRI) auf österreichischen Straßen in Längsrichtung erfasst. Der IRI wird als eine relative Geschwindigkeit zwischen einer gefederten und ungefederten Masse beschrieben. Je höher der IRI, desto größer sind die Unebenheiten. Bild 9 stellt für klassierte Werte des IRI den Anteil der Strecken mit diesem Merkmal vergleichend den Anteil der Unfälle gegenüber.

Zu erkennen ist, dass sich die MZR-Unfälle überproportional oft an Streckenabschnitten mit hoher Längsunebenheit ereignen. Die höhere Anfälligkeit der Kleinkrafträder auf Längsunebenheiten könnte konstruktionsbedingt sein. Zur vorderen Federung sind in der Regel Teleskopgabeln angebracht, die

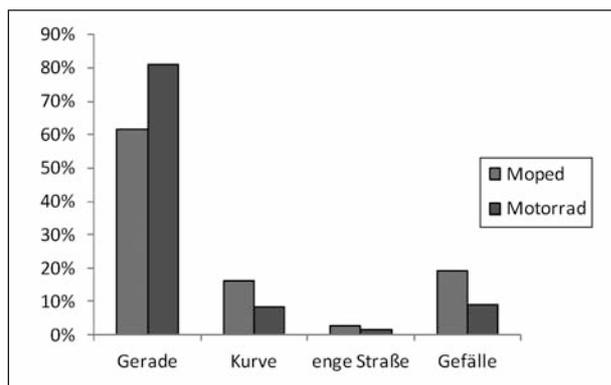


Bild 8: Anteil der Unfallumstände an Kleinkraft- und Motorradunfällen außerhalb von Knotenpunkten im Innerortsbereich (erstellt aus 2-BE-SAFE b, 2010)

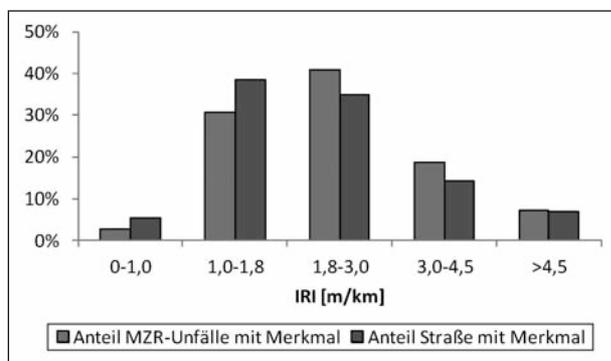


Bild 9: Verteilung der Längsunebenheiten bei MZR-Unfällen und im Straßennetz (erstellt aus 2-BE-SAFE b, 2010)

außer der Federung mittels der ineinander schiebbaren Rohre auch die Radführung übernimmt. Für MZR gilt, dass an den Hinterrädern über Schwingen die Federung des Hinterrads übernommen wird. Jedoch erhöht sich die ungefederte Masse, da die Schwinge zugleich der Antriebsträger mit Motor und Getriebeuntersetzung ist (MITSCHKE, 2004).

Mit gleicher Gegenüberstellung wurde der Einfluss der Unebenheiten in Querrichtung untersucht. Als Maß wurde die theoretische Wassertiefe in Spurrillen gewählt.² Diese errechnet sich aus der Spurrillentiefe, reduziert um die Höhe, die sich aus der Straßenquerneigung ergibt (siehe Bild 10). Der Vergleich der Verteilung der theoretischen Wassertiefe im gesamten Straßennetz gegenüber den MZR-Unfallstellen zeigt, dass kleine theoretische Wassertiefen bis zu 1 mm auf etwa 75 % des Straßennetzes vorzufinden sind, aber nur 10 % der MZR-

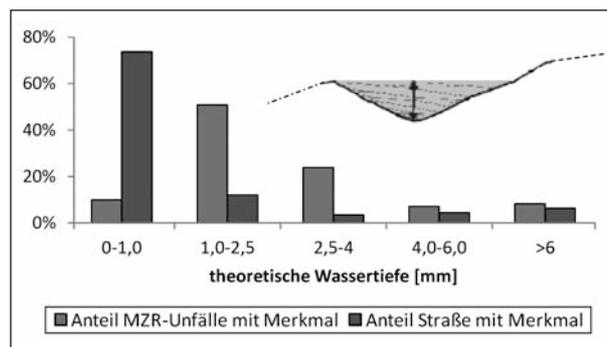


Bild 10: Verteilung der theoretischen Wassertiefe bei MZR-Unfällen und im Straßennetz (erstellt aus 2-BE-SAFE b, 2010)

Unfälle auf diese Strecken entfallen. Auf Strecken mit höheren Wassertiefen entfallen daher anteilig überproportional viele MZR-Unfälle. Während der Fahrt in den Spurrillen wird kontinuierlich das Vorderrad durch die Außenseiten der Spurrillen in die Rille zurückgedrängt. Um dabei das Fahrsystem im Gleichgewicht zu halten und gleichzeitig das Fahrzeug in der Spur zu halten, verlagert der Fahrzeugführer in der Regel so seine Fahrhaltung, dass das Gewicht auf dem Vorderrad reduziert wird.

In den Untersuchungen von KÖRNER (2008) zur Unfallgefährdung von Motorradfahrern zeigte sich, dass bei Innerortsstraßen mit hoher MZR-Unfalldichte der Streckenanteil mit dem Merkmal „erhebliche Mängel des Straßenzustands“ oder mit dem Schild Z. 1006-34 StVO „Straßenschäden“ etwa doppelt so hoch ist. Ebenso ist bei Innerortsstraßen mit hoher MZR-Unfalldichte der Streckenanteil mit straßenbündiger Führung der Straßenbahn fast viermal höher. Leicht erhöht war auch der Anteil der Strecken mit kreuzenden Gleisanlagen. Auf Rillenschienen der Straßenbahn entstehen verstärkt die gleichen ruckartigen Bewegungen des Vorderrads wie auf Spurrillen.

2.4 Typische Unfallkonstellationen und auffällige Bereiche des MZR-Unfallgeschehens

2.4.1 Unfallverursacher

Der Anteil der Alleinunfälle liegt für MZR im Vergleich zu mehrspurigen Fahrzeugen höher. Die Auswertung der innerörtlichen U(P) mit maximal zwei Beteiligten in Deutschland des Jahres 2011 hat für Motorrad- bzw. Moped-/Mofa-Fahrer einen Anteil von 19-20 % Alleinunfällen gezeigt. Damit liegt dieser Anteil deutlich über dem Anteil von 4 %,

² Bzgl. der Spurrillentiefe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Streckenanteilen mit der Merkmalsausprägung und dem Anteil der MZR-Unfällen, die auf die Strecken entfallen.

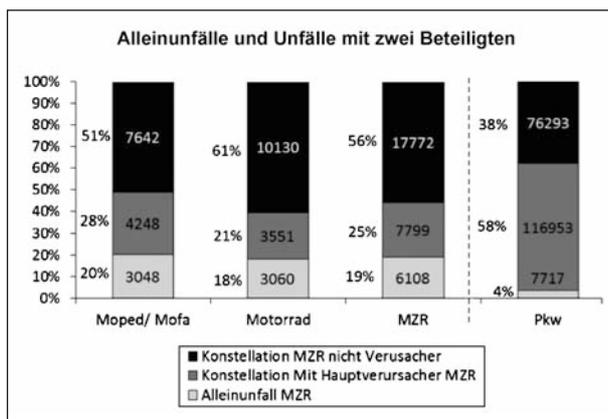


Bild 11: Unfallverursachung bei Unfällen mit MZR bzw. Pkw-Beteiligung (U/P) innerorts, max. 2 Beteiligte) (erstellt aus DESTATIS, 2012)

der bei Unfällen mit ausschließlich Pkw-Beteiligung verzeichnet werden konnte.

Der Anteil der selbstverschuldeten Unfälle (Alleinunfälle und MZR-verursachte Unfälle mit einem weiteren Verkehrsteilnehmer) liegt dennoch mit 44 % unter dem entsprechenden Wert für Pkw-Unfälle (62 %), wobei sich deutliche Unterschiede zwischen Moped/Mofa (49 %) und Motorrad (30 %) zeigen.

Dieser Vergleich von MZR- und Pkw-Unfällen (höherer Anteil an Alleinunfällen, aber ein geringerer Anteil an selbstverschuldeten Unfällen für MZR), deutet darauf hin, dass bei den Unfallkonstellationen mit weiteren Verkehrsbeteiligten das MZR seltener der Hauptverursacher war. Die Auswertung der Datengrundlage bestätigt, dass nur in 30 % der Fälle von den zwei Verkehrsbeteiligten das MZR der Unfallverursacher war. Für Moped/Mofa liegt der Anteil mit 36 % höher als für Motorradfahrer (26 %). Pkw hingegen sind in 61 % der Fälle der Hauptverursacher.

Der hohe Anteil von Alleinunfällen bei MZR lässt erkennen, dass äußere Gegebenheiten in Verbindung mit Fehlern bei der Fahraufgabe selbst zu einem Großteil der Unfälle beitragen.

2.4.2 Unfallkonstellation

Eine Studie des ADAC (2009) untersuchte typische Unfallkonstellationen von Motorrad und Pkw als häufigsten Unfallgegner.³

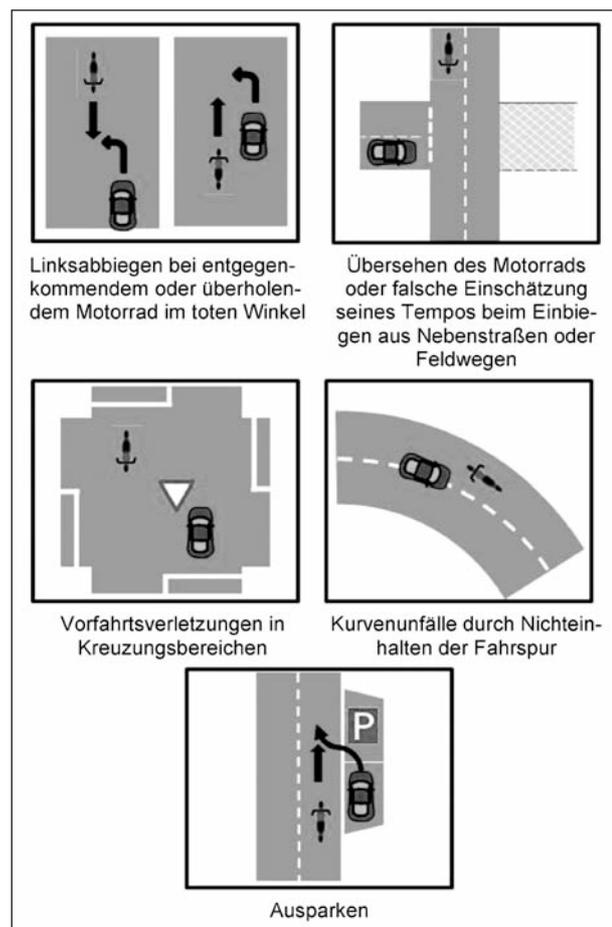


Bild 12: Typische Motorrad-Unfallkonstellationen (erstellt aus ADAC, 2009)

Die fünf ermittelten Konstellationen, bei denen der Pkw in den Fahrweg des Motorrads hineinfährt, weisen auf Defizite in der Wahrnehmung des Motorrads hin.

In der Studie von KÖRNER (2008) wurden mit der Methode des „paarweisen Vergleichs“ 219 Streckenabschnitte untersucht. Diese ergaben sich zum einen aus Strecken mit optisch auffälliger MZR-Unfallhäufigkeit und zum anderen aus weiteren jeweils angrenzenden (unfallunauffälligen) Streckenabschnitten. Für beide Streckenkollektive wurde der Anteil der Strecken bestimmt, die ein bestimmtes Merkmal besaßen (z. B. Steigung, Kurve, fehlende Mittelmarkierung). Konnte im Vergleich der beiden Streckenkollektive gezeigt werden, dass in dem Streckenkollektiv mit der MZR-Unfallauffälligkeit ein bestimmtes Merkmal anteilig häufiger vorkam, war das ein mögliches Indiz, dass dieses Merkmal einen unfallbegünstigenden Einfluss besitzt.

Aus der Überlagerung der Charakteristik der Unfallstelle und den Unfalltypen konnten häufige Unfallkonstellationen herausgearbeitet werden.

³ Keine Unterscheidung nach Innerorts- und Außerortsunfällen.

Die unfallauffälligen Streckenabschnitte wiesen häufig das Merkmal „Kurve“ auf oder beinhalteten Knotenpunktbereiche. Fehlte ein Einfluss aus der Charakteristik der Straßenführung, dominierten Fahrnfälle und Unfälle im Längsverkehr. Die Unfallkonstellationen wurden nicht allein auf Unfälle mit Pkw-Beteiligung untersucht, sondern weiter untergliedert nach ihrer Knotenpunktform und der Charakteristik der Alleinunfälle (siehe Bild 13).

Weitere zwei Konstellationen werden in FORKE et al. (1996) aufgezeigt. Beide ergeben sich in Folge eines Überholvorgangs des Pkw-Fahrers mit entgegenkommenden oder in gleicher Richtung

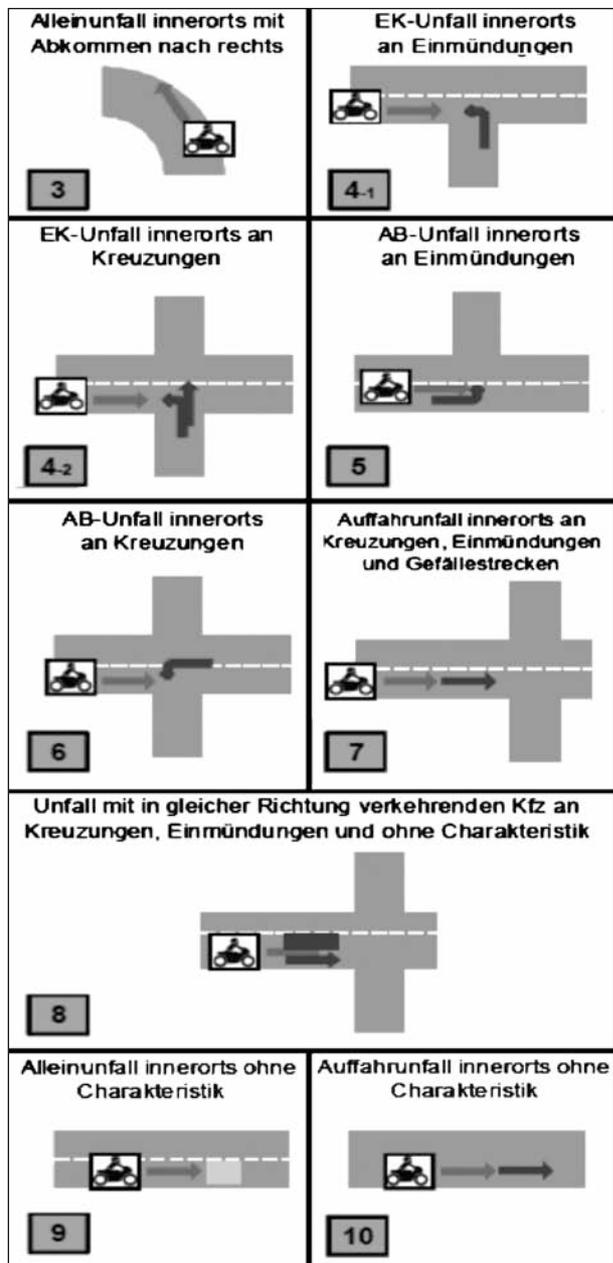


Bild 13: Typische MZR-Unfallkonstellationen (nach KÖRNER, 2008)

fahrenden MZR. Allerdings wird in diesem Beitrag keine Differenzierung vorgenommen bezüglich der Ortslage, wodurch ungeklärt ist, wie häufig diese Konstellationen auch innerorts vorkommen.

2.4.3 Bauliche und verkehrstechnische Merkmale

Auf Basis der Unfalldaten des Landes Hessen, wurden in KROKER (2011) UAB bestimmt. Dabei zeigten sich vier wiederkehrende Merkmale:

- große Knotenpunkte ohne gesonderte Linksabbiegerphase,
- kleine Knotenpunkte mit schlechten Sichtverhältnissen,
- Kreisverkehre,
- Straßenbahngleise auf der Fahrbahn.

Die detaillierte Untersuchung der Unfallkonstellationen von KÖRNER zeigten folgende weitere unfallbeeinflussende Merkmale:

- kreuzende Gleisanlagen im Knotenpunktbereich,
- Parkbuchten auf der Fahrbahn,
- erhebliche Mängel im Straßenzustand,
- keine oder lückenhafte Bebauung,
- hohe Knotenpunktdichte.

3 Grenzwertdefinitionen

3.1 Identifikation von Unfallhäufungsstellen des Gesamtunfallgeschehens

Zur Bestimmung von Unfallhäufungen im innerörtlichen Straßennetz (UHS) werden im „Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen“ (M Uko) (FGSV, 2012), die in Tabelle 13 dargestellten Grenzwerte und Betrachtungszeiträume angegeben.

UHS innerorts			
Knoten	1-JK	5 U _{gTyp}	Fahrbahnrand = 25 m Fahrbahnachse = 50 m
	3-JK _{U(P)}	5 U	
Freie Strecke	1-JK	5 U _{gTyp}	max. 50 m (ab Knoteneinfluss)
	3-JK _{U(P)}	5 U	

Tab. 3: Kriterien für UHS auf Innerortsstraßen (FGSV, 2012)

Darüber hinaus existieren auf Länderebene und international weitere spezifische Grenzwertdefinitionen. Je nach Randbedingungen können sich diese Grenzwerte unterscheiden. Mögliche Randbedingungen sind dabei:

- Ortslage innerorts/außerorts/Autobahn,
- innerhalb/außerhalb Knotenpunktbereich,
- Unfallschwere/Gleichartigkeit,
- Auswertungszeitraum,
- Abschnittslängen,
- Verkehrsbelastung,
- Straßenkategorie,
- Gemeindegröße

(FGSV, 2003a; LBV-SH, 1996; HMdlufS, 2000; IdLNRW, 2003; IdIBW, 2006; AB – Direktion, 2007; MAIER et al., 2008).

3.2 Grenzwertkriterien spezieller Unfälle

Für spezifische Fragestellungen zu bestimmten Teilen des Unfallgeschehens, z. B. bestimmte Zeitbereiche, einzelne Verkehrsteilnehmerarten oder ausgewählte Unfallabläufe sind die generellen Grenzwerte, die auf Basis des gesamten Unfallgeschehens festgelegt sind, nicht geeignet, da sie die Schwelle zu hoch anlegen.

Die Bestimmung der Unfallauffälligkeit einer Verkehrsteilnehmerart an einer Stelle anhand eines dafür speziellen Grenzwertes ist problematisch. Es kann vorkommen, dass dadurch Bereiche festgelegt wurden, die nicht nur für eine, sondern für mehrere Verkehrsteilnehmerarten einen unfallbeeinflussenden Effekt besitzen. Die dort vorzufindenden Randbedingungen sind dann nicht in jedem Fall als MZR-relevantes Defizit einzuordnen. Deshalb wurden zur Identifikation des Unfallgeschehens spezieller Verkehrsteilnehmer oder Unfallumstände weitere Festlegungen entwickelt. Auch hier erfolgt die Definition über Grenzwertvorgaben.

In den „Empfehlungen zum Schutz vor Unfällen mit Aufprall auf Bäume“ werden Kriterien angegeben, um unfallauffällige Bereiche mit Aufprall auf Bäume zu erkennen. Als Auswertungsgrundlage werden dafür die 3-JK (P oder SP) verwendet bzw. die 5-JK mit ausschließlicher Betrachtung der Baumunfälle.

Art der Auffälligkeit	Kriterium der Unfallauffälligkeit
UHS	≥ 3 Baumunfälle an einer Stelle
UHL	≥ 3 Baumunfälle, max. Abstand von 1 km zwischen den Unfällen
sonstiger auffälliger Bereich	mind. 1 Baumunfall, 3 Fahrurfälle im Umfeld, max. Abschnittslänge 300 m

Tab. 4: Grenzwertdefinition für auffällige Bereiche mit Aufprall auf Bäume (FGSV, 2005)

Neben der Definition des Grenzwertes über tatsächliche Baumunfälle werden an sonstigen unfallauffälligen Bereichen die umliegenden Fahrurfälle mit betrachtet, da derartige Unfälle darauf hindeuten, dass eine erhöhte Abkommenswahrscheinlichkeit an einer Örtlichkeit (Stelle, Linie) besteht. Somit wird in dieser Definition die spezielle Charakteristik der Baumunfälle mit einbezogen.

3.3 Grenzwertkriterien von Motorradunfällen

Spezielle Grenzwerte zum Auffinden unfallauffälliger Bereiche des Motorradverkehrs werden im MVMot (FGSV, 2007) dargestellt. Die Grenzwerte basieren auf Unfällen mit schwerem Personenschaden U(SP).

Im „Leitfaden für Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken“ des Landes Hessen basieren die Grenzwerte auf Außerortsstrecken generell auf 5-Jahreskarten der Unfälle mit (schwerem) Personenschaden.

Bei der Anwendung dieser Grenzwerte ergibt sich somit eher eine Unfallauffälligkeit als nach dem MVMot.

Zur Identifikation auffälliger Bereiche des Unfallgeschehens der Motorradfahrer im Bundesstaat Victoria in Australien wurden 2006 in einer Studie die Grenzwerte in Abhängigkeit der Örtlichkeit und der jeweiligen Auffälligkeit definiert. So werden für Großstädte und Außerortsstraßen gesonderte UHS und UHL angegeben. Eine Grenzwertdefinition für kleinere Gemeinden existiert nicht. Als Grenzwertkriterium werden sowohl Unfalldichten, oder Unfallanzahlen als auch Kombinationen aus beiden Größen verwendet.

In Deutschland liegen derzeit für den Innerortsbereich nur wenige Ansätze zur Bestimmung von UAB vor.

Betrachtungszeitraum	Kriterium der Unfallsauffälligkeit
3 Jahre	≥ 2 Motorradunfälle (SP) auf 300 m in einer Kurve, einem Streckenabschnitt oder an einem Knotenpunkt
5 Jahre	≥ 3 Motorradunfälle (SP) auf 300 m in einer Kurve, an einem Knotenpunkt oder auf einem Streckenabschnitt

Tab. 5: Grenzwertdefinition für auffällige Bereiche des Motorrads außerorts (FGSV, 2007)

Auffälligkeit	Kriterium der Unfallsauffälligkeit
punktuell	≥ 3 Motorradunfälle (P) oder ≥ 2 Motorradunfälle (SP)
linienhaft	≥ 3 Motorradunfälle (SP) auf 1 km Länge

Tab. 6: Grenzwertdefinition für auffällige Bereiche des Motorrads außerorts (HLAfSuV, 2012)

Unfallort	Unfallhäufung	Grenzwertkriterium
Metropolregionen	UHL	≥ 3 Motorrad-Fahrunfälle und eine Unfalldichte von 2 Motorradunfälle/km in 5 Jahren (Länge max. 500 m)
außerorts	UHL	≥ 3 Motorrad-Fahrunfälle und eine Unfalldichte von 0,5 Motorradunfälle/km in 5 Jahren (Länge max. 500 m)
Metropolregion und außerorts	UHS	≥ 3 Motorrad-Fahrunfälle in 5 Jahren
Knotenpunkte	UHS	≥ 3 Motorradunfälle in 5 Jahren
lange Strecken	UHL	≥ 11 % aller Unfälle von Motorrädern verursacht ¹
¹ Zeitraum nicht angegeben		

Tab. 7: Grenzwertdefinition für auffällige Bereiche des Motorrads (BRENNAN & BEER, 2006)

In einem mehrstufigen Ablauf wurden von HEGEWALD & GÜNES (2011) ausschließlich auffällige Innerortsknotenpunkte selektiert. In der 3-JK (P) wurden unter Anwendung des „Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypensteckkarten (FGSV, 2003a) die Knotenpunkte gefiltert, an denen der Grenzwert von 5 Unfällen erreicht wurde. Von diesen Knotenpunkten wurden dann diejenigen als auffällig hinsichtlich der MZR-Unfälle definiert, die mindestens 3 gleichartige MZR-Unfälle aufwiesen. Um vorwiegend MZR-spezifische Unfallschwerpunkte zu erhalten, wurde zusätzlich eine Obergrenze von 40 U(P) vorgegeben, damit

allgemein auffällige Knotenpunkte aus dem Kollektiv entfernt werden. Als Basis diente die 3-JK (P) 2006-2008 von Köln.

Schließlich wurde festgehalten, dass über diese Methodik zwar auffällige Knotenpunkte identifiziert, aber oft die Unfälle keinem speziellen Konfliktpunkt im Knotenpunkt zugeordnet werden konnten. Deshalb wurde bei der Betrachtung der Gleichartigkeit empfohlen, auch Unfälle mit Sachschaden einzubeziehen.

KROKER (2011) schlägt für einen Auswertungszeitraum von 5 Jahren einen Grenzwert von 5 U(P) mit MZR-Beteiligung ($U(P)_{MZR}$) zur Bestimmung auffälliger Stellen vor. Als Basis dafür dienten die Innerortsunfälle der MZR im Land Hessen. Vor der Festlegung des Grenzwertes wurden optisch auffällige Bereiche des MZR-Unfallgeschehens gekennzeichnet. Die Wahl des Grenzwertes basierte darauf, möglichst viele dieser vordefinierten Bereiche aufzuzeigen.

4 Methodik

4.1 Grenzwertbestimmung

4.1.1 Anforderungen

Die Bestimmung von UAB dient dazu, lokale Defizite im Straßenraum zu erkennen und mittels geeigneter Maßnahmen die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Dazu werden auf der Grundlage von Unfallzahlen und Randbedingungen Grenzwerte definiert, anhand derer UAB von Bereichen durchschnittlichen oder geringen Unfallgeschehens abgegrenzt werden können. Für die Festlegung des Grenzwertes gelten zwei wesentliche Maßgaben:

- Hoher relativer Nutzen – mithilfe des Grenzwertes sollen möglichst viele relevante Unfälle erfasst werden bei gleichzeitig vertretbarem Aufwand.
- Stabilität – mittels des Grenzwerts soll auf Defizite im Straßenraum hingewiesen werden, wobei zufällige Schwankungen in den Hintergrund treten sollten. Ohne getroffene Maßnahmen sollte demzufolge ein Großteil der so identifizierten UAB im nächsten Auswertungszeitraum erneut auftauchen.

4.1.2 Kriterien

In Vorbereitung auf die Aktualisierung des „Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen“ wurden von MAIER et. Al (2008) eine „Überprüfung und Verbesserung der Grenzwerte zum Erkennen von Unfallhäufungen im Straßennetz“ vorgenommen. Grundlegend wurde angenommen, dass der entstehende Bearbeitungsaufwand mit der Anzahl der erkannten Unfallhäufungsstellen einhergeht. Der Nutzen ergibt sich aus dem Umfang der in den Unfallhäufungen erkannten Unfälle (als Anteil an der Gesamtunfallzahl). Daraus wurden vier Ansätze entwickelt, aus denen die optimalen Grenzwerte abgeleitet werden:

- Piètra-Index der Lorenzkurve,
- Wirkungsquotient,
- Differenz der relativen Aufwands- und Nutzenänderung und
- Mindestanteil der in den UAB zu erfassenden Unfälle.

Diese Ansätze sollen im Folgenden näher erläutert werden.

4.1.3 Verfahren

Lorenzkurve

Lorenzkurven stellen die Ungleichverteilung zweier Variablen dar. Im konkreten Beispiel soll die Verteilung der Unfälle auf die Anzahl der UAB untersucht werden. Dazu werden auf der Abszisse die UAB in absteigender Anzahl nach Unfallhäufigkeit sortiert und abgetragen. Auf der Ordinate werden die Summen der darin erfassten Unfälle aufgetragen (siehe Bild 14).

Die Intensität der Ungleichverteilung kann an der Krümmung der Lorenzkurve abgelesen werden. Als Diagonale in Bild 14 ist der theoretische Verlauf bei Gleichverteilung dargestellt, d. h. wenn sich in jedem UAB gleich viele Unfälle ereigneten. Durch die parallele Verschiebung dieser Geraden an die Lorenzkurve kann der Punkt der Lorenzkurve bestimmt werden, dessen entsprechender UAB die im Mittel vorkommende Unfallanzahl besitzt (Piètra-Index) (RINNE, 2008; ECKSTEIN, 2006). Demnach besitzen die vorangegangenen UAB eine überdurchschnittliche Unfallhäufigkeit und analog die nachfolgenden UAB unterdurchschnittlich viele Unfälle. Die Unfallhäufigkeit der UAB am Piètra-Index entspricht dem anzusetzenden Grenzwert. Somit

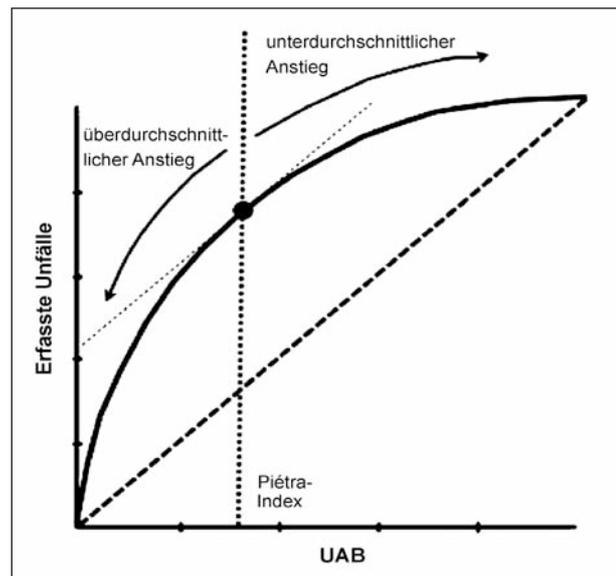


Bild 14: Beispiel einer Lorenzkurve (eigene Darstellung)

wird sichergestellt, dass über die so erkannten UAB möglichst viele Unfälle betrachtet werden bei möglichst wenig zu bearbeitenden UAB. Der mittlere Anstieg der Geraden, die den ersten und letzten Punkt verbindet, entspricht dabei der mittleren Anzahl an Unfällen je UAB.

Bei KÖRNER (2008) wurde jedoch angemerkt, dass die Mindestanzahl für Unfälle je Örtlichkeit Einfluss auf das Ergebnis bei der Ermittlung des Grenzwertes hat. Werden beispielsweise alle Bereiche verwendet, die mindestens zwei Unfälle aufweisen, dann ergibt sich häufig ein Grenzwert von 3 Unfällen/UAB. Liegt die Mindestanzahl bei 3, ergibt sich eher ein Grenzwert von 4 Unfällen/UAB. Der Grenzwert ist also nicht unabhängig von der Wahl der Mindestanzahl Unfälle je Örtlichkeit.

Wirkungsquotient

Der Wirkungsquotient beruht auf den Aufwands- und Nutzenüberlegungen von ECKSTEIN (1998). In diesem Verfahren werden die Aufwands-Nutzen-Relationen zweier Grenzwerte gegenübergestellt.

Formel 1

$$WQ = \frac{\frac{A_{GW}}{N_{GW}}}{\frac{A_{GW-1}}{N_{GW-1}}} = \frac{A_{GW} * N_{GW-1}}{A_{GW-1} * N_{GW}}$$

WQ	Wirkungsquotient
A	Aufwand (UAB)
N	Nutzen (U)
GW	Grenzwert

Somit entstehen für den Wirkungsquotienten drei Zustände:

WQ < 1 Durch die Erhöhung des Grenzwerts um 1 stellt sich ein besseres Aufwand-Nutzen-Verhältnis ein; Aufwand hat sich stärker verringert als Nutzen.

WQ = 1 Bei der Erhöhung des Grenzwerts um 1 haben sich Aufwand und Nutzen im gleichen Maße verringert.

WQ > 1 Durch die Erhöhung des Grenzwerts um 1 stellt sich ein schlechteres Aufwand-Nutzen-Verhältnis ein; Nutzen hat sich stärker verringert als Aufwand.

Zur Bestimmung des optimalen Grenzwerts muss schrittweise für den aktuellen Grenzwert anhand des jeweils nachfolgenden Grenzwerts geprüft werden, ob eine Verbesserung zu erreichen ist. Im Vergleich zur Lorenzkurve ist es nicht möglich eine Vergleichbarkeit mehrerer Wirkungsquotienten, die auf unterschiedlicher Basis (z. B. alle gleichartigen Unfälle vs. schwere Unfälle z. B. U(SP)) berechnet wurden, herzustellen.

Weiterhin wurde festgestellt, dass sich im Allgemeinen bei Erhöhung des Grenzwerts ein besserer Wirkungsquotient einstellt.

Differenz der relativen Aufwands- und Nutzenänderung

In diesem Ansatz wird wie beim Wirkungsquotienten schrittweise die Verbesserung von Aufwand und Nutzen bei Veränderung des Grenzwerts gegenübergestellt. Dabei wird die relative Veränderung des Aufwands zur relativen Veränderung des Nutzens verglichen:

Formel 2

$$DAN = AR - NR$$

$$AR = \frac{A_{GW} - A_{GW,aktuell}}{A_{GW,aktuell}}; NR = \frac{N_{GW} - N_{GW,aktuell}}{N_{GW,aktuell}}$$

DAN Differenz der relativen Aufwands- und Nutzenreduzierung

AR rel. Aufwandsreduzierung

NR rel. Nutzenreduktion

A Aufwand (UAB)

N Nutzen (U)

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass Grenzwerte, die auf Basis unterschiedlicher Kriterien erstellt wurden, miteinander vergleichbar sind. Von Nachteil ist dabei, dass über den Ansatz kein globaler Grenzwert ermittelt wird, sondern zu dem aktuell verwendeten Grenzwert die relativen Änderungen für jeden weiteren Grenzwert berechnet werden müssen.

Mindestanteil an zu erfassenden Unfällen

Im Hinblick auf die vergleichsweise geringen Unfallzahlen der MZR ist es sinnvoll, einen Mindestanteil an zu erfassenden Unfällen zu definieren. Dieser Ansatz liefert keinen optimalen Grenzwert in Bezug auf Aufwand und Nutzen, sondern dient dazu, dass bei der Wahl des Grenzwerts ein Mindestnutzen entsteht, also eine Mindestanzahl an Unfällen, die in der örtlichen Unfalluntersuchung bearbeitet werden. Als Richtwert wird ein Anteil von 10 % (Unfälle in Unfallhäufungen an allen Unfällen) vorgeschlagen. Ein geringerer Wert ist in der Öffentlichkeit für einen Mindestnutzen des Instrumentes der Örtlichen Unfalluntersuchung nicht zu vertreten. Bei einem höheren Wert zeigt sich in vielen Untersuchungsgebieten, dass dann wenig bis gar kein Spielraum für andere Grenzwertkriterien zur Verfügung steht.

4.1.4 Stabilität von Unfallhäufungen

Die Untersuchungen von MAIER et al. (2008) prüfen zusätzlich, inwieweit sich bei festgelegten Grenzwerten eine Stabilität der UHS zwischen den aufeinanderfolgenden Untersuchungszeiträumen einstellt. Damit soll vermieden werden, dass sich Unfallhäufungsstellen ergeben, die aus Zufallsschwankungen resultieren.

Dabei muss beim Vergleich zweier aufeinanderfolgender Untersuchungszeiträume beachtet werden, dass in der Realität an einigen UAB Maßnahmenwirkungen auftreten können. Daher wurde eine rückwärtsgerichtete Untersuchung durchgeführt. Der Ausgangszeitraum (AGZ) für eine Auffälligkeit ist daher der jüngere Zeitraum und wird mit dem vorangegangenen Vergleichszeitraum (VGZ) verglichen. Der Grenzwert im Vergleichszeitraum entspricht dabei dem „eigentlichen“ Grenzwert. Ein UAB soll aber wegen einer geringen Unterschreitung des Grenzwertes (um 1 oder 2 Unfälle) nicht als unstabile UAB entfernt werden.

3-JK (P)	GW _{AGZ} = 5 GW _{VGZ} = 5	GW _{AGZ} = 6 GW _{VGZ} = 5	GW _{AGZ} = 7 GW _{VGZ} = 5
Anzahl stabiler UAS (beide Zeiträume)	45 (39 %)	29 (46 %)  34 %	20 (51 %)  31 %
Anzahl nicht stabiler („unerwünschter“) UAS	69	34 (49 %) 	19 (44 %) 
Summe UAS im AGZ	114	63	39
Anzahl nicht erfasster „eigentlicher“ UAS	0	16	25
 Absoluter Verlust an stabilen Stellen (unerwünscht)			
 Reduktion an nicht stabilen Stellen (erwünscht)			

Bild 15: Beispiel zur Stabilitätsuntersuchung nach MAIER et al., 2008 („AUS“ = UAB)

Im Beispiel (Bild 15) wurden ausgehend von einem Grenzwert von 5 U(P) im Ausgangszeitraum (AGZ) 114 UAB gefunden.

Im Vergleichszeitraum (VGZ) wurde in 45, also 39 %, dieser UAB ebenfalls der Grenzwert eingehalten. Wird im AGZ ein Grenzwert von 6 U(P) angesetzt, ergeben sich 63 UAB. Bei einer zugelassenen Abweichung von 1 U(P) im VGZ (5 U(P)) sind 46 % der UAB stabil. Analog ergeben sich bei einem Ausgangsgrenzwert von 7 U(P) und einer maximalen Abweichung von 2 U(P) eine Stabilität von 51 %. Je größer die zugelassene Schwankung ist, desto höher ist der Anteil stabiler UAB. Andererseits erhöht sich damit die Anzahl verlorener „eigentlicher“ UAB. Insgesamt erfolgt die Reduzierung der nicht stabilen UAB in einem stärkeren Maße als für stabile UAB.

Der zweite Ansatz zur Stabilitätsuntersuchung erfolgt aus der Notwendigkeit, dass für gefundene UHS geeignete Maßnahmen gefunden werden sollen. Deshalb soll im Ausgangszeitraum die Unfallauffälligkeit aus der Gleichartigkeit von Unfällen herrühren. Im Vergleichszeitraum wird dann allerdings ein UAB als stabil gezählt, wenn eine bestimmte Anzahl an Unfällen eingehalten wurde ohne Beachtung der Gleichartigkeit.

Neben der Erhöhung der Stabilität besitzt dieser Ansatz den Vorteil, dass stabile gleichartige UAB aufgrund eines höher angesetzten Grenzwertes im Ausgangszeitraum nicht verloren gehen.

4.1.5 Rangfolgenerstellung von UHS

Zur effizienten Bearbeitung und Maßnahmenfindung in der Verkehrssicherheitsarbeit ist es sinnvoll und wegen möglicherweise großer Anzahl fest-

gestellter UAB auch erforderlich, die gefundenen UAB in eine sachlich begründete Rangfolge zu bringen, sodass vorrangig Stellen starker Unfallauffälligkeit behandelt werden. Es existieren mehrere Ansätze zur Bildung von Rangfolgen:

- Anzahl an Unfällen einer Schwere oder Mindestunfallschwere (FGSV, 2003a),
- gewichtete Addition der Unfälle anhand ihrer Unfallschwere (MAIER et al., 2008).

Die letzteren zwei Ansätze sind aufgrund der Betrachtung nur einer Verkehrsteilnehmerart nur bedingt anwendbar. Vereinzelt und höher gewichtete schwere Unfälle einer Verkehrsteilnehmerart bewirken bei einem kleinen Unfallkollektiv schnell Verzerrungen in der Rangfolge. Bei einer Rangfolgeerstellung nach vermeidbaren Unfallkosten würde der Nutzen anderer Verkehrsteilnehmerarten unbeachtet bleiben.

4.2 Theorie der verallgemeinerten linearen Modelle

4.2.1 Hintergrund

Das Unfallgeschehen im Straßenverkehr wird von mehreren Einflussfaktoren bestimmt. Um den Einfluss einzelner Faktoren abzuschätzen, werden Vorher-Nachher-Vergleiche oder Parallelvergleiche (Mit-Ohne-Vergleich) genutzt. Nachteil beider Verfahren ist, dass sich eine völlige Vergleichbarkeit zwischen den Untersuchungsobjekten kaum herstellen lässt. So lassen sich an Knotenpunkten neben baulichen Merkmalen vor allem DTV-Werte oder DTV-Verhältnisse zwischen Haupt- und Nebenrichtung kaum aufeinander abstimmen. Demnach kann eine allgemeine quantitative Beschreibung des Einflusses eines einzigen Parameters auf das Unfallgeschehen aufgrund der eventuellen Beeinflussung durch ein weiteres Merkmal nicht isoliert werden. Klassische Methoden der Mehrfachregression gehen von einer Normalverteilung der abhängigen Größe aus. Eine Anwendung zur Beschreibung der nahezu poissonverteilten Unfälle ist daher nicht zweckmäßig. In den letzten Jahren etablierten sich national und international die verallgemeinerten linearen Modelle (vgl. TAYLOR, 2000; SCHÜLLER, 2010; BERGER, 2010; BERGER/ POHLE, 2012) zur Beschreibung des Unfallgeschehens auf Straßen. Die Bestandteile, Vorgehensweise, Randbedingungen und weitere Inhalte zu verallgemeinerten linearen Modellen werden hier kurz wiedergegeben.

4.2.2 Modellbestandteile

In verallgemeinerten linearen Modellen werden Einflussfaktoren über eine Exponential- oder Potenzfunktion berücksichtigt und multiplikativ miteinander verknüpft. Ein mögliches Beispiel eines Modells zur Beschreibung des Unfallgeschehens auf Strecken zeigt die nachfolgende Formel:

Formel 3

$$U = a * q^{b_1} * L^{b_2} * e^{\sum_{i=3}^n x_i * b_i}$$

U Zeitraum

a Konstante

b_i Parameter bzw. Koeffizient der Einflussvariable

q Verkehrsstärke

L Länge

x weitere Einflussvariablen

Die über Potenzfunktionen dargestellten Einflussgrößen im Modell beschreiben Expositionsgrößen, bei deren Nichtauftreten (Wert = 0) die Zielgröße den Wert Null annimmt. Der steigende Einfluss der Expositionsgröße führt zu einem steigenden Effekt auf die Zielgröße (z. B. progressiv, linear oder degressiv).

Exponentialfunktionen beschreiben Risikogrößen im Modell. Die exponentielle Darstellung der Risikogrößen und die multiplikative Verknüpfung der einzelnen Größen im Modell führen dazu, dass nur von Null abweichende Werte der Risikogrößen Auswirkungen auf die Zielgröße haben. Risikogrößen können als dichotome, kategoriale oder stetige Funktion in das Modell aufgenommen werden.

4.2.3 Modellaufbau

Der Aufbau des Modells erfolgt schrittweise. Das Modell ohne Einflussfaktoren (Nullmodell) beschreibt den Mittelwert der Unfälle des Untersuchungskollektivs. Im nächsten Schritt wird jede einzelne zur Verfügung stehende Einflussgröße zusätzlich in das Modell aufgenommen und auf seinen Erklärungsanteil der systematischen Streuung überprüft. Die systematische Streuung beschreibt dabei die unterschiedliche Charakteristik des einzelnen Untersuchungspunktes im Modell. Die Einflussgröße mit dem höchsten Erklärungsanteil wird in das Modell aufgenommen. Im weiteren Verlauf werden erneut alle Einflussgrößen in das erweiter-

te Modell auf ihre Varianzerklärung geprüft. Sofern eine Korrelation mit den bereits beinhalteten Größen im Modell ausreichend sicher ausgeschlossen werden kann und die Einflussgröße einen signifikanten Erklärungsanteil zur Streuung beiträgt, wird der Einfluss mit der höchsten Varianzerklärung in das Modell aufgenommen.

4.2.4 Modellprüfung

Nach der Aufnahme aller signifikanten Einflussgrößen ist das Modell zu prüfen auf

- die Anpassung an die Stichprobe und
- ob die enthaltenen Aussagen verallgemeinert werden können.

Hierbei kommen Residuen- und Wahrscheinlichkeitsplots zur Anwendung.

Wahrscheinlichkeitsplots überprüfen die Annahme, dass die standardisierten Residuen einer Normalverteilung folgen. Hierzu werden die empirischen Quantile der standardisierten Residuen den theoretischen Quantilen der Normalverteilung gegenübergestellt (Q-Q-Plot). Bei annähernder Normalverteilung der standardisierten Residuen ergibt sich die Gerade „y = x“. Ähnlich können auch die Summenanglinien der Wahrscheinlichkeiten der empirischen standardisierten Residuen den theoretischen Werten der Normalverteilung gegenübergestellt werden (P-P-Plot).

Residuenplots dienen dazu, die Abweichung zwischen den empirischen und den modellierten Zielgrößen gegenüberzustellen. An die Residuen werden dabei folgende Bedingungen gestellt:

- Homoskedastizität,
- Keine Linearität.

Unter Homoskedastizität wird eine unsystematische Schwankung der Residuen bezüglich einer Einflussgröße um den Mittelwert „0“ verstanden. Linearität liegt vor, wenn eine systematische Anordnung der Residuen bezüglich einer Einflussgröße erkennbar ist. Ein idealisierter Residuenplot ist in Bild 16 dargestellt.

Zur Prüfung der systematischen Varianz dienen Cure-Plots. Cure-Plots stellen den kumulierten Verlauf der Residuen bezüglich einer Einflussgröße dar. Die Darstellung kumulierter Residuen ermöglicht es, Abschnitte der Einflussgröße zu verdeut-

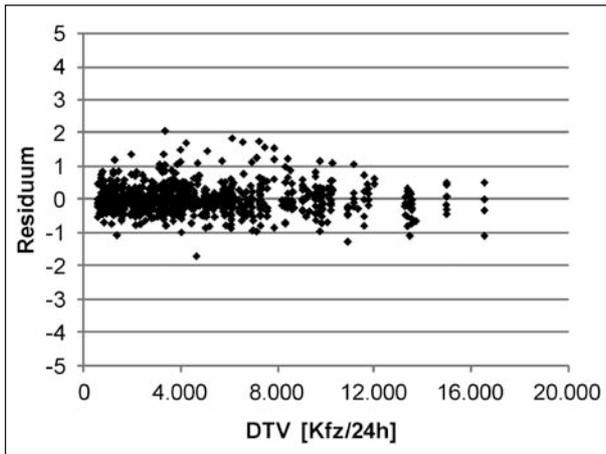


Bild 16: Beispiel Residuenplot über die Einflussgröße DTV

lichen, in denen die Residuen systematisch von „0“ abweichen, bzw. in denen die Zielgröße systematisch über- oder unterschätzt wird.

Als Vertrauensbereich zur Prüfung der systematischen Varianz entwickelten HAUER & BAMFO (1997) die Grenzen $\pm 2 \delta^*$, in denen sich die kumulierten Residuen bei Fehlen von systematischer Varianz bewegen. Systematische Varianz kann auftreten, wenn vereinzelt Bereiche der Haupteinflussgröße in den Daten über- oder unterproportional häufig auftreten.

Das Beispiel in Bild 17 stellt einen solchen Cure-Plot dar, in dem im Bereich von etwa 10.000-25.000 Einwohner eine systematische Abweichung der Residuen zu erkennen ist. Diese folgen aus dem überproportionalen Auftreten eines Bereichs der Haupteinflussgröße, weshalb das Modell stärker an diesen Bereich angepasst wird und dafür andere Bereiche schlechter angepasst sind.

Des Weiteren muss das Modell auf die Wirkung durch extreme Abweichungen (Ausreißer) hin überprüft werden. Hierzu werden verschiedene Distanzmaße wie der Hebelwert oder die Cook-Distanz verwendet.

Die Cook-Distanz beschreibt den Einfluss, den der Ausschluss eines Falls auf die Residuen im Modell bewirkt. Als Grenzwert wird von HUTCHESON & SOFRONIOU (1999) ein Wert nach Formel 4 angegeben.

Formel 4

$$Cd = \frac{4}{(n - k)}$$

Cd Cook-Distanz

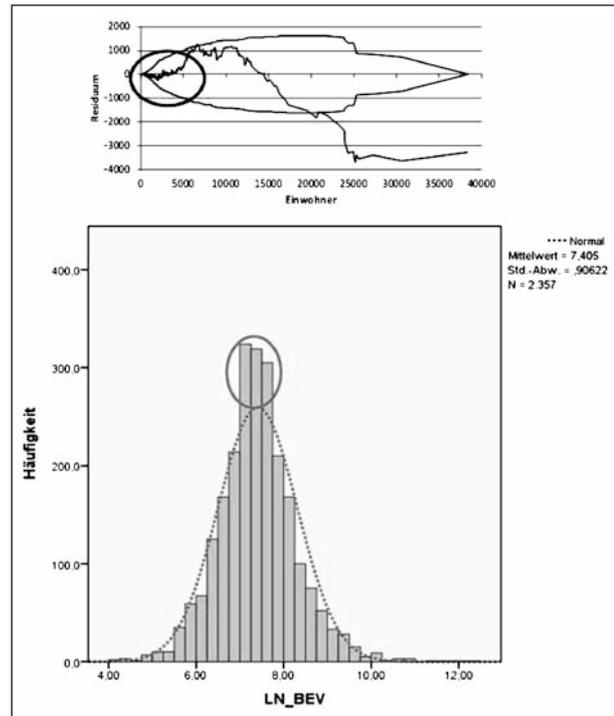


Bild 17: Beispiel Cure-Plot über die Einwohneranzahl (oben) und Histogramm der logarithmierten Einwohnerzahl (unten)

- k Anzahl der Freiheitsgrade
- n Kollektivgröße (Betrachtungsfälle)

Der Hebelwert dient der Beschreibung der Hebelwirkung eines Falls auf das Regressionsmodell. Hohe Hebelwerte wirken sich demnach stark auf die Koeffizienten der Modellparameter aus. Als Grenzwert für den Hebelwert (STEVENS, 2009) gilt:

Formel 5

$$Hw = \frac{3 * (k + 1)}{n}$$

HW Hebelwert

- k Anzahl der Freiheitsgrade
- n Kollektivgröße (Betrachtungsfälle)

Das Überschreiten der Grenzwerte für die Distanzmaße führt nicht zu einem automatischen Ausschluss des Falls im Modell, bedarf aber einer individuellen Prüfung der inhaltlichen Gründe bzw. Besonderheiten des Falls.

4.2.5 Modellinterpretation

Anhand eines Beispiels soll die Funktionsweise und Interpretation der Modelle zur Beschreibung des Unfallgeschehens erläutert werden. Als Einfluss-

Modell U(P)	Parameter	Koeffizienten	Anpassungs- güte
Nullmodell	k	-3,381	236,288
	Exposition		
	LN_BEV	-14,889	6,808
	LN_EWT	1,366	
		0,316	
Endmodell	k	-18,152	6,207
	LN_BEV	1,326	
	LN_EWT	0,263	
	unter_KP-Dichte	0,049	

Bild 18: Beispielparametersatz

größen auf die Unfallanzahl im nachfolgenden Beispiel beinhaltet das Modell die Bevölkerung (BEV), die Erwerbstätigen (EWT) und die Knotenpunktdichte im untergeordneten Straßennetz.

Im ersten Modellschritt werden keine Einflussparameter im Modell berücksichtigt. Dieses Nullmodell gibt den Erwartungswert für das Untersuchungskollektiv wieder. Durch Vergleich mit dem Nullmodell wird die Verbesserung weiterer Modelle bei Hinzunahme weiterer Einflussgrößen getestet.

Um die Verbesserung der Modelleffekte darzustellen, werden neben der Anpassung an eine negative Binomialverteilung die Modelle auf Basis der Poissonverteilung konstruiert. Bei einer perfekten Anpassung an eine Poissonverteilung entspricht die Pearson-Abweichung der Anzahl der Freiheitsgrade und die Anpassungsgüte (letzte Spalte in Bild 19) nimmt demnach den Wert 1 an. Die Abweichung der Anpassungsgüte von 1 ist ein Maß für die verbleibende systematische Streuung im Modell. Die Reduzierung der Abweichungen beim Aufbau des Modells wird daher als Indikator genutzt für die Verbesserung der Modellgüte (Anpassungsgüte). Ziel ist es, die Anpassungsgüte auf 1 zu reduzieren. Dann liegt eine perfekte Anpassung an eine Poissonverteilung vor. Die Reduzierung des Werts der Anpassungsgüte vom Nullmodell über das Modell mit Expositionsgrößen bis hin zum Endmodell verdeutlicht die Erhöhung des Anteils der erklärten Streuung an der Gesamtstreuung. Die Verbesserung der Anpassungsgüte im Beispiel von 236,288 im Nullmodell auf 6,207 im Endmodell erklärt demnach

Formel 6

$$\frac{(236,288-1)}{(6,207-1)} = 97 \% \text{ der systematischen Streuung.}$$

Das Endmodell kann dann in der folgenden Form dargestellt werden:

Formel 7

$$U = e^{-18,152} * BEV^{1,326} * EWT^{0,263} * e^{(0,049 * \text{unter_KP_DICHTE})}$$

U Unfälle

BEV Einwohner

EWT Erwerbstätige

unter_KP_DICHTE Knotenpunktdichte im untergeordneten Straßennetz

5 Festlegung von UAB

5.1 Untersuchungsgebiete

Gemeinden bis 80.000 Einwohner weisen starke Unterschiede in ihrer Unfallkostenbelastung auf, wohingegen Städte ab 80.000 Einwohner ein stabiles Niveau bei der Unfallkostenbelastung zeigen (MEEWES, 1984). Deshalb wird der Untersuchungsraum zunächst anhand ihrer Einwohnerzahl aufgeteilt nach Städten (> 80.000 Einwohner) und Gemeinden (< 80.000 Einwohner). Auf diese Weise sollen mögliche Unterschiede im MZR-Unfallgeschehen im Binnenverkehr (Städte) und im Durchgangsverkehr (Gemeinden) aufgezeigt werden. In beiden Untersuchungsgruppen wird dieselbe Vorgehensweise bei der Bestimmung möglicher UAB verwendet.

Um unfallauffällige Regionen bezüglich des MZR-Unfallgeschehens in Deutschland zu identifizieren, wurden in der 2-BE-SAFE-Studie (2-BE-SAFE c, 2010) für das Jahr 2006 die Anteile der Unfälle mit Personenschaden und MZR-Beteiligung an allen Unfällen mit Personenschaden auf Außerortsstrecken in den Verwaltungsbezirken ermittelt (siehe Bild 19). Mit hoher Auffälligkeit zeigten sich hier Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Bayern und Sachsen. Als mögliche Erklärung wurde der bergige Charakter der Landschaft dieser Bundesländer genannt, was eine hohe Attraktivität für Motorradfahrer darstellt. Für Innerortsstrecken liegen keine derartigen Erkenntnisse vor.

Die Wahl Städte und Gemeinden orientierte sich an den außerorts unfallauffälligen Regionen aus der 2-BE-SAFE-Studie. Ergänzend wurden sowohl unfallauffällige Regionen als auch Metropolstädte mit in

das Untersuchungskollektiv aufgenommen, um eine umfassende Aussage zu ermöglichen. Das Kollektiv soll bezüglich der Einwohnerzahl unterschiedliche Städte/„Gemeinden“ umfassen. Damit wird geprüft, ob sich beispielsweise beim Vergleich einer Großstadt mit einer Ortsdurchfahrt Unterschiede im

Unfallgeschehen zeigen oder ob sich die Notwendigkeit für andere Grenzwerte erkennen lässt.

Tabelle 8 sowie Bild 20 geben einen Überblick über die Städte und Gemeinden der Untersuchung und der verfügbaren Datengrundlagen.

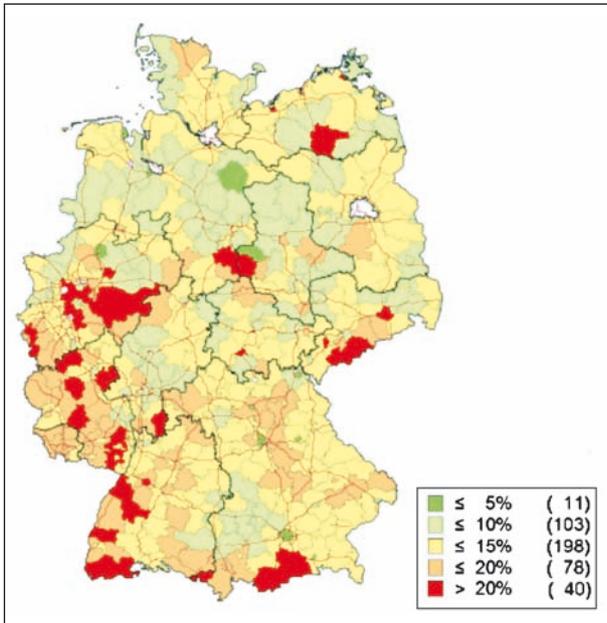


Bild 19: Unfallauffällige Regionen nach deren Anteil an Motorradunfällen auf Außerortsstrecken (2-BE-SAFE c, 2010)

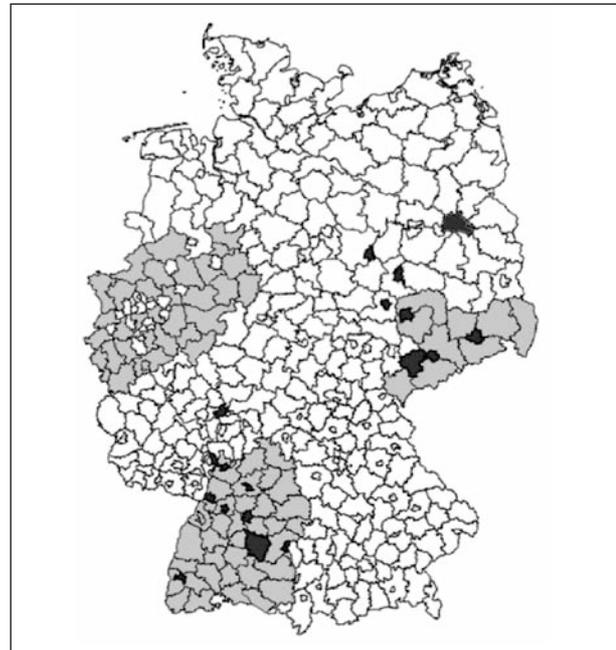


Bild 20: Geografische Lage der Untersuchungsgebiete (hellgrau = Gemeinden, dunkelgrau = Städte)

	Städte/ Gemeinden	Einwohner	Einwohnerzählung (Jahr)	Unfallauswertungs- zeitraum	Datenformat
Sachsen	Dresden	529.781	2011	2004-2011	EUSKa
	Leipzig	531.809			
	Chemnitz	243.173			
	Zwickau	93.128			
	alle Gemeinden 80.000 Einwohner				
Sachsen-Anhalt	Magdeburg	231.525	2010	2004-2011	EUSKa
	Halle	232.963			
	Dessau	86.906			
Nordrhein-Westfalen	alle Gemeinden 80.000 Einwohner (mit Baulastträgerschaft des Bundes oder Landes)		2011	2006-2011	georeferenzierte Datenbank
Baden- Württemberg	Stuttgart	606.588	2010	2007-2010	EUSKa
	Mannheim	313.174			
	Freiburg	224.191			
	Heilbronn	122.879			
	Heidelberg	147.312			
	Karlsruhe	294.761			
	Pforzheim	119.781			
	Reutlingen	112.484			
Ulm	122.801				
	alle Gemeinden < 80.000 Einwohner				
Frankfurt a. M.	Frankfurt	691.518	2011	2006-2011	EUSKa
Berlin	Berlin	3.515.473	2012	2001-2005	EUSKa

Tab. 8: Überblick über Untersuchungsgebiete, Unfallauswertungszeiträume und Datenformat

Die Aufstellung in Tabelle 9 zeigt die Unterschiede der zur Verfügung stehenden Unfalldaten im Hinblick auf die Dokumentation von Unfällen mit Sachschaden (S) aller entsprechenden Kategorien und auf bestimmten Straßenklassen (SK).

Für die Bestimmung der Grenzwerte (GW) ist ausschlaggebend:

- U(P) oder U(P+S) als Datengrundlage,
- Gemeinde oder Städte als Grundlage des Untersuchungsgebiets.

Untersuchungsgebiet	S	SK	GW	ST
Sachsen	✓	alle	✓	✓
Sachsen-Anhalt	(✓) ^{a)}	alle	(✓) ^{a)}	✓
Nordrhein-Westfalen	(✓) ^{a)}	Bundes- und Landesstraßen	(✓) ^{a)}	✓
Baden-Württemberg	X	alle	(✓) ^{a)}	X
Frankfurt a. M.	✓	alle	✓	✓
Berlin	X	alle	✓	X

^{a)} Unfälle mit Sachschaden nicht oder nur über Teile des gesamten Auswertungszeitraums vorhanden. Die Definition eines Grenzwerts auf Basis von U(P+S) ist daher nicht möglich

Tab. 9: Datenumfang und Auswertungsmöglichkeiten

Untersuchungsraum	Auswertung	Untersuchungsgebiete	Unfallkollektiv
Städte	GW auf Basis von U(P) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Städte in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Sachsen-Anhalt, – Baden-Württemberg, • Frankfurt a. M., • Berlin 	123 U(GT) _{MZR} 3.291 U(SV) _{MZR} 12.579 U(LV) _{MZR}
	ST der UAB auf Basis der U(P) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Städte in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Sachsen-Anhalt • Frankfurt a. M., • Berlin 	105 U(GT) _{MZR} 2.623 U(SV) _{MZR} 10.067 U(LV) _{MZR}
	GW auf Basis von U(P+S) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Städte in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Sachsen-Anhalt 	57 U(GT) _{MZR} 1.382 U(SV) _{MZR} 4.072 U(LV) _{MZR} 188 U(SS) _{MZR} 3.076 U(LS) _{MZR}
	ST der UAB auf Basis der U(P+S) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Städte in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Sachsen-Anhalt 	57 U(GT) _{MZR} 1.382 U(SV) _{MZR} 4.072 U(LV) _{MZR} 188 U(SS) _{MZR} 3.076 U(LS) _{MZR}
Gemeinden	GW auf Basis von U(P) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinden in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Baden-Württemberg, – Nordrhein-Westfalen 	164 U(GT) _{MZR} 5.552 U(SV) _{MZR} 14.226 U(LV) _{MZR}
	ST der UAB auf Basis der U(P) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinden in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Nordrhein-Westfalen 	112 U(GT) _{MZR} 3.606 U(SV) _{MZR} 8.542 U(LV) _{MZR}
	GW auf Basis von U(P+S) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinden in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen, – Nordrhein-Westfalen 	112 U(GT) _{MZR} 3.606 U(SV) _{MZR} 8.542 U(LV) _{MZR} 581 U(SS) _{MZR} 1.398 U(LS) _{MZR}
	ST der UAB auf Basis der U(P+S) _{MZR}	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinden in: <ul style="list-style-type: none"> – Sachsen 	80 U(GT) _{MZR} 2.035 U(SV) _{MZR} 3.733 U(LV) _{MZR} 143 U(SS) _{MZR} 354 U(LS) _{MZR}

Tab. 10: Datengrundlage der einzelnen Auswertungen

Für die UAB-Stabilität (ST) ist ausschlaggebend:

- U(P) oder U(P+S) als Datengrundlage,
- Gemeinde oder Städte als Grundlage des Untersuchungsgebiets,
- Zwei vergleichbare Untersuchungszeiträume mit gleicher Datengrundlage.

Fehlende Sachschadensunfälle erschweren die Bestimmung eines Grenzwerts anhand gleichartiger Unfälle aufgrund der geringen Grundgesamtheit.

Die Unfalldaten aus Nordrhein-Westfalen können durch ihre Beschränkung auf Bundes- und Landesstraßen nur für die Bestimmung von UAB in Gemeinden genutzt werden. Die beschränkte Verwendung der Unfalldaten auf den Bundes- und Landstraßen der Städte würde zu einer starken Ergebnisverzerrung innerhalb der Grenzwertbestimmung führen.

Je nach Untersuchung des Grenzwerts oder der Stabilität ändert sich die Datengrundlage aus den genannten Randbedingungen.

5.2 Unfallstruktur im Untersuchungskollektiv

Zunächst wird ein Überblick über das Unfallgeschehen von MZR im Untersuchungskollektiv erarbeitet. Zu Vergleichszwecken werden die Untersuchungen getrennt für Städte und Gemeinden und – aufgrund der uneinheitlichen Datengrundlage – nur auf Basis der Unfälle mit Personenschaden durchgeführt (siehe Tabelle 11).

Gemeinden	U(P) _{MZR}	Städte	U(P) _{MZR}
Baden-Württemberg	13.518	Baden-Württemberg	3.198
Sachsen	5.848	Sachsen	4.233
Nordrhein-Westfalen	3.206	Sachsen-Anhalt	1.278
Summe	22.572	Berlin	5.153
		Frankfurt	2.131
		Summe	15.993

Tab. 11: Anzahl der U(P)_{MZR} in den Untersuchungsgebieten

5.2.1 Relative Häufigkeit von MZR-Unfällen

Ein Vergleich des Anteils der U(P)_{MZR} am Gesamtunfallgeschehen zeigt nur geringe Abweichungen zu den Werten in Deutschland. Ca. 11 % aller U(P) innerorts erfolgten mit Beteiligung von MZR. Im Untersuchungskollektiv betrug dieser Anteil sowohl in den Gemeinden als auch in den Städten knapp 13 %. Zunächst wird geprüft, ob die Unfallauffälligkeit auf Außerortsstrecken in den 2-BE-SAFE-Regionen auch für die angrenzenden Innerortsbereiche gilt.

5.2.2 Unfallschwere

Betrachtet wird die Unfallschwere von MZR-Unfällen mit Personenschaden. Im Fokus steht der Anteil schwerer Personenschäden.

Mit ca. 22 % ist dieser Anteil der Unfälle der Kategorie 1 und 2 in den Städten vergleichbar mit den statistischen Daten von Deutschland. In den Gemeinden liegt dieser Anteil mit 30 % höher. Die detaillierte Untersuchung der einzelnen Städte hat

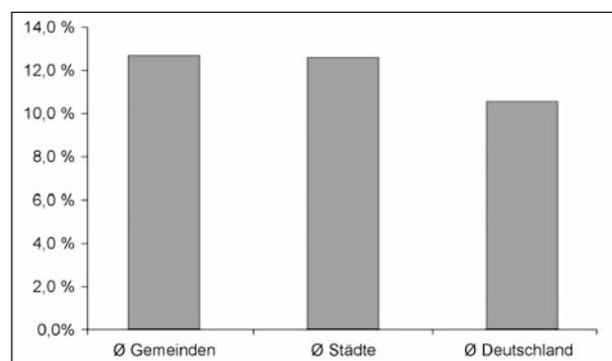


Bild 21: Anteil der U(P)_{MZR} am Gesamtunfallgeschehen U(P) im Untersuchungskollektiv und in Deutschland (Destatis, 2012)

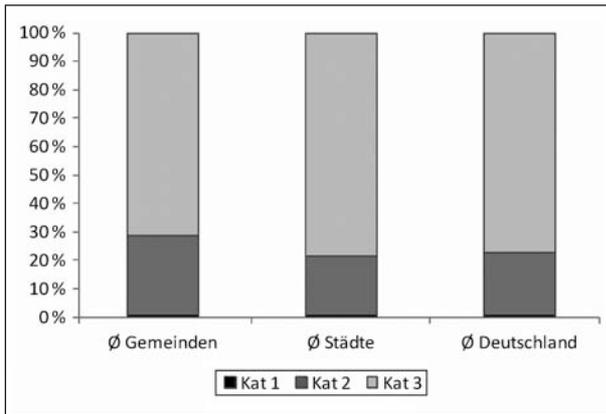


Bild 22: Verteilung der Unfälle nach Hauptverursacher

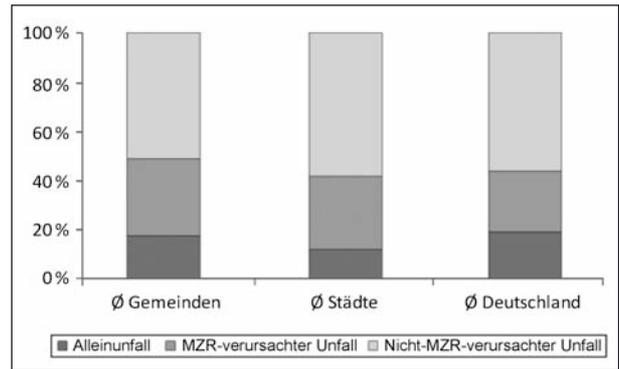


Bild 24: Verteilung der Unfälle nach Hauptverursacher

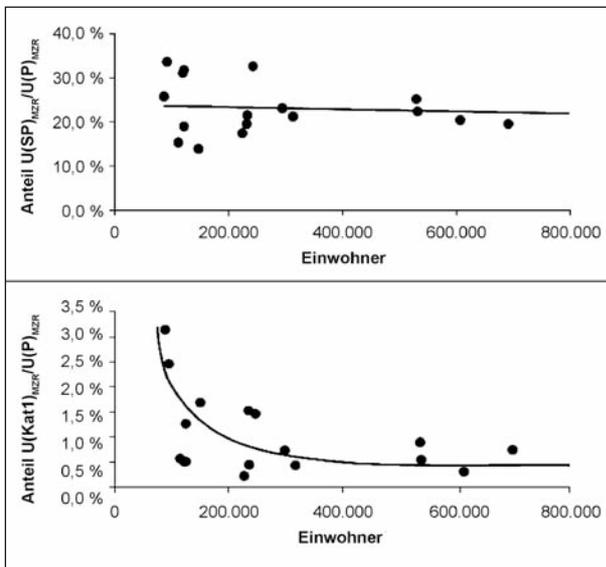


Bild 23: Anteil der MZR-Unfälle; a) mit mindestens schwerem Personenschaden $U(SP)_{MZR}$ an allen Unfällen mit Personenschaden $U(P)_{MZR}$ und b) mit Getöteten $U(Kat.1)_{MZR}$ an $U(P)_{MZR}$ über die Einwohnerzahl

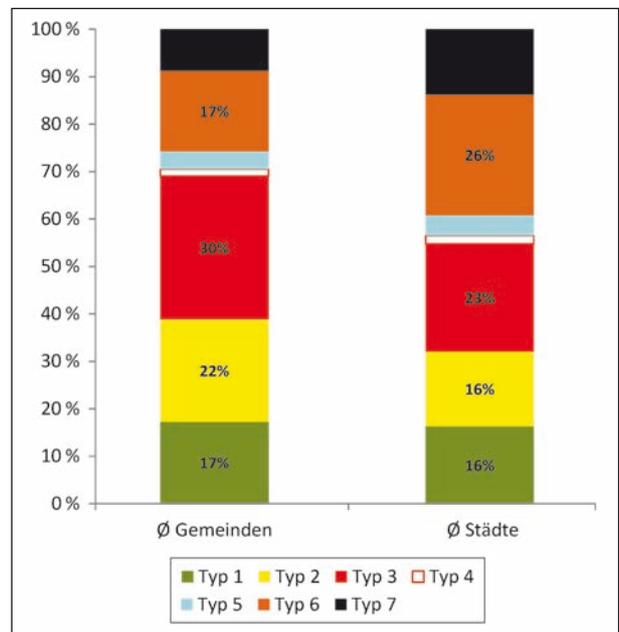


Bild 25: Verteilung der $U(P)_{MZR}$ nach Unfalltyp

einen Trend gezeigt, dass mit steigender Einwohnerzahl der Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden bzw. Getöteten rückläufig ist (siehe Bild 23).

5.2.3 Hauptverursacher

Bei etwa 42-43 % der MZR-Unfälle innerorts ist das MZR der Hauptverursacher des Unfalls. (Alleinunfälle und MZR-verursachte U(P) mit weiterem Verkehrsteilnehmer). Auch hier liegen die Anteilswerte in den Städten näher am bundesdeutschen Durchschnitt als in den Gemeinden. In den Gemeindeflächen liegt der Wert bei 49 %. Der Anteil von Alleinunfällen ist von stärkeren Schwankungen zwischen den einzelnen Städten geprägt.

Mit steigender Einwohnerzahl zeigte sich ein Rückgang des Anteils der selbstverschuldeten Unfälle in den Städten.

5.2.4 Unfalltypen und Unfallarten

Zwischen den Gemeinden und Städten zeigen sich vor allem Unterschiede bei den Unfalltypen, die typischerweise im Zusammenhang mit Knotenpunkten auftreten (Einbiegen-/Kreuzen- und Abbiegeunfälle). In Gemeinden dominieren diese Unfalltypen mit einem Anteil von 52 %. In Städten fällt dieser Anteil mit 39 % geringer aus. Hier treten stattdessen vermehrt Unfälle im Längsverkehr auf (siehe Bild 25).

Auch die Analyse der Unfallarten des Untersuchungskollektivs bestätigt die unterschiedliche Verteilung der Unfälle in den Untersuchungsgebieten. Während die Unfallarten 4 und 5 (Zusammenstoß mit Fahrzeug das entgegenkommt oder Fahrzeug,

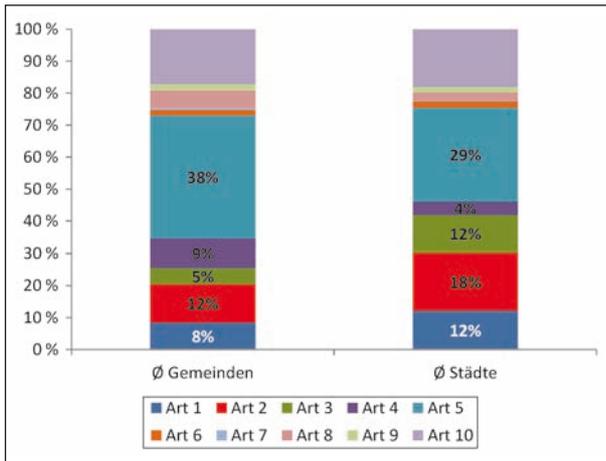


Bild 26: Verteilung der U(P)_{MZR} nach Unfallart

das einbiegt oder kreuzt) in Gemeinden den größten Anteil der Unfallarten, mit 41 % darstellen, sind es in Städten nur 33 %. Mit 42 % dominieren stattdessen mit den Unfallarten 1-3 (Zusammenstoß mit Fahrzeug, das anfährt/anhält/im ruhenden Verkehr steht oder vorausfährt/wartet oder seitlich in gleicher Richtung fährt) in Städten die Unfälle in Längsrichtung. In Gemeinden sind dies nur 32 % der Unfallarten.

5.2.5 Verteilung von MZR-Unfällen nach MZR-Typ

Abschließend wurde in der Analyse geprüft, inwieweit sich Unterschiede zwischen den Gemeinden und Städten bezüglich der Art der Verkehrsbeteiligung von leichten und schweren MZR zeigen.

Zunächst hat sich gezeigt, dass sich in Gemeinden anteilig mehr U(P) mit Beteiligung von Moped/Mofa ereignen.

Eine Detailanalyse zeigte Unterschiede zwischen den einzelnen Städten. In den sächsischen Städten (außer Zwickau) nehmen die Unfälle mit Moped/ Mofa deutlich weniger Anteil am MZR-Unfallgeschehen ein. Dies lässt sich nicht auf einen geringeren Bestand an Moped/Mofas zurückführen, da Sachsen mit 64 % den zweithöchsten Moped/Mofa-Anteil am MZR-Bestand besitzt (KBA, 2012).

Zudem zeigten sich Unterschiede in den Anteilen der Unfälle, an denen Mofas (Schlüsselnummer 2) beteiligt waren. Während diese einen nennenswerten Anteil in den untersuchten westdeutschen Städten bildeten, konnte dies in Berlin und den anderen ostdeutschen Städten nicht ermittelt werden.

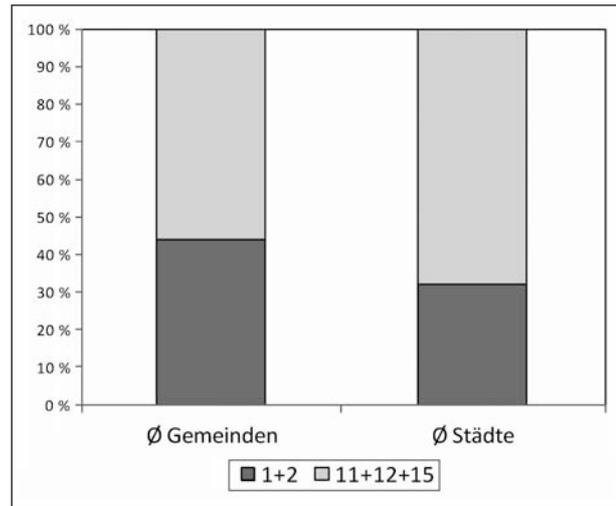


Bild 27: Verteilung der U(P)_{MZR} nach MZR-Typ (dunkelgrau = Mofa/Moped; hellgrau = Motorrad)

Weder Stadtgröße noch die Nähe zu attraktiven Motorradstrecken oder deutlich ausgeprägte Unterschiede der Bestandsdaten können eine einfache Erklärung dieser Unterschiede im Anteil der einzelnen Fahrzeuggruppen am MZR-Unfallgeschehen liefern.

5.3 Grenzwertbestimmung

Im ersten Ansatz ergibt sich die Unfallsauffälligkeit eines Bereichs aus der (jährlichen) Anzahl der MZR-Unfälle mit Personenschaden. Demnach steht eine hohe Unfallhäufigkeit für eine Gefährdung des MZR-Fahrers. Dafür wurden in den (Jahres-)Unfalltypenkarten unabhängig von Unfalltyp und Unfallkategorie Bereiche mit mindestens 2 Unfällen mit MZR-Beteiligung markiert. Als Datengrundlage wurden hierfür alle Unfälle mit Personenschaden verwendet, die als größte gemeinsame Datengrundlage zur Verfügung stand. Anschließend wurde in unterschiedlichen 3-Jahres-Zeiträumen die Anzahl der Unfälle mit MZR-Beteiligung ausgelesen.

Bei diesem Ansatz ist zu beachten, dass es sich auch um Bereiche mit genereller Unfallsauffälligkeit im Sinne der Festlegung von Unfallhäufungsstellen nach dem „Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen“ (FGSV, 2012) handeln kann, in denen zwar eine gewisse Anzahl an MZR-beteiligten Unfällen vorlag, diese aber anteilig nicht dominieren. In den auffälligen Bereichen muss also nicht zwangsläufig ein spezieller unfallbegünstigender Umstand für MZR vorliegen, wodurch die Maßnahmenfindung für MZR erschwert

wird. Außerdem führt dieses Verfahren zu einem deutlich höheren Aufwand bei der Identifikation dieser Bereiche, da zusätzlich zur Bestimmung allgemeiner Unfallhäufungsstellen auffällige Bereiche für MZR bestimmt werden müssen.

Der zweite Ansatz erfordert eine Unterscheidung der Begriffe „Unfallhäufungsstelle“ (UHS) und „unfallauffälliger Bereich“ (UAB). Als UHS werden diejenigen Örtlichkeiten bezeichnet, deren Unfallgeschehen die Grenzwerte nach dem „Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen“ überschreiten. Unfallauffällige Bereiche hingegen bezeichnen in diesem Bericht die Örtlichkeiten, deren Unfallgeschehen bezüglich der MZR als auffällig gilt.

Daher erfolgt im zweiten Ansatz die Bestimmung der Bereiche auf Grundlage der Unfälle in den (bereits definierten) Unfallhäufungsstellen nach dem „Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen“ (FGSV, 2012). Als Kenngröße zur Beschreibung der Unfallauffälligkeit dient der Anteil der MZR-Unfälle am Gesamtunfallgeschehen in den UHS. Mittels dieses Ansatzes entfällt der Aufwand für die Praxis der zusätzlichen Bestimmung von UAB und durch den erhöhten Anteil an MZR-Unfällen kann eher auf eine besondere Problematik für MZR-Fahrer geschlossen werden.

Als Kriterium für die Bestimmung des optimalen Grenzwertes dienen in beiden Ansätzen sowohl die Lorenzkurve, der Wirkungsquotient sowie die Differenz von Nutzen- und Aufwandsänderung, wie sie in dem Kapitel 4.1 beschrieben wurden.

Im Anschluss werden dieselben Ansätze unter Einbeziehung der Sachschadensunfälle in den dafür geeigneten Unfalltypenkarten des Untersuchungsgebiets angewendet. Aufgrund der Gebietsreform in Sachsen-Anhalt sind die Ergebnisse dort in Einzelfällen beeinträchtigt.⁴

Für die Bestimmung der möglichen Grenzwerte müssen neben den einzelnen Grenzwertbestimmungsverfahren auch die zu verwendenden Unfallkollektive unterschieden werden. Im Speziellen betrifft das die Verwendung von

- allen Unfällen vs. die getrennte Betrachtung von Unfällen in Städten und Gemeinden und

⁴ Fehlerhafte Angaben des Gebietscodes führen dazu, dass Unfälle sich doppeln können oder sie fehlen im Gesamtkollektiv.

- allen Unfällen vs. die alleinige Betrachtung der Unfälle mit Personenschaden.

5.3.1 U(P) mit MZR-Beteiligung

Ungeachtet der Differenzierung der Untersuchungskollektive nach der Einwohnerzahl ergab sich für den ersten Ansatz ein optimaler Grenzwert bei 3 $U(P)_{MZR}$ in 3 Jahren nach allen Grenzwertbestimmungsmethoden. Eine Ausnahme bildet die Stadt Dresden, in der sich bei der Differenz der relativen Aufwands- und Nutzenänderung ein Grenzwert von 4 $U(P)_{MZR}$ ergab.

In den Städten Ulm, Reutlingen, Freiburg und Dessau wurde die Mindestanzahl von 2 $U(P)_{MZR}$ nicht überschritten, sodass diese Städte nicht weiter untersucht werden konnten. Dieser Grenzwert scheint sich erst ab einer Einwohnerzahl über 200.000 zu eignen.

Je nach Auswertungszeitraum kann in den Städten eine unterschiedliche Anzahl an UAB entstehen. Die unterschiedliche Anzahl kann dabei nicht allein auf Unterschiede der Einwohnerzahl zurückgeführt werden.

Die Anzahl an Unfällen in einem UAB übersteigt dabei nicht deutlich die Anzahl von 3 $U(P)_{MZR}$. Das zeigt, dass eine zusätzliche Unterscheidung der Unfälle nach dem Unfalltyp nicht sinnvoll ist.

Auch im Vergleich der Gemeinden zeigen sich deutliche Unterschiede in der Anzahl der UAB bei Anwendung des Grenzwerts. Die höchste Anzahl zeigte sich in Baden-Württemberg. Bei annähernd gleicher Fläche und 7 Mio. mehr Einwohnern zeigt

Städte		Anzahl UAB
Dresden	Stuttgart	259
Leipzig	Mannheim	
Chemnitz	Heilbronn	
Zwickau	Heidelberg	
Magdeburg	Karlsruhe	
Halle	Pforzheim	
Berlin	Frankfurt a. M.	
Gemeinden		
Sachsen, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg		148

Tab. 12: Anzahl UAB nach der Anzahl $U(P)_{MZR}$ in den Untersuchungsgebieten

ten sich dahingegen in Nordrhein-Westfalen nur etwa die Hälfte an auffälligen Bereichen. Mögliche Gründe werden in der Siedlungsstruktur und Topographie der Regionen vermutet.

5.3.2 $U(P+S)_{MZR}$

Werden zusätzlich zu den Unfällen mit Personenschaden in einem weiteren Analyseschritt Unfälle mit Sachschaden in das Unfallkollektiv aufgenommen, kann die Bestimmung des Grenzwerts wegen der verfügbaren Datengrundlage nur für die Städte Sachsens erfolgen.⁵

Unter Verwendung dieses Grenzwerts ergeben sich in Städten die etwa drei- bis vierfache Anzahl an UAB im Vergleich zum Grenzwertansatz über die Unfälle mit Personenschaden (vgl. Tabelle 14).

Sehr deutlich wird, dass sich trotz der Hinzunahme der Unfälle mit Sachschaden der Grenzwert bei 3 $U(P+S)_{MZR}$ bleibt. Die Ursache dafür ist erneut der überproportionale Anteil an möglichen UAB mit nur 2 $U(P+S)_{MZR}$ (80 %).

Auch in Gemeinden erweist sich die zusätzliche Einbeziehung der Sachschadensunfälle als nicht zielführend. Es entsteht bei hohem Bearbeitungsaufwand ein überproportionaler Anteil an möglichen

Städte	Lorenzkurve	Wirkungsquotient	Diff. Rel. Aufwands- und Nutzenänderung
Dresden	3	3	3
Leipzig	3	3	3
Chemnitz	3	3	3
Zwickau	3	3	3

Tab. 13: Optimaler Grenzwert an $U(P+S)_{MZR}$ in den Städten

Städte	Anzahl UAB
Dresden	142
Leipzig	
Chemnitz	
Zwickau	

Tab. 14: Anzahl UAB nach $U(P+S)_{MZR}$ in den Städten

⁵ Nach § 2 des Gesetzes über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (StBunfStatG, 1990) ist die Unfallstelle nur für Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden zu erfassen. Für alle weiteren Unfallkategorien ist lediglich die Gesamtanzahl nach Straßenkategorie und Ortslage zu erfassen.

UAB mit zwei Unfällen, sodass sich automatisch deshalb für jedes gewählte Unfallkollektiv der optimale Grenzwert erneut bei 3 $U(P)_{MZR}$ ergeben würde.

5.3.3 Anteil $U(P)_{MZR}$ in UHS

In den bereits ermittelten UHS des allgemeinen Unfallgeschehens wird der Anteil der darin vorgefundenen $U(P)_{MZR}$ bestimmt. Dies erfolgt zunächst auf Basis der Unfälle mit Personenschaden. In Tabelle 15 werden sowohl für die Städte als auch die Gemeinden die optimalen Grenzwerte nach den drei Ansätzen aufgelistet.

Die genaue Betrachtung zeigt, dass sich jeweils derjenige Anteilswert an $U(P)_{MZR}$ in UHS als optimal ergibt, der als nächsthöherer Wert über 20 %

Städte	abgeleiteter Grenzwert in %		
	Lorenzkurve	Wirkungsquotient	Diff. Rel. Aufwands- und Nutzenänderung
Dresden	21-22	21-22	21-22
Leipzig	22	22	22
Chemnitz	22	22	22
Zwickau	X	X	X
Magdeburg	22-28	22-28	22-28
Halle	22-36	28-50	33-50
Dessau	X	X	X
Stuttgart	22	25	25
Mannheim	25	25	25
Freiburg	22	22	22
Heilbronn	23	23	23
Heidelberg	33	33	33
Karlsruhe	25	25	25
Pforzheim	18	18	26
Reutlingen	X	X	X
Ulm	33	33	33
Berlin	21	21	21
Frankfurt a. M.	22-25	22-23	22-25
Gemeinden (NRW)	22-23	21-22	21-22
Gemeinden (Sachsen)	22	22	22
Gemeinden (Baden-Württemberg)	27	22	22

Tab. 15: Optimaler Grenzanteil an $U(P)_{MZR}$ in den UHS der Städte

Städte		Anzahl auffälliger Bereiche
Dresden	Stuttgart	394
Leipzig	Mannheim	
Chemnitz	Heilbronn	
Zwickau	Heidelberg	
Magdeburg	Karlsruhe	
Halle	Pforzheim	
Ulm	Reutlingen	
Freiburg	Berlin	
Frankfurt a. M.		

Tab. 16: Anzahl UAB nach dem Anteil der $U(P)_{MZR}$ in UHS in Städten

Gemeinden	Anzahl auffälliger Bereiche
Sachsen, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg	253

Tab. 17: Anzahl UAB nach dem Anteil der $U(P)_{MZR}$ in Gemeinden

lag. Das entspricht bei einer Mindestanzahl von 5 $U(P)$ (laut Definition einer UHS nach dem „Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen“ (FGSV, 2012)) einer Mindestanzahl von 2 $U(P)_{MZR}$. Mit der Forderung nach einem Mindestanteil der MZR-Unfälle von über 20 % in UHS soll sichergestellt werden, dass sie in den UAB eine stärkere Bedeutung erlangen als die 10-15 %, die sie am allgemeinen Unfallgeschehen (siehe Kapitel 5.2.1) innehaben.

Im Vergleich zum Grenzwert von 3 $U(P)_{MZR}$ ist über den Ansatz „mindestens 2 MZR-Unfälle in UHS“ (Tabelle 16 und Tabelle 17) eine höhere Anzahl an gefundenen UAB zu erkennen. Das trifft jedoch nicht generell auf jede Untersuchungsstadt bzw. jedes untersuchte Bundesland zu.

Bei dieser Grenzwertanwendung können auch in den Städten unter 200.000 Einwohnern, wie Zwickau und Reutlingen auffällige Bereiche identifiziert werden.

Im Vergleich zu den Ergebnissen mit den vorgenannten Grenzwerten ergibt sich in den Gemeinden eine höhere Anzahl an UAB.

5.3.4 Anteil $U(P+S)_{MZR}$ in UHS

Sachschadenunfälle werden in der Bestimmung von UHS nach M Uko (FGSV, 2012) nur bei gleichartigen Unfällen über einen Zeitraum von einem Jahr verwendet. Um dennoch den Vorteil des gerin-

Städte	Lorenzkurve	Wirkungsquotient	Diff. Rel. Aufwands- und Nutzenänderung
Dresden	22 %	42 %	23 %
Leipzig	8-11 %	9 %	9-13 %
Chemnitz	10-14 %	15-16 %	10-14 %
Zwickau	6-15 %	15-23 %	15-23

Tab. 18: Anzahl UAB nach dem Anteil der $U(P+S)_{MZR}$ in den Städten Sachsens

geren Arbeitsaufwands beizubehalten, indem bereits bekannte UHS nach MZR-Unfällen untersucht werden, wird in den allgemeinen UHS der Anteil der $U(P+S)_{MZR}$ an allen Unfällen einschließlich Sachschadenunfälle bestimmt (siehe auch Tabelle 18).

Ein eindeutiger Grenzwert ergibt sich über diesen Ansatz nicht. Zudem erscheint die Anwendung dieses Grenzwertes nicht zielführend, da sich oftmals UAB ergeben, die nur einen Unfall mit Beteiligung eines MZR enthalten. Über einen hohen Anteil an MZR-Beteiligung in den untersuchten Bereichen wird deshalb nicht zwangsläufig eine hohe Anzahl an MZR-Unfällen erfasst. Daher führt dieser Ansatz nicht zu einem brauchbaren Ergebnis.

5.4 Stabilität

Je nach Untersuchungsansatz und Datengrundlage ergeben sich jeweils unterschiedliche optimale Grenzwerte. Die Stabilität der entsprechenden UAB von zwei aufeinanderfolgenden Zeiträumen soll als weiteres Kriterium verwendet werden, um die geeignetste Vorschrift zur Identifikation von UAB zu definieren. Entsprechend den getroffenen Grenzwertbestimmungen in Kapitel 5.3 beziehen sich die Stabilitätsuntersuchungen auf den Referenzzeitraum von 3 Jahren.

Wie in Kapitel 4.1.4 beschrieben, wird die Stabilität neben der wiederholten Überschreitung des bestimmten Grenzwertes auch für die Abweichung des Grenzwertes um einen Unfall geprüft werden. Für eine Vergleichbarkeit der Grenzwertansätze wird für den zweiten Ansatz zur Grenzwertbestimmung eine Veränderung des prozentualen Anteils der MZR an den Gesamtunfällen in einer UHS von 30 % zugelassen. Liegt beispielsweise der Grenzanteil im Ausgangszeitraum bei einem MZR-Anteil in einer UHS von 40 % gilt eine UHS als stabil, wenn sie im Vergleichszeitraum einen MZR-Anteil von mindestens 28 % einhält.

Da der größte Untersuchungszeitraum für die Unfalltypenkarten in Sachsen bei 8 Jahren liegt, ist eine Stabilitätsuntersuchung für 5-Jahreszeiträume nicht möglich. Während es auf Außerortsstraßen innerhalb von 5 Jahren selten zu einer Veränderung des Straßenraums kommt, kann auf innerörtlichen Straßen nicht ausgeschlossen werden, dass in dem Zeitraum Veränderungen stattgefunden haben, wie z. B. bei der Umfeldnutzung, der Anordnung des Parkens oder bauliche Veränderung eines Knotenpunkts oder der Straßenoberfläche.

Um auszuschließen, dass in die Stabilitätsuntersuchung UAB eingehen in denen im Untersuchungszeitraum Umbaumaßnahmen stattgefunden haben, werden die gefundenen UAB im chronologisch späteren Zeitraum bestimmt und auf Stabilität im vorangegangenen Zeitraum geprüft.

Auch wegen der Unterschiede bei der Aufnahme leichter Sachschadensunfälle in das Datenkollektiv können die Ergebnisse der Grenzwertuntersuchungen in den einzelnen Unfalltypenkarten auf Basis von 5 Jahren nicht verglichen werden. Zudem entsteht in diesem Zeitraum ein überproportionaler Anteil an auffälligen Bereichen mit nur 2 Unfällen. Die Ursache für diesen Grenzwert liegt an dem überproportionalen Anteil an auffälligen Bereichen mit geringer Unfallanzahl. Demnach ergibt sich der Grenzwert maßgeblich aufgrund der Aufwandsreduzierung durch den Wegfall vieler Bereiche mit nur 2 UMZR. Diese Überproportionalität wirkt sich ebenfalls aus, wenn nur UAB mit mehr als 2 UMZR in die Berechnung aufgenommen werden. In dem Fall wird die nächsthöhere Anzahl an enthaltenen Unfällen als Grenzwert angegeben. Verglichen zum Grenzwert von 3 $U(P)_{MZR}$ in 3 Jahren würde sich ein „weicherer“ Grenzwert ergeben. Eine Anwendung dieses Grenzwerts erscheint daher nicht sinnvoll.

Die UAB in den Unfalltypenkarten wurden auf ihre wiederholte Auffälligkeit (zeitliche Stabilität) geprüft.

5.4.1 3 $U(P)$ mit MZR-Beteiligung

Für den ersten Ansatz stehen lediglich in den Städten Sachsens und in Frankfurt a. M. wiederkehrende UAB zur Verfügung (siehe Tabelle 19).

Bei Anwendung des Ansatzes auf die Gemeinden konnten in Nordrhein-Westfalen zumindest 4 stabile UAB (entspricht 9 %) erreicht werden. Lässt man eine Verminderung des Grenzwerts im Vergleichs-

zeitraum auf 2 $U(P)_{MZR}$ zu, erhöht sich die Anzahl auf 9 stabile UAB (21 %). In den übrigen untersuchten Bundesländern war keiner der UAB stabil.

5.4.2 Anteil $U(P)_{MZR} > 20$ % in UHS

Durch die Verknüpfung der MZR-Unfälle an UHS des allgemeinen Unfallgeschehens kann eine deutlich bessere Stabilität erreicht werden (siehe Tabelle 20).

Die Stabilitätsuntersuchungen für Gemeinden zeigten einen noch höheren Anteil an stabilen UAB (siehe Tabelle 21).

Städte	Stabilität zu 2006-2008	Stabilität bei reduziertem Anteil in 2006-2008
Dresden	8 %	25 %
Leipzig	11 %	33 %
Chemnitz	14 %	28 %
Zwickau	0 %	0 %
Magdeburg	0 %	0 %
Halle	0 %	0 %
Frankfurt a. M.	16 %	35 %

Tab. 19: Stabilität gefundener UAB bei Anwendung des optimalen Grenzanteils an $U(P)_{MZR}$ der Städte Sachsens und Frankfurt a. M.

Städte	Stabilität zu 2006-2008	Stabilität bei reduziertem Anteil in 2006-2008
Dresden	5 %	21 %
Leipzig	0 %	0 %
Chemnitz	60 %	80 %
Zwickau	0 %	0 %
Magdeburg	0 %	16 %
Halle	13 %	62 %
Frankfurt a. M.	16 %	35 %

Tab. 20: Stabilität der UAB bei Anwendung des optimalen Grenzanteils an $U(P)_{MZR}$ in den UHS der Städte

Gemeinden	Stabilität zu 2006-2008	Stabilität bei reduziertem Anteil in 2006-2008
Sachsen	6 %	25 %
Nordrhein-Westfalen	15 %	34 %

Tab. 21: Stabilität der UAB bei Anwendung des optimalen Grenzanteils an $U(P)_{MZR}$ in den UHS der Gemeinden

5.5 Festlegung

Unabhängig von der Unterscheidung nach Städten und Gemeinden haben sich die zwei Grenzwerte wiederholt gezeigt

- 3 $U(P)_{MZR}$ in 3 Jahren und
- Anteil $U(P)_{MZR}$ in UHS > 20 % in 3 Jahren.

Die Verwendung der Sachschadensunfälle im Unfallkollektiv unterbleibt (siehe Kapitel 5.4), da sich dies nicht als zielführend herausgestellt hat.

Die Bestimmung der Grenzwerte für die drei zur Anwendung kommenden Verfahren werden exemplarisch am Beispiel der städtischen Unfälle mit Personenschaden nach dem Anteil der $U(P)_{MZR}$ im Anhang 3 beschrieben.⁶

Die Definition beider Ansätze bedingt, dass je nach Gegebenheit ein Grenzwert oder beide überschritten werden.

Zu unterscheiden sind die in Tabelle 22 aufgezeigten vier Typen von UAB.

Die zuvor definierten UAB im Untersuchungsgebiet teilen sich die in Tabelle 23 dargestellten vier Typen auf.

Sowohl in den Gemeinden als auch Städten des Untersuchungsgebietes werden in 30 % der UAB beide Kriterien der Unfallauffälligkeit erfüllt. Für den Großteil der UAB gilt jedoch, dass mit 2 $U(P)_{MZR}$ der 20%-Anteil in UHS gerade überschritten wurde. In den Gemeinden ist der Anteilswert dieses Typs 3 etwas geringer ausgeprägt. Vermehrt existieren

dort UAB mit 3 $U(P)_{MZR}$, ohne die Grenzwerte für allgemeine UHS zu überschreiten. In den seltensten Fällen wird bei 3 $U(P)_{MZR}$ durch weitere Unfälle anderer Verkehrsteilnehmer die 20%-Grenze unterschritten.

Gerade in Gemeinden würde ein nicht zu vernachlässigender Anteil an UAB wegfallen, wenn allein auf Basis des zweiten Grenzwertansatzes (> 20 %) die Bestimmung der UAB erfolgen würde

Deshalb sollten zusätzlich zur Analyse des Unfallanteils in UHS immer auch diejenigen Stellen bestimmt werden, an denen 3 $U(P)_{MZR}$ in 3 Jahren auftreten.

Die Anwendung beider Kriterien birgt mehrere Vorteile:

- Auffinden von UAB auch in Gemeinden,
- Ausschluss der allgemeinen Unfallauffälligkeit für alle Verkehrsteilnehmer durch den erhöhten Anteil an MZR-Unfällen,
- reduzierter zusätzlicher Aufwand durch die Verwendung bereits definierter UHS.

Die Anwendung beider Grenzwerte (sowohl absolute Anzahl als auch Anteil in UHS) wird daher für die praktische Anwendung vorgeschlagen, denn

Typ	Städte		Gemeinden	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
UHS mit starker MZR-Auffälligkeit	122	30 %	126	30,0 %
UHS mit leichter MZR-Auffälligkeit	8	2 %	4	1 %
UHS mit mittlerer MZR-Auffälligkeit	219	55 %	197	47 %
nur MZR-auffällig	49	14 %	93	22 %

Tab. 23: Aufteilung der UAB nach UAB-Typ

⁶ Für übersichtliche Ergebnisse wurden Grenzwerte in 5%-Schritten gewählt.

MZR-Unfall-auffälligkeit	$\geq 3 U(P)_{MZR}$	Anteil $U(P)_{MZR}$ in UHS > 20 %	UHS	Erläuterung
UHS mit starker MZR-Auffälligkeit	X	X	X	Der Bereich ist sowohl nach Anzahl als auch Anteil der MZR-Unfälle auffällig
UHS mit leichter MZR-Auffälligkeit	X		X	Neben den MZR-Unfällen dominieren die Unfälle anderer Verkehrsteilnehmer, sodass der Anteil der MZR-Unfälle unter 20 % bleibt
UHS mit mittlerer MZR-Auffälligkeit		X	X	In einer UHS mit weniger als 10 $U(P)$ fanden nur 2 Unfälle mit Beteiligung von MZR statt
nur MZR-auffällig	X			In dem UAB existieren weniger MZR-Unfälle oder zusätzliche Unfälle für eine allgemeine UHS

Tab. 22: Typen von UAB

diese Kombination erscheint am besten geeignet für die Identifikation von UAB in geschlossenen Ortschaften.

Durch die Schärfe des Grenzwertkriteriums ist allerdings die Anzahl zeitlich stabiler UAB reduziert. In den Städten wiederholen sich ca. 10 % und in den Gemeinden ca. 6 % der UAB im aufeinanderfolgenden Untersuchungszeiträumen.

6 Analyse des Unfall - geschehens in UAB

In den anhand der Grenzwertkombination erfassten 818 UAB wurde das Unfallgeschehen analysiert, um mögliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten des allgemeinen und des MZR-Unfallgeschehens herauszuarbeiten.

Die UAB ergeben ein Untersuchungskollektiv von ca. 2.600 $U(P)_{MZR}$. Dies sind ca. ein Viertel aller Unfälle mit Personenschaden in den UAB. Sie teilen sich zu etwa gleichen Teilen auf die Gemeinden und die Städte auf.

Von den insgesamt 38.565 $U(P)_{MZR}$ in den Untersuchungsgebieten entfallen ca. 7 % der $U(P)_{MZR}$ auf die UAB.

6.1 Unfallstruktur in den UAB

6.1.1 Verteilung von MZR-Unfällen nach MZR-Typ

Bezüglich der Beteiligung einzelner Fahrzeugtypen am Unfallgeschehen in den UAB zeigte sich keine wesentliche Verschiebung der Anteilswerte der einzelnen Fahrzeugtypen zum Gesamtunfallgeschehen.

35 % der MZR-Unfälle in den UAB der Städte erfolgen mit Beteiligung von Moped/Mofas. Im gesamten Untersuchungskollektiv der Städte ist dieser Anteil mit 32 % der MZR-Unfälle kleiner. Im Vergleich zu Städten liegt in den Gemeinden der Anteil von Moped/Mofa an den MZR-Unfällen höher. Aber auch in Gemeinden zeigt sich in den UAB ein leicht höherer Anteil von Moped/Mofas. In den Städten mit wenigen UAB kann sich jedoch zufallsbedingt eine Verschiebung durch den hohen Anteilswert einstellen, den ein einzelner Unfall am Gesamtunfallgeschehen hat (siehe Bild 28).

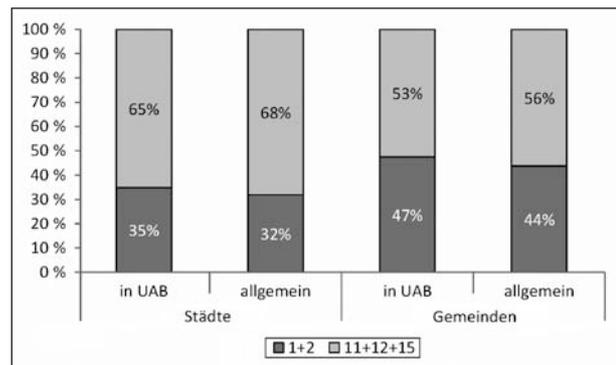


Bild 28: Beteiligung der MZR-Typen an den $U(P)_{MZR}$ in den UAB und im allgemeinen Unfallgeschehen

6.1.2 Hauptverursacher

Bei der Einteilung der Unfälle nach Alleinunfällen, MZR-verschuldeten Unfällen und von anderen Verkehrsteilnehmern verschuldeten Unfällen, zeigen sich die deutlichsten Unterschiede der Unfälle in den UAB zum Gesamtunfallgeschehen. Während in der Voruntersuchung (vgl. Bild 24) im Unfallkollektiv der Städte etwa 40 % (Gemeinden 50 %) der von MZR-verursachten Unfälle (Allein- bzw. selbstverschuldete Unfälle) waren, so macht dieser Anteil der Unfälle in den UAB sowohl in den Gemeinden als auch in den Städten nur noch etwa 30 % aus. Da der Anteil der Alleinunfälle mit etwa 10-12 % auf dem gleichen Niveau geblieben ist, lässt sich daraus ableiten, dass in den UAB die Unfälle mit einem weiteren Unfallbeteiligten stärker aus dem fehlerhaften Verhalten des anderen Verkehrsteilnehmers herrühren. Die Wahrnehmungsprobleme anderer Verkehrsteilnehmer bezüglich der MZR im Verkehr scheinen daher in den UAB häufiger unfallbegünstigend zu sein als die fahrer- bzw. fahrzeugspezifischen Defizite der MZR. Die Einflüsse dieser Defizite auf den Bremsweg oder Ausweichmöglichkeit können aber immer noch die Kollision im Ablauf und in ihrer Schwere beeinflussen.

6.1.3 Unfallschwere

In den UAB ist ein deutlich geringeres Unfallschwereniveau vorzufinden, als es im Gesamtunfallgeschehen der MZR in den Untersuchungsgebieten zu verzeichnen ist. Die geringere Unfallschwere lässt sich dadurch erklären, dass vorrangig Unfälle mit Leichtverletzten auftauchen und diese am ehesten einer der zwei definierten Grenzwertkriterien für einen UAB erreichen.

Eine weitere Erklärung ist die Dominanz der Knotenpunktbereiche als UAB (siehe Kapitel 6.2). Die

Unfallschwere ist geringer und die schweren Alleinunfälle bilden an Knotenpunkten nur einen sehr geringen Anteil.

Das geringere Unfallschwereniveau zeigte sich sowohl in den Städten als auch in den Gemeinden. Ausnahme bilden hier die Städte mit einer geringen Anzahl an gefundenen UAB.

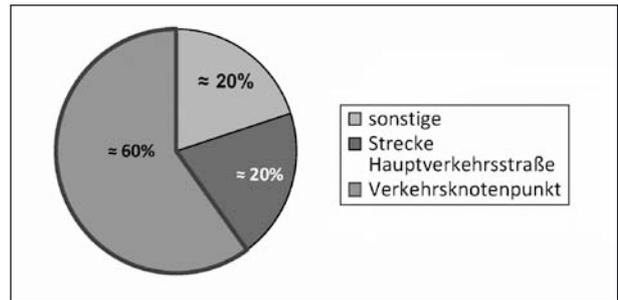


Bild 29: Aufteilung der U(P)_{MZR} auf das Straßennetz im Untersuchungskollektiv

6.2 Unfallkonstellationen an Knotenpunkten

Die Untersuchung der UAB hat gezeigt, dass sich die Unfälle mit Beteiligung von MZR auf Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes konzentrieren.

Von allen die U(P)_{MZR} in Städten ereignen sich nur zu ca. 20-30 % im nachgeordneten Straßennetz. Von den auf dem Hauptverkehrsstraßennetz der Städte verzeichneten Unfällen konzentrieren sich etwa 75-85 % auf den Knotenpunktbereich.

Zur Erleichterung einer Ableitung von Maßnahmen wird das Unfallgeschehen in den UAB auf ähnliche Konstellationen hin untersucht. Alleinunfälle und Unfälle mit weiteren Unfallbeteiligten sind hierbei zu unterscheiden. Außerdem werden die Unfallkonstellationen in Städten zu denen in Gemeinden differenziert. Zu Vergleichszwecken werden deshalb die Unfallkonstellationen, getrennt nach Gemeinden und Städten nach ihren Anteilswerten an der Gesamtheit der angegebenen Konstellationen angegeben. Die Unfallkonstellationen konnten nur für die Datensätze ermittelt werden, zu denen Unfalltexte oder die dreistellige Unfalltypen angegeben waren (Städte und Gemeinden Sachsen und Sachsen-Anhalt, Frankfurt, Gemeinden Nordrhein-Westfalen; n = 805)

6.2.1 Unfälle mit weiterem Verkehrsteilnehmer

Die in Bild 30 dargestellten häufigsten Unfallkonstellationen mit weiteren Unfallbeteiligten verdeutlicht erneut, dass in den UAB vorwiegend die Unfälle durch fehlerhaftes Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer verursacht werden. Allein die Konstellationen K.4 und K.6 stellen eine Ausnahme dar. Anhand der Unfalltexte zu dem Konstellationstyp K.4 war erkennbar, dass zur Vermeidung des Unfalls oft das falsche Ausführen des Bremsmanövers oder des Ausweichens zum Unfall geführt hat. Der Konstellationstyp K.6 entspricht dem Überholen

<p>K.1)</p> <p>Übersehen des MZRs von links beim Einbiegen/Kreuzen aus Nebenstraßen</p>	<p>Übersehen des MZR von links beim Einbiegen/Kreuzen aus untergeordneten Straßen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 %</td> <td>42 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	30 %	42 %
Städte	Gemeinden				
30 %	42 %				
<p>K.2)</p> <p>Linksabbiegen – bei entgegenkommendem MZR</p>	<p>Linksabbiegen bei entgegenkommendem MZR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>26 %</td> <td>28 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	26 %	28 %
Städte	Gemeinden				
26 %	28 %				
<p>K.3)</p> <p>Übersehen des MZRs von rechts beim Einbiegen/Kreuzen aus Nebenstraßen</p>	<p>Übersehen des MZR von rechts beim Einbiegen/Kreuzen aus untergeordneten Straßen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8 %</td> <td>10 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	8 %	10 %
Städte	Gemeinden				
8 %	10 %				
<p>K.4)</p> <p>Aufprall durch Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs im Knotenpunktbereich</p>	<p>Zusammenstoß durch Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs im Knotenpunktbereich</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13 %</td> <td>13 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	13 %	13 %
Städte	Gemeinden				
13 %	13 %				
<p>K.5)</p> <p>Aufprall durch Übersehen des MZR beim Spurwechsel</p>	<p>Zusammenstoß durch übersehen des MZR beim Spurwechsel</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15 %</td> <td>3 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	15 %	3 %
Städte	Gemeinden				
15 %	3 %				
<p>K.6)</p> <p>Linksabbiegen bei überholendem MZR</p>	<p>Linksabbiegen bei überholendem MZR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8 %</td> <td>4 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	8 %	4 %
Städte	Gemeinden				
8 %	4 %				

Bild 30: Häufigste Unfallkonstellationen bei Beteiligung mehrerer Unfallgegner an Knotenpunkten (N_{Städte} = 572 U(P)_{MZR}; N_{Gemeinden} = 667 U(P)_{MZR})

des vorausfahrenden Fahrzeugs durch ein MZR auf der linken Seite. Wenn während des Überholvorgangs das zu überholende Fahrzeug unerwartet nach links abbiegt, kann dies zu diesen Konstellationen führen. Auffällig in der Untersuchung der Konstellation K.6) war, dass die Zuordnung der Beteiligten nach Verursachung (Ordnungsnummer) trotz gleichen Unfallhergangs unterschiedlich angegeben wurde. In ca. 20 % der Fälle wurde das MZR als Hauptverursacher genannt.

Die Gegenüberstellung der anteilmäßigen Häufigkeit des Auftretens variiert zwischen den Gemeinden und Städten des Untersuchungskollektivs. Zweistreifige Richtungsfahrbahnen treten häufiger in Städten auf, weswegen der Konstellationstyp K.5 in Städten stärker ausgeprägt ist. Auch der Konstellationstyp K.6 ist in Städten stärker ausgeprägt.

Der Typ K.1 ist mit Abstand der am häufigsten auftretende Konstellationstyp. In Gemeinden ist er noch stärker ausgeprägt. Jedoch ist das darauf zurückzuführen, dass hier seltener zweistreifige Richtungsfahrbahnen existieren, sodass in Gemeinden der Konstellationstyp K.5 selten auftritt und es zu einer anteiligen Verschiebung auf die anderen Unfallkonstellationen kommt.

Bei Betrachtung der vorherrschenden Unfallkonstellation der MZR in den gefundenen UAB der Städte hat sich gezeigt, dass sich lediglich in 38 % der UAB die jeweilige vorherrschende MZR-Unfallkonstellation mit den Unfallkonstellationen anderer Verkehrsteilnehmer deckt. Für die UAB in Gemeinden trifft das auf 53 % der UAB zu. Rückbeziehend auf die zuvor definierten Grenzwerte zur Bestimmung von UAB zeigt sich demnach, dass sich diese Definitionen vor allem in Städten dazu eignen, Stellen im Straßenraum mit speziellen Defiziten für MZR zu identifizieren.

Werden die MZR-Unfallkonstellationen in den UAB getrennt nach „Moped/Mofa“ und „Motorrad“ unterschieden, ergeben sich weitere Unterschiede in der Aufteilung der Unfälle auf die Konstellationen. In Bild 31 sind die Abweichungen der Anteilswerte vom Mittelwert für alle MZR dargestellt.

Überdurchschnittlich häufig tauchen Moped/Mofas in der Unfallkonstellation K.4) auf. Möglicherweise lässt sich das mit der besseren Beherrschung des Bremsmanövers durch höhere Routine (höhere durchschnittliche Fahrleistung) der Motorradfahrer erklären.

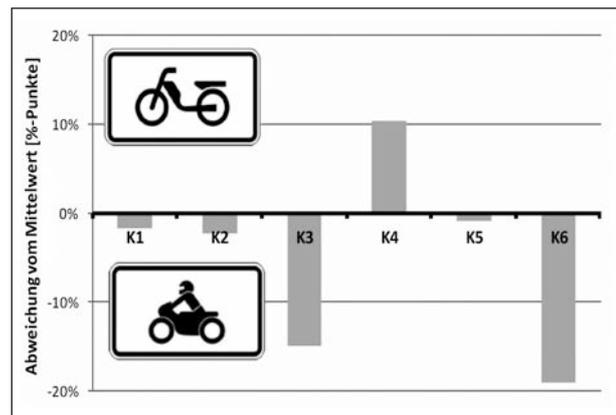


Bild 31: Abweichung der anteiligen Unfallbeteiligung von der mittleren Unfallbeteiligung der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen Moped/Mofa und Motorrad nach Unfallkonstellation

Der überproportionale Anteil der Motorräder in den Konstellationen K.3) und K.6) kann wohl aus dem höheren Geschwindigkeitsvermögen der Motorräder hergeleitet werden. Bezüglich der Konstellation K.3) reduziert sich im Fall des Übersehens des MZR bei höherer Geschwindigkeit die time-to-collision zwischen beiden Verkehrsteilnehmern, was die Wahrscheinlichkeit für einen Zusammenstoß erhöht.

Durch ihre geringere maximale Geschwindigkeit von 45 km/h sind Überholmanöver von Moped/Mofas links an anderen Verkehrsteilnehmern vorbei eher selten. Die Auswertung der einzelnen Unfallkonstellationen hat gezeigt, dass in der Konstellation „rechtsüberholendes MZR/rechtsabbiegender Verkehrsteilnehmer“ wiederum der Moped/Mofa-Anteil überdurchschnittlich ist.

6.2.2 Kreisverkehrsplätze

Einen Sonderfall bilden Kreisverkehrsplätze in Gemeinden. In Nordrhein-Westfalen wie auch in Baden-Württemberg liegen 16 % der UAB an Kreisverkehrsplätzen. Aufgrund der geringen Anzahl von Kreisverkehrsplätzen in Sachsen ist der Anteil dort nicht so hoch. Jedoch zeigten sich hier auch die wenigen vorhandenen Kreisverkehrsplätze häufig als UAB (siehe Bild 32).

Je nach angewendetem Grenzwertkriterium fiel der Anteil der UAB in Kreisverkehrsplätzen an allen UAB unterschiedlich aus. Ca. 11-13 % bildeten diese UAB, wenn das Grenzwertkriterium von $3 U(P)_{MZR}/(3a)$ angewendet wird. Unter den UAB, die über das zweite Kriterium bestimmt werden, entfallen in Nordrhein-Westfalen ca. 22 % und in Baden-Württemberg sogar 34 % auf Kreisverkehrsplätze.

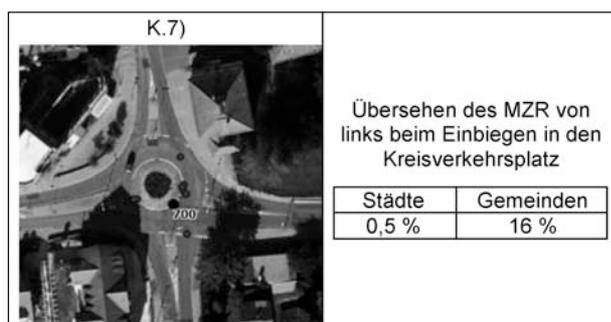


Bild 32: Unfälle an Kreisverkehrsplätzen

Besitzt ein Kreisverkehrsplatz demnach Sicherheitsdefizite, so wirken sich diese in besonderem Maße für MZR aus.

Eine Analyse der Unfallkonstellation hat gezeigt, dass in 80 % der Unfälle von MZR in Kreisverkehren der MZR-Fahrer nicht Hauptverursacher war. Im Wesentlichen ist diese Konstellation vergleichbar mit dem Konstellationstyp K.1), so dass davon ausgegangen werden kann, dass beim Einfahren anderer Verkehrsteilnehmer das MZR im Kreisverkehr übersehen wurde. Etwa 10 % der MZR-Unfälle in Kreisverkehrsplätzen sind Alleinunfälle. Damit liegt der Anteil von Alleinunfällen an KVP leicht unter dem Wert von ca. 20 % Alleinunfällen an allen MZR-Unfällen in Gemeinden (siehe Bild 24).

6.2.3 Alleinunfälle

Die Betrachtung der Unfalltexte des Unfallkollektivs hat ergeben, dass die als Alleinunfall eingestuft Unfälle der Konstellationstypen A.1) bis A.4) fast immer aus Fehleinschätzung der örtlichen Gegebenheiten oder aus Fahrfehlern des MZR-Fahrers resultieren. Sie ereignen sich in der Regel nicht infolge eines missglückten Fahrmanövers, welches als Reaktion auf das umgebende Verkehrsgeschehen hervorgerufen wurde.

Während des Überfahrens eines Gleiskörpers kann es durch Verkeilen der Räder des MZR oder durch die Griffigkeitsänderung der Oberfläche zu Unfällen kommen. Die infrastrukturellen Voraussetzungen für den Betrieb einer Straßenbahn bestehen nur in Großstädten. Mit Ausnahme der Stadt Pforzheim besitzen alle untersuchten Städte ein Straßenbahnnetz. Nahezu jeder dritte Alleinunfall in den UAB erfolgt infolge der genannten Unfallumstände im Zusammenhang mit Straßenbahnschienen. Ohne Berücksichtigung des Unfallkonstellationstyps A.1) in den Städten, dominieren unter den Alleinunfällen

A.1)		Verkeilen/ Griffigkeitsänderungen im Straßenbahngleis				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>29 %</td> <td>1 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	29 %	1 %
Städte	Gemeinden					
29 %	1 %					
A.2)		Fahrnfall beim Linksabbiegen				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 %</td> <td>29 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	20 %	29 %
Städte	Gemeinden					
20 %	29 %					
A.3)		Fahrnfall auf der Geraden				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>36 %</td> <td>59 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	36 %	59 %
Städte	Gemeinden					
36 %	59 %					
A.4)		Fahrnfall beim Rechtsabbiegen				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Städte</th> <th>Gemeinden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15 %</td> <td>11 %</td> </tr> </tbody> </table>	Städte	Gemeinden	15 %	11 %
Städte	Gemeinden					
15 %	11 %					

Bild 33: Häufigste Unfallkonstellationen bei Alleinunfällen an Knotenpunkten ($N_{\text{Städte}} = 83 \text{ U(P)}_{\text{MZR}}$; $N_{\text{Gemeinden}} = 86 \text{ U(P)}_{\text{MZR}}$)

die Unfälle mit stärkerer Ausprägung in den Gemeinden (A.3). Häufig werden in den Unfallblättern im Zusammenhang mit dieser Konstellation Arbeitsstellen als zusätzliche Charakteristik der Unfallstelle genannt.

Die übrigen zwei Konstellationen A.2) und A.4) ergeben sich beim Links- und Rechtsabbiegen im Knotenpunktbereich. Dabei zeigt sich, dass das Linksabbiegen bei Unfällen mit Personenschaden häufiger als das Rechtsabbiegen auftritt. Inwieweit die unterschiedlichen Sichtfeldbeziehungen in den zwei Kurvenlagen (vgl. Kapitel 2.2.3) dazu beitragen, ist nicht bekannt. Die Konstellationen A.2) und A.4) werden häufig im Zusammenhang mit Einmündungen und Gefälle bzw. Steigungen im Unfalldatensatz angegeben (siehe Bild 33).

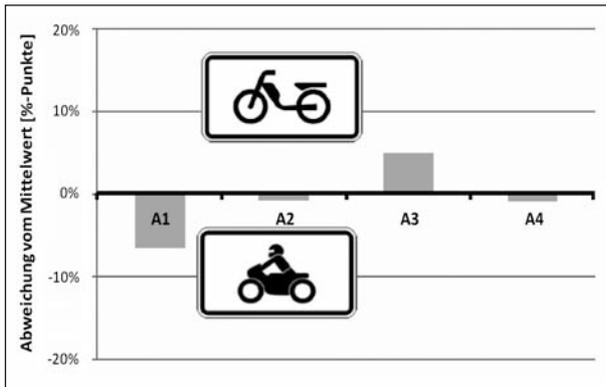


Bild 34: Abweichung der anteiligen Unfallbeteiligung von der mittleren Unfallbeteiligung der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen Moped/Mofa und Motorrad nach Unfallkonstellation

Unterschiede in der Aufteilung der Art der Verkehrsbeteiligung fallen in den Alleinunfällen weniger deutlich aus. Leicht häufiger treten in der Konstellation A.1) die Motorräder auf. In derselben Konstellation ohne Straßenbahnschienen (A.3)) sind Moped/Mofas überproportional vertreten. Tiefere Interpretationen sind bei diesem Grad der Abweichungen vom Mittelwert nicht zweckmäßig (siehe Bild 34).

6.3 Streckenunfälle

Die nötige Anzahl von MZR-Unfällen, um einen UAB zu definieren, wird zum Großteil nur an Knotenpunkten erreicht.

Um typische Unfallkonstellationen auf Strecken herauszuarbeiten, wurden die vorhandenen Unfalltexte der Städte⁷ untersucht (N = 218). Neben den bereits definierten Konstellationen an Knotenpunkten, zeigten sich auf den Strecken kaum neue Situationen. Die typischen Konstellationen ergeben sich erneut durch Begegnungen mit Fahrzeugen aus Grundstücks- bzw. Gewerbezufahrten mit veränderter Anteilsverteilung der einzelnen Konstellationen. Die starke Dominanz des Übersehens des vorfahrberechtigten MZR-Fahrers von links oder als entgegenkommender Verkehrsteilnehmer beim Linksabbiegen ist hier nicht so stark ausgeprägt. Dahingegen nehmen Konstellationen mit seitlich fahrenden MZR beim Abbiegen oder Fahrstreifen-

S.1)	Übersehen des MZR von links bei Einbiegen/ Kreuzen aus Grundstücken/ Zufahrten 25 %
S.2)	Zusammenstoß durch Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs außerhalb des Knotenpunktbereichs 25 %
S.3)	Zusammenstoß durch Übersehen des MZR beim Spurwechsel 23 %
S.4)	Übersehen des MZR von rechts beim Einbiegen/ Kreuzen aus Grundstücken/ Zufahrten 20 %
S.5)	Linksabbiegen bei entgegenkommenden MZR 15 %
S.6)	Überschreiten von Fußgängern 10 %

Bild 35: Überblick über die häufigsten Unfallkonstellationen auf Strecken mit mehreren Beteiligten (N = 218)

wechsel zu. Die Unfälle mit Fußgängern sind zahlreicher und ergeben eine neue Konstellation bei den Streckenunfällen (siehe Bild 35).

In UAB auf Streckenabschnitten zeigt sich bei den Alleinunfällen eine noch stärkere Konzentration der Alleinunfälle auf gerade Streckenabschnitte. In 35 % der Fälle wurden dabei keine unfallauslösenden Umstände ermittelt. Das Verkeilen in Straßenbahn-

⁷ Zur Verfügung standen Unfalltexte der Städte Dresden, Leipzig, Chemnitz, Zwickau, Halle, Magdeburg, Dessau und Frankfurt a. M.

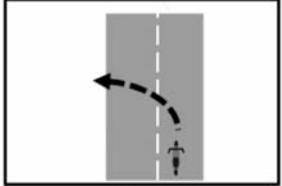
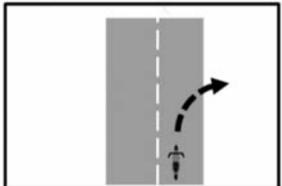
SA.1)	 <p style="text-align: center;">Fahrunfall auf der Geraden</p>	<p style="text-align: center;">Fahrunfall auf der Geraden 73 % darunter:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Schiengleis:</td> <td style="text-align: right;">39 %</td> </tr> <tr> <td>Bord:</td> <td style="text-align: right;">26 %</td> </tr> <tr> <td>andere:</td> <td style="text-align: right;">35 %</td> </tr> </tbody> </table>	Schiengleis:	39 %	Bord:	26 %	andere:	35 %
Schiengleis:	39 %							
Bord:	26 %							
andere:	35 %							
SA.2)		<p style="text-align: center;">Fahrunfall nach links 15 % darunter:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Grundstücke/ Zufahrten:</td> <td style="text-align: right;">30 %</td> </tr> <tr> <td>Kurve:</td> <td style="text-align: right;">70 %</td> </tr> </tbody> </table>	Grundstücke/ Zufahrten:	30 %	Kurve:	70 %		
Grundstücke/ Zufahrten:	30 %							
Kurve:	70 %							
SA.3)		<p style="text-align: center;">Fahrunfall nach rechts 12 % darunter:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Grundstücke/ Zufahrten:</td> <td style="text-align: right;">25 %</td> </tr> <tr> <td>Kurve:</td> <td style="text-align: right;">75 %</td> </tr> </tbody> </table>	Grundstücke/ Zufahrten:	25 %	Kurve:	75 %		
Grundstücke/ Zufahrten:	25 %							
Kurve:	75 %							

Bild 36: Überblick über die häufigsten Unfallkonstellationen bei Alleinunfällen auf Streckenabschnitten (N = 64)

schienen bzw. Griffigkeitsänderungen an Straßenbahnschienen wird unter den verbleibenden 65 % am häufigsten genannt (siehe Bild 36).

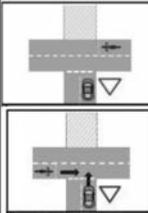
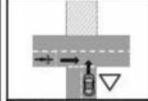
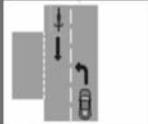
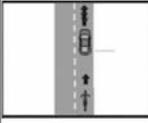
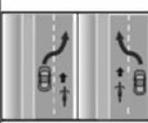
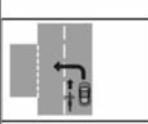
An Kurven kommt es häufig bei Fahrmanöver nach links bzw. rechts zu Fahrnfällen.

6.3.1 Vergleich zum allgemeinen MZR-Unfallgeschehen

Um mögliche Unterschiede in den Unfallkonstellationen der MZR in UAB zu den sonstigen MZR-Unfallkonstellationen aufzudecken, werden die gefundenen häufigsten Konstellationen in UAB mit den Konstellationen aus der Untersuchung von KÖRNER (2008) gegenübergestellt und nötigenfalls zusammengefasst. Die Studie untersucht 116 Innerortsstreckenabschnitte in Sachsen mit den anliegenden Knotenpunkten (siehe Tabelle 24).

Der Vergleich der Anteilswerte für die Konstellationen mit weiteren Beteiligten ergibt Folgendes:

- Die Unfallkonstellationen K.1)-K.3) sind in den UAB stärker vertreten als im allgemeinen MZR-Unfallgeschehen.
- Die Unfallkonstellation K.6) ereignet sich annähernd sooft in den UAB wie auch im allgemeinen MZR-Unfallgeschehen.

Fallzahl	Anteil	Konstellation	Konstellation nach KÖRNER	Anteil	Fallzahl
407	44,6%	 <p style="text-align: center;">K.1)</p>  <p style="text-align: center;">K.3)</p>		37,7%	61
248	27,2%	 <p style="text-align: center;">K.2)</p>		13,0%	21
121	13,3%	 <p style="text-align: center;">K.4)</p>		22,2%	36
79	8,7%	 <p style="text-align: center;">K.5)</p>		21,6%	35
57	6,3%	 <p style="text-align: center;">K.6)</p>		5,6%	9
912	100,0%			100%	162

Tab. 24: Aufteilung der Konstellationen in UAB und im gesamten Straßenbereich nach KÖRNER (2008)

- Die Unfallkonstellationen K.4) und K.5) ereignen sich in den UAB deutlich seltener, was vermutlich auf die starke Konzentration der UAB auf Knotenpunktbereiche zurückzuführen ist.

Ein Vergleich der Alleinunfälle mit den kategorisierten Konstellationen nach KÖRNER ist nicht möglich. Unfälle beim Abbiegen wurden nur erfasst, wenn in der Unfallanzeige das Merkmal „Kurve“ aufgezeichnet wurde, sodass das Abbiegen im Knotenpunkt nicht vollständig erfasst ist.

6.4 Lage der UAB in Gemeinden

Die UAB in Gemeinden der Bundesländer des Untersuchungskollektivs sind in Bild 37 dargestellt. Auf Basis der Gemeinden ist dem gegenüber die Bevölkerungsdichte dargestellt. Es zeigte sich unabhängig von den bekannten Motorradregionen der einzelnen Bundesländer eine Konzentration der UAB um die Ballungsgebiete herum.

Eine anschließende Kategorisierung der UAB entsprechend ihrer Typisierung (siehe Tabelle 22) zeigte mit sinkender Bevölkerungsdichte auch eine Abnahme von UAB. UAB des Typs 1 („stark“-rot) konzentrieren sich zumeist unmittelbar an stark bevöl-

kerten Gebieten. Die UAB-Typen 2.2. („mittel“-orange) und 3 („leicht“-blau) dominieren in den mittelstark bevölkerten Gebieten. Bereiche des Typs 2.1. („nicht auffällig“-türkis) tauchen nur unmittelbar in Ballungsgebieten auf.

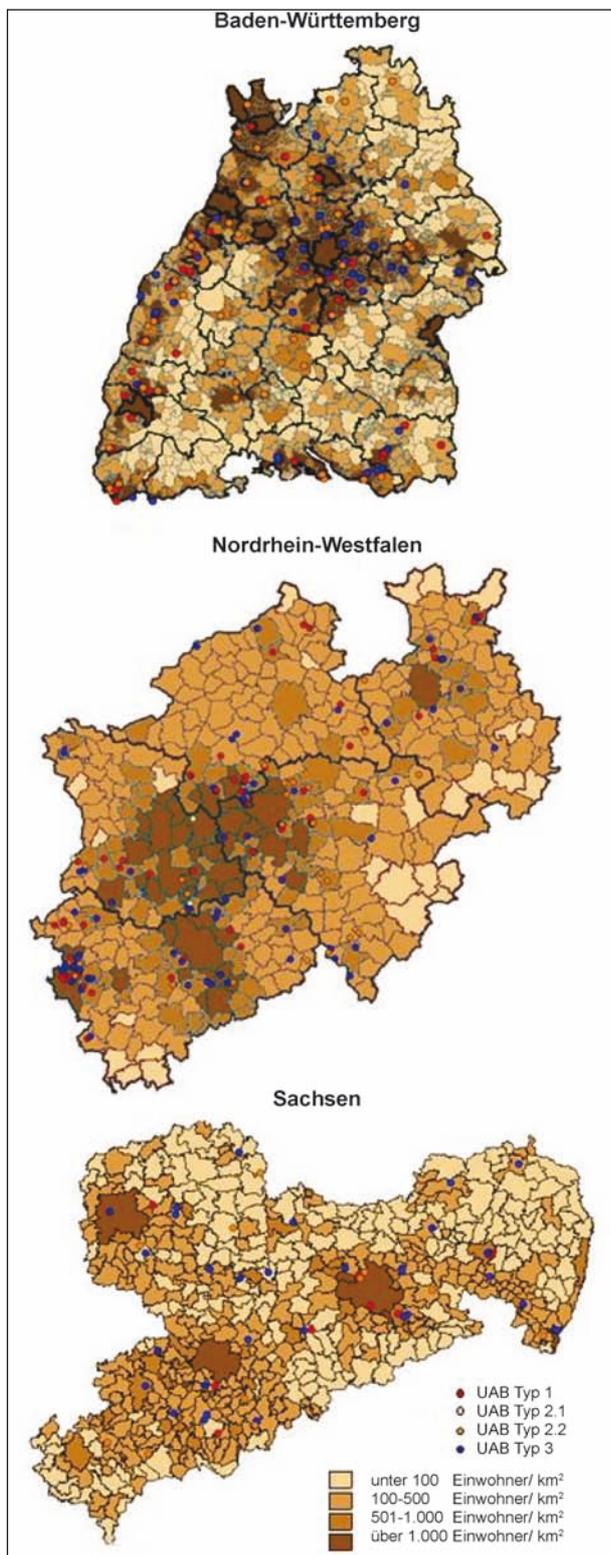


Bild 37: Überblick der UAB in Abhängigkeit der Einwohnerdichte in den Gemeinden des Untersuchungsgebiets

7 Ergebnisse der verallgemeinerten linearen Modelle

Da sich in der Literatur der DTV als maßgebliche Einflussgröße zur Erklärung systematischer Streuung in der Unfallhäufigkeit des motorisierten Verkehrs gezeigt hat, ergibt sich die Notwendigkeit die Modellierung auf Bereiche mit bekannten DTV-Werten zu beschränken. In Bezug auf die Modellierung der MZR-Unfallhäufigkeit ist zu bedenken, dass der DTV vorrangig die Funktion einer Stellvertretervariablen einnehmen wird. Es kann nicht angenommen werden, dass der Verkehrsstärke-Anteil, den die MZR bilden, überall gleich hoch ist. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die DTV-Werte des Gesamtverkehrs und die MZR-Anteile stark korrelieren, sodass eine Verwendung des DTV in den Modellen gerechtfertigt ist.

Das Modell verlangt die Betrachtung einer Grundgesamtheit. Das bedeutet, dass für jeden untersuchten Datensatz die betrachteten Einflussgrößen bekannt sein müssen und nicht lediglich diejenigen vereinzelten Bereiche, zu denen DTV-Werte bekannt sind.

Zur Verfügung standen für die Untersuchung die Hauptstraßennetze mit definierten DTV-Werten der Städte Dresden, Leipzig und Berlin.⁸ Frankfurt a. M. verfügte nur über DTV-Werte an vereinzelten Streckenabschnitten und Knotenpunkten des Hauptverkehrsstraßennetzes, weshalb diese Daten nicht verwendet werden können. Die Untersuchungszeiträume entsprechen denen aus der Analyse der optimalen Grenzwerte zur Bestimmung von UAB.

Tabelle 25 zeigt das Kollektiv der MZR-Unfälle und deren Aufteilung auf die Netzelemente nachdem

	Anzahl Netzelement	Anzahl U(P) _{MZR}
Strecken	6.393	2.270
Knotenpunkte	7.454	5.407

Tab. 25: Aufteilung der MZR-Unfälle auf die Netzelemente

⁸ Die vorhandenen strecken- und knotenpunktbezogenen Daten sind in Anhang 2 aufgelistet.

die zur Verfügung stehenden Knotenpunkte und Strecken verschritten wurden mit allen MZR-Unfällen der zuvor genannten Städte.

Die Untersuchung der UAB zeigte (vgl. Bild 29):

- eine starke Konzentration auf die Knotenpunkte,
- eine starke Konzentration auf das Hauptverkehrsstraßennetz der Städte.

Daher wird aus den vorhandenen Daten das Unfallgeschehen sowohl strecken- als auch knotenpunkt-basiert modelliert.

Die untersuchten Einflussgrößen sind im Anhang 2 aufgeführt.

7.1 Streckenmodell

7.1.1 Modell S: Streckenbasiertes Unfallmodell

Ca. 1.900 $U(P)_{MZR}$ wurden außerhalb der Knotenpunktbereiche auf Streckenabschnitten der Hauptverkehrsstraßen verzeichnet. Diese konzentrieren sich wiederum auf nur 7 % der 2.896 Hauptverkehrsstreckenzüge des Untersuchungskollektivs. Der hohe Anteil an Streckenzügen⁹ ohne Unfälle bewirkt eine ungenaue Schätzung der Parameter der Einflussgrößen im Modell. Jedoch sollen die Größen, die sich als signifikant im Modell gezeigt haben, diskutiert werden (vgl. Tabelle 26).

Mit einer Anpassungsgüte von 2,174 zeigt sich, dass im Modell nur eine geringe Überdispersion vorliegt.

Die Streuung der Unfälle auf den Streckenabschnitten ist demnach nicht viel größer als die nach der Poissonverteilung erwartete Streuung in der Größenordnung des Mittelwerts.¹⁰ 51,7 % der Streuung wird durch die Streckenlänge als auch den DTV der Strecke bestimmt. Sowohl zur Streckenlänge als auch zum DTV lässt sich ein leicht degressiver Zusammenhang zum Unfallgeschehen nachweisen.

Es kann eine systematische Erhöhung des Unfallgeschehens nachgewiesen werden um etwa den Faktor $e^{0,25}$, wenn Straßenbahngleise auf der Fahrbahn geführt werden. 52,4 % Varianz wird durch die Hinzunahme dieses Merkmals erklärt.

Auch wenn das Modell S2 in der praktischen Anwendbarkeit eingeschränkt ist, lässt sich nachweisen, dass auf Streckenzügen mit hohem Geschäfts- bzw. Dienstleistungsbesatz in der umgebenden Bebauung ein erhöhtes Unfallgeschehen zu erwarten ist.¹¹ Dabei ist die Größe als Stellver-

⁹ Entspricht dem Straßenabschnitt mit gleichbleibender Querschnittsgestaltung zwischen zwei Verkehrsknotenpunkten (nicht Anschlussknotenpunkte) mit einer Mindestlänge von 100 m aufgrund der Einflussbereiche der Knotenpunkte von 2 x 50 m.

¹⁰ Ein Merkmal der Poissonverteilung ist, dass der Erwartungswert und die Varianz denselben Wert annehmen.

¹¹ Das Merkmal der umgebenden Dienstleistungen basiert auf den verzeichneten Angaben in OpenStreetMap. Die Daten sind daher nicht vollständig und dienen lediglich in den Zweitmodellen der Verdeutlichung des abweichenden Unfallgeschehens an Geschäftsstraßen.

Modell Strecke	Parameter	Koeffizienten ^a	p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-2,949 ****	,000	3,405	6.392,267	13.900,028	6.393	2,174
Exposition	k	-16,747 ****	,000	1,91	6.387,814	5.068,472	6.391	1,567
	LN_L	,891 ****	,000					
	LN_DTV	,903 ****	,000					
Endmodell	k	-16,933 ****	,000	1,863	6.390,23	4.222,01	6.390	1,559
Strecke 1	LN_L	,907 ****	,000					
	LN_DTV	,911 ****	,000					
	TRAM	,250 ****	,018					
Endmodell	k	-16,114 ****	,000	1,54	6.391,725	4.128,404	6.389	1,465
Strecke 2	LN_L	,832 ****	,000					
	LN_DTV	,856 ****	,000					
	TRAM	,224 ***	,026					
	Dienst	280 ***	,005					

Tab. 26: Parametersatz Streckenmodell S1 und S2

S.1	
$U(P) = e^{-16,933} * DTV^{0,911} * L^{0,907} * e^t$	
mit $t = 0,25 * TRAM_KAT$	
S.2	
$U(P) = e^{-16,114} * DTV^{0,856} * L^{0,832} * e^t$	
mit $t = 0,224 * TRAM_KAT + 0,28 * Dienst$	
DTV	Durchschnittlich täglicher Verkehr [Kfz/24h]
L	Länge zwischen Verkehrsknotenpunkten [m]
Dienst	Anzahl Dienstleistungen entlang des Streckenzugs
TRAM_KAT	Vorhandensein straßenbündiger Gleise (0- nicht vorhanden, 1- vorhanden)

Tab. 27: Funktionsgleichungen der Streckenmodelle S1 und S2

tretergröße zu sehen zur Beschreibung des erhöhten Unfallgeschehens auf Geschäftsstraßen. Geschäftsstraßen zeichnen sich durch eine höhere Fußgängerbelastung, stark frequentierte Haltestellen, häufigere Querungsstellen und einem erhöhten Parksuchverkehr bzw. hohen Anteil an Kurzparkern aus. Ähnliche Effekte lassen sich im modellierten Unfallgeschehen auf Streckenzügen von Hauptverkehrsstraßen von SCHÜLLER (2010) zeigen. Es wurde ein unfallsteigernder Effekt nachgewiesen mit steigendem Umfeldfaktor KLF, der den gewichteten Anteil des Geschäfts- und Gewerbesatzes an den anliegenden Häusern beschreibt.

Durch die Berücksichtigung der Größe kann eine weitere Verbesserung des Modells auf 60,4 % Varianzerklärung im Modell erreicht werden.

Die hohe verbleibende unerklärte Varianz zeigt, dass das Unfallgeschehen von MZR auf Hauptverkehrsstraßen vielen weiteren komplexen Einflüssen unterliegt.

7.2 Knotenpunktmodelle

Basierend auf den zur Verfügung stehenden Daten ergab sich ein Datenkollektiv mit 7.454 Knotenpunkten. Zu den sächsischen Städten stand ein Auswertungszeitraum von 9 Jahren zur Verfügung. Die Daten Berlins enthielten Unfalldaten über 5 Jahre. Zu den Knotenpunkten wurden in Summe 5.808 $U(P)_{MZR}$ verzeichnet.

In der Bearbeitung ist bei der Definition der Knotenpunkte zu beachten, dass als Knotenpunktarme diejenigen Zufahrten bezeichnet werden, deren Ströme eine gemeinsame Konfliktfläche benutzen. Das hat zur Folge, dass an komplexen Knotenpunkten mit

Modell	DTV-Werte der Haupt-richtung?	DTV-Werte der Neben-richtung?	Licht-signal-geregt?	Knotenpunkt-formen
1	ja	ja	ja	
2	ja	ja	nein	
3	ja	nein	nein	

Tab. 28: Spezifik der Einzelmodelle

Mittelstreifentrennung mehrere Einzelknotenpunkte definiert werden, zu denen 2 oder 3 Knotenpunktarme mit bekannten DTV-Werten gehören.

Kreisverkehrsplätze können nicht modelliert werden. Hierzu müsste für jede Konfliktfläche neben den DTV-Werten der Zufahrten auch die DTV-Werte in den einzelnen Kreissegmenten bekannt sein und die Unfälle in ihrer Lagegenauigkeit den einzelnen Knotenpunktarmen zuordenbar sein. Darüber hinaus sind auf Hauptverkehrsstraßen (mit bekanntem DTV) selten Kreisverkehrsplätze als Knotenpunktform vorzufinden.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden 3 Modelle entwickelt. Diese unterscheiden sich in ihrer Signalisierung und der Anzahl der Knotenpunktarme mit angegebenen DTV-Werten. Der Umfang aller zur Verfügung stehenden Daten ist im Anhang 2 aufgelistet.

7.2.1 Modell K1: Lichtsignalisierte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit DTV-definierten Knotenpunktarmen

Das Modell 1 für lichtsignalisierte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit bekannten DTV-Werten der einzelnen Knotenpunktarme wurde anhand von 481 Knotenpunkten modelliert. Es hat sich neben dem DTV, getrennt nach Haupt- und -nebenrichtung, das Vorhandensein von Straßenbahngleisen als signifikanter Einfluss im Modell gezeigt (vgl. Tabelle 29).

Durch die getrennte Einbeziehung des DTV auf der Haupt- und Nebenrichtung, wird eine bessere Modellgüte erreicht als bei einer Beschreibung über den Gesamt-DTV aller Knotenströme, gekoppelt

Modell 1	Parameter	Koeffizienten ^a	p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Verteilungs- parameter	Pearson- Abweichung	Pearson- Abweichung	df	Anpassungs- güte
Nullmodell	k	-1,118 ****	,000	,513	481,118	987,397	481	2,053
Exposition	k	-10,909 ****	,000	0,2035	478,787	667,343	479	1,393
	LN_HR	,366 ****	,000					
	LN_NR	,641 ****	,000					
Endmodell	k	-8,954 ****	,000	0,1235	476,945	588,866	477	1,235
1.1	LN_HR	,242 **	,000					
	LN_NR	,565 ****	,013					
	TRAM_KAT	-,529 ****	,000					
	Dienst	,036 ****	,000					
Endmodell	k	-9,736 ****	,000	0,149	477,793	615,218	478	1,287
1.2	LN_HR	,274 **	,006					
	LN_NR	,630 ****	,000					
	TRAM_KAT	-,465 ****	,000					

Tab. 29: Parametersatz Modell K1

mit der Anzahl an Knotenpunktarmen oder dem Verhältnis von Haupt- zu Nebenströmen.

Anhand der Koeffizienten der Modellparameter lässt sich ableiten, dass das Unfallgeschehen an diesen Knotenpunkten mit dem DTV der Haupt- und Nebenrichtung degressiv steigt. Die Verkehrsströme auf der Nebenrichtung zeigen dahingegen einen stärker ansteigenden Einfluss auf das Unfallgeschehen. Demnach ist die Unfallanzahl stärker von Veränderungen der Ströme der Nebenrichtung bestimmt.

Unterschiede zwischen Einmündungen und Kreuzungen als Knotenpunktform werden über die getrennte Betrachtung der DTV-Werte der Haupt- und Nebenrichtung beschrieben.

Mit einer Verbesserung der Anpassungsgüte von 2,053 im Nullmodell auf 1,393 werden über die DTV-Werte 62,7 % der Streuung erklärt.¹²

Überraschend zeigte sich der mindernde Einfluss bei vorhandenen Straßenbahngleisen im Knotenpunktbereich. Jedoch ist dabei zu beachten, dass

im Modell nur Knotenpunkte mit Lichtsignalsteuerung betrachtet werden. Das Merkmal der vorhandenen Straßenbahngleise ist in diesem Zusammenhang als Stellvertretergröße für eine zusätzliche separate Signalisierung zur Bevorrechtigung der Straßenbahn zu sehen, die dazu beiträgt, dass konkurrierende Ströme zeitlich länger voneinander getrennt sind (Zwischenzeiten). Auch können einzelne Ströme, die gemeinsam mit der Straßenbahn geführt werden, zusätzliche eigene Phasen erhalten (Linksabbiegerschutz). Bedingt verträgliche Ströme, wie im Konstellationsfall K.2), sind dann häufig separat signalisiert.

Durch die Hinzunahme der dichotomen Größe der vorhandenen straßenbündigen Gleise werden im Endmodell 72,7 % der Streuung im Modell erklärt.

Analog zu dem Streckenmodell, hat sich auch die Erhöhung des Unfallgeschehens mit steigendem Geschäftsbesatz in der Knotenpunktumgebung gezeigt. Auch hier ist die Variable „Dienst“ als Stellvertretergröße für Geschäftsstraßen zu interpretieren. Durch die Aufnahme der Größe in das Modell werden weitere 5 % Streuung im Modell erklärt, so dass schlussendlich 77,7 % Streuung im Modell durch die Einflussgrößen beschrieben werden

Die Analyse der Unfälle an den Knotenpunkten des ersten Modells zeigt, dass sich der Großteil der Unfälle an Knotenpunkten mit summierten DTV-werten der Zufahrten von 25.000-50.000 Kfz/24 ereignen.

¹² Die Differenz der Anpassungsgüten von Nullmodell zu einer optimalen Poissonverteilung (Anpassungsgüte = 1) entspricht 100 % der Gesamtstreuung. Wenn demnach (2,053-1) 100 % der Gesamtstreuung im Nullmodell entspricht, dann entspricht die Differenz der Anpassungsgüte des Streckenmodells mit Expositionsgrößen von (1,393-1) einer Reststreuung von 37,3 %. Der erklärte Anteil an Streuung ergibt sich zu: 100 % - 37,3 % = 62,7 %.

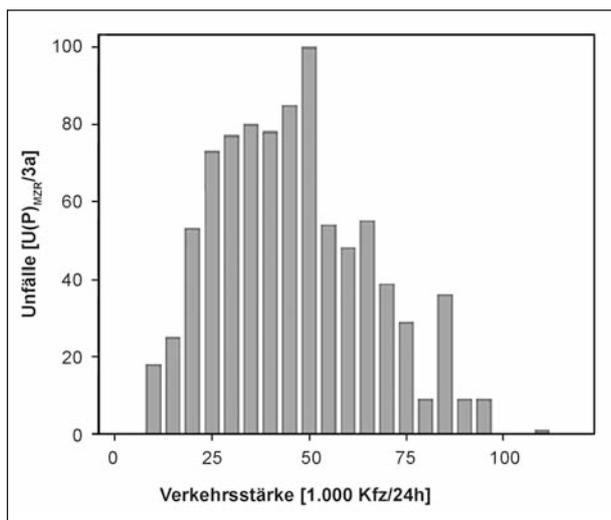


Bild 38: Aufteilung der $U(P)_{MZR}$ auf DTV-Klassenbereiche im Modell 1 (Klassenbreite = 5.000 Kfz/24h)

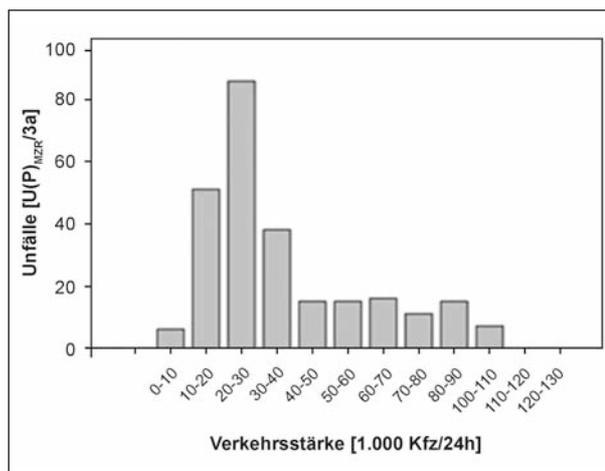


Bild 39: Aufteilung der $U(P)_{MZR}$ auf DTV-Klassenbereiche im Modell 2 (Klassenbreite = 10.000 Kfz/24h)

K1.1	
$U(P) = e^{-8,954} * HR^{0,242} * NR^{0,565} * e^t$	
mit $t = -0,529 * TRAM_{KAT} + 0,026 * Dienst$	
K1.2	
$U(P) = e^{-9,736} * HR^{0,274} * NR^{0,63} e^t$	
mit $t = -0,465 * TRAM_{KAT}$	
HR	Durchschnittlich täglicher Verkehr der Hauptrichtung [Kfz/24h]
NR	Durchschnittlich täglicher Verkehr der Nebenrichtung [Kfz/24h]
TRAM_KAT	Vorhandensein straßenbündiger Gleise (0- nicht vorhanden, 1- vorhanden)
Dienst	Anzahl Dienstleistungen im Radius von 400 m um den Knotenpunkt

Tab. 30: Funktionsgleichungen Modell 1 (Lichtsignalanlagen)

7.2.2 Modell K2: Verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit DTV-definierten Knotenpunktarmen

196 verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte von kreuzenden Hauptverkehrsstraßen konnten im Untersuchungskollektiv gefunden werden. Aus diesem Stichprobenumfang lassen sich im Modell starke bis mittelstark wirkende Effekte von Prädiktorvariablen nachweisen (vgl. MILES & SHEVLIN, 2001).

Entsprechend der Einsatzgrenzen von verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten entfällt der Großteil Unfälle auf Knotenpunkte mit summierten Knotenpunktströmen zwischen 10.000-40.000 Kfz/24h.

In der Erstellung des Modells für verkehrszeichen-geregelte Knotenpunkte hat sich ebenso wie bei lichtsignalgeregelten gezeigt, dass eine bessere Anpassungsgüte erreicht wird, wenn die DTV-Werte der Haupt- und Nebenrichtung getrennt in das Modell eingehen (vgl. Tabelle 31).

Erneut gehen die Verkehrsstärken der Haupt- und Nebenrichtung degressiv ein. Im Gegensatz zum Modell der lichtsignalgeregelten Knotenpunkte geht die Verkehrsstärke der Nebenrichtung allerdings schwächer ein. Demnach wird das Unfallgeschehen an diesen Knotenpunkten deutlicher vom Verkehr der Hauptrichtung bestimmt. Als Risikogrößen zeigt sich erneut das Vorhandensein von straßenbündigen Straßenbahngleisen im Knotenpunktbereich. Ohne den (vermuteten) Linksabbiegerschutz infolge der Führung der Straßenbahn an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten, ist der Anstieg des Unfallgeschehens bei vorhandenen Gleisen nachweisbar (im Gegensatz zum unfallmindernden Effekt von Straßenbahngleisen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten).

Über die Verkehrsstärken der Haupt- und Nebenrichtung werden im Modell bereits 71 % Streuung erklärt. Eine weitere leichte Verbesserung im Modell auf 71,7 % Varianzerklärung ergibt sich durch die Hinzunahme der Variable „TRAM_KAT“.

Zwar zeigte sich die Anzahl der Knotenpunkte arm signifikant bezüglich der Varianzerklärung, allerdings mit großen Unsicherheiten (hohe Schwankung, hohe Irrtumswahrscheinlichkeit) bei der Bestimmung des Koeffizienten.

Modell	Parameter	Koeffizientena	p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
2								
Nullmodell	k	-1,621 ****	,000	1,150	195,960	489,460	196	2,497
Endmodell	k	-11,259 ****	,000	0,317	194,002	278,464	194	1,435
	LN_HR	,679 ****	,000					
	LN_NR	,334 ****	,001					
Endmodell	k	-11,343 ****	,000	0,308	192,93	274,619	193	1,423
	LN_HR	,683 ****	,000					
	LN_NR	,333 ****	,001					
	TRAM_KAT	,356 *	,071					

Tab. 31: Parametersatz Modell 2 (verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte mit bekanntem DTV in Haupt- und Nebenrichtung)

K.2	
$U(P) = e^{-11,343} * HR^{0,683} * NR^{0,333} * e^t$	
mit $t = 0,356 * TRAM_KAT$	
HR	Durchschnittlich täglicher Verkehr der Hauptrichtung [Kfz/24h]
NR	Durchschnittlich täglicher Verkehr der Nebenrichtung [Kfz/24h]
TRAM_KAT	Vorhandensein straßenbündiger Gleise (0- nicht vorhanden, 1- vorhanden)

Tab. 32: Funktionsgleichungen Modell 2 (verkehrszeichengeregelt)

7.2.3 Modell K3: Verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte des Hauptverkehrsstraßennetzes mit unbekanntem DTV in den Nebenrichtungen

Den Großteil der Knotenpunkte an Hauptverkehrsstraßen bilden Anschlussknotenpunkte, an denen Straßen des untergeordneten Straßennetzes die Hauptverkehrsstraßen kreuzen oder in sie einmünden. In der Regel ist an diesen Knotenpunkten nur der DTV der Hauptrichtungen bekannt. Mit 4.730 verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten bildet das Modell 64 % der Knotenpunkte des Untersuchungskollektivs ab.

Der Großteil des Unfallgeschehens dieses Teilmodells bezieht sich auf Knotenpunkte mit Verkehrsstärken zwischen 5.000-25.000 Kfz/24h in der Hauptrichtung.

Das Fehlen von Werten des DTV in der Nebenrichtung führt dazu, dass

- der DTV in der Nebenrichtung durch andere Einflussgrößen abgebildet bzw. abgeschätzt wird und

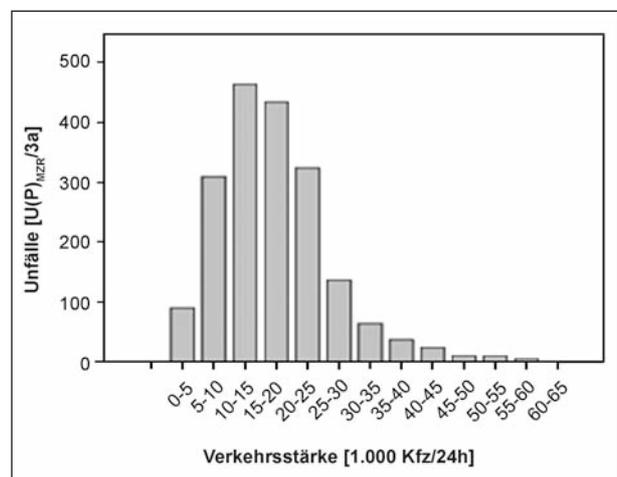


Bild 40: Aufteilung der U(P)_{MZR} auf DTV-Klassenbereiche im Modell 3 (Klassenbreite = 5.000 Kfz/24h)

- eine hohe Restvarianz im Endmodell verbleibt.

Der degressive Zusammenhang zwischen Unfallgeschehen und dem DTV der Hauptrichtung bleibt erhalten, wobei durch diese Größe der fehlende DTV der Nebenrichtung mit abgeschätzt wird. 29,8 % der Varianz werden dadurch erklärt.

Da an Einmündungen weniger Unfälle geschehen, wird bei der Schätzung des Einflusses des DTV der Nebenrichtung über den DTV der Hauptrichtung eine Minderung für Einmündungen berechnet.

Den nächsthöheren Erklärungsanteil bilden auch hier straßenbündige Straßenbahngleise im Knotenpunktbereich, die an den entsprechenden Knotenpunkten das höhere Unfallgeschehen erklären. Das Modell 3.1 (siehe Tabelle 33) soll zusätzlich die signifikanten Einflüsse durch die Anzahl an umgebenden Dienstleistungen und Halte-

Modell	Parameter	Koeffizienten ^a	p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
3								
Nullmodell	k	-2,806 ****	,000	,870	4.727,802	6.426,577	4.730	1,359
Exposition	k	-8,852 ****	,000	0,636	4.731,203	5.920,917	4.729	1,252
	LN_HR	,636 ****	,000					
Endmodell	k	-8,396 ****	,000	0,45	4.727,169	5.569,14	4.725	1,179
3.1	LN_HR	,591 ****	,000					
	TRAM_KAT	,352 ****	,000					
	KP_FORM	****	,000					
	Einmündung	-,421 ****	,000					
	Kreuzung	,000 ****	,000					
	Dienst	,048 ****	,000					
	H	,022 **	,027					
Endmodell	k	-8,704 ****	,000	0,497	4.726,446	5.663,033	4.727	1,198
3.2	LN_HR	,644 ****	,000					
	TRAM_KAT	,427 ****	,000					
	KP_FORM	****	,000					
	Einmündung	-,461						
	Kreuzung	,000						

Tab. 33: Parametersatz Modell 3 (verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte mit unbekanntem DTV in den Nebenrichtungen)

stellen¹³ (Bus und Straßenbahn) aufzeigen, auch wenn die praktische Handhabbarkeit eher eingeschränkt sein wird.

Die Größen (Knotenpunktform und straßenbündige Straßenbahngleise) im Modell 3.2 bewirken eine Verbesserung der erklärten Varianz im Modell 3.2. auf 44,8 %. Insgesamt wird im Endmodell 3.1. 50,1 % der Varianz erklärt.

Die Anzahl an Dienstleistungen im Umkreis geht als Stellvertretergröße für Geschäftsstraßen ein. Inhaltlich geht das Merkmal „Haltestelle“ einher mit dem erhöhten Fußgängerverkehr an Geschäftsstraßen. Mit deren Aufnahme der zwei zusätzlichen Größen in das Modell reduzieren sich die Parameterkoeffizienten der anderen Einflussgrößen, da die jeweiligen Effekte nun durch die neuen Größen mit beschrieben werden.

K.3.1	
$U(P) = e^{-8,396} * HR^{0,591} * e^t$	
mit $t = -0,421 * KP_FORM + 0,048 * Dienst + 0,352 * TRAM_KAT + 0,022 * H$	
K.3.2	
$U(P) = e^{8,704} * HR^{0,644} * e^t$	
mit $t = 0,427 * TRAM_KAT - 0,461 * KP_FORM$	
HR	Durchschnittlich täglicher Verkehr der Hauptrichtung [Kfz/24h]
KP_FORM	Knotenpunktform (0-Kreuzung, 1 Einmündung)
Dienst	Anzahl Dienstleistungen im Radius von 400 m um den Knotenpunkt
TRAM_KAT	Vorhandensein Gleise (0-nicht vorhanden, 1- vorhanden)
H	Anzahl Haltestellen im Radius von 400 m um den Knotenpunkt

Tab. 34: Funktionsgleichungen Modell 3.1 und Modell 3.2 (verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte mit unbekanntem DTV in den Nebenrichtungen)

¹³ Das Merkmal der umgebenden Haltestellen basiert auf den verzeichneten Angaben in OpenStreetMap. Die Daten sind daher nicht vollständig und dienen lediglich in den Zweitmodellen der Verdeutlichung des abweichenden Unfallgeschehens bei einer erhöhten Anzahl an Fußgängerquerungen.

7.3 Vergleich der Modelle

Im Streckenmodell lässt sich erkennen, dass das Unfallgeschehen in geringerem Maße ansteigt (degressiv) als die Streckenlänge oder der DTV. Diese Daten erklären allerdings nur einen geringen Anteil an systematischer Abweichung.

Werden Straßenbahngleise straßenbündig auf der Straße geführt, stellt das einen unfallsteigernden Effekt für MZR dar. Inhaltlich werden damit die Unfälle durch Verkeilen des MZR-Rads in Straßenbahnschienen oder im Zusammenhang mit der wechselnden Griffigkeit beschrieben. Im Modell 1 für lichtsignalgesteuerte Knotenpunkte erscheint die Wirkung straßenbündiger Straßenbahngleise entgegengesetzt (unfallsenkend), was aber auf (positive) zusätzliche verkehrstechnische und bauliche Maßnahmen im Zuge der Führung der Straßenbahn im Straßenraum zurückzuführen ist.

Die Konstellationen K.1) und K.3) haben einen hohen Stichprobenumfang, sodass auch mittlere bis leichte Effekte ermittelt werden können. Der positive Wert der Einflussgröße „Dienst“ deutet darauf hin, dass in Geschäftsstraßen mit den bereits erläuterten Spezifika ein höheres Unfallgeschehen zu erwarten ist. Das Vorhandensein von Haltestellen in der Umgebung von Knotenpunkten beschreibt die kritischen Situationen im Zusammenhang mit Querungsvorgängen von Fußgängern oder ausseren Bussen.

Sowohl an signal- als auch verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten zeigt sich ein degressiver Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und dem DTV auf der Haupt- und Nebenrichtung, wenn auch in unterschiedlichem Maße. An lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten reagiert das Unfallgeschehen stärker auf Veränderungen des DTV in der Nebenrichtung. Gegensätzlich verhält es sich an verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten. Hier reagiert das Unfallgeschehen stärker auf Veränderungen der Verkehrsstärke auf der Hauptrichtung.

In Bild 41 und Bild 42 sind exemplarisch die sich ergebenden Unterschiede dargestellt, die sich aus der unterschiedlichen Vorfahrtsregelung bei gleichzeitigem Vorhandensein von Straßenbahngleisen im Knotenpunktbereich ergeben. Hierfür wurde der Verlauf der zu erwartenden $U_{MZR}(P)/a$ je Knotenpunkt bei einem steigendem DTV der Nebenrichtung und einem festgelegten DTV von 20.000 Kfz/24h auf der Hauptrichtung dargestellt.¹⁴

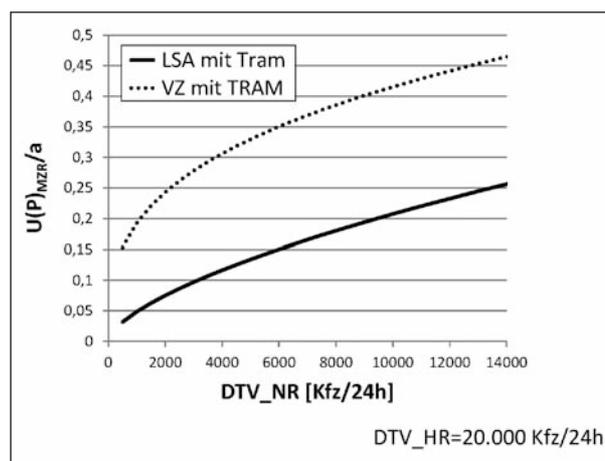


Bild 41: Unfallentwicklung von MZR bei steigender Verkehrsstärke der Nebenrichtung an lichtsignal- und verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten mit Straßenbahngleisen

Bei Knotenpunkten mit Straßenbahn zeigt sich deutlich, wie an LSA-geregelten generell weniger Unfälle zu erwarten sind, als an verkehrszeichengeregelten. Es stellt sich bei zunehmender Verkehrsbelastung ein annähernd gleicher Niveauunterschied zwischen den zu erwartenden Unfallzahlen der beiden Vorfahrtsregelungen ein (Bild 41).

Auch an Knotenpunkten ohne Straßenbahngleise zeigt sich eine niedrigere zu erwartende Unfallzahl an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten. Mit Zunahme der Verkehrsstärke der Nebenrichtung verringert sich jedoch der Niveauunterschied zwischen beiden Regelungsarten. Rechnerisch würden sich beide Kurven bei einer Verkehrsstärke von 10.000 Kfz/h in der Nebenrichtung schneiden. Bei 20.000 Kfz/24h in der Hauptrichtung existieren im Untersuchungskollektiv nur verkehrszeichengeregelte Knotenpunkte mit maximal 8.000 bis 9.000 Kfz/24h in der Nebenrichtung. Eine Interpretation der Kurvenverläufe über die maximal auftretende Verkehrsstärke in der Nebenrichtung hinaus ist daher nicht zulässig, denn für höhere DTV-Werte in der Nebenrichtung werden in der Praxis Lichtsignalanlagen installiert.

Dass sich der Niveauunterschied zwischen beiden Regelungsarten mit steigendem DTV der Nebenrichtung reduziert, ist sowohl auf die am häufigsten auftretenden Konstellationstypen (K.1) bis K.3)) als auch auf die verkehrstechnischen Unterschiede an Knotenpunkten mit Straßenbahnen zurückzuführen.

¹⁴ Dargestellt sind jeweils die DTV-Bereiche der Nebenrichtung, wie sie auch im Unfallkollektiv enthalten sind.

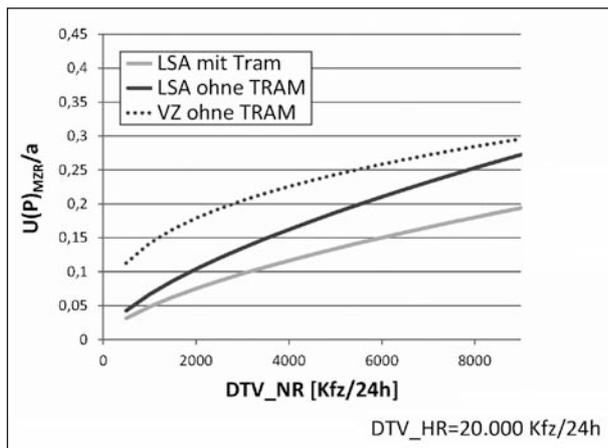


Bild 42: Unfallentwicklung von MZR bei steigender Verkehrsstärke der Nebenrichtung an lichtsignal- und verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten ohne Straßenbahngleise

ren. Diese Knotenpunkte besitzen häufig komplexere Signalprogramme als üblich, so dass separate Linksabbiegerphasen eingerichtet sind und/oder teilsignalisierte Knotenpunkte vermieden werden. Daher zeigt sich ein geringer zu erwartendes Unfallgeschehen an Knotenpunkten mit Straßenbahnen und komplexeren Signalprogrammen (graue Linie in Bild 42), als an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten ohne Straßenbahn.

8 Vergleichende Untersuchungen der Unfallkonstellationen

Die Größen in den verallgemeinerten linearen Modellen beschreiben generelle Einflüsse auf das Unfallgeschehen. Speziell wirkende Einflüsse in einem UAB müssen über eine mikroskopische Unfalluntersuchung ermittelt werden. Deshalb sollen neben den Erkenntnissen allgemeiner Wirkungsweisen signifikanter Einzeleinflussgrößen, wie sie in verallgemeinerten linearen Modellen möglich sind, durch die Untersuchungen auch weitere unfallmitbestimmende Einflüsse erkannt werden.

Im Hinblick auf die spätere Maßnahmenfindung werden dazu vergleichende Untersuchungen zwischen den unfallauffälligen und -unauffälligen Knotenpunkten durchgeführt. Ziel ist es, anhand der Merkmalsanteile konkrete Defizite in UAB zu identifizieren. Einzelne Unfallkonstellationen können dabei unterschiedliche Defizite besitzen. Daher

erfolgen die vergleichenden Untersuchungen separat für einzelne Unfallkonstellationen.

8.1 Vorgehensweise bei den Konstellationen K.1) und K.2)

Für die Vergleichsgruppe der UAB werden die bereits definierten UAB verwendet, an denen mindestens zweimal die jeweilig untersuchte Unfallkonstellation auftrat und anteilmäßig dominant im Vergleich zu anderen Konstellationen war. Damit wird sichergestellt, dass die Unfallauffälligkeit für die betrachtete Konstellation besteht. Für die Gruppe der unauffälligen Stellen gilt, dass die entsprechende Unfallkonstellation nur maximal einmal in einer der zwei 3-Jahreskarten auftauchen durfte.

Möglichkeiten zum Vergleich mit ausreichender Anzahl UAB konnten nur für die Konstellation K.1) und K.2) gefunden werden. Neben K.1) und K.2) konnten keine weiteren Vergleichsgruppen für die anderen Konstellationen erstellt werden, weil diese beiden Konstellationen das Gesamtbild der UAB bereits dominieren. Wegen der Notwendigkeit, jeden Unfall einer genauen Konstellation zuzuordnen, eignen sich nur diejenigen Städte, für die Unfälle mit Unfalltexten vorlagen und in denen der Ist-Zustand der örtlichen Gegebenheiten einer UAB zum Unfallzeitpunkt über Google-Streetview untersucht werden konnte. Diese Städte sind Frankfurt a. M., Dresden und Leipzig.

Für die Vergleichsstichprobe für die UAB wurden in jeder der drei Städte jeweils 10 Knotenpunkte gewählt, an denen die bereits genannten Bedingungen bezüglich ihrer Unfallanzahl erfüllt sind. Demnach enthält die Vergleichsgruppe der unauffälligen Knotenpunkte für beide Konstellationen 30 ausgewertete Knotenpunkte mit genau 30 $U(P)_{MZR}$ der jeweilig betrachteten Unfallkonstellation in 6 Jahren. Das Kollektiv der unfallauffälligen Knotenpunkte umfasst für die Konstellation K.1) 25 Knotenpunkte mit 58 gleichartigen Unfällen; für die Konstellation K.2) 17 Knotenpunkte mit 68 gleichartigen Unfällen.

8.1.1 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.1) und K.3)

Die Untersuchung des Konstellationstyps K.1) in den UAB zeigte zunächst, dass es sich zumeist um Anschlussknotenpunkte handelt, an denen

Wohnstraßen des nachgeordneten Netzes in Hauptstraßen münden. Deshalb wurde für die Vergleichsgruppe der unauffälligen Knotenpunkte das Kriterium der Wohnstraße ebenfalls gefordert. Eine Konzentration der Konstellation K1 auf bestimmte DTV-Wertebereiche auf der Hauptverkehrsstraße konnte nicht erkannt werden. Für die Auswahl der Vergleichsknotenpunkte stellte der DTV daher kein Kriterium dar (siehe Bild 43).

In den unfallunauffälligen Knotenpunkten konnte festgestellt werden, dass in der untergeordneten Straße oftmals „Tempo 30“ oder eine Tempo-30-Zone angeordnet war. Zudem konnte anteilig häufiger eine markierte Radverkehrsfurt entlang der Hauptrichtung verzeichnet werden. Beide Merkmale scheinen die geltenden Vorfahrtbedingungen zu unterstützen, wobei die reduzierten Geschwindigkeitsbedingungen auch mit dem Erscheinungsbild (Bepflanzung, Parken, Wohnbebauung) im Zusammenhang stehen können.

Knotenpunkte mit Gleiskörper sind anteilig bei den unfallauffälligen Knotenpunkten stärker vertreten. Jedoch fällt dieser Unterschied nicht so stark aus wie für andere Merkmale.

Kreisverkehre tauchen nur in der Gruppe der unfallauffälligen Stellen auf.

An den signalisierten Knotenpunkten der unfallauffälligen Knotenpunkte fällt der hohe Anteil an „teilsignalisierten Knotenpunkten“ auf. Dort ist zum geschützten Queren der Fußgänger über die Hauptverkehrsstraße nur in der Hauptrichtung eine lichtsignalregelte Furt angelegt. In den untergeord-

neten Straßen wird die Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen beibehalten.

Allein in der Hauptrichtung treten ebenfalls häufiger bei unfallauffälligen Stellen auf, wohl weil sie die Problematik der Wahrnehmung (Sicht) von MZR für die einbiegenden und kreuzenden Ströme verstärken.

Diese Umstände lassen sich auch für die Konstellation K.3) (MZR von rechts in der Hauptrichtung) wiederfinden.

8.1.2 Vergleichende Untersuchung zur Konstellation K.2)

Im Konstellationstyp K.2) hat sich sowohl das höhere Auftreten von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Werte unter 50 km/h in der untergeordneten Straße als auch die markierte Radverkehrsfurt als optische Unterstützung der Vorfahrtregelung an den unfallunauffälligen Bereichen gezeigt.

Vorhandene Straßenbahngleise im Knotenpunkt sind zu etwa gleichen Anteilen an auffälligen und unfallauffälligen Knotenpunkten vorzufinden. Dieses Merkmal stellt daher bezüglich dieser Konstellation keinen unfallbegünstigenden Einfluss dar.

Sehr deutlich zeigt sich in der unfallauffälligen Gruppe, dass an den signalisierten Knotenpunkten zwar ein Linksabbiegestreifen eingerichtet ist, Linksabbieger aber keine separate Phase haben, sondern gemeinsam mit dem Geradeausfahrer signalisiert werden. Die Unfälle ereignen sich dann wahrscheinlich aus der Fehleinschätzung der Zeitlücken im Gegenverkehr (siehe Bild 44).

K.1)		
auffällig bezüglich K.1)	Merkmal	un auffällig
0%	30/ 30er Zone in Nebenstraße	47%
44%	Gleis	33%
12%	KVP	0%
16%	teilsignalisiert	7%
4%	Radverkehrsfurt	43%
44%	Allee	7%

Bild 43: Anteilswerte der Merkmale für den Konstellationstyp K.1) ($UAB_{\text{auffällig}} = 25$ mit $58 U(P)_{\text{MZR}}$)

K.2)		
auffällig bezüglich K.2)	Merkmal	un auffällig
0%	30/ 30er Zone in Nebenstraße	27%
41%	Gleis	37%
6%	Radverkehrsfurt	30%
	LSA-geregelt ohne separate Linksabbiegephase, Linksabbiegestreifen	
67%		16%

Bild 44: Anteilswerte der Merkmale für den Konstellationstyp K.2) ($UAB_{\text{auffällig}} = 17$ mit $68 U(P)_{\text{MZR}}$)

8.2 Vorgehen bei den weiteren Konstellationen K.3) bis A.4)

Die weiteren Unfallkonstellationen – außer K.1) und K.2) – besitzen im Vergleich zu den zuvor beschriebenen Konstellationen nur in wenigen UAB eine Dominanz gegenüber anderen Konstellationen. Zur Herausarbeitung unfallbeeinflussender Merkmale dieser Konstellationen werden diejenigen UAB gewählt, in denen die jeweilige Konstellation mindestens zweimal in mindestens einem gleitenden 3-Jahreszeitraum aufgetreten ist. Die anteilmäßige Dominanz der Konstellation in dem UAB wird nicht gefordert.

Für die Vergleichsgruppe der unfallunauffälligen Bereiche bleiben die Bedingungen erhalten.

8.2.1 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.4)

Unter den geforderten Bedingungen der Unfallauffälligkeit konnten 36 UAB identifiziert mit 87 U(P)_{MZR} werden. Die Konstellation K.4) ist dadurch gekennzeichnet, dass das vorausfahrende Fahrzeug (plötzlich) vor dem MZR seine Geschwindigkeit verzögert. Dabei kann es im Anschluss zum Auffahren des MZR auf das vorausfahrende Fahrzeug kommen oder der Fahrer des MZR verliert durch die eigene Verzögerung die Kontrolle über sein Fahrzeug und kommt zu Fall. In der vergleichenden Untersuchung konnten wesentliche Umstände herausgearbeitet werden:

- in 75 % der Fälle handelt es sich um lichtsignalgeregelte Knotenpunkte,
- in 64 % der Fälle können Spurrillen infolge von erhöhtem Busverkehr festgestellt werden,
- in 61 % der Fälle befuhr das MZR einen Mischfahrstreifen und
- in 53 % der Fälle handelt es sich um Streckenzüge mit straßennaher Baumbepflanzung,
- in 44 % der Fälle handelt es sich um Stellen mit stationären bzw. mobilen Anlagen zur Überwachung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Den Unfalltexten und den vorgefundenen Bedingungen kann entnommen werden, dass der Fahrer des MZR vom Verhalten des vor ihm fahrenden Fahrzeugs überrascht wurde, welches infolge des

Phasenwechsels des Lichtsignalgebers oder wegen Einleitens des Abbiegevorgangs seine Geschwindigkeit reduziert. Als Begleitumstand finden sich breite Spurrillen in der Nähe von Bushaltestellen.¹⁵ Dabei wirken sich sowohl die Unebenheiten in Längsrichtung als auch die reduzierte Griffigkeit negativ aus.

8.2.2 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.5)

Zur Konstellation K.5) konnten 22 auffällige Bereiche mit 52 U(P)_{MZR} untersucht werden. Der Unfallkonstellation entsprechend handelt es sich um mehrstreifige Hauptverkehrsstraßen. Wesentliche Begleitmerkmale der gefundenen Bereiche sind:

- in 81 % der Fälle ereignen sich die Unfälle in vorgelagerten Einfädelbereichen größerer Knotenpunkte,
- in 73 % der Fälle können Spurrillen infolge von erhöhtem Busverkehr festgestellt werden.

Demnach wird während des Fahrstreifenwechsels beim Einfädeln das MZR übersehen. Für das Ausweichmanöver des MZR-Fahrers wirken sich die Spurrillen als ein weiterer negativer Begleitumstand aus.

8.2.3 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.6)

An 13 Stellen mit 30 U(P)_{MZR} konnte eine Häufung der Konstellation K.6) gefunden werden. Während das MZR das vorausfahrende Fahrzeug links überholt, biegt dieses unerwartet nach links ab. Dabei handelt es sich häufig nicht um Einmündungen und Kreuzungen, sondern um stark frequentierte Zufahrten zu Parkplätzen, Tankstellen oder gewerblichen Zufahrten. Aufgrund der Straßenraumgestaltung tauchen diese unerwartet auf. So verdecken Alleen und längsparkende Fahrzeuge in 69 % der Fälle die Sicht auf Zufahrten.

8.2.4 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation K.7)

Die Konstellation K.7) stellt eine Sonderform der Konstellation K.1) (bei mehreren Beteiligten) bzw.

¹⁵ Ergeben sich aus der hohen Krafteinwirkung beim Bremsen und Anfahren von Bussen

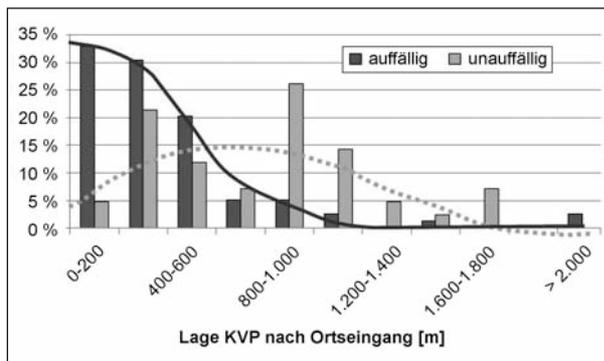


Bild 45: Lage der Kreisverkehrsplätze nach dem Ortseingang

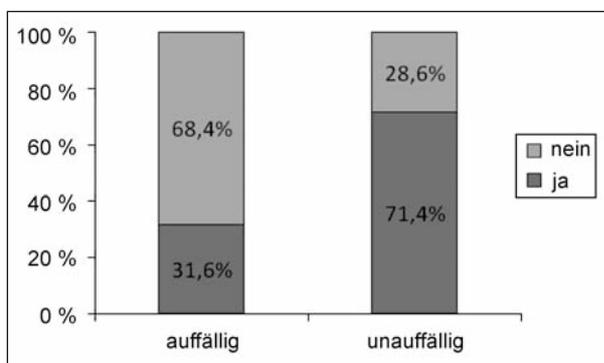


Bild 46: Kreisverkehre als wiederkehrende Knotenpunktform im Umfeld

der Konstellationen A.2)/A.4) (bei Alleinunfällen) an Kreisverkehrsplätzen in Gemeinden dar. 75 Kreisverkehrsplätze mit 173 U(P)_{MZR} konnten untersucht werden. In der Vergleichsgruppe konnten 38 unfallunauffällige Kreisverkehrsplätze (entsprechend der geforderten Bedingungen) 38 U(P)_{MZR} gefunden werden. In Städten taucht diese Konstellation seltener auf. Drei wesentliche Merkmale deuten auf die Problematik an Kreisverkehrsplätzen hin:

Die auffälligen Kreisverkehrsplätze liegen häufig unmittelbar an den Ortseingängen (Bild 45).¹⁶

In 68 % der Fälle befinden sich im Umfeld des Kreisverkehrsplatzes keine weiteren Kreisverkehre, d. h. sie erscheinen ungewohnt. Dahingegen lassen sich für 71 % der unauffälligen Kreisverkehre in der Nähe weitere Kreisverkehre finden (Bild 46).

Die Breite der Kreisfahrbahn ist zu 54 % an auffälligen Kreisverkehren größer, als sie im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren (FGSV, 2006) in Abhängigkeit ihres Außendurchmessers empfohlen werden. An unfallunauffälligen Kreisverkehren

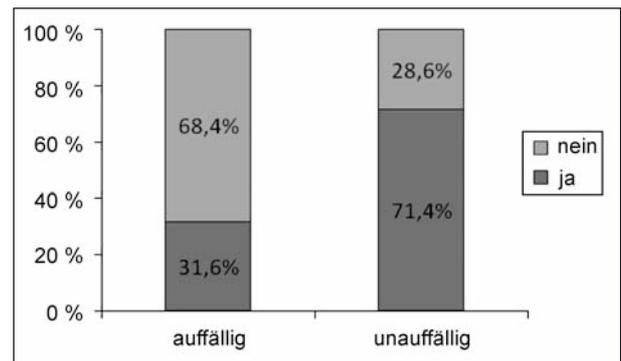


Bild 47: Einhaltung der Entwurfsgrundsätze zwischen Außendurchmesser und der Breite des Kreisrings nach dem Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren (FGSV, 2006)

werden die Empfehlungen zu 69 % eingehalten (Bild 47).

Die drei Merkmale deuten auf mehrere Probleme hin. Durch ihre Lage direkt am Ortseingang befahren die MZR-Fahrer den Kreisverkehr mit erhöhter bzw. zu hoher Geschwindigkeit, was den Anteil der Alleinunfälle erklären kann. Die hohe Geschwindigkeit resultiert aber auch in einer starken Schräglage, um mit der Geschwindigkeit die Kreisfahrbahn durchfahren zu können. Dadurch wird der MZR-Fahrer schwer und spät von einfahrenden Verkehrsteilnehmern wahrgenommen. Breit dimensionierte Kreisfahrbahnen erleichtern zusätzlich hohe Geschwindigkeiten.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass aufeinanderfolgende Kreisverkehre weniger unfallgefährdend sind, da hier offenbar das angemessene Fahrverhalten der Regelfall ist und Kreisverkehre zum gewohnten Stadtbild gehören.

8.2.5 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation A.1)

Die Untersuchung der Konstellation A.1) hat gezeigt, dass es häufig zu Unfällen im Zusammenhang mit Straßenbahngleisen kommt, wenn der Fahrer des MZR gezwungen ist, die Gleise im spitzen Winkel zu überfahren. An den 29 UAB mit 61 U(P)_{MZR} trat das mehrfach im Haltestellenbereich auf, an dem die Gleise zum Fahrbahnrand hin verschwenkt werden. Wiederholt zeigte sich dasselbe Problem an Gleisschleifen oder bei Ausweichvorgängen, wenn das MZR aufgrund von seitlich parkenden Fahrzeugen gezwungen wird, auf den Bereich zwischen den zwei Gleissträngen auszuweichen (Bild 48).

¹⁶ Beginn der bebauten Flächen im Innerortsbereich.

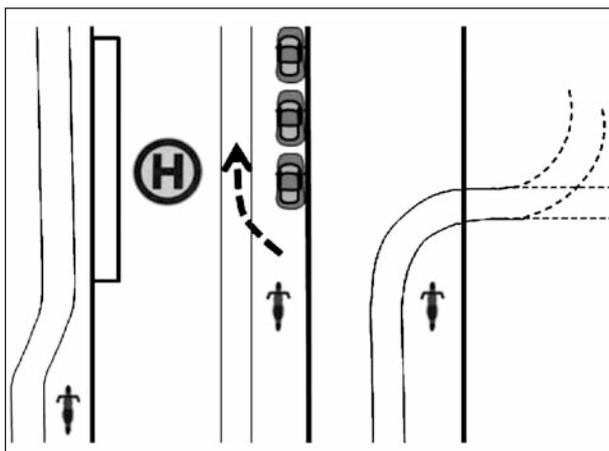


Bild 48: Beeinflussende Umstände an auffälligen Stellen der Konstellation A.1)

8.2.6 Vergleichende Untersuchungen zur Konstellation A.3)

Anhand von 10 auffälligen Stellen mit 23 $U(P)_{MZR}$ konnte nahezu immer ein Problem der Griffigkeit oder der Ebenheit der Fahrbahn nachgewiesen werden. Die Probleme der Griffigkeit ergeben sich in der Regel durch großflächige Markierungen oder längliche bzw. netzartige Bitumenvergüsse.

8.2.7 Vergleichende Untersuchungen zu den Konstellationen A.2) und A.4)

Es konnten 23 Stellen mit 50 $U(P)_{MZR}$ mit gehäuftem Auftreten der zwei Konstellationen gefunden werden. Auffällig zeigte sich dabei aus den Unfalltexten, dass sich der Unfall häufig durch das Anecken der rechtseinbiegenden MZR mit den Bordsteinen zum mittig liegenden Straßenbahnkörper ereignet.

Sowohl für die rechts- als auch linkseinbiegenden MZR wurden, wenn auch nicht in den Unfalltexten erwähnt, häufig Spurrillen entlang der Hauptrichtung vorgefunden. Aufgrund der Spurrillenbreite, aber auch der Fahrpläne kann auf häufige Befahrung durch Busse geschlossen werden (67 % der UAB). Diese Unebenheiten erschweren es dem MZR-Fahrer, das Gleichgewicht zu halten (Bild 49).

8.3 Maßnahmen

Typische Defizite für die beschriebenen Unfallkonstellationen werden im Anhang 5 mit entsprechenden Verbesserungsmaßnahmen aufgelistet.

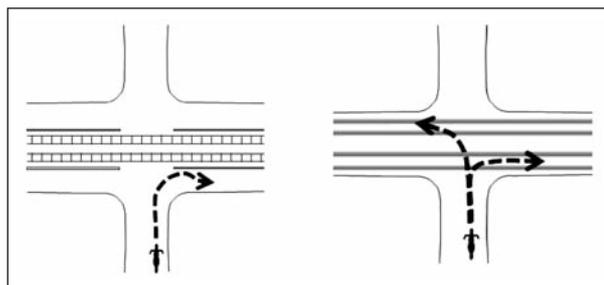


Bild 49: Beeinflussende Umstände für links- und rechtseinbiegende MZR

8.4 Einordnung der Modellergebnisse zu den vergleichenden Unfalluntersuchungen

Als Expositionsgrößen werden generell in den Modellen die DTV-Werte der Haupt- und Nebenrichtungen verwendet, obwohl sie eigentlich nur eine Stellvertretergröße darstellen.

Die Detailuntersuchungen zeigen darüber hinaus, welche Defizite die einzelnen Unfallkonstellationen beeinflussen. Die Modelle können dahingegen nur generell wirkende Einflüsse abschätzen ohne Bewertung der Auswirkung im Speziellen auf einzelne Konstellationen. Ob sich ein Defizit als Größe signifikant zeigt und somit in das Modell aufgenommen werden kann, ist davon abhängig

- wie häufig die einzelnen beschriebenen häufigsten Konstellationen auftauchen und
- wie häufig sich ein Defizit auf mehrere Konstellationen auswirkt.

Der direkte bzw. indirekte Einfluss vorhandener Straßenbahngleise als Einflussgröße (TRAM_KAT) im Modell lässt sich demnach auf die häufige Beeinflussung der beschriebenen Unfallkonstellationen zurückführen. Dazu zeigt sich der Einfluss von (Bus-)Spurrillen im Bereich von Haltestellen (H), der parallel zu vorhandenen Straßenbahngleisen wirkt.

Andere Defizite wirken sich nur partiell auf einzelne Unfallkonstellationen aus und finden daher keinen Eingang in die Modelle.

Im Anhang 5 sind tabellarisch die Parameter des Modells und die darin einfließenden Defizite der einzelnen Unfallkonstellationen aufgelistet.

9 Zusammenfassung und Ausblick

9.1 Resümee

Mit dem Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot) existiert bereits eine Hilfe zur Lokalisierung von UAB auf Landstraßen und zur Empfehlung angemessener Maßnahmen außerorts. Die Inhalte und Erkenntnisse des MVMot sollen in dieser Untersuchung um den innerörtlichen Bereich erweitert werden.

Auf Basis eines Untersuchungskollektivs von ca. 38.500 Unfällen mit Personenschaden wurden mithilfe theoretischer Ansätze geeignete Grenzwerte entwickelt, um UAB für den Innerortsbereich zu identifizieren.

Als geeignete Grenzwerte zeigten sich:

- 3 $U(P)_{MZR}$ in 3 Jahren,
- Anteil $U(P)_{MZR}$ in UHS > 20 % in 3 Jahren.

Die damit bestimmten UAB konzentrieren sich an Knotenpunkten. Etwa 7 % der $U(P)_{MZR}$ werden durch diese Grenzwertdefinition innerhalb der UAB erfasst.

Lediglich in 38 % der UAB deckten sich die MZR-Unfallkonstellationen mit denjenigen der anderen Verkehrsteilnehmer.

Die hohe Konzentration an Knotenpunkten spiegelt sich auch in den typischen und häufig auftretenden Unfallkonstellationen der MZR wider. Diesen konnte anhand der Analyse der Unfälle und der örtlichen Unfalluntersuchung typische Defizite zugeordnet werden.

Speziell in Gemeinden zeigten sich überdurchschnittlich häufig Kreisverkehre an Ortseinfahrten als unfallauffällig.

Zwischen Gemeinden und Städten ergab sich kein Unterschied bezüglich des optimalen Grenzwerts. Jedoch konnte gezeigt werden, dass sich das Unfallgeschehen zwischen Städten (≥ 80.000 Einwohner) und Gemeinden (< 80.000 Einwohner) unterscheidet. Unfalltypen, -arten und -konstellationen sind unterschiedlich ausgeprägt. In Gemeinden konzentrieren sich die Unfälle in den UAB noch stärker auf spezifische Unfallarten und -typen, die im Zusammenhang mit Knotenpunkten stehen. Zudem kann in den Gemeinden festgestellt

werden, dass die selbstverursachten Unfälle der MZR und auch schwerere Unfälle anteilig häufiger auftreten.

In den UAB konnten wiederkehrende Unfallkonstellationen ermittelt werden, die sich sowohl in den Gemeinden als auch Städten wiederfinden lassen. UAB mit einer häufig auftauchenden Unfallkonstellation wurden auf mögliche Defizite hin untersucht. Wiederkehrende Kombinationen von Unfallkonstellationen und Defiziten wurden zusammengetragen und mit geeigneten Maßnahmen in einem Katalog zusammengefasst.

Neben der mikroskopischen Unfalluntersuchung wurden systematisch wirkende Einflüsse auf das Unfallgeschehen von MZR über verallgemeinerte lineare Modelle bestimmt. Der durchschnittlich tägliche Verkehr DTV (aller Kfz) zeigt sich als Stellvertretergröße sowohl in den Strecken- als auch in Knotenpunktmodellen als maßgeblich beschreibende Größe und erklärt einen Großteil der systematischen Varianz. Dabei gehen an Knotenpunkten der DTV der Haupt- und Nebenrichtung in unterschiedlichem Maße ein. An Strecken ist die Unfallhäufigkeit zudem stark von der Länge des untersuchten Streckenabschnitts bestimmt.

Des Weiteren zeigten Variablen einen Einfluss auf das Unfallgeschehen, die im Zusammenhang mit

- erhöhtem Fußgängerquerungen in Geschäftsstraßen,
- Straßenbahngleisen und
- Spurrillen

stehen.

9.2 Weiterer Forschungsbedarf

9.2.1 Verallgemeinerte Unfallmodelle

Eine vertiefte Einschätzung des Unfallrisikos von MZR wird bislang dadurch erschwert, dass Verkehrsstärken und Fahrleistungen innerorts von MZR nicht oder nur ungenau bekannt sind. Ein Vergleich zu anderen Verkehrsteilnehmerarten oder zum MZR-Unfallgeschehen außerorts ist damit erschwert.

Die erstellten verallgemeinerten linearen Modelle basieren daher auf DTV-Werten des Gesamtverkehrs und nicht auf DTV-Werten von MZR.

Somit kann der DTV in den Modellen vorrangig die Funktion einer Stellvertretervariablen einnehmen. Daher können in den Modellen mögliche entstehende Unterschiede bei gleich hohem Gesamt-DTV und einer Verschiebung zugunsten des Anteils von MZR nicht beschrieben werden. Inhaltlich genauere Ergebnisse ergäben sich bei Differenzierung der Verkehrsstärke nach MZR und anderen Verkehrsteilnehmern. Auf diese Weise könnten möglicherweise bisherige „Ausreißer“ im Modell z. B. durch ihren erhöhten MZR-Verkehr erklärt werden.

In den Modellen zeigten sich noch weitere Einflussgrößen, die als Stellvertretervariablen für Unebenheiten oder spezielle Bedingungen in Geschäftsstraßen zu verstehen sind. Zum Beispiel haben sich die Anzahl von Haltestellen und Dienstleistungseinrichtungen als unfallsteigernde Effekte gezeigt, diese stellen aber indirekt die Einflüsse der Geschäftsstraße dar, deren eigentlicher Einfluss nicht genau quantifiziert werden kann.

Die Modelle basieren zudem auf Hauptverkehrsstraßen in Städten. Für Gemeinden entlang von Motorradstrecken können diese Modelle nicht angewendet werden. Da hier innerorts oftmals weder DTV-Werte noch der Anteil von MZR daran bekannt ist, konnte im Rahmen dieser Untersuchung darauf nicht eingegangen werden.

9.2.2 Makroskopische Unfalluntersuchung

Die angegebenen Grenzwerte ergeben häufig Knotenpunkte als UAB, was auch der allgemeinen Verteilung der MZR-Unfälle entspricht (siehe Bild 29). Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich dennoch in der Ermittlung eines möglichen Grenzwerts für unfallauffällige Streckenzüge. In diesem Zusammenhang wäre auch zu klären, welche Kriterien (Unfalldichten oder -raten) zur Festlegung geeignet sind.

In der Erstellung der Unfallkonstellationen blieben Unterschiede des Alters des MZR-Fahrers unbeachtet. Daher sind mögliche altersspezifische Unterschiede in der Konstellationsaufteilung nicht auszuschließen.

9.2.3 Maßnahmenfindung

Für die aufgelisteten Maßnahmen (Anhang 5) ist eine Wirksamkeitseinschätzung zur Vermeidung der speziellen Unfallkonstellationen zu ermitteln.

Auf diese Weise kann den unterschiedlich hohen Aufwandskosten einer Maßnahme der Nutzen in Form von verhinderten Unfällen verlässlicher gegenübergestellt werden.

Zwar zeigte sich, dass in Städten lediglich in 38 % der Fälle die vorherrschende Unfallkonstellation der MZR mit den Unfallkonstellationen der anderen Verkehrsteilnehmer übereinstimmen. Dennoch ist zu erwarten, dass zumindest teilweise die Maßnahmen (z. B. Verbesserung der Sichtverhältnisse oder Einrichtung einer LSA) auch einen positiven Effekt auf das Unfallgeschehen anderer Verkehrsteilnehmer haben. Daher ist zu prüfen inwieweit sich bei den Maßnahmen positive Nutzeneffekte auch für andere Verkehrsteilnehmer einstellen. Das sollte sowohl unter der Bedingung gleichartiger und differierender Unfallkonstellationen zwischen den Verkehrsteilnehmerarten untersucht werden.

Des Weiteren müssen gerade bei der Rangfolgenstellung von UAB diese Nutzeneffekte einschließlich derjenigen für andere Verkehrsteilnehmerarten dem (Kosten-)Aufwand gegenübergestellt werden.

Literatur

- 2-BE-SAFE a (2009): Rider/Driver behaviours and road safety for PTW
- 2-BE-SAFE b (2010): Interaction between Powered Two-Wheeler Accidents and Infrastructure
- 2-BE-SAFE c (2010): Road infrastructure and road safety for PTW
- AB-Direktion Südbayern (2007): Kriterien für Unfallhäufungen auf Autobahnen in Bayern, München
- ACEM (2006): Guidelines for PTW-safer road design in Europe, Brüssel
- ACEM (2009): Maids- In depth investigation of Motorcycle accidents, Brüssel
- ADAC (2009): Unfalltypen und Vermeidungsstrategien. Retrieved 03 10, 2014, from http://www.motorradfreunde-landsberg.de/pdf/Unfaelle_vermeiden.pdf
- ADAC (2012): ADAC Unfallforschung zu Motorrad-ABS. Retrieved 23.04.2013, from <http://www.adac.de/infotestrat/motorrad-roller/sicherheit-praxis/unfallforschung/unfallforschung-zu-motorrad-abs/default.aspx>

- ASSING, K. (2002): Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Motorrädern, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 137
- AUERBACH, K., OTTE, D., JÄNSCH, M. & LEFERING, R. (2009): Medizinische Folgen von Straßenverkehrsunfällen: Drei Datenquellen, drei Methoden, der unterschiedliche Ergebnisse? F1100.4309001.01, Bergisch Gladbach
- BERGER, R., MAIER, R. & POHLE, M. (2012): Entwicklung von Risikomodellen, Abschlussbericht im Auftrag des Kuratoriums für Verkehrssicherheit KfV, Wien
- BERGER, R., MAIER, R. & SCHÜLLER, H. (2012): Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Straßen, im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (unveröffentlicht), Dresden
- BRENNAN, C. & BEER, K. (2006): Motorcycle Safety in Victoria: "Blackspot" the difference. Victoria: VicRoads
- DESTATIS (2012): Jahrbuch Verkehrsunfälle 2011, Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden
- ECKSTEIN, K. & MEEWES, V. (1998): Untersuchungen an Unfalltypen-Unfalltypenkarten, Mitteilung Nr. 38, Institut für Straßenverkehr des GDV, Köln
- ECKSTEIN, P. (2006): Repetitorium Statistik-Stochastik-Induktive Statistik, Wiesbaden
- Europäisches Parlament (2012): Bericht über den Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Genehmigung von zweirädrigen, dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen sowie über die entsprechende Marktüberwachung; Plenarsitzungsdokument A7-0445/2012, Brüssel
- FGSV (2003a): Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypensteckkarten, Köln: FGSV-Verlag
- FGSV (2003b): Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen, Köln: FGSV-Verlag
- FGSV (2006): Empfehlungen zum Schutz vor Unfällen mit Aufprall auf Bäume, Köln: FGSV-Verlag
- FGSV (2006): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, Köln: FGSV-Verlag
- FGSV (2007): Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot), Köln: FGSV-Verlag
- FGSV (2012): Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen, Köln: FGSV-Verlag
- FORKE, E. & GAJEWSKI, R. (2003): Praxishefte Zweiradsicherheit des Instituts für Zweiradsicherheit (IFZ), Heft 6
- FORKE, E., SCHUH, K., SPORNER, A. & POLAUKE, J. (1996): Gefährliche Begegnungen, IfZ, GdV. Essen
- GOLDER, U. (2005): Der Vollbremsvorgang eines Motorrades, VRR VerkehrsRechtsReport 04, S. 132-138
- HACKENBERG, U. & DREYER, A. (1986): Das Zusammenwirken von Mensch und Kraftrad im Hinblick auf die aktive Sicherheit, Inb: VDI-Berichte Nr. 577, Düsseldorf: VDI-Verlag
- HAUER, E. & BAMFO, J. (1997): Two tools for finding what function links the dependent variable to the explanatory variables. In: Proceeding of the ICTCT 1997, Lund, Schweden
- HAUTZINGER, H., DÜRHOFT, H., HÖRNSTEIN, E. & TASSAUX-BECKER, B. (1993): Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschaden, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 13
- HEGEWALD, A. & GÜNES, R. (2011): Unfallanalyse von motorisierten Zweirädern an Knotenpunkten innerorts. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 3/2011, Bergisch-Gladbach
- HLafSuV – Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken, Wiesbaden
- HMDIufS – Hessisches Ministerium des Inneren und für Sicherheit und Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (2000): Identifikation und Beseitigung von Unfallpunkten
- HUTCHESON, G. & SOFRONIOU, N. (1999): Analyse von Zusammenhängen zwischen Verkehrssicherheit und Straßenentwurf auf Außerortsstraßen. In: Straßen- und Tiefbau, Heft 12

- IdLBW – Innenministerium des Landes Baden Württemberg (2006): Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums für die Verkehrssicherheitsarbeit der Polizei (VwV-VkSA)
- IdLNRW – Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (2003): Gemeinsamer Rund-erlass des Innenministeriums und des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung
- KÖRNER, M., SCHOLZ, T. & UNGER, M. (2008): Unfallgefährdung von Motorradfahrern
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) (2005): Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, Flensburg
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) (2012): Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, Flensburg
- Kraftfahrt-Bundesamt (2005): Verzeichnis zu Systematisierung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern
- KROKER, P. (2011): Masterarbeit: Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiräder innerhalb geschlossener Ortschaften, Darmstadt
- LBV-SH – Landesamt für Straßenbau und Straßenverkehr Schleswig Holstein (1996): Richtlinien für die örtliche Unfalluntersuchung von Straßenverkehrsunfällen, Kiel
- MAIER, R., KÖRNER, M. & SCHÜLLER, H. (2008): Überprüfung und Verbesserung der Grenzwerte zum Erkennen von Unfallhäufungen im Straßennetz
- MEEWES, V. (1984): Sicherheitsdefizite in Städten und Gemeinden. In: Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 49
- MILES, J. & SHEVLIN, M. (2001): Applying Regression & Correlation. London: SAGE Publications
- MITSCHKE, M. & WALLENTOWITZ, H. (2004): Dynamik der Kraftfahrzeuge. Springer Verlag
- NAGAYAMA, Y. (1979): Motorcyclists visual scanning pattern in comparison with automobile drivers. In: Society of Automotive Engineers. Warrendale, Pa
- RINNE, H. (2008): Taschenbuch der Statistik, Frankfurt a. M.
- SCHWEERS, T. & BRENDICKE, R. (1993): Untersuchung des Einflusses von Fahrbahnoberflächen aus Bitumenvergussmassen auf das Fahrverhalten von Motorrädern. In: 5. Fachtagung Motorrad, VDI-Berichte 1025, Düsseldorf
- STEVENS, J. (2009): Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences (5th edition), New York: Routledge, Taylor & Francis Group
- Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz (StVUnfStatG): (1990, Stand 2006)
- TAYLOR, M., LYNAM, D. & BARUYA, A. (2000): The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents. Crowthorne: Transport Research Laboratory (TRL Report 421)
- Universitätsklinikum Münster (2010): Zahl der Fahrradunfälle in Münster liegt dreimal höher als bislang vermutet. Retrieved from [http://www.klinikum.uni-muenster.de/index.php?id=vollstaendiger_artikel&tx_ttnews\[tt_news\]=1005&cHash=f522f2063199ef74bc3ca4bcaf3dd5d6](http://www.klinikum.uni-muenster.de/index.php?id=vollstaendiger_artikel&tx_ttnews[tt_news]=1005&cHash=f522f2063199ef74bc3ca4bcaf3dd5d6)
- VAVRYN, K. & WINKELBAUER, M. (2002): Bremsverzögerungsmessung bei Motorradfahrern mit und ohne ABS. Kuratorium für Verkehrssicherheit, Wien
- Verkehrsblatt (1986): Allgemeine Angelegenheit, Ausgabe Nr. 7/1986, Verkehrsblatt-Verlag
- Verkehrsblatt (2000): Straßenverkehr, Ausgabe Nr. 9/2000, Verkehrsblatt-Verlag

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50

V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50

V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken
Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

V 228: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Mess-Systemen
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse
Lensing € 16,00

V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik
Lensing € 17,50

2014

V 235: Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

V 236: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 237: Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

V 238: Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

V 240: Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50

V 241: Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

V 242: Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock, Herrnsdorf, Pfeil € 20,00

V 243: Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus
Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50

V 244: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013
Fitschen, Nordmann € 28,50

V 245: Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 246: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 247: Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 248: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung
Burg, Röhling
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2015

V 249: Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

- V 250: **Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 251: **Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken**
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50
- V 252: **Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen**
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx, Peters, Reimer, Zipf € 15,00
- V 253: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen**
Baier, Kemper
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 254: **Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw**
Wellner, Uhlig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 255: **Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw**
Zimmermann, Riffel, Roos
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 256: **Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements**
Zander, Birbaum, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 257: **Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen**
Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier
Hantschel, Otto € 18,00
- V 258: **Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten**
Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufele € 18,00
- V 259: **Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten**
Geistefeldt, Sievers
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 260: **Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst**
Hausmann € 15,50
- V 261: **Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen**
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50
- V 262: **Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten**
Maier, Pohle, Schmotz, Nirschl, Erbsmehl € 16,00
- V 263: **Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren**
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung
- V 264: **Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen**
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 17,00
- V 265: **Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken**
Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 266: **Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen**
Baier, Hartkopf € 14,50
- V 267: **Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen**
Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 268: **Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur**
Hegewald, Fürneisen, Tautz
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2016

- V 269: **Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften**
Pohle, Maier € 16,50

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.