

# **Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 366**

**bast**

# Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen

von

Hagen Schüller  
Miriam Niestegge

PTV Transport Consult GmbH  
Stuttgart

Sebastian Hantschel  
Benjamin Kühn  
Regine Gerike  
Stefan Huber

Professur für Integrierte Verkehrsplanung  
und Straßenverkehrstechnik IVST  
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr  
Technische Universität Dresden

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 366**

**FoPS** | Verbesserung der  
Verkehrsverhältnisse  
der Gemeinden  
FORSCHUNGSPROGRAMM STADTVERKEHR

**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 Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, 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 Kommunikation.

Die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** stehen zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

## Impressum

### Bericht zum Forschungsprojekt 70.0907

Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr mit Kraftfahrzeugen auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen

Das Projekt wurde im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur im Rahmen des Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS; [www.fops.de](http://www.fops.de)) durchgeführt.

### Fachbetreuung

Simon Hummel

### Referat

Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung

### Herausgeber

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

### Redaktion

Stabsstelle Presse und Kommunikation

### Druck und Verlag

Fachverlag NW in der  
Carl Ed. Schünemann KG  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-717-4

Bergisch Gladbach, Februar 2023

## Kurzfassung – Abstract

### **Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen**

Nicht an allen Straßen ist es vor allem aufgrund der zur Verfügung stehenden Querschnittsbreiten möglich eine Radverkehrsanlage einzurichten. Für Straßen mit Mischverkehr ohne Schutzstreifen stellen sich dabei die Fragen, welche objektive Sicherheit der Mischverkehr für den Radverkehr gewährleistet, wo verschiedene Mischverkehrsführungen umgesetzt und wie diese akzeptiert werden.

Die vorliegende Untersuchung thematisiert reine Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen. Nicht Bestandteil der Analysen sind daher parallel für den Radverkehr freigegebene Gehwege, bauliche Radwege ohne Benutzungspflicht oder Piktogrammketten o. ä. auf der Fahrbahn. Untersucht werden Streckenabschnitte innerörtlicher Hauptverkehrsstraßen zwischen zwei Hauptverkehrsknotenpunkten. Die Untersuchungsabschnitte beinhalten Anschlussknotenpunkte. Die Annäherungsbereiche an Hauptverkehrsknotenpunkten werden in der Unfallanalyse separat berücksichtigt.

Die Untersuchung umfasste eine makroskopische Unfallanalyse der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik, einen Workshop mit Kommunalbefragung, eine Analyse des Verkehrsaufkommens und der Einflussfaktoren auf die Akzeptanz in Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen, Verhaltensanalysen mittels statischer und dynamischer Videobeobachtungen, lokale Befragungen Radfahrender sowie eine Pilotanalyse zur sicherheitsrelevanten Routenwahl.

Für eine Stichprobe von 139 Untersuchungsstellen (plus 14 Stellen aus externen Erhebungen) wurden Merkmale des Straßenraums sowie Expositionsgrößen des Rad-, Fuß- und motorisierten Verkehrs gegenübergestellt und ausgewertet.

Im Ergebnis wurde die Akzeptanz der Mischverkehrsführung, Auffälligkeiten im Unfallgeschehen und den Verhaltensweisen der Radfahrenden und Kfz-Führenden herausgearbeitet. Das beinhaltet auch eine Priorisierung von Konfliktsituationen und unfallbegünstigender Merkmale getrennt nach freier Strecke und Anschlussknotenpunkten.

Abschließend wurden Maßnahmen zur Verbesserung der Akzeptanz des Mischverkehrs und der Verkehrssicherheit diskutiert.

### **Acceptance and road safety of cycling in mixed traffic on main roads**

It is not possible to build cycle facilities along all roads, mainly due to the available cross-section widths. For streets with mixed traffic without advisory cycle lanes, it is asked how safe guidance in mixed traffic is for cycling, where cycling in mixed traffic is implemented and how this guidance is accepted.

The present study focuses on streets with cycling in mixed traffic without advisory cycle lanes. Streets with cyclists being allowed to cycle on the sidewalk and streets with presence of cycle tracks without obligation to use or sharrows are excluded from this study. The object of investigation are street sections of main streets in urban areas, limited by two main junctions. The investigated street sections contain minor junctions. Areas in the approach to main junctions are considered separately in the accident analysis.

The scope of this study includes an accident analysis on macroscopic level, a workshop with municipal representatives including a survey and the analysis of traffic volumes and factors influencing the acceptance in relation with the accident occurrence on the street sections. Additional static and dynamic video observations, onside surveys of cyclists and a pilot study on safety-relevant route selection serve analyses of behaviour.

For a sample of 139 investigation sites (plus 14 sites from external surveys), street layout characteristics as well as traffic volumes of cycling, walking and motorised traffic were compared and evaluated.

As a result, the acceptance of cycling in mixed traffic, conspicuous deviations in accident occurrence and the behavior of the cyclists and motorists were investigated. This also includes the identification of frequent conflict situations and

design characteristics that result in accidents separately for routes and minor junctions.

In conclusion, measures to improve the acceptance and road safety of cycling in mixed traffic were discussed.

## Summary

### Acceptance and road safety of cycling in mixed traffic on main roads

#### 1 Project Definition

The promotion of cycling and the resulting increase in the volume of cyclists with limited financial resources and in existing streetscapes necessitates simple solutions for cycling infrastructure. This includes marked infrastructure such as mandatory cycle lanes or advisory cycle lanes. Streets with mixed traffic where cyclists and vehicles share the roadway have not yet been investigated in more detail. Due to the limited space, the implementation of cycle lanes, cycle tracks or advisory cycle lanes is often not possible there. However, these streets are used by cyclists.

The central objective of this study can be defined with two major questions:

1. What level of road safety does guidance in mixed traffic guarantee for cycle traffic under different traffic and design constraints?
2. In which cases is cycling in mixed traffic implemented (by administrations) and how are these designs accepted (by cyclists)?

The present study focuses on streets with cycling in mixed traffic without advisory cycle lanes. The study does not include:

- Streets with cyclists being allowed to cycle on the sidewalk
- Streets with presence of cycle tracks without obligation to use
- Streets with sharrows on the roadway

The objectives of the study are specified based on the following research questions:

- What is the current state of knowledge regarding acceptance and road safety of cycling in mixed traffic, especially at narrow cross-sections? What are the differences in number and severity of accident at junctions, accesses, entries and exits compared to sections? Which measures exist to improve the two main objectives?
- Under which conditions is cycling in mixed traffic implemented in practice? Are there any local regulations from authorities that go beyond the requirements of the national guidelines?

- Which accident situations with cyclists exist in mixed traffic streets and how can they be characterised, spatially located (section vs. property access vs. minor junctions) and prioritised in terms of number and severity of accidents?
- How can streets with cycling in mixed traffic without advisory cycle lanes be classified in terms of safety - also in comparison to streets with cycle infrastructure with obligation to use and streets with mixed traffic and advisory cycle lane?
- How is cycling in mixed traffic accepted under different conditions (e.g. share of sidewalk usage)?
- Which behaviours can be associated with relevant accident situations on streets with cycling in mixed traffic?
- Which accident situations result from illegal behaviour in different types of mixed traffic?
- Which influence does the type of cycle infrastructure have on route choice of cyclists (e.g. are streets with mixed traffic without advisory cycle lanes avoided?)
- How and through which measures can road safety and acceptance of cycling in mixed traffic be improved?

#### 2 Methodology

A variety of methods were used to analyse the acceptance and road safety of cycling in mixed traffic. These include:

- A comprehensive documentation of previous study results from national and international literature.
- A macroscopic accident analysis of the official road accident records in Germany. These were complemented by analysis of partial existing information on the detailed accident type of five federal states.
- A municipal survey as part of a workshop.
- An analysis of the traffic volumes and the acceptance of streets with cycling in mixed traffic differentiated by roadway and sidewalk use as well as direction, depending on the traffic

volumes of motorised and pedestrian traffic, different roadway widths, the speed limit and the environment.

- An accident analysis on network level for the investigated sites of street sections (including minor junctions) and approaches to main junctions.
- A detailed accident analysis of selected street sections, taking into account the specific conflict situations.
- Behavioural analysis of speed, parking and lateral (overtaking) distances based on static and dynamic video observations (using a measurement bike equipped with video camera riding in flowing traffic)
- An on-side survey of cyclists on the subjective assessment of cycling in mixed traffic.
- A pilot study on safety-relevant route choice of cyclists.

### 3 Results and Practical implications

#### Literature Analysis

In general, streets with cycling in mixed traffic do not necessarily perform worse than streets with mandatory cycle lanes or cycle tracks. However, they show a different crash characteristic, for example an increased proportion of conflicts with left-turning vehicles, with parked vehicles or in longitudinal traffic.

More information can currently be derived from surveys and observations of behaviour. First of all, cycling in mixed traffic is considered by cyclists to be among the most insecure design for cycling. This might lead to the utilisation of other streets or the sidewalk. It is positively recognised that the distances of the cyclists to parked vehicles are larger when riding in mixed traffic (in comparison to distances on cycle facilities). Contradicting conclusions can be drawn regarding the lateral overtaking distances of motorised vehicles:

On the one hand, smaller overtaking distances with narrower lane widths have been shown in studies. On the other hand, real overtaking maneuvers would have to take place on narrower cross sections from which larger lateral distances are expected, in

contrast to narrow passing events, in the same lane. It still remains unclear whether the lateral distance actually has an impact on objective road safety, and if so, to what extent.

Furthermore, it must be mentioned that narrower cross-sections lead to lower vehicle speeds, which are regarded as one of the main factors for both the subjective and the objective road safety of cyclists.

#### Workshop

The workshop with municipal representatives showed that the considered cross-sections are mainly relevant in existing urban street situations. There exist numerous measures in the municipalities to improve the situation for cyclists on the discussed cross-sections. The possibility of limiting the maximum speed to 30 km/h, without having to argue with a historical crash situation, is of particular importance. In this topic, the statements of the municipal representatives and literature (see e.g. HUMMEL & KÜHN (2016)) come to the same conclusion: The order of a speed limit of 30 km/h can improve the safety of cycling in mixed traffic.

#### Traffic volume and acceptance

Basically, the different investigated sections are comparable with regard to the traffic volume of all three modes of traffic considered (motorised individual traffic, cyclists and pedestrians), since the bandwidth of the traffic volumes overlap. As expected, only the multi-lane sections show higher volumes of vehicle traffic.

The analysis of the traffic volumes, differentiated according to the use of infrastructure (lane/side area) in the cross section, shows that the traffic volume has a significant influence on the acceptance of cycling in mixed traffic. Streets with lower vehicle traffic volume and a lower share of heavy traffic show a higher acceptance.

The acceptance of cycling in mixed traffic could be increased by separating larger motor vehicle and bicycle traffic flows. In the multi-criteria analyses a negative influence of vehicle traffic volume on acceptance was found. This can be achieved by an appropriate network planning for bicycle traffic. However, there are practical limits to this theoretical consideration. In general, high vehicle and bicycle traffic volumes in mixed traffic should be avoided at the same time - also from the perspective of road safety. It is also important that direct or short connections are created or maintained through route guidance.

Furthermore, the acceptance of cycling in mixed traffic is higher at a speed limit of 30 km/h compared to 50 km/h. An effective reduction of the speed limit would be a measure to increase acceptance, but its legal basis under the current road traffic law needs to be examined.

A large number of sources and destinations in the surrounding of the examined street sections have a negative influence on the use of different parts of the cross section by cyclists and the driving direction (mainly during the use of the sidewalk). This was examined by the two-sided business occupancy (land-use factor).

Different lane widths did not show any correlation with the acceptance of cycling in mixed traffic.

### Accident analysis

The accident occurrence of the investigated sections is divided into 55% accidents on the road between junctions and 45% accidents at junctions.

The accidents characteristics (distribution by accident type) of this study are as follows:

- Accidents with parked vehicles: 25.5%
- Turning/crossing-accidents: 24.2%
- Accidents when turning off: 15.1%
- Accidents in longitudinal traffic: 14.1%
- Other accidents: 8.3%
- Driving accidents: 7.2%
- Accidents with crossing pedestrians: 5,6%

The most common accident constellations on streets with cycling in mixed traffic without advisory cycle lane are accidents with parked vehicles. The conflict with opening or open vehicle doors is particularly relevant (dooring accidents).

Overall, the turning/crossing-accidents but also driving accidents are of less relevance with mixed traffic compared to the overall accidents statistics with cyclist involvement (turning/crossing-accidents and driving accidents tend to be found more often in streets with cycle facilities). Driving accidents are usually related to tram rails. In turning/crossing-accidents, cyclists appear both when they have to give way (turning into the higher-level street) and when having right of way (violation of the other street user's obligation to wait).

In addition to the turning/crossing-accidents, accidents with left-turning vehicles and straight-ahead cyclists are of some relevance at minor junctions. There are hardly any indications that a limited acceptance of cycling in mixed traffic or of left-handed driving (driving in the opposite direction) cyclists are factors that contribute to the accident occurrence. Accident characteristics at approaches of main junctions do not differ significantly from those at the street sections (excluding minor junctions).

The multicriteria analysis showed a clear relation between the accident occurrence and the traffic volumes of motor vehicles and bicycles. The relation with the volume of motor vehicle traffic has not yet been proven in other studies in Germany. This could be attributed to the greater exposure of cyclists to motor vehicles. The comparatively strong correlation between motor vehicle traffic volumes and accidents with parked vehicles is also of special interest.

Other relevant influencing aspects are tram rails (driving accidents) and vehicle traffic volumes (turning accidents). The presence of parked vehicles at the curbside is identified as a key factor in mixed traffic that contributes to the accident occurrence. Furthermore, a high volume of cycle traffic on the vehicles lanes also has a negative impact on road safety. But the road safety of the same traffic volume on streets with cycle tracks cannot be assessed.

In the accident model, the speed limit of 50 km/h showed a (slightly) positive correlation with the occurrence of turning/crossing and turning accidents at minor junctions. No correlation could be found between the accidents on the sections between junctions and the speed limit.

Since accidents with parked vehicles are the central accident situation for cyclists in mixed traffic, main routes of bicycle traffic or routes with increased cyclist traffic volumes (if practically possible) should be guided outside the areas with parked vehicles on the carriageway. Conversely, this means that removing or shifting spaces for parked vehicles into or away from narrow roads with simultaneously high levels of bicycle traffic also increases traffic safety. This is above all a long-term measure in the field of network planning. Therefore, short-term measures to increase the lateral distances between cyclists and parked vehicles should be promoted. At present, the marking of safety separation strips between parked vehicles and the cycle traffic routes is conceivable. For this purpose, lanes markings can

be used which are comparable to the right-hand lane marking of an advisory cycle lane. A confusion of the 0.50 m wide safety separation strip with a too narrow advisory cycle lane must be excluded. Its concrete implementation still needs to be discussed in the relevant expert committees. It must be taken into account that the effect of the safety separation strip only occurs if it is kept free at all times. Therefore, a continuous marking or boundary of the adjacent parking stands is necessary. In addition, it is also necessary to monitor that this safety separation strip is kept free.

The regulation of parking/stationary traffic can also be achieved by converting longitudinal parking on both sides into alternating diagonal parking (constructional or by street markings). By this, critical interactions and accidents with opening doors can be avoided. However, it remains unanswered whether this will lead to new conflicts with vehicles reversing out of diagonal parking spaces.

The combination of narrow lane widths with tram tracks, parked vehicles and high amounts of bicycle traffic should also be avoided, as this combination has proven to contribute to driving accidents. This must be taken into account when planning routes for bicycle traffic. If a shift of the bicycle traffic is not possible, then it is necessary to relocate or remove stationary traffic.

With regard to accidents involving vehicles which have to give way to cyclists, it is important to ensure sufficient visibilities at intersections, as the cyclists tend to drive far right near to parked vehicles. This circumstance must also be taken into account when calculating the necessary sight distances.

With regard to accidents at junctions - with cyclists which have to give way or turn in - sufficient visibility is also important (especially with regard to higher speeds of motorised vehicles). Sufficient sight distances can be achieved by reducing the number of parking spaces adjacent to the intersection. If this is not feasible, the requirements for visibility can be reduced by effectively (!) lowering the speed limit (at a speed limit of 30 km/h, fewer parking spaces for sufficient visibility need to be removed).

### **Behavioural patterns with influence on the occurrence of accidents**

The behaviour of cyclists in mixed traffic is only conditionally related to relevant accident situations. The accident analysis shows that both the

acceptance of cycling in mixed traffic and the proportion of left-hand driving cyclists have no verifiable effect on the real accident occurrence on the investigation road sections.

In general, small lateral distances between cyclists and parked vehicles were found (< 50 cm). This can have a contributing effect on dooring-accidents (between cyclists and opening vehicle doors). Based on the data examined, no indication was found how these safety-critical distances could be increased.

Likewise, irregular (< 1.50 m distance, cf. MÜLLER 2018) overtaking distances (vehicle to wheel) were found in every fourth overtaking situation. Suitable accident constellations were also determined (accidents in longitudinal traffic), but much more seldom and not in relevant accident frequencies as it would be expected from the results of the behavioural analysis.

### **Factors of route selection**

The pilot study shows that aggregated and GPS-based data from cycling demand can be used to derive insights regarding the choice of streets with cycling in mixed traffic compared to other forms of cycle infrastructure. However, considering the limitations of the input data, it has been shown that shorter distances and routes with lower density of traffic signals were preferred.

### **Conclusion**

Overall, the acceptance and road safety of cycling in mixed traffic on main roads depends primarily on the volume of motorised vehicle traffic. A high level of acceptance continues to be associated with high levels of bicycle traffic, low speed limits (30 km/h), a low level of heavy traffic and a low level of business use in the adjacent buildings. Disadvantageous for objective traffic safety are longitudinal parking stands (especially without sufficient safety spaces), tram tracks in the roadway and narrow lane widths in combination with the two above-mentioned features. Furthermore, a positive effect of lower speed limits on accidents at intersections has been observed. The effect is small, but verifiable. Here it must be mentioned as further restriction, that the speed limit is a substitute parameter for roads with safety deficits and that the share of roads with a speed limit of 30 km/h in the total collective is low. A causal influence of the permissible maximum speed on the occurrence of accidents has therefore not yet been conclusively proven.

# Inhalt

<b>Abkürzungen</b> .....	11	2.4	Analysemethodik.....	37
<b>1 Einführung</b> .....	13	2.4.1	Kommunalbefragung im Rahmen eines Workshops .....	37
1.1 Problemstellung .....	13	2.4.2	Workshopkonzept .....	38
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung .....	13	2.4.3	Verkehrsaufkommen Erhebungsstellen ....	39
1.3 Forschungsfragen .....	13	2.4.4	Deskriptive Unfallanalyse Netzebene .....	41
1.4 Randbedingungen Mischverkehr .....	14	2.4.5	Multikriterielle Unfallanalyse Netzebene ..	41
1.4.1 Regelwerk in Deutschland .....	14	2.4.6	Einzelunfallanalyse .....	41
1.4.2 Empfehlungen international .....	16	2.4.7	Analyse Verkehrsverhalten .....	42
1.5 Unfallgeschehen mit Radverkehrsbeteiligung .....	17	2.4.8	Pilotstudie: Sicherheitsrelevante Routenwahl .....	45
1.5.1 Konfliktsituationen.....	17	<b>3 Ergebnisse</b> .....	46	
1.5.2 Einflussfaktoren .....	18	3.1 Workshop .....	46	
1.6 Verhalten der Radfahrenden bei Mischverkehrslösungen .....	21	3.2 Makroskopische Unfallanalyse .....	48	
1.6.1 Seitlicher Abstand .....	21	3.2.1 Radverkehrsunfälle allgemein.....	48	
1.6.2 Geschwindigkeiten.....	22	3.2.2 Unfallsituationen nach Verunglückten.....	51	
1.6.3 Fahrbahn- bzw. Gehwegnutzung.....	23	3.2.3 Fazit .....	56	
1.6.4 Linksfahrende Radfahrende.....	23	3.3 Verkehrsaufkommen .....	56	
1.6.5 Routenwahl & Gefährdungsempfinden ....	23	3.3.1 Verkehrsaufkommen bei Mischverkehrsführung.....	56	
1.6.6 Interaktionen und Konflikte .....	25	3.3.2 Akzeptanz Mischverkehrsführung.....	59	
1.6.7 Sonstiges .....	25	3.3.3 Linksfahrende Radfahrende.....	61	
1.7 Infrastruktur und Maßnahmen.....	26	3.3.4 Multikriterielle Analyse .....	62	
1.8 Fazit .....	27	3.3.5 Fazit .....	63	
<b>2 Methodik</b> .....	27	3.4 Unfallanalyse .....	64	
2.1 Einleitung .....	27	3.4.1 Streckenabschnitte .....	64	
2.2 Typisierung.....	28	3.4.2 Annäherungsbereiche.....	68	
2.3 Datengrundlagen .....	30	3.4.3 Multikriterielle Unfallanalyse .....	69	
2.3.1 Amtliche Unfallstatistik .....	30	3.4.4 Einzelstellenanalyse .....	73	
2.3.2 Unfalldaten.....	30	3.4.5 Vergleich mit anderen Führungsformen....	76	
2.3.3 Infrastrukturdaten.....	30	3.4.6 Fazit .....	77	
2.3.4 Erhebungsstellen .....	31	3.5 Verkehrsverhalten .....	78	
2.3.5 Verkehrsaufkommen .....	35	3.5.1 Statische Verhaltenserhebungen.....	78	
2.3.6 Pilotstudie: Sicherheitsrelevante Routenwahl .....	36	3.5.2 Ergebnisse der dynamischen Videobeobachtungen .....	83	

3.5.3	Hintergründe Verkehrsverhalten – Befragungsergebnisse .....	84
3.5.4	Fazit .....	90
3.6	Pilotstudie: Sicherheitsrelevante Routenwahl .....	91
3.6.1	Analyse .....	91
3.6.2	Diskussion der Ergebnisse .....	93
3.6.3	Fazit .....	93
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Empfehlungen.....</b>	<b>93</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>98</b>
	<b>Tabellen.....</b>	<b>102</b>
	<b>Bilder .....</b>	<b>103</b>

Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen  
BAST-Archiv ELBA unter:  
<https://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

## Abkürzungen

AB	Annäherungsbereiche von Hautverkehrsknotenpunkten	RA	Routen-Alternative
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen	RASt	Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen
bspw.	Beispielsweise	Rf	Radfahrende
DTV	durchschnittlich tägliche Verkehrsstärke	RP	Rheinland-Pfalz
eP	einseitig Parken/ruhender Verkehr	rV	ruhender Verkehr
ERA	Empfehlung für Radverkehrsanlagen	SL	Saarland
EUA	Einzelunfallanalyse	ST	Sachsen-Anhalt
EW	Einwohner	Std.-Abw.	Standardabweichung
Fg	zu Fuß Gehender	Str.	Straße
FGÜ	Fußgängerüberweg	STR	Strecke
FS	Anzahl Fahrstreifen im Querschnitt	StVO	Straßenverkehrsordnung
ggf.	gegebenenfalls	SV	Schwerverletzte
Gt	Getötete	Tab.	Tabelle
HR-Faktor	Hochrechnungsfaktor	U(P)	Unfall mit Personenschaden
HVKP	Hauptverkehrsknotenpunkt	U(P,S)	Unfall mit Personen- und Sachschaden
HVSTR	Hauptverkehrsstraße	U(SS)	Unfall mit schwerwiegendem Sachschaden
inkl.	inklusive	UT	Unfalltyp
Kfz	Kraftfahrzeug	u. a.	unter anderem
Lfd.	Laufend	u. U.	unter Umständen
LSA	Lichtsignalanlage	U <sub>RF</sub>	Unfall mit Beteiligung von Radfahrenden
LV	Leichtverletzte	vgl.	Vergleich
Max	Maximum	vglw.	vergleichsweise
Min	Minimum	vs.	versus
MIV	Motorisierter Individualverkehr	v <sub>zul</sub>	Zulässige Höchstgeschwindigkeit
NI	Niedersachsen	z. B.	zum Beispiel
Nr.	Nummer	zP	zweiseitig Parken/ruhender Verkehr
NRVP	Nationaler Radverkehrsplan		
NW	Nordrhein-Westfalen		
o. g.	oben genannt		
oP	ohne Parken/ruhenden Verkehr		
PA	Polygon-Alternativen		
PCS	Polygon Choice Set		
QZ	Quelle-Ziel		



# 1 Einführung

## 1.1 Problemstellung

Die Förderung des Radverkehrs sowie das daraus resultierende höhere Radverkehrsaufkommen bei begrenzten finanziellen aber auch räumlichen<sup>1</sup> Ressourcen bedingt den Bedarf an einfachen Führungsformen. Hierzu gehören u. a. markierte Führungen wie Radfahr- oder Schutzstreifen. Bisher nicht genauer untersucht sind Strecken mit Mischverkehr von Radfahrenden und Kfz auf der Fahrbahn. Aufgrund enger Platzverhältnisse ist die Umsetzung von Radfahrstreifen, Radwegen oder Schutzstreifen dort nicht möglich. Diese Strecken werden aber von Radfahrenden genutzt.

Innerhalb eines Forschungsprojektes (OHM et al. 2015) wurde die Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen mit und ohne Schutzstreifen bereits vergleichend analysiert. Dabei haben sich insbesondere hinsichtlich der Führung im reinen Mischverkehr, ohne Schutzstreifen, neue Fragestellungen zum Verkehrsverhalten sowie der subjektiven und objektiven Verkehrssicherheit ergeben. Im Einzelnen betrifft dies die Identifikation von Einflussgrößen, welche:

- das Fahrverhalten (u. a. Fahrbahnnutzung) der Radfahrenden,
- das Fahrverhalten der Kraftfahrzeugfahrenden,
- die Einschätzung der Sicherheit und die Akzeptanz durch Radfahrende sowie
- das Unfallgeschehen beeinflussen.

Potenzielle Einflussfaktoren sind dabei die Gestaltung des Straßenraums unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Querschnitts, das Verkehrsaufkommen sowie die Verkehrszusammensetzung und neue Ansätze baulicher oder verkehrstechnischer Art, um einen sicheren Verkehrsablauf im Mischverkehr zu gewährleisten.

## 1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Die zentrale Zielsetzung lässt sich über zwei übergeordnete Forschungsfragen definieren:

1. Welche objektive Sicherheit gewährleistet der Mischverkehr für den Radverkehr bei unter-

schiedlichen verkehrlichen und gestalterischen Randbedingungen?

2. Wo werden verschiedene Mischverkehrsführungen umgesetzt (durch Verwaltungen) und wie werden diese akzeptiert (durch Radfahrende)?

Die vorliegende Untersuchung thematisiert Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen. Nicht Bestandteil der Analysen sind daher:

- parallel für den Radverkehr freigegebene Gehwege,
- bauliche Radwege ohne Benutzungspflicht oder
- Piktogrammketten o. ä. auf der Fahrbahn.

Benutzungspflichtige Radverkehrsführungen sowie Mischverkehrsführungen mit Schutzstreifen werden nur dahingehend berücksichtigt, dass Analyseergebnisse aus externen Publikationen für die Interpretation der Ergebnisse hinzugezogen werden.

Räumlich wird die Analyse über Untersuchungsabschnitte abgegrenzt, welche jeweils Streckenabschnitte innerörtlicher Hauptverkehrsstraßen zwischen zwei Hauptverkehrsknotenpunkten (HVKP) darstellen. Die Untersuchungsabschnitte beinhalten Anschlussknotenpunkte. Die Annäherungsbereiche an HVKP werden in der Unfallanalyse separat berücksichtigt. Steigungs- und Gefällestrecken werden in dieser Arbeit nicht behandelt bzw. waren ein Ausschlussgrund bei der Streckenauswahl für diese Untersuchung.

Die Bearbeitung des Forschungsprojektes baut auf den Vorarbeiten der Untersuchung von OHM et al. (2015) auf und ergänzt diese um weitere Analysekollektive und zugehörige Erhebungen.

## 1.3 Forschungsfragen

Die Untersuchungsziele werden anhand der folgenden Forschungsfragen konkretisiert:

- Wie ist der aktuelle Erkenntnisstand zur Akzeptanz und Verkehrssicherheit von Mischverkehrsführungen, vor allem mit Fokus auf Führungsformen bei schmalen Querschnitten? Welche Unterschiede gelten für das Unfallgeschehen an Knotenpunkten, Zu-, Ein- und Ausfahrten gegenüber Abschnitten der freien Strecke? Welche

<sup>1</sup> Straßenraumbreiten, die die Anlage von Radverkehrsanlagen nicht zulassen.

Maßnahmenansätze existieren, um die beiden genannten Zielfelder zu verbessern?

- Unter welchen Randbedingungen kommen Mischverkehrsführungen für den Radverkehr zur Anwendung? Gibt es ergänzende Regelungen von Behörden, welche über die Vorgaben der Regelwerke hinausgehen?
- Welche Unfallsituationen des Radverkehrs existieren bei Mischverkehrsführungen und wie lassen sich diese charakterisieren, räumlich verorten (freie Strecke vs. Grundstückszufahrten vs. Anschlussknotenpunkte) und hinsichtlich der Zahl und Schwere priorisieren?
- Wie sind die Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen sicherheitstechnisch – auch in Relation zu benutzungspflichtigen Führungen sowie Mischverkehrsführungen mit Schutzstreifen – einzuordnen?
- Wie werden Mischverkehrsführungen bei verschiedenen Randbedingungen angenommen (z. B. Anteil Gehwegnutzung)?
- Welche Verhaltensweisen können mit relevanten Unfallsituationen bei Mischverkehrsführungen in Zusammenhang gebracht werden?
- Welche Unfallsituationen resultieren aus regelwidrigen Verhaltensweisen bei verschiedenen Mischverkehrsnutzungen?
- Welchen Einfluss hat die Radverkehrsführungsform bei Routenwahlentscheidungen (z. B.: Werden Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifenmarkierungen gemieden)?
- Wie bzw. durch welche Maßnahmen können Verkehrssicherheit und Akzeptanz von Mischverkehrsführungen für den Radverkehr verbessert werden? Hier steht auch die Frage im Fokus, wie die Wahrnehmung der subjektiven Sicherheit mit der objektiven Sicherheit besser in Einklang gebracht werden kann.

## 1.4 Randbedingungen Mischverkehr

### 1.4.1 Regelwerk in Deutschland

Die Auswahl der Führungsform und die praktische Umsetzung von Radverkehrsführungen im Straßenraum hinsichtlich der Gestaltung sind in den Regelwerken der FGSV wie z. B. der ERA 2010 (FSGV, 2010) und der RASt 06 (FSGV, 2007) beschrieben. Gesetzliche Randbedingungen und Vorgaben zur

Anordnung von Beschilderung und Markierung finden sich in den Verwaltungsvorschriften zur StVO (VwV-StVO) sowie konkretere Ausführungshinweise in den teils veralteten RMS (FGSV, 1995).

Aus den Regelungen und Hinweisen zu Radverkehrsanlagen mit Markierung auf der Fahrbahn sowie mit z. B. Radwegen im Seitenraum lassen sich indirekt Einsatzgrenzen für den Forschungsgegenstand, Mischverkehr auf der Fahrbahn, ableiten.

In den RASt 06 (FSGV, 2007) werden zuerst grundsätzliche Überlegungen hinsichtlich der Führung des Radverkehrs im Querschnitt, der Trennung von anderen Verkehrsarten, der Nutzungen beider Straßenseiten sowie der Führung als Einrichtungs- oder Zweirichtungsverkehr angestellt. Die „Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn“ (ohne Schutzstreifen), welche im Folgenden immer als Mischverkehr bezeichnet wird, ist laut RASt in folgenden Straßenräumen grundsätzlich möglich:

- verkehrsarme Straßen
- Straßen mit geringen Geschwindigkeiten
- Straßen mit „verstärkter Vorsorge“, dass die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten eingehalten werden
- Straßen mit reduzierter zulässiger Höchstgeschwindigkeit ( $V_{zul} < 50 \text{ km/h}$ )
- Fahrbahnbreiten bis 6,00 m bei Verkehrsstärken  $\leq 500 \text{ Kfz/h}$
- Fahrbahnbreiten über 7,00 m bei Verkehrsstärken zwischen 800 und 1.000 Kfz/h und einem Schwerverkehrsanteil von (maximal) 6 %
- bei  $v_{85} < 50 \text{ km/h}$  und geringem oder fehlenden Schwerverkehr kommen auch höhere Verkehrsstärken des motorisierten Verkehrs in Betracht

Zweistreifige Fahrbahnen mit Fahrstreifenbreiten zwischen 3,00 und 3,50 m werden als ungeeignet eingestuft (Ausnahme bei geringen Verkehrsstärken und niedrigem Geschwindigkeitsniveau).

Grundsätzlich sind bei Mischverkehr Halte-, Lade- oder Liefervorgänge durch zeitliche Regelungen zu begrenzen und die Einhaltung der vorgegebenen Ordnung des ruhenden Verkehrs zu überwachen.

Bei erhöhten Längsneigungen werden ergänzende Hinweise dahingehend gemacht, dass vor allem bergauf auch bei Mischverkehrsführungen angepasste Fahrstreifenbreiten oder das Öffnen des

Gehwegs für den Radverkehr notwendig sein können.

Die ERA 2010 (FGSV, 2010) kategorisieren für die Vorauswahl der Führungsform Straßen- und Verkehrssituationen in vier Belastungsbereiche (siehe Bild 1-1). Die Führung des Radverkehrs im Mischverkehr mit Kfz ohne ergänzende verkehrstechnische Maßnahmen stellt den Standard im Belastungsbereich I dar. Bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von  $V_{zul} = 50$  km/h ist damit Mischverkehr bis 400 Kfz in der werktäglichen Spitzenstunde möglich. Dies gilt unabhängig von den zur Verfügung stehenden Fahrbahnbreiten. Anpassungen in Bezug auf die Anordnung von Schutzstreifen oder die Freigabe von Gehwegen sind innerhalb des Belastungsbereichs I bei Steigungsstrecken oder größeren Fahrbahnbreiten möglich bzw. sinnvoll. Vierstreifige Straßenräume bzw. zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung auf einer Fahrbahn kommen im Belastungsbereich I nicht vor.

Im Belastungsbereich II spielen grundsätzlich die verfügbaren Fahrbahnbreiten eine stärkere Rolle. Bei Verkehrsbelastungen des Kfz-Verkehrs über 400 Kfz in der werktäglichen Spitzenstunde und  $V_{zul} = 50$  km/h werden von den ERA 2010 vor allem Fahrbahnbreiten von sechs bis sieben Metern als „problematisch“ für den Mischverkehr beurteilt. Geringere Breiten werden bis 700 Kfz in der werktäglichen Spitzenstunde noch als verträglich eingeordnet, da der Radverkehr nicht überholt werden kann. Bei größeren Breiten wäre grundsätzlich ein Mischverkehr bis rund 1.050 Kfz in der werktäglichen Spitzenstunde bei  $V_{zul} = 50$  km/h möglich. Während OHM, FIEDLER, ZIMMERMANN, KRAXENBERGER, MAIER, HANTSCHER & OTTO (2015) hinsichtlich der Qualität des Verkehrsablaufs für diese Randbedingungen eine uneingeschränkte Verträglichkeit des Mischverkehrs sehen, kommen laut ERA 2010 bei starkem Schwerverkehr und unübersichtlicher Linienführung auch Schutzstreifen in Betracht. Außerdem benennen die ERA 2010 für den Belastungsbereich II den Mischverkehr auf der Fahrbahn vor allem in Kombination mit:

- „Gehweg“ mit Zusatz „Radfahrer frei“,
- Radweg ohne Benutzungspflicht oder
- Schutzstreifen.

Bei mehr als 7,50 m soll die Anlage eines Schutzstreifens geprüft werden. Weiterhin wird nach den ERA 2010 Folgendes dazu angemerkt: „Übersteigt

die Verkehrsstärke unter Berücksichtigung der Fahrbahnbreite die oben genannten Grenzen, so ist eine andere Führungsform anzustreben“ (als Mischverkehr auf der Fahrbahn; Anmerkung der Verfasser des vorliegenden Berichts). Was die „oben genannten Grenzen“ sind (400 Kfz/h bei 6 - 7 m Fahrbahnbreite, 700 Kfz/h bei < 6 m Fahrbahnbreite), wird aus dem Text nicht ganz klar.

Für vierstreifige Straßenräume (bzw. mindestens zwei Fahrstreifen einer Richtung je Fahrbahn) kommt der Belastungsbereich II nur bis zu einer Verkehrsstärke von 1.600 Kfz in der werktäglichen Spitzenstunde bei einer  $V_{zul} = 50$  km/h zur Anwendung.

Insgesamt sind bei geringeren zulässigen Höchstgeschwindigkeiten bzw. tatsächlich vorliegenden  $v_{85}$ -Geschwindigkeiten unterhalb von 50 km/h auch höhere Verkehrsstärken der Kfz für die Mischverkehrsführung laut ERA 2010 denkbar.

Unabhängig von Gefährdungslagen dürfen laut § 45 (9) StVO in den zuvor genannten Situationen

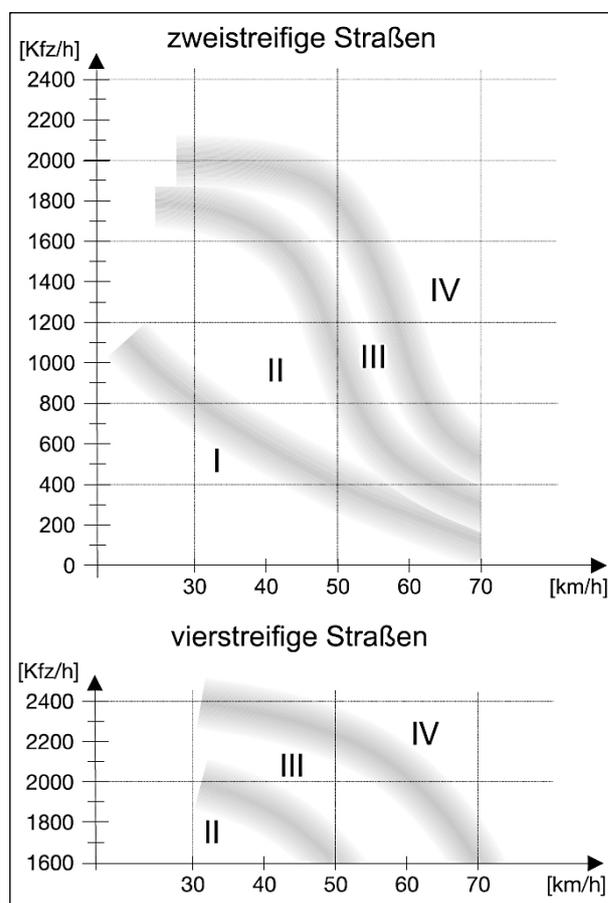


Bild 1-1: Belastungsbereiche zur Vorauswahl von Radverkehrsführungen bei zwei- (oben) und vierstreifigen (unten) Stadtstraßen (FGSV, 2010)

– unter Berücksichtigung der Breiten und ergänzen- der Anforderungen – immer auch Schutzstreifen angeordnet werden.

In den Belastungsbereichen III und IV wird Mischverkehr auf der Fahrbahn grundsätzlich nicht empfohlen. Mischverkehr sollte also dort nicht neu eingerichtet werden, wenn bessere Alternativen möglich sind.

Weitere Hinweise aus der ERA 2010 zu Mischverkehr betreffen folgende Aspekte:

- Es sind ausreichende Sicherheitsräume (50 cm bei Längs- und 75 cm bei Senkrecht-/Schrägparken) z. B. durch vorgezogene Seitenräume zu schaffen.
- Halten, Liefern und Laden sollte zeitlich begrenzt werden.
- Der rechte Fahrstreifen bei mehrstreifigen Fahrbahnen in einer Richtung sollte bei der Möglichkeit des Parkens auf diesem Fahrstreifen mind. 3,75 m breit sein.
- Bei der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr mit Straßenbahnen ist entweder eine Führung innerhalb der Gleise (Gleisabstand größer als 1,00 m notwendig) oder neben den Gleisen (Mindestbreite von 1,30 m erforderlich, zwischen Bord und Rillenschiene) möglich. Bei ersterem wird (an Haltestellen) sogar die Markierung von Fahrradpiktogrammen empfohlen.

**1.4.2 Empfehlungen international**

In einer Schweizer Studie von REICHENBACH & AFFOLTER (2003) wurden Einsatzempfehlungen für den Mischverkehr ohne Schutzstreifen abgeleitet (siehe Bild 1-2). Grundlage waren Unfallauswertungen und Verhaltensbeobachtungen an 19 Straßenabschnitten.

In der mittlerweile aktualisierten Designrichtlinie der Niederländer von CROW (2007) werden Straßenklasse, zulässige Höchstgeschwindigkeit, Verkehrsstärke des MIV sowie die Radverkehrsroutenkategorie als Kenngrößen für die Abgrenzung der Führungsformen verwendet (siehe Tabelle 1-1).

In einer dänischen Publikation zu verschiedenen Erfahrungen und Konzepten der Radverkehrsführung in Dänemark findet sich das Diagramm in Bild 1-3. Von den Autoren wird angemerkt, dass ergänzend zur Verkehrsstärke des MIV sowie den ange-

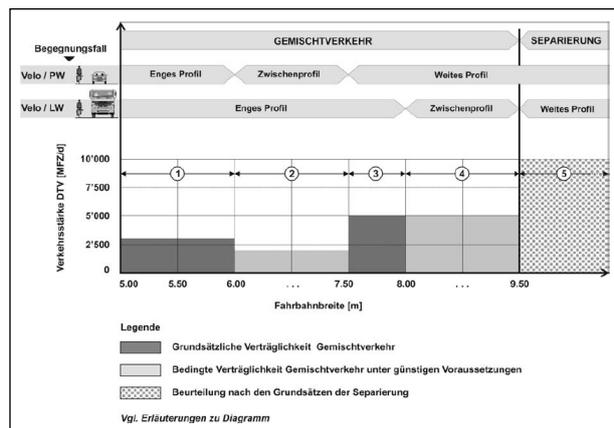


Bild 1-2: Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach REICHENBACH & AFFOLTER (2003)

Road category	Max. speed of motorised traffic (km/h)	Motorised traffic intensity (pcu/day)	Cycle network category		
			basic network (I <sub>bicycle</sub> > work 750/day)	cycle route (I <sub>bicycle</sub> 500-2500/day)	main cycle route (I <sub>bicycle</sub> > 2000/day)
	n/a	0	solitary track		
Estate access road	walking pace or 30 km/h	1 – 2500	combined traffic		cycle street or cycle lane (with right of way)
		2000 – 5000			
		> 4000	cycle lane or cycle track		
District access road	50 km/h	irrelevant	cycle track or parallel road		
	70 km/h		cycle track, moped/cycle track or parallel road		

Tab. 1-1: Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach CROW (2007)

strebten Geschwindigkeiten die kreuzenden Verkehrsstärken aller Verkehrsteilnehmenden sowie die Knotenpunktabstände mitberücksichtigt werden müssten. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich nicht um eine Richtlinie handelt.

In CITY OF COPENHAGEN (2013) findet sich die Aussage, dass für Mischverkehrsführungen des Radverkehrs die Fahrstreifenbreite um einen Meter erweitert werden sollte.

Für Großbritannien findet sich eine ähnliche Darstellung basierend auf den Kenngrößen Verkehrsstärke und v<sub>85</sub>-Geschwindigkeiten (siehe Tabelle 1-2). Die Geschwindigkeitsgruppen sind dabei folgendermaßen in km/h zu übersetzen: < 32 km/h / 32-48 km/h / 48-64 km/h / > 64 km/h.

Eine weiterentwickelte Darstellung mit stärker fließenden Übergängen basierend auf dem britischen Regelwerk in Tabelle 1-2 findet sich in Bild 1-4.

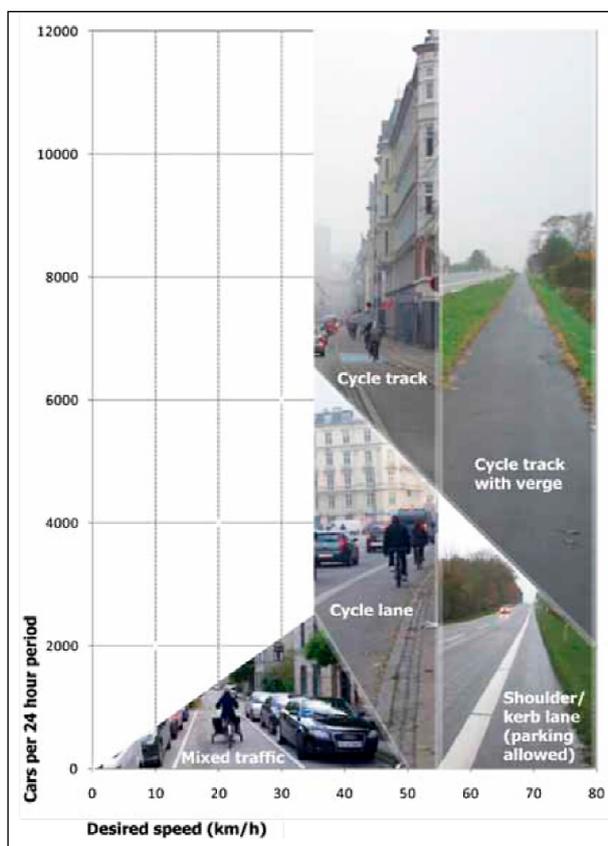


Bild 1-3: Verträglichkeit der Mischverkehrs-führung ohne Schutzstreifen nach ANDERSEN et al. (2012)

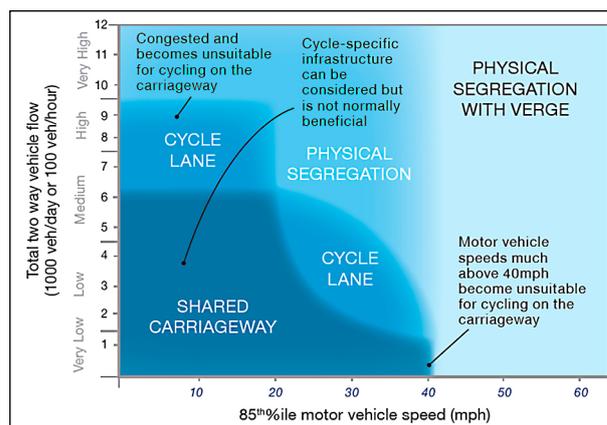


Bild 1-4: Verträglichkeit der Mischverkehrs-führung ohne Schutzstreifen nach SUSTRANS (2014)

## 1.5 Unfallgeschehen mit Radverkehrs-beteiligung

### 1.5.1 Konfliktsituationen

Die Konfliktsituationen – in Deutschland über den Unfalltyp beschrieben – sind bei Unfällen mit Radverkehrs-beteiligung stark heterogen ausgeprägt und unterscheiden sich in Abhängigkeit der Führungsform (u. a. ALRUTZ, BOHLE, MAIER, ENKE, POHLE, ZIMMERMANN, ORTLEPP, SCHREIBER M., 2015). Grundsätzlich konzentriert sich das (polizeilich erfasste) Unfallgeschehen zu großen Teilen auf Knotenpunkte sowie Grundstückszufahrten (u. a. ALRUTZ et al., 2015; HAMACHER, KÜHN, HUMMEL, 2016 sowie international: REID & ADAMS, 2010; ANDERSEN, BREDAL, WEINREICH, JENSEN, RIISGAARD-DAM, KOFOD NIELSEN, 2012;). Bei Radfahren im Mischverkehr ohne Schutzstreifen spielen anteilmäßig die Fahr-unfälle sowie Unfälle mit ruhendem Verkehr eine größere Rolle (ALRUTZ et al., 2015). Laut einer älteren Studie von ANGENENDT, BADER, BUTZ, CIESLIK, DRAGER, FRIESE, KLOCKNER, LENSSEN & WILKEN (1993) dominieren im Mischverkehr die Unfälle auf Streckenabschnitten sogar mit einem Anteil von etwa zwei Dritteln (ohne Einmündungen). Auf Streckenabschnitten kamen am häufigsten Alleinunfälle (oft mit Straßenbahngleisen), Unfälle durch ruhenden Verkehr (Kollision mit einer öffnenden Fahrtür, Dooring-Unfälle<sup>2</sup>) und Unfälle im Längsverkehr zwischen Radfahrenden und überholenden Kfz vor.

Die Vorher-Nachher-Analyse von JENSEN (2007) in Dänemark bestätigt die Ergebnisse zur Vertei-

Traffic flow	85th percentile speeds			
	< 20 mph	20-30 mph	30-40 mph	> 40 mph
<1,500 vpd, or <150 vph				Cycle lanes or tracks
1,500-3,000 vpd, or 150-300 vph			Cycle lanes or tracks	Cycle lanes or tracks
3,000-8,000 vpd, or 300-800 vph	Cycle lanes may be appropriate	Cycle lanes may be appropriate	Cycle lanes or tracks	Cycle tracks
8,000-10,000 vpd, or 800-1,000 vph	Cycle lanes	Cycle lanes	Cycle lanes or tracks	Cycle tracks
> 10,000 vpd	Cycle lanes or tracks	Cycle lanes or tracks	Cycle lanes or tracks	Cycle tracks

Notes:  
 1 vpd = number of motor vehicles in typical 24-hour weekday.  
 2 vph = number of motor vehicles in typical morning peak hour.  
 3 Where traffic speeds/flows are low, the designer should assume a default position of no signs/markings specifically for cyclists. However, there may be situations where it is appropriate to indicate the cycle route using cycle symbol markings to diagram 1057 with advisory route signs to diagram 967.  
 4 Cycle lanes used in the higher speed/flow situations should provide good separation between cyclists and motorists. Wide cycle lanes or buffer zones can help here.  
 5 Where cycle lanes or tracks are shown in the table, cycle lanes should be considered first. In general, cycle tracks should only be considered if cycle lanes cannot be made to work.  
 6 In congested areas cycle lanes can be useful even when traffic speeds/flows are low.

Tab. 1-2: Verteilung der Erhebungsstellen nach Stadt Verträglichkeit der Mischverkehrs-führung ohne Schutzstreifen nach DEPARTMENT FOR TRANSPORT (2008)

<sup>2</sup> Dooring-Unfälle entsprechend den deutschen drei-stelligen Unfalltypen 581 und 582, mit Fahrer- bzw. Beifahrertür

lung von Unfällen auf die Strecken und Knotenpunkte. Bei der Einrichtung von Radwegen auf Straßen mit zuvor Mischverkehr ohne Schutzstreifen nahm die Unfallhäufigkeit (expositionsbereinigt) auf der freien Strecke ab. Das war nicht der Fall bei der Einrichtung von Radfahrstreifen. Diese Rückgänge der Unfallzahlen beim Bau von Radwegen (und damit deren Auffälligkeit im Mischverkehr gegenüber der Seitenraumführung) lässt sich auf folgenden Konflikt- bzw. Unfallsituationen zurückführen:

- Auffahrunfälle zwischen Kfz und Radfahrenden oder Motorrollern (dürfen in Dänemark Radverkehrsanlagen mitbenutzen)
- Unfälle mit linksabbiegenden Radfahrenden und Motorrollern
- Unfälle mit parkenden Fahrzeugen nicht nur aber vor allem im Zusammenhang mit Radfahrenden und Motorrollern

Dies konnte nicht für die Einrichtung von Radfahrstreifen beobachtet werden.

Straßen mit Mischverkehr auf der Fahrbahn weisen laut OHM et al. (2015) gegenüber anderen Führungen auf der Fahrbahn (Radfahrstreifen und Schutzstreifen) einen erhöhten Anteil an Unfällen im (vom Radverkehr nicht legal genutzten) Seitenraum auf. Leicht erhöht sind im Mischverkehr ohne Schutzstreifen auch Unfallsituationen, bei denen Kfz die Radfahrenden von der Fahrbahn abdrängen.

TESCHKE et al. (2014) weisen für Kanada signifikant erhöhte Auffälligkeiten für Radverkehrsunfälle im Mischverkehr ohne Schutzstreifen für Unfälle aufgrund von Stürzen in Straßenbahngleisen auf Hauptverkehrsstraßen (HVS) generell, sowie Dooring-Unfälle und andere Unfälle mit Kfz-Kollisionen bei HVS mit parkenden Fahrzeugen nach.

Laut ALRUTZ et al. (2015) führen höhere Radverkehrsstärken im Mischverkehr ohne Schutzstreifen zu erhöhten Anteilen an Fahrnfällen, Einbiegen/Kreuzen-Unfällen des Unfalltyps 302 sowie Längsverkehrsunfällen beim Nebeneinanderfahren (Unfalltyp 651). Mit geringeren Anteilen gilt dies auch für Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen des Unfalltyps 342. Laut Definition sind das Radfahrende vom Radweg von rechts, werden aber als Radfahrende aus dem Seitenraum interpretiert, also regelwidrige Gehwegnutzung mit links fahrendem Radfah-

renden. Der Unfalltyp 342 verdeutlicht, dass Fahrbahnführungen generell, aber auch die Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen<sup>3</sup> ein Problem mit linksfahrenden Radfahrenden aufweisen. Bei der Mischverkehrsführung kommen die linksfahrenden Radfahrenden aber vom Gehweg, da eine Seitenraumführung (Radweg) nicht besteht. In einer studentischen Untersuchung von WOLF (2006) wurden zwei Drittel der Radverkehrsunfälle bei Mischverkehrsführung auf regelwidrige Gehwegnutzung an Grundstückszufahrten zurückgeführt.

Laut REICHENBACH & AFFOLTER (2003) spielen – trotz gegenteiliger Erwartungen bei den Radfahrenden – die Unfälle im Längsverkehr bei Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen eine untergeordnete Rolle, dafür sind aber Kurvenbereiche hinsichtlich der Unfallhäufigkeit auffällig.

An nicht lichtsignalgeregelten Knotenpunkten dominieren bei Führung im Mischverkehr die Abbiegen-Unfälle mit einem Anteil von 29 % an allen Unfällen. Dabei überwiegt beim Mischverkehr der Konflikt mit linksabbiegenden Kfz (ANGENENDT, 1993, KOLREP-ROMETSCH et al., 2013), während bei Seitenraumführungen des Radverkehrs rechts abbiegende Kfz überwiegen.

PAI (2011) ermittelt für Überholunfälle mit Radverkehrsbeteiligung eine Auffälligkeit hinsichtlich der Beteiligung von Bussen (auf Basis britischer Unfalldaten).

## 1.5.2 Einflussfaktoren

### Geschwindigkeit

In Bezug auf Einflussfaktoren, welche das Unfallgeschehen mit Radverkehrsbeteiligung generell und bei Mischverkehrsführungen im speziellen beeinflussen, wird die Geschwindigkeit häufig an erster Stelle genannt (international: u. a. REID & ADAMS, 2010; WALTER, STÜRMER, SCARAMUZZA, NIEMANN & CAVEGN, 2012; ANDERESSEN et al., 2012; SWOV, 2013; SCHEPERS, TWISK, FISHMAN, FYHRI & JENSEN, 2016). Das betrifft neben den Geschwindigkeiten der Kfz auch diejenigen der Radfahrenden, was sich vor allem bei Gefällestrecken zeigt (u. a. ALRUTZ et al., 2015; UDV, 2015; sowie für die Schweiz: SCHÜLLER, FEHRENSCHMITZ, RÜHLE, DEUBLEIN, STRAUMANN & ULMER, 2016).

<sup>3</sup> Allerdings tritt diese Problematik im Mischverkehr ohne Schutzstreifen im Vergleich zu anderen Führungsformen weniger häufig auf.

Interessant sind die bei HAMACHER, KÜHN & HUMMEL (2016)<sup>4</sup> zitierten Erkenntnisse, dass Kraftfahrzeuge – mit Ausnahme von Längsverkehrsunfällen – in einem Großteil der Unfälle ungebremst mit den Radfahrenden kollidieren. Weiterhin wurde festgestellt, dass der Hauptteil der Unfälle mit Fahrrädern Kollisionen mit Entgegenkommen darstellen.

Die Aufprallgeschwindigkeit ist entscheidend für die Schwere der Verletzungen bei Zusammenstößen von Kfz und Radfahrern. HUMMEL & KÜHN (2016) stellten fest, dass das Risiko für Kopfverletzungen von Radfahrern deutlich verringert werden kann, wenn die Aufprallgeschwindigkeit des Pkw von 40 km/h auf 20 km/h reduziert werden kann.

### **Verkehrsstärke motorisierter Verkehr**

In Bezug auf den Einfluss des Verkehrsaufkommens im motorisierten Verkehr auf die Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung finden sich widersprüchliche oder zumindest nicht einheitliche Ergebnisse in der Literatur. Weiterhin kann nur selten ein spezifischer Bezug zur Mischverkehrsführung hergestellt werden.

Einzelne Untersuchungen in Deutschland finden keinen Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke der Kfz und der Unfallhäufigkeit im Radverkehr (siehe u. a. ALRUTZ, BOHLE, MÜLLER, PRAHLOW, HACKE & LOHMANN, 2009; ALRUTZ et al. 2015). Dies steht durchaus im Widerspruch dazu, dass die Verkehrsstärken des MIV in den werktäglichen Spitzenstunden als Kriterium für die Auswahl von Führungsformen herangezogen werden (siehe Bild 1-1), auch wenn dort zusätzlich der subjektive Eindruck der Radfahrenden bei Benutzung einer solchen Straße abgebildet werden soll. Es gilt allerdings zu berücksichtigen, dass überwiegend Radwege und Radfahrstreifen bzw. separate Radverkehrsführungen untersucht wurden.

Diesen Ergebnissen stehen Erkenntnisse – aus vorrangig internationalen Studien – gegenüber, welche von einem Einfluss der Verkehrsstärke des MIV auf das Radverkehrsunfallgeschehen ausgehen (u. a. AURICH, HANTSCH, KOLLMUS & SCHÜLLER, 2015; SCHÜLLER et al., 2016 sowie international: ELVIK, 2009; SCHEPERS, KROEZE, SWEERS & WÜST, 2011; ANDERSEN et al., 2012; SWOV 2013;).

In einer Untersuchung von ANGENENDT et al. (1993) wurde für Fahrbahnführungen des Radverkehrs bei Verkehrsstärken zwischen 5.000 - 25.000 Kfz/Tag tendenziell ein Anstieg der Unfallrate des Radverkehrs in Abhängigkeit der Kfz-Verkehrsstärke festgestellt.

Die gegensätzlichen Erkenntnisse lassen sich u. U. anhand der Ergebnisse von SCHEPERS et al. (2011) aus den Niederlanden erklären. Dort wurde das Radverkehrsunfallgeschehen an nicht-signalisierten Knotenpunkten untersucht. Für den motorisierten Verkehr wurde die Summe der Kfz berücksichtigt, welche die übergeordnete Richtung verließen (abbiegen) oder in diesen einfuhren (einbiegen). Im Modell für die Unfälle bei denen die Radfahrenden Vorfahrt hatten (meist EK-Unfälle), weist die Verkehrsstärke des MIV einen größeren Regressionskoeffizienten als die Verkehrsstärke der Radfahrenden auf. Im Modell für die Unfälle, bei denen die Radfahrenden wartepflichtig gegenüber den Kfz waren, konnten keine signifikanten Einflussgrößen bestimmt werden.

### **Verkehrsstärke Radverkehr**

Hier geht der Großteil der Unfalluntersuchungen von einem positiv gerichteten Zusammenhang zwischen Radverkehrsstärken und Radverkehrsunfällen aus (u. a. ALRUTZ et al., 2009 oder international: ELVIK 2009).

ALRUTZ et al. (2015) finden unterschiedliche Zusammenhänge für verschiedene Führungsformen. In Bezug auf den Mischverkehr lässt sich der deutlichste (bzw. steilste) Anstieg im Vergleich zu anderen Führungsformen feststellen, auch wenn das Ergebnis durch einen Ausreißer stark beeinflusst ist.

Bei ELVIK (2009) liegen die zitierten Regressionskoeffizienten (Exponenten der Radverkehrsstärke als Potenzfunktion) zwischen 0,31 und 0,65. Das bedeutet, dass die expositionsbereinigte Häufigkeit von Radverkehrsunfällen mit steigender Radverkehrsstärke sinkt.

### **Ruhender Verkehr**

Dem ruhenden Verkehr kommt eine besondere Bedeutung für Mischverkehrsführungen zu. Der direkte Einfluss ergibt sich aus Kollisionen mit geöffneten Türen sowie ein- und ausparkenden Fahrzeugen. Indirekt stehen die Platzansprüche des ruhenden Verkehrs häufig in Konkurrenz zu denen des Rad-

<sup>4</sup> Datengrundlage stellen die Unfälle aus den GIDAS- und UDV-Datenbanken

verkehrs. Als unfallbegünstigenden Faktor wird der ruhende Verkehr in einer Vielzahl von Studien aufgeführt (u. a. AURICH et al. 2015, ALRUTZ et al. 2009 sowie für Kanada: TESCHKE et al. 2014).

Vor allem die Thematik der Dooring-Unfälle spielt vermehrt eine Rolle in Untersuchungen (international: u. a. MUNRO, 2012; SZEILER & SKORIC, 2017 oder PAI, 2011). In ALRUTZ et al. 2015 werden dabei ähnliche Anteile der Dooring-Unfälle (Unfalltyp 581) bei allen Fahrbahnführungen (Mischverkehr, Schutzstreifen und Radfahrstreifen) festgestellt.

Dooring-Unfälle wurden von ALRUTZ et al. (2009) vor allem bei Straßen mit geringen Straßenraumbreiten, hohem Parkdruck und häufigen Parkwechselforgängen festgestellt.

Parkbeschränkungen führen zu einem Rückgang der Unfallrate von ca. 20 - 25 %, auch wenn sich dadurch die gefahrenen Geschwindigkeiten der Kfz erhöhen können (ANDERSEN et al., 2012 für Dänemark).

### **Führungsform**

In Bezug auf den Sicherheitsgrad der Führung im Mischverkehr ohne Schutzstreifen zu anderen Führungsformen lassen sich keine eindeutigen Ergebnisse ableiten (siehe u. a. REID & ADAMS 2010 für Großbritannien).

JENSEN (2007) stellt über Vorher-Nachher-Analysen in Dänemark fest, dass Mischverkehrslösungen günstiger abschneiden als Führungen auf Radwegen oder Radstreifen, führt dies aber u. a. auch auf Defizite in der Gestaltung zurück.

ALRUTZ et al. (2015) finden widersprüchliche Ergebnisse bezüglich der Unfallanalyse. Die multikriterielle Unfallmodellierung unter Berücksichtigung von Umfeldnutzung, Radverkehrsstärken und Anschlussknotendichte ergab teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Führungsformen. Radwege ohne Benutzungspflicht und gemeinsame Geh-Radwege zeigten ein vglw. hohes Sicherheitsniveau, während Schutzstreifen und benutzungspflichtige Radwege vglw. ungünstig abschnitten. Mischverkehr ohne Schutzstreifen wies ein durchschnittliches Sicherheitsniveau auf. Die parallele Analyse von einfachen Unfallraten ergab weitaus geringere Unterschiede, wobei Radwege generell am ungünstigsten abschnitten und Fahrbahnführungen – egal welcher Art – geringfügig sicherere

Varianten darstellten. Fahrradstraßen hatten die mit Abstand geringsten Unfallraten in Bezug auf die Fahrleistung des Radverkehrs. Gründe für dieses Ergebnis liegen vermutlich einerseits in der geringen Unfallzahl, andererseits aber auch in dem nicht-linearen Zusammenhang zwischen Unfallhäufigkeit und Radverkehrsstärke. Eindeutiger fällt der Vergleich von Mischverkehrsführungen mit und ohne Schutzstreifen aus, wobei die Führung ohne Schutzstreifen bei keiner der Analysen schlechter abschneidet als jene mit Schutzstreifen.

OHM et al. (2015) finden – ohne Radverkehrsstärken zu berücksichtigen – niedrigere Unfalldichten sowie erhöhte Unfallschweren der Führung im Mischverkehr ohne Schutzstreifen im Vergleich zum Schutzstreifen.

TESCKHE et al. (2012) ermittelten auf Basis von Krankenhausdaten zu Radverkehrsunfällen, dass Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen nur bei Straßen mit parkenden Fahrzeugen ungünstiger als Mischverkehrsführungen mit Schutzstreifen abschneiden. In Erschließungsstraßen schneiden Straßen ohne Radinfrastruktur günstiger ab als Straßen, die als Radverkehrsrouten (auch in Kombination mit geschwindigkeitsdämpfenden Maßnahmen) deklariert sind (Kanada).

HARRIS et al. 2012 ermittelten in einer Vergleichsstudie, dass das Verletzungsrisiko auf Radwegen (im Vergleich zu anderen Führungsformen) sowie bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h am geringsten ist. Bei Mischverkehrsführungen sind im Vergleich die höchsten Verletzungsrisiken zu beobachten (Kanada).

### **Sonstiges**

Erhöhte Anschlussknotendichten sowie intensivere Umfeldnutzungen (z. B. Geschäftsnutzung) stehen im Zusammenhang mit erhöhten Radverkehrsunfallhäufigkeiten, unabhängig von der Führungsform.

Es gibt unterschiedliche Ansätze in Bezug auf die Führung im Netz. Während in den Niederlanden stark die Führung des Radverkehrs im untergeordneten Straßennetz (u. a. Erschließungsstraßen, geringe Geschwindigkeiten, geringes Aufkommen des MIV; siehe hierzu SCHEPERS et al. 2016) befürwortet wird, wird dies in Dänemark vorwiegend abgelehnt. ANDERSEN et al. (2012) befürworten eine abgegrenzte Führung entlang der Hauptverkehrsstraßen, da sich keine positiven Erfahrungen in Dä-

nemark zur parallelen Führung in Erschließungsstraßen finden.

Der Problematik von unzureichenden Fahrbahnoberflächen wird gerade bei Befragungen oder Unfallanalysen auf Basis von Klinikdaten eine erhöhte Bedeutung für die Alleinunfälle beigemessen. So war bei VON BELOW (2016) die zuerst und am häufigsten von verunglückten Radfahrenden genannte Unfallursache Schäden in der Oberfläche wie Löcher etc. mit 18,9 %.

TESCHKE et al. 2016 fand für Straßenbahn-Fahrrad-Unfälle folgende unfallbegünstigende Faktoren: Hauptverkehrsstraße, Führung im Mischverkehr ohne Schutzstreifen, parkende Fahrzeuge, Linksabbiegen an Knotenpunkten, schnellere Fahrräder, weibliche Radfahrende und wenig erfahrene Radfahrende (Kanada).

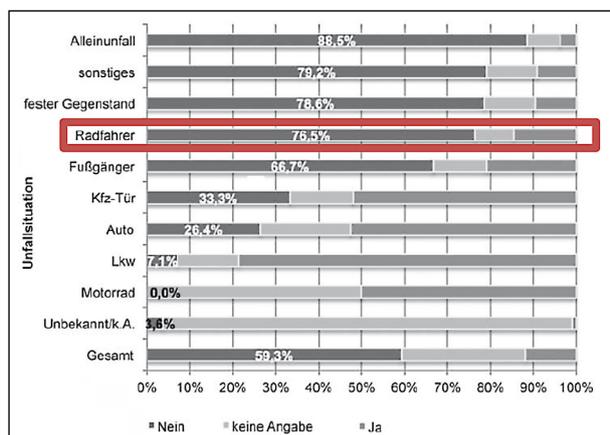


Bild 1-5: Erfassungsgrade von Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung durch die Polizei (Quelle: VON BELOW, 2016)

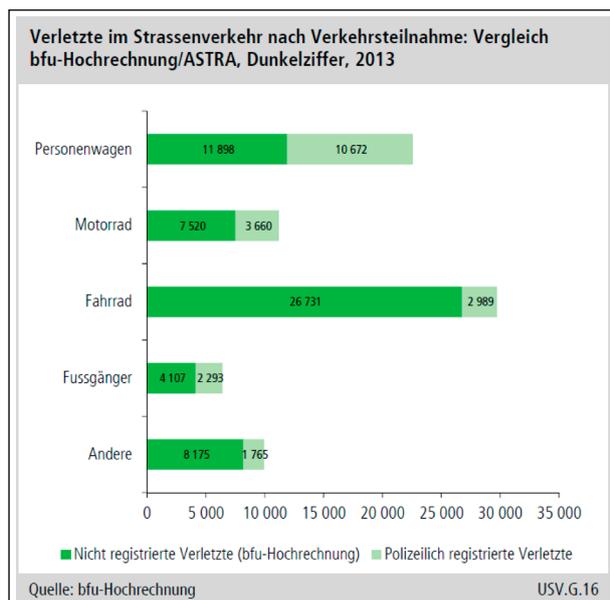


Bild 1-6: Erfassungsgrade von Verletzten durch die Polizei (Quelle: BFU, 2016)

## Dunkelziffer

Bei der Betrachtung von polizeilich erfassten Unfalldaten ist zu berücksichtigen, dass vor allem Alleinunfälle von Radfahrenden nicht erfasst werden. Dies zeigt sich in verschiedenen Erhebungen von verunglückten Radfahrenden, die sich für eine Behandlung in ein Krankenhaus gegeben haben. In Münster (JUHRA, 2013) gaben nur 13 % der Radfahrenden in Krankenhausbehandlung explizit an, dass ihr Unfall polizeilich erfasst wurde. Bei ca. 68 % der Patientinnen und Patienten war davon auszugehen, dass der Unfall nicht durch die Polizei aufgenommen wurde. Weiterhin zeigte sich, dass 98 % der Alleinunfälle nicht erfasst wurden, hingegen nur 17 % der Radverkehrsunfälle mit Beteiligung eines Kfz nicht. Hierzu findet sich auch ein Bild bei VON BELOW (2016).

In der Schweiz wurden ähnliche Hochrechnungen für die Dunkelziffer im Radverkehr angestellt bzw. Erfassungsgrade ermittelt (siehe Bild 1-6).

Derzeit sind keine Erkenntnisse dazu bekannt, ob sich hinsichtlich der Lage des Unfallortes Unterschiede bei der Dunkelziffer ergeben.

## 1.6 Verhalten der Radfahrenden bei Mischverkehrslösungen

### 1.6.1 Seitlicher Abstand

Seitliche Abstände betreffen sowohl Überholabstände von Kfz zu Radfahrenden als auch Abstände von Radfahrenden zum Bord bzw. zu parkenden Fahrzeugen.

In einer deutschen Studie wurden Veränderungen der seitlichen Überholabstände in Abhängigkeit der Infrastruktur und der Verkehrsstärken festgestellt. Laut OHM et al. (2015) verringern sich seitliche Überholabstände (unabhängig vom Vorhandensein eines Schutzstreifens bei Mischverkehrsführungen) bei Gegenverkehr im MIV, erhöhten Verkehrsstärken des MIV sowie geringeren Fahrbahnbreiten.

APASNORE, ISMAIL & KASSIM (2017) ermittelten bei Radfahrenden in Ottawa (Kanada) einen durchschnittlichen Abstand von 0,57 m zum Bordstein (Fahrradreifen zu Bordstein). Zu Parkständen wurde im Durchschnitt lediglich 0,35 m Abstand gehalten (Abstand zur seitlichen Markierungslinie der Parkstände). Außerdem ermittelten sie den Abstand zwischen überholenden Fahrzeugen und Radfah-

renden auf Strecken mit Mischverkehrsführung. Dabei wurde in 90 % der Fälle mindestens ein Abstand von 1,23 m eingehalten (Abstand zwischen Außenkante Fahrzeugreifen des Kfz und Spur des Fahrrads, lichter Abstand unter Berücksichtigung Lenkerbreite und Außenspiegel Fahrzeuge ist noch geringer). Dieser Überholabstand korreliert positiv mit der Geschwindigkeit des überholenden Fahrzeugs und der Fahrbahnbreite. Im Gegensatz dazu verringert sich der Abstand bei steigender Verkehrsdichte.

In einer österreichischen Studie wurden Überholabstände und Abstände zu parkenden Fahrzeugen an zehn Standorten gemessen (mit und ohne Schutzstreifen). Dabei fuhren drei Viertel der beobachteten Radfahrenden innerhalb der Döring-Zone von 0,75 m (entspricht einer Öffnung der Autotür um 85 %). Die Messung der Überholabstände ergab, dass bei 80 % der Überholvorgänge der notwendige Sicherheitsabstand zum Radfahrenden (von den Autoren mit 1,30 bis 1,50 m angegeben, lichter Abstand) nicht eingehalten wird (SZEILER & SKORIC, 2017). Es wird weiterhin eine Orientierung der Radfahrenden in der Mitte des Schutzstreifens sowie der Kfz-Führer am Rand der äußeren Schutzstreifenmarkierung festgestellt.

APASNORE et al. (2017) ermitteln größere Überholabstände (Kfz zu Rad) bei höheren Kfz-Geschwindigkeiten, größere Fahrbahnbreiten und größere Abständen der Radfahrenden vom rechten Fahrbahnrand (Studie aus Kanada). Bei zunehmenden Geschwindigkeiten des Radverkehrs (und damit auch bei Gefälle) sowie einer größeren ATD (Ambient Traffic Density, Verkehrsdichte im näheren Bereich vor und hinter dem Radfahrenden) nehmen Überholabstände ab.

DIETTIKER et al. 2012 stellten nur leichte Erhöhungen der Überholabstände bei Einrichtung von Schutzstreifen fest (Vorher: Mischverkehr ohne Schutzstreifen; Schweiz). Voraussetzung dafür sind aber ausreichende Fahrbahnbreiten. Auch für die Radfahrenden wurden leicht erhöhte Abstände zur Bordsteinkante bei Schutzstreifen festgestellt. Insgesamt sind dann die Ergebnisse zu den Überholabständen (auch aufgrund der sehr kleinen Messreihe) uneinheitlich. Es wird aber beobachtet, dass tendenziell Radfahrende mehr in die Mitte des Schutzstreifens rücken und Kfz-Führer sich stärker an der Schutzstreifenmarkierung orientieren.

Parkin & Meyers 2009 untersuchten die Überholabstände auf Strecken mit und ohne Schutzstreifen in drei Städten in England. Bei markierten Führungen wurden geringere Überholabstände festgestellt, wobei das Ergebnis je nach Fahrzeugart variierte (Pkw, Vans, Lkw, Busse).

DOZZA, SCHINDLER, BIANCHI-PICCININI & KARLSSON (2016) untersuchten das Überholverhalten von Kfz und Radfahrenden auf Landstraßen in Schweden. Einzig entgegenkommenden Fahrzeugen wurde ein signifikanter Einfluss auf das Überholverhalten der Kfz-Führer z. B. hinsichtlich Überholabstand attestiert.

Derzeit werden in einem weiteren Forschungsprojekt im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans (NRVP) das Überholverhalten von Kfz in Bezug auf den Radverkehr sehr detailliert untersucht (Projekt: „Sicher überholt!“, <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/sicher-ueberholt-untersuchung-des-ueberholvorgangs>).

## 1.6.2 Geschwindigkeiten

### Geschwindigkeiten MIV

OHM et al. (2015) stellten für Schutzstreifen im Vergleich zur Mischverkehrsführung ohne Markierung geringere Kfz-Geschwindigkeiten fest. Dies gilt auch für mehrstreifige Straßenräume (> 1 Fahrstreifen je Richtung).

Laut APASNORE et al. (2017) nehmen die Geschwindigkeiten der Kfz bei Mischverkehrsführungen ab Fahrstreifenbreiten von mehr als 4,50 m zu (Kanada).

Diettiker et al. (2012) stellten nur marginale Unterschiede in den Kfz-Geschwindigkeiten bei Einrichtung von Schutzstreifen fest (Vorher: Mischverkehr ohne Schutzstreifen; Schweiz).

ZWEIBRÜCKEN & KÄNEL (1999) wiesen demgegenüber einen Rückgang der mittleren Pkw-Geschwindigkeiten um 3 bis 5 km/h mit Einrichtung von Schutzstreifen nach (Schweiz).

### Geschwindigkeiten Radverkehr und Pedelecs

Nach ALRUTZ et al. (2015) sind die Geschwindigkeiten des Radverkehrs vergleichsweise ähnlich bei allen Fahrbahnführungen (19,3 bis 19,5 km/h). Fahrradstraßen liegen mit 18,3 km/h etwas darunter. Radfahrende mit Rennrädern waren im Mittel mit 24,5 km/h und Radfahrende in der Altersgruppe

18-24 Jahre mit 20,4 km/h am schnellsten gegenüber anderen Radtypen und Altersgruppen.

SCHLEINITZ, FRANKE-BARTHOLDT, PETZDOLDT, SCHWANITZ, GEHLERT & KÜHN (2014) finden anhand von einer Naturalistic Cycling Studie (fahrzeugseitige Beobachtung im Realverkehr) keine Hinweise auf vermehrte kritische Situationen bei der Nutzung von Pedelects. Im Mittel fuhren Pedelect25-Nutzer ca. 2 km/h und Pedelect45-Nutzer ca. 8 km/h schneller als Nutzer herkömmlicher Fahrräder.

### 1.6.3 Fahrbahn- bzw. Gehwegnutzung

In OHM et al. 2015 wurden höhere Anteile an Fahrbahnnutzungen bei Mischverkehrsführungen mit Schutzstreifen im Vergleich zu nicht vorhandenen Schutzstreifen festgestellt. Dies gilt auch für mehrstreifige Straßenräume (> 1 Fahrstreifen je Richtung).

GIBBARD et al. 2004 kommen zu ähnlichen Ergebnissen, dass bei fehlenden markierten Fahrbahnführungen eine verstärkte Gehwegnutzung auftritt (Großbritannien).

ALRUTZ et al. 2015 ermittelten bei Mischverkehrsführungen (ohne Schutzstreifen) einen Anteil von 7 % der Radfahrenden, welche den Gehweg benutzen. Dieser Wert gilt analog für Straßenräume mit Schutzstreifen. Fahrradstraßen liegen mit einem Anteil von 5 % darunter, Busstreifen mit einem Anteil 9 % darüber.

Bei DIETTIKER et al. 2012 deutet sich an, dass die Gehwegnutzung bei Einrichtung von Schutzstreifen etwas abnimmt im Vergleich zur Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen im Vorher-Zeitraum (Schweiz).

### 1.6.4 Linksfahrende Radfahrende

ALRUTZ et al. (2009) stellten geringere Anteile an linksfahrenden Radfahrern bei Fahrbahnführung im Vergleich zu Seitenraumführung fest. Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen wurden aber nicht untersucht.

ALRUTZ et al. (2015) ermittelten einen Anteil von linksfahrenden Radfahrenden bei Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen von 9 %. Dies liegt über den Werten anderer Fahrbahnführungen (Schutzstreifen mit 6 % und Radfahrstreifen mit

7 %) aber unterhalb der Anteile von Seitenraumführungen (u. a. Radwege mit 12 %).

### 1.6.5 Routenwahl & Gefährdungsempfinden

Der aktuelle Stand der Forschung zur Routenwahl und deren Einflussfaktoren bei Radfahrenden wurde im Forschungsprojekt „Entwicklung einer Methodik zur Untersuchung der Determinanten der Routenwahl von Radfahrern“ (BASt FE 82.673) zusammengetragen. Außerdem wurde eine Methodik entwickelt, diese Einflussfaktoren zu untersuchen.

MANTON, RAU, FAHY, SHEAHAN & CLIFFORD (2016) stellten bei Befragungen fest, dass Radfahrende tendenziell eher vom MIV getrennte Radverkehrsführungen bevorzugen (Irland). Unabhängig davon werden Straßen mit geringen Geschwindigkeiten und Verkehrsstärken des MIV bevorzugt.

SEGADILHA & SANCHES (2014) leiteten aus Befragungen von Radfahrenden in Brasilien ab, dass die Geschwindigkeit des MIV und Schwerverkehrsanteil die wichtigsten Entscheidungskriterien für die Routenwahl darstellten. Die Verkehrsstärke des MIV sowie die gefühlte Sicherheit (hier: Security, also Kriminalitätsbezug) und die Straßenbeleuchtung spielten ebenfalls eine Rolle.

WINTERS & TESCHKE (2010) befragten Radfahrende in Vancouver zu bevorzugten Straßenräumen zum Radfahren (siehe Bild 1-7). Ergänzend wird eine Präferenz für Straßen ohne Parken, mit asphaltierten Radverkehrsanlagen, geschwindigkeitsdämpfenden Maßnahmen sowie Radfahrstreifen angegeben.

NG, DEBNATH & HEESCH (2017) befragten Radfahrende in Australien zu ihrer subjektiven Gefährdungseinschätzung an nicht-signalisierten Knotenpunkten. Vom Straßenraum getrennte Radwege, aber auch Gehwege wurden als die sichersten Führungsformen kategorisiert. Eine Gefährdung wird stärker bei einer seitlichen Streifkollision als bei einer Kollision ähnlich eines EK-Unfalls gesehen.

SANDERS (2015) schließt aus Befragungen von Radfahrenden, dass Interaktionen und Konflikte (near misses) wesentlich stärker das Sicherheitsempfinden der Radfahrenden prägen und daher die Planung sich auch daran orientieren sollte (USA). Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass keine systematische Korrelation zwischen den near misses und den Kollisionen gefunden wurde. Manche

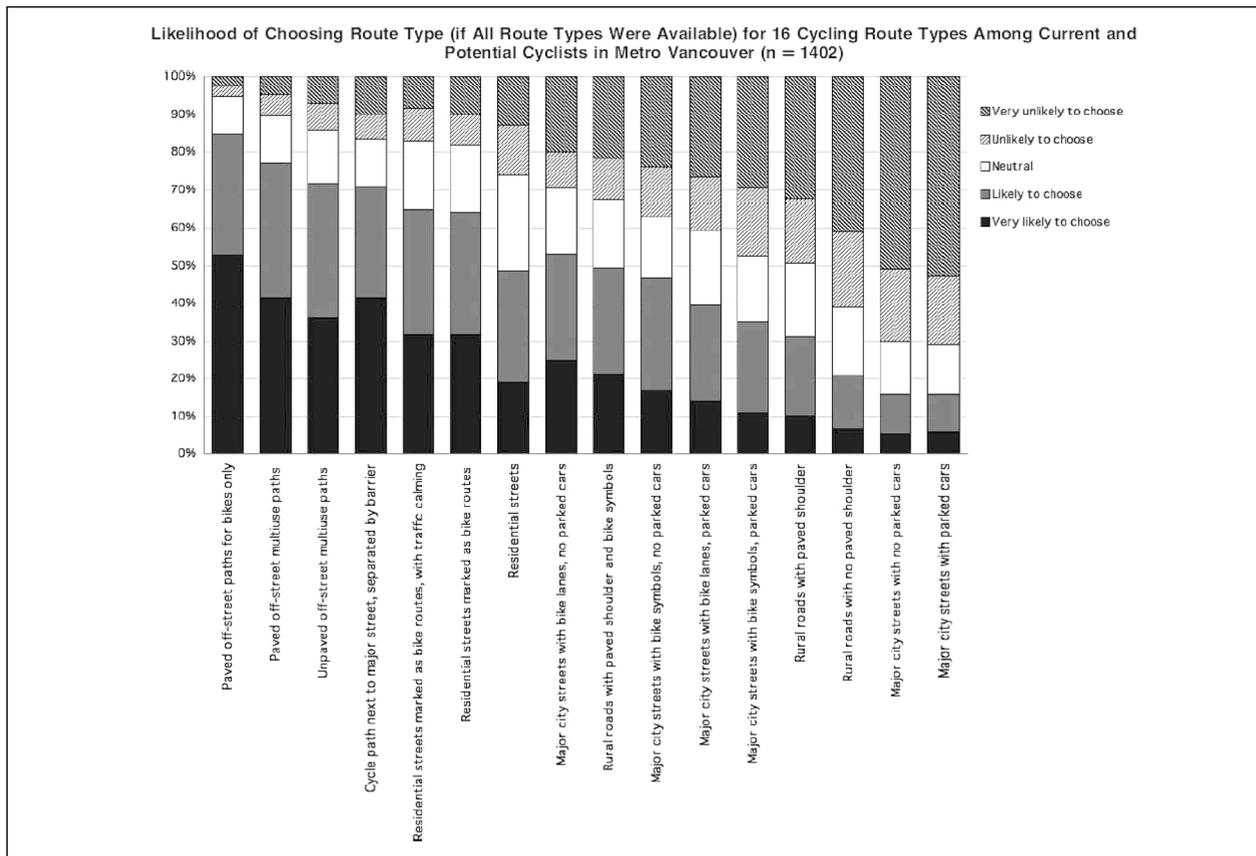


Bild 1-7: Bevorzugte Straßenräume für Radfahrende (Quelle: WINTERS et al., 2010)

Konflikte wurden von zahlreichen Befragten erlebt, resultierten aber nur selten in Kollisionen. Andere Konflikte wurde nur von wenigen Befragten festgestellt, führten aber eher bzw. häufiger auch zu Kollisionen.

Eine interessante Gegenüberstellung von subjektiver und objektiver Gefährdungslage bei Radfahrenden findet sich bei TESCHKE et al. 2012 (Kanada). Straßenräume ohne Erwähnung einer Führungshilfe stellen Mischverkehrsführungen dar (siehe Bild 1-8).

ANDERSEN et al. 2012 plädieren dafür, Radverkehrsführungen zu präferieren, welche gleichzeitig objektiv sicher sind und sich subjektiv sicher anfühlen (Dänemark). Eine Verunsicherung der Radfahrenden (planning by fear), um Aufmerksamkeit zu erhöhen, wird tendenziell abgelehnt.

Laut APASNORE et al. 2017 sind Überholabstände sowie die Ambient Traffic Density (ATD) die wichtigsten Faktoren für das Komfortempfinden der Radfahrenden im Mischverkehr auf der Fahrbahn (Kanada).

CHATAWAY, KAPLAN, NIELSEN & PRATO 2014 befragten Radfahrende in Kopenhagen und Brisbane (Australien), um Unterschiede zwischen Städten mit einer starken Radverkehrskultur und einer zunehmenden Relevanz des Radverkehrs zu ermitteln (894 Personen, 74 % aus Brisbane). In Brisbane wurden Mischverkehrsführungen als unsicherer eingeschätzt als dies in Kopenhagen der Fall war. Diese Unsicherheit führt laut den Befragten auch zu einer Vermeidung des Radfahrens oder dem Ausweichen auf andere Bereiche. Auf der anderen Seite tendieren Radfahrende in Kopenhagen dazu, weniger häufig Helme zu nutzen oder häufiger auch abgelenkt Fahrrad zu fahren. Grundsätzlich wurden Straßen mit Mischverkehrsführungen mit Parkständen und mehrstreifige Fahrbahnen als unsicher empfunden. Separate Radverkehrsinfrastruktur wird hingegen als sicher empfunden.

Diese Ergebnisse bestätigt auch eine dänische Befragung zum Sicherheitsempfinden auf unterschiedlichen Radinfrastrukturen. Radfahrer fühlen sich auf baulich angelegten Radwegen und Radfahrstreifen deutlich sicherer als bei Mischverkehrsführungen (JENSEN, ROSENKILDE & JENSEN, ohne Jahresangabe).

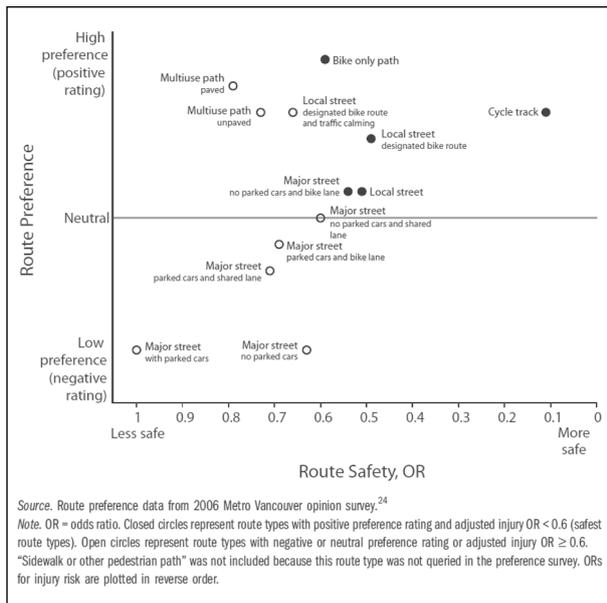


Bild 1-8: Gegenüberstellung subjektive und objektive Verkehrssicherheit für Radfahrende (Quelle: TESCHKE et al., 2012)

Laut DIETIKER, SOMMER, FROSSARD & STEINER (2012) begünstigen die geringe Rücksichtnahme der Kfz-Führer, geringe Überholabstände sowie Busse und Lkw ein erhöhtes Unsicherheitsempfinden bei Mischverkehrsführungen (Schweiz). Interessant ist aber die Einschätzung der Gefährlichkeit im Zusammenhang mit seitlichen Abständen zwischen Radfahrenden und Kfz. In einer Vorher-Nachher-Untersuchung (Mischverkehr ohne Schutzstreifen → Schutzstreifen) hat sich das hohe negative Sicherheitsempfinden durch Markierung des Schutzstreifens leicht verbessert. Allerdings haben gleichzeitig mit Einführung des Schutzstreifens die seitlichen Abstände abgenommen. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei Robatsch & Stratil-Sauer 2002 in einer österreichischen Untersuchung.

CHRISTMAS, HELMAN, BUTTRESS & NEWMAN (2010) kommen auf Basis einer qualitativen Literatur- und Befragungsstudie zu dem Resultat, dass vor allem selbstbewusste Radfahrende den Mischverkehr auf der Fahrbahn favorisieren (Großbritannien). Inhomogene Radverkehrsführungsformen, schlechter Oberflächenzustand, zu viele Fußgänger und Radfahrende sowie parkende Fahrzeuge werden zudem als Gründe genannt, warum Radfahrende trotz separater Radverkehrsanlagen die Fahrbahn benutzen. Das Vorhandensein zu vieler unterschiedlicher Formen von Radverkehrsführungen wird als generelles Problem im Radverkehr benannt. Die befragten motorisierten Verkehrsteilnehmenden sind der Meinung, dass Radfahrende „nicht

auf die Straße gehören“ und daher separat zu führen sind, um den „Weg nicht zu versperren“. Bevorrechtungen für den Radverkehr (bspw. vorgezogene Haltelinien) werden „nicht gern gesehen“.

### 1.6.6 Interaktionen und Konflikte

In einer dänischen Studie ermittelten ENGEL & LIS (1979), dass sechs von zehn Radfahrern Erfahrungen mit kritischen Situationen bei Führung im Mischverkehr gemacht haben. Bei getrennter Führung des Radverkehrs berichteten nur ein Drittel der Radfahrer von Konflikten mit anderen Fahrzeugen.

JOHNSON, CHARLTON, OXLEY & NEWSTEAD (2010) identifizierten auf Basis einer Naturalistic Cycling Study (13 Probanden) in Melbourne Risikofaktoren für Radfahrende im Mischverkehr. Radfahrende schauen tendenziell eher nach rechts, um sich dem fließenden Verkehr zu widmen (in Australien herrscht Linksverkehr). Die meisten kritischen Situationen entstanden bei Fahrstreifenwechsellvorgängen von Kraftfahrzeugen (meist ohne Vorankündigung) sowie in der Nähe von Knotenpunkten. Zudem wurde der in Australien gültige Mindestüberholabstand von einem Meter in der Mehrzahl der Fälle nicht eingehalten.

Der häufigste Konflikt bzw. kritische Interaktion bei einer kleineren Naturalistic Cycling Studie entsprach dem typischen Einbiegen-Kreuzen-Unfall (geradeausfahrender Radfahrende auf übergeordneter Richtung mit einbiegendem Kraftfahrzeug, WERNEKE, DOZZA & KARLSSON, 2015; Schweden).

### 1.6.7 Sonstiges

In Bezug auf aggressives Verhalten von Kfz-Führenden gegenüber Radfahrenden wurden durch PI-ATKOWSKI, MARSHALL & JOHNSON (2017) Radfahrende befragt (USA). Dabei zeigte sich, dass je häufiger Kfz-Führende auch Fahrrad fahren, umso weniger aggressiv reagierten sie auf diese. Daraus wird geschlossen, dass die Einhaltung von Verkehrsregeln in der Konstellation Kfz-Radfahrende stärker von den eigenen Erfahrungen abhängig ist als von den aktuell gültigen Verkehrsregeln. SCHEPERS et al. 2016 geht in eine ähnliche Richtung mit der Vermutung, dass niederländische Kfz-Führer aufmerksamer gegenüber potenziell kreuzenden Radfahrenden an z. B. Knotenpunkten sind, da sie bereits frühzeitig in einer Verkehrskultur mit einem hohen Anteil an Radverkehr sozialisiert wurden.

Laut JOHNSON et al. (2010) werden als Ursache für kritische Situationen häufiger die Unaufmerksamkeiten der Kraftfahrenden als die der Radfahrenden verantwortlich gemacht (Australien).

## 1.7 Infrastruktur und Maßnahmen

In Dänemark gilt laut ANDERESSEN et al. 2012 im Gegensatz zu Deutschland eine 10 m Regel zum Freihalten der Sichtfelder durch parkende Fahrzeuge an Knotenpunkten. Bei Knotenpunktzufahrten im Gefälle werden Mischverkehrslösungen präferiert (cyclist and vehicles merge). Bei Mischverkehrslösungen und gleichzeitig parkenden Fahrzeugen auf der Fahrbahn wird maximal eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h als verträglich angesetzt. Bei Schrägparkständen sollte das Tempolimit nochmals auf 10 bis 20 km/h reduziert werden. Gleichzeitig wird das einseitige Parken, aufgrund komplexerer Parkmanöver, als ungünstiger für die Verkehrssicherheit des Radverkehrs eingeschätzt als beidseitiges Parken. Beim Mischverkehr werden weiterhin eher Busbuchten präferiert sowie möglichst enge bzw. geringe Eckausrundungen bei Einmündungen gefordert.

Nach einer Studie von APASNORE et al. 2017 in Kanada sind bei Fahrstreifenbreiten von weniger als 3,60 m und Mischverkehrsführungen ergänzende Maßnahmen zum Schutz vor Dooring-Unfällen notwendig, wie z. B. Radpiktogramme (Kanada). Diese können die Aufmerksamkeit auf Radfahrende lenken.

Die Stadt Tübingen setzt mit dem „Tübinger Modell“<sup>5</sup> auf die Verbesserung der Wahrnehmung und Akzeptanz des Radverkehrs bei Mischverkehrsführungen. Dafür werden bei schmalen Querschnitten, vorrangig auf Nebenverkehrsstraßen, Fahrradsymbole mittig auf der Fahrbahn markiert. Bei breiteren Querschnitten und höheren Verkehrsbelastungen werden die Markierungen am rechten Fahrbahnrand angesetzt. Zusätzliche Richtungspfeile in Knotenpunktbereichen unterstützen diese Symbole (PETRY, 2010).<sup>6</sup> Eine ähnliche Maßnahme stellt die Mainzer Piktogrammreihe (Fahrradpiktogramm plus Geradeauspfeil) dar, welche mit dem Wegfall der Benutzungspflicht für im Seitenraum verlaufenden Radwege die Möglichkeit der Fahrbahnnutzung durch Radfahrende verdeutlichen soll.<sup>7</sup>

In Australien, Frankreich, Kanada, USA und Tschechien kommt zur Verdeutlichung des Radverkehrs im Mischverkehr vor allem die sogenannte Sharrows- oder Bike-and-chevron-Markierung (siehe Bild 1-9, linke Abbildung; SFDPT 2004) zum Einsatz (in Frankreich „voies partagées“ und in Tschechien „Cyklopiktokoridor“ genannt). Die San Francisco Shared Lane Marking Study (SFDPT 2004) vergleicht Radverkehrsführung im Mischverkehr ohne, mit Bike-and-chevron- sowie mit Bike-in-house-Markierung (siehe Bild 1-9, rechts). Anhand von Verhaltensanalysen und Befragungen wurde gezeigt, dass Bike-and-chevron-Markierungen die Akzeptanz von Mischverkehrsführungen erhöhen (weniger Gehwegnutzer, weniger Linksfahrer). Zudem konnten bei dieser Markierung größere Abstände zum ruhenden Verkehr sowie größere Überholabstände ermittelt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde die Bike-and-chevron-Markierung als Mischverkehrsmarkierung in den USA in das Manual on Uniform Traffic Control Devices (FHWA 2009) aufgenommen. Eine spätere Untersuchung konnte die Ergebnisse bestätigen (HUNTER et al. 2010).

FERENCHAK & MARSHALL 2015 untersuchten in Chicago Akzeptanz und Wirksamkeit (Radverkehrsaufkommen und Unfallgeschehen) von Strecken mit Radfahrstreifen, mit Sharrows sowie ohne Maßnahmen (Langzeitstudie über 10 Jahre). Radfahrstreifen zeigten anteilig den größten Anstieg im Radverkehrsaufkommen sowie den höchsten Rückgang des Unfallrisikos. Der geringste Rückgang des Unfallrisikos wurde auf Sharrow-Strecken registriert.

Von KAULEN (2013) werden verschiedene potenzielle Maßnahmen der Radverkehrsführung bzw. deren Unterstützung für schmale Fahrbahnen diskutiert (wenn keine Schutzstreifen entsprechend der Regelwerke zur Anwendung kommen können). Es wurden 13 Beispiele aus Baden-Württemberg untersucht, bei denen an sieben Beispielen das Verkehrsverhalten im Vorher-Nachher-Vergleich analysiert wurde:

- Verbot für Radfahrende
- Tempo 30-Regelung
- Einrichtung Fahrradstraße
- Einseitiger bzw. wechselseitiger Schutzstreifen

<sup>5</sup> Als Tübinger Modell werden mit roter Farbe umrandete weiße Fahrradpiktogramme bezeichnet.

<sup>6</sup> In der StVO sind diese Markierungen nicht vorgesehen.

<sup>7</sup> [https://www.der-deutsche-fahrradpreis.de/fileadmin/bfb\\_dateien/Download\\_2017/Nominierte\\_2017/20\\_Piktogrammreihe.pdf](https://www.der-deutsche-fahrradpreis.de/fileadmin/bfb_dateien/Download_2017/Nominierte_2017/20_Piktogrammreihe.pdf)

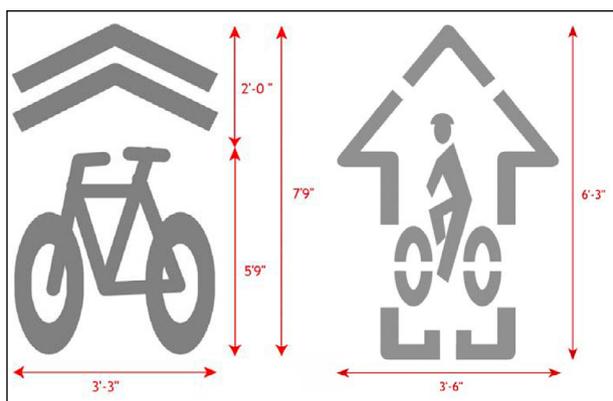


Bild 1-9: Bike-and-chevron- (links) und Bike-in-house-Markierung (rechts) (Quelle: SFDPT, 2004)

- Beidseitiger Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn
- Schmalere Schutzstreifen

Letztendlich wurden dann die wechselseitigen Schutzstreifen sowie die Schutzstreifen mit verringerter Kernfahrbahnbreite näher vergleichend untersucht. Im Fazit wird auf Basis von Verhaltensbeobachtungen und -messungen festgestellt, dass beidseitige Schutzstreifen mit geringerer Kernfahrbahnbreite (drei untersuchte Beispiele) positiver als die wechselseitigen Schutzstreifen bewertet.

In der österreichischen Studie zu Dooring-Unfällen von SZEILER & SKORIC 2017 wird aufgrund der verringerten seitlichen Überholabstände bei Schutzstreifen (dort Mehrzweckstreifen) – vor allem bei den Mindest- (1,50 m) und Regelbreiten (1,75 m) –, diese bei schmäler Ausprägung als Sicherheitsrisiko eingeordnet. Es werden auf Basis dieser Ergebnisse die Radfahrpiktogramme – sowohl mit als auch ohne markierten Trennstreifen (dort Schutzstreifen) zu den parkenden Fahrzeugen – als Alternative zum Schutzstreifen propagiert.

## 1.8 Fazit

Die Literaturanalyse lässt nur bedingt Rückschlüsse auf den Forschungsgegenstand der Führung der Radfahrenden im Mischverkehr ohne Schutzstreifen auf schmalen Querschnitten zu. Eine Vielzahl an Veröffentlichungen (teilweise hier gar nicht aufgeführt) beschäftigen sich hauptsächlich mit Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn oder im Seitenraum.

Grundsätzlich schneiden Mischverkehrsführungen nicht zwangsläufig schlechter als markierte Fahr-

bahnführungen oder Seitenraumführungen ab. Sie zeigen aber eine etwas andere Unfallstruktur, bspw. mit erhöhten Anteilen an Konflikten beim Linksabbiegen, mit parkenden Fahrzeugen oder im Längsverkehr. Inwiefern diese Ergebnisse auch auf den speziellen Fall der schmalen Querschnitte übertragen lassen, bleibt offen.

Mehr Hinweise lassen sich aktuell aus Befragungen und Verhaltensbeobachtungen ableiten. An vorderster Stelle steht dabei die Erkenntnis, dass der Mischverkehr mit am unsichersten von den Radfahrenden eingeschätzt wird. Dies führt u. U. zu Ausweichverhalten auf andere Straßen oder auf den Gehweg. Positiver wird beurteilt, dass die Abstände des Radverkehrs im Mischverkehr zu parkenden Fahrzeugen (im vgl. zu anderen Radverkehrsführungen) größer sind. In Bezug auf die seitlichen Überholabstände der Kfz lassen sich widersprüchliche Schlussfolgerungen ziehen:

- Einerseits haben sich geringere Überholabstände bei schmaleren Fahrbahnbreiten in Untersuchungen gezeigt.
- Andererseits müssten auf schmaleren Querschnitten echte Überholvorgänge im Gegensatz zum engen Vorbeifahren auf demselben Fahrbahnbreite stattfinden, wovon sich größere seitliche Abstände erwartet werden.

Unabhängig davon ist völlig unklar, ob die seitlichen Abstände sich tatsächlich und wenn ja, in welchem Maße auf die objektive Verkehrssicherheit auswirken.

Positiv muss erwähnt werden, dass schmalere Querschnitte tendenziell geringere Kfz-Geschwindigkeiten begünstigen, welche ihrerseits als ein wesentlicher Einflussfaktor für sowohl die subjektive als auch objektive Verkehrssicherheit der Radfahrenden angesehen werden.

## 2 Methodik

### 2.1 Einleitung

Als Übersicht sind im Folgenden die geplanten Methoden aufgelistet:

- Makroskopische Unfallanalyse (amtliche Straßenverkehrsunfallstatistik)
- Kommunalbefragung

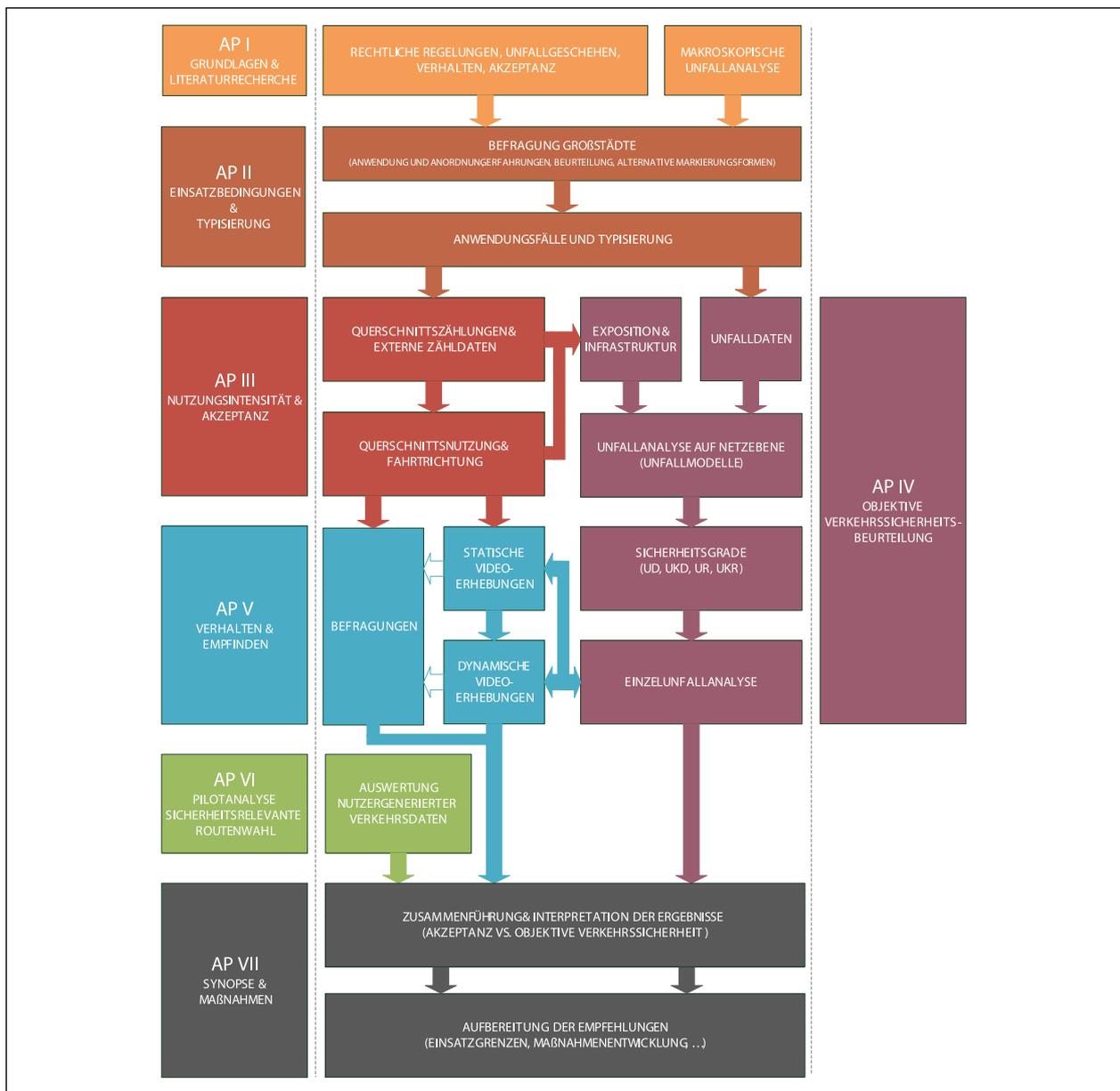


Bild 2-1: Übersicht Projektablauf

- Erhebungen an Querschnitten
    - Verkehrszählung
    - Erhebung Fahrbahnnutzung
  - Unfallanalyse auf Netzebene an den Erhebungsstellen
  - Einzelunfallanalyse
  - Verhaltensanalysen
    - statische Videobeobachtung/-auswertung (stationäre Kamera)
    - dynamische Videobeobachtung (Messfahrrad mit Videokamera im fließenden Verkehr)
  - lokale Befragungen Radfahrende
  - Pilotanalyse: sicherheitsrelevante Routenwahl
- Der Projektablauf ist in Bild 2-1 dargestellt.

## 2.2 Typisierung

Radverkehr im Mischverkehr auf der Fahrbahn tritt sowohl inner- als auch außerorts auf. Dabei gibt es neben der reinen Führung auf der Fahrbahn, verschiedene Möglichkeiten die Nutzung des Seitenraumes zuzulassen. Bild 2-2 zeigt die verschiedenen Varianten der Mischverkehrsführung innerorts im Allgemeinen.

In Bild 2-3 werden für den Teilbereich der Hauptverkehrsstraßen innerorts die zu untersuchenden Straßenräume typisiert. Insgesamt wurden acht verschiedene Kategorien an Straßenräume bzw. Querschnittstypen für die Analyse identifiziert.

Der Schwerpunkt der Studie liegt auf der reinen Mischverkehrsführung ohne

- bauliche Radwege ohne Benutzungspflicht oder

- parallel für den Radverkehr freigegebene Gehwege.

Dabei wird jedoch nach der Anzahl der Fahrstreifen, dem Vorhandensein von Parkflächen auf der Fahrbahn bzw. daran angrenzend und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit unterschieden. Die angegebenen Obergrenzen der nutzbaren Fahrbahnbreiten lassen die Markierung eines Schutzstreifens unter Berücksichtigung der Sicherheitsräume zum

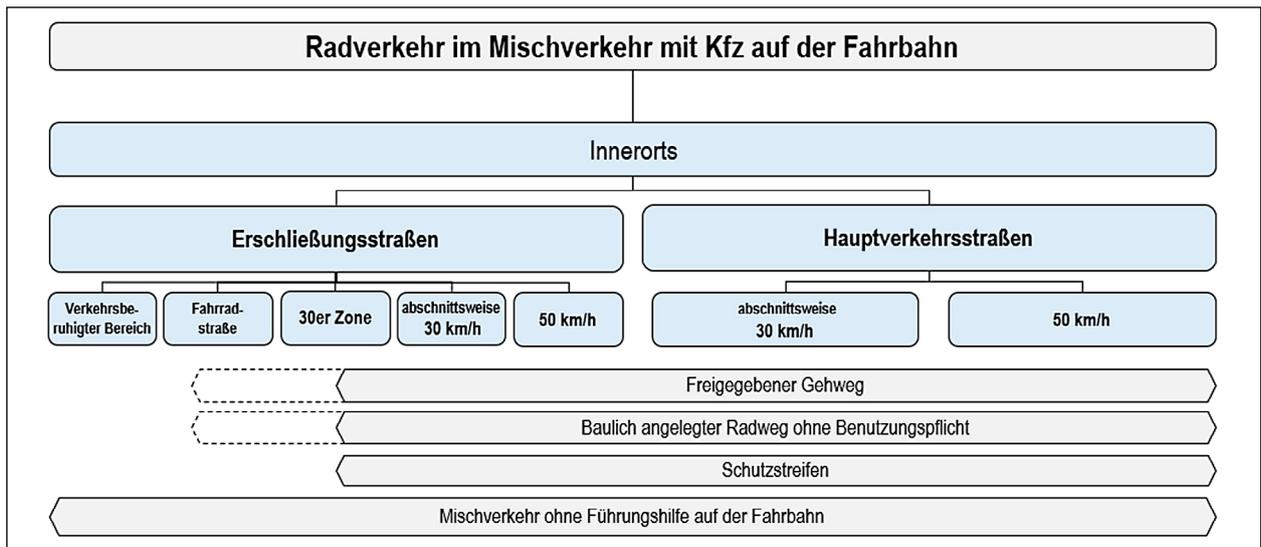


Bild 2-2: Verkehrstechnische Randbedingungen für verschiedene Umsetzungen des Radverkehrs im Mischverkehr mit Kfz auf der Fahrbahn auf Strecken zwischen Hauptverkehrsknotenpunkten (HVKP)

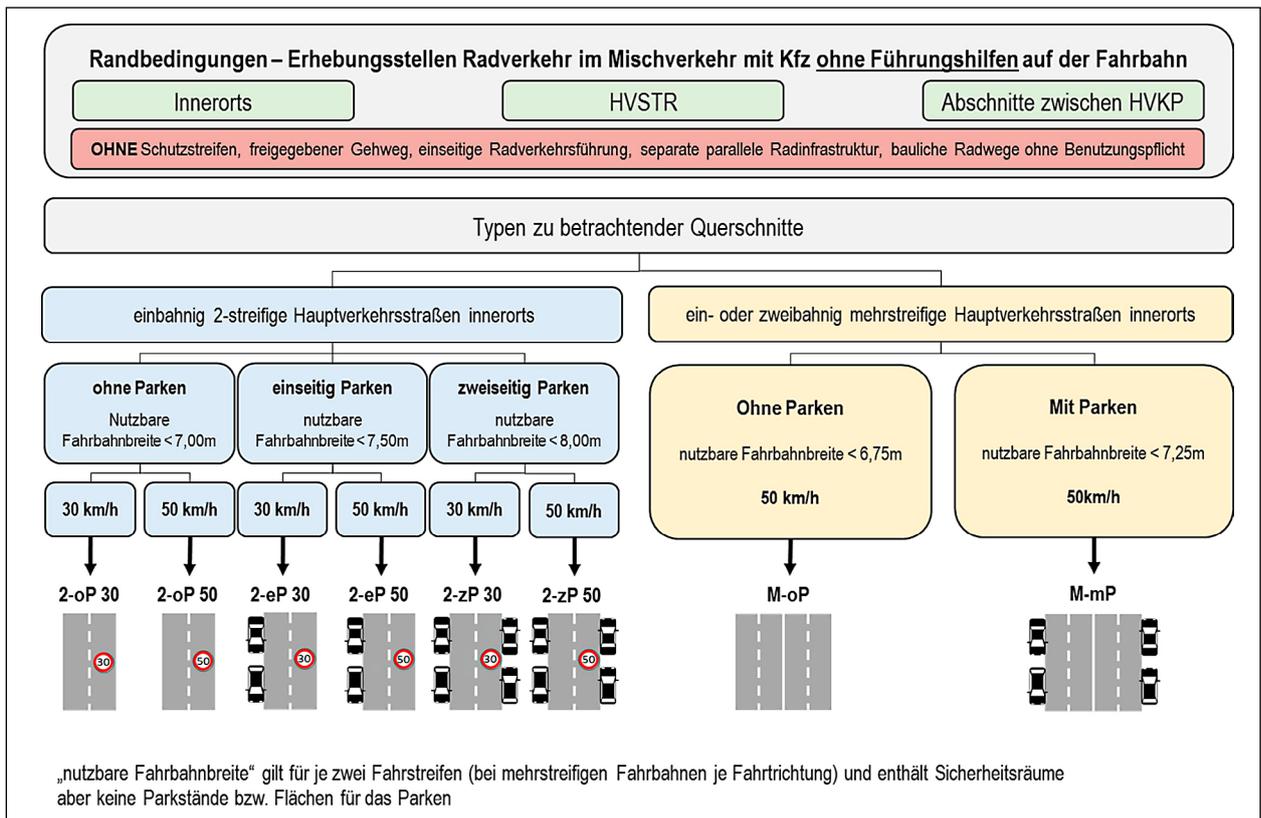


Bild 2-3: Abgrenzung Analysestichprobe für das vorliegende Forschungsprojekt

Parken nicht zu. So ist zur Markierung eines beidseitigen Schutzstreifens mit Mindestmaß von 1,25 m (inkl. Markierung) und einer Kernfahrbahn von mindestens 4,50 m eine Fahrbahnbreite von 7 m notwendig. Bei angrenzenden parkenden Fahrzeugen ist ein Sicherheitsabstand von 0,50 m zum Schutzstreifen einzuhalten, wodurch sich die nutzbaren Fahrbahnbreiten der Kategorien ergeben.

Es ist zu berücksichtigen, dass beispielsweise Querschnitte des Typs 2-zP 30 auch nutzbare Fahrbahnbreiten von weniger als 7,50 m oder 7,00 m enthalten können.

## 2.3 Datengrundlagen

### 2.3.1 Amtliche Unfallstatistik

Grundlage der makroskopischen Unfallanalyse ist eine thematische Auswertung der Einzeldaten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik, die von der Polizei erhoben und der BAST von den Statistischen Landesämtern für Zwecke der Unfallforschung übermittelt werden.

Analysiert werden bundesweit alle Personenschadensunfälle mit Radverkehrsbeteiligung innerorts.

Für die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Sachsen-Anhalt sind zusätzliche Angaben zum dreistelligen Unfalltyp vorhanden. Diese werden auf Basis der Verunglücktenzahlen analysiert.

### 2.3.2 Unfalldaten

Grundlage der Auswahl an Untersuchungsabschnitten sowie für die Unfallanalyse ist die Verfügbarkeit der gesamtstädtischen Einzelunfalldaten der Städte. Der Basisunfalldatensatz umfasst folgende Attribute:

- Geokoordinate
- Datum
- Unfall-Uhrzeit
- Unfallkategorie und Anzahl Verletzte (Gt/SV/LV)
- Unfalltyp
- Unfallart
- Lichtverhältnisse
- Straßenzustand

- Lichtzeichenanlage
- Besonderheiten der Unfallstelle
- Unfallursache
- Aufprall auf Hindernis neben der Fahrbahn
- Informationen zu Beteiligten 01 und 02:
  - Art der Verkehrsbeteiligung
  - Alter
  - Unfallursache

In einzelnen Städten liegt der dreistellige Unfalltyp und/oder Unfallhergangstexte vor.

Die Unfalldaten beziehen sich alle auf einen fünfjährigen Betrachtungszeitraum vom 01.01.2012 bis 31.12.2016. Nur die Daten zu den Unfallkategorien 1 bis 3 stehen vollständig über alle Städte hinweg zur Verfügung. Unfälle der Kategorien 4-6 stehen nur für ausgewählte Städte zur Verfügung.

### 2.3.3 Infrastrukturdaten

Folgende Merkmale wurden für alle Erhebungsstellen erhoben:

- Querschnitt
  - Anzahl Fahrstreifen je Fahrtrichtung
  - nutzbare Fahrbahnbreite oder Fahrstreifenbreiten
  - Art und Breiten Anlagen des ruhenden Verkehrs
  - Gehwegbreiten
  - Straßenbahnführung
  - Haltestellentyp (Fahrbahnrand, Kap, Mittellage, Fahrbahn)
  - Art der Fahrstreifentrennung (ohne oder mit Markierung, baulich)
- Verkehrsregelung
  - zulässige Höchstgeschwindigkeit (auch temporär)
- Umfeld
  - Länge und Art der Bebauungsnutzung getrennt nach Fahrbahnseite (Wohnen, Geschäftlich, kombiniert Wohnen/Geschäfte, Gewerbe/Arbeitsstätten)
- Sonstiges

- Länge und Grund für räumliche Abgrenzung
- Anzahl der Anschlussknotenpunkte und der Einmündungen an Anschlussknotenpunkten
- Anzahl der Grundstückszufahrten

Als digitale Netzgrundlage werden frei verfügbare OSM-Daten verwendet (Quelle: [openstreetmap.org](http://openstreetmap.org)).

Das Ausmaß der einzelnen Erhebungsstellen wird durch die angrenzenden Hauptverkehrsknotenpunkte oder durch Änderung der Infrastruktur (Übergang zu vorhandener Radverkehrsanlage, Änderung zu einer nicht untersuchungsrelevanten Fahrbahnbreite) begrenzt. Außerdem wird ein Annäherungsbereich von 50 m zur Haltlinie des die Erhebungsstelle abgrenzenden Knotenpunktes angenommen. Dieser Annäherungsbereich ist nicht Teil der Erhebungsstrecke. Als Mindestlänge für Erhebungsstellen wird unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien, aber auch der eingeschränkten Verfügbarkeit von passenden Erhebungsstellen, 150 m angesetzt.

#### 2.3.4 Erhebungsstellen

Die Auswahl und Typisierung der zu analysierenden Erhebungsstellen erfolgte anhand der in Bild 2-3 genannten Randbedingungen, sowie anhand der vorliegenden Breiten, dem Vorhandensein von ruhendem Verkehr und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit im Kfz-Verkehr.

Die Auswahl der Erhebungsstädte erfolgte nach folgenden Kriterien:

- erwartbares Radverkehrsaufkommen
- existierende schmale Querschnitte mit Mischverkehrsführung
- Verfügbarkeit Unfalldaten

Folgende Untersuchungsstädte wurden daher ausgewählt

- Berlin
- Bochum
- Dresden
- Düsseldorf
- Frankfurt am Main

Stadt	Anzahl Erhebungsstellen
Berlin	29
Bochum	13
Dresden	16
Düsseldorf	16
Frankfurt (Main)	22
Gelsenkirchen	12
Halle (Saale)	12
Leipzig	16
<b>Gesamt</b>	<b>136</b>

Tab. 2-1: Verteilung der Erhebungsstellen nach Stadt

- Gelsenkirchen
- Halle/Saale
- Leipzig

Die Auswahl der Erhebungsstellen erfolgte u. a. nach folgenden Kriterien:

- Lage der Strecke im Netz
- Topographie ohne große Höhenunterschiede
- Zielbereiche mit hoher Nachfrage in der Nähe des Querschnitts (z. B. Universität)
- Vorrangrouten für den Radverkehr (u. a. aus Radverkehrskonzepten, sonstige Karten)
- Hinweise aus den Kommunen
- Vorkenntnisse der Bearbeiter des Forschungsprojekts

Letztendlich wurde deutlich, dass diese Kriterien nur bedingt berücksichtigt werden konnten. Grund dafür ist die vglw. geringe Anzahl an existierenden Stellen in den betrachteten Straßennetzen, welche dem Untersuchungsziel entsprechen. Die Liste der Untersuchungsstädte wurde auch aus diesem Grund um drei zusätzliche Städte erweitert.

In acht deutschen Städten wurden Erhebungen zum Verkehrsaufkommen an Querschnitten mit Mischverkehr ohne Schutzstreifen vorgenommen.

Die Verteilung der Erhebungsstellen auf die acht Städte ist Tabelle 2-1 zu entnehmen.

In den Tabellen 2-2 bis 2-9 sind die Erhebungsstellen differenziert nach Städten dokumentiert. Die Stellen wurden dabei anhand des Straßennamens, einer laufenden Nummer der nutzbaren Breite<sup>8</sup>, der

<sup>8</sup> Diese Breite bezieht sich bei Querschnitten mit einem Fahrstreifen je Richtung auf die gesamte nutzbare Fahrbahnbreite und bei mehrstreifigen Querschnitten auf die nutzbare Fahrbahnbreite einer Fahrtrichtung.

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Berlin	1	Kaiser-Wilhelm-Straße	6	503	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	2	Berliner Allee	6,25	449	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	3	Hosemannstraße	7,5	517	2	beidseitig	30	2-zP 30
Berlin	4	Ebertstraße	7,5	647	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	5	Münzstraße	7,5	180	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	6	Torstraße	6,25	928	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	7	Müllerstraße	6,5	588	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	8	Seeburger Straße	7,5	794	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	9	Pichelsdorfer Straße	7,5	750	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	10	Cauerstraße	7,5	471	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	11	Joachim-Friedrich-Straße	7,7	321	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	12	Hagenstraße	6,5	1170	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	13	Rheinstraße	6	406	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	14	Grunewaldstraße (Steglitz)	7,9	332	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	15	Grunewaldstraße (Schöneberg)	6	454	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	16	Wildenbruchstraße	7,6	325	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	17	Karl-Marx-Straße	6	733	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	18	Ordensmeisterstraße	7,7	1004	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	19	Gersdorfstraße	7,9	600	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	20	Attilastraße	6	454	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	21	Lückstraße	6,5	396	2	einseitig	50	2-eP 50
Berlin	22	Gartenstraße	6	585	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	23	Damerowstraße	6,5	1097	2	beidseitig	50	2-zP 50
Berlin	24	Eichhorster Weg	6,5	550	2	einseitig	50	2-eP 50
Berlin	25	Kottbusser Damm	6	810	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	26	Sonnenallee	6,25	597	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	27	Lietzenburger Straße	6	518	4	beidseitig	50	M-mP
Berlin	28	Kolonnenstraße	6	738	4	einseitig	50	M-mP
Berlin	29	Friedrichstraße	6,6	680	2	nein	50	2-oP 50

Tab. 2-2: Erhebungsstellen Berlin

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Bochum	1	Auf dem Dahlacker/ Riemker Straße	7,5	1216	2	beidseitig	50	2-zP 50
Bochum	2	Poststraße	7	1018	2	beidseitig	30	2-zP 30
Bochum	3	Vierhausstraße	7,2	767	2	beidseitig	50	2-zP 50
Bochum	4	Josephinenstraße	7,4	1019	2	beidseitig	30	2-zP 30
Bochum	5	Werner Hellweg	7,9	621	2	beidseitig	30	2-zP 30
Bochum	6	Rottstraße	7,5	264	2	beidseitig	50	2-zP 50
Bochum	7	Hüller Str.	7	480	2	beidseitig	50	2-zP 50
Bochum	8	Elsa-Brändström-Straße	6	1074	2	einseitig	30	2-eP 30
Bochum	9	Zollstraße	6	172	2	einseitig	50	2-eP 50
Bochum	10	Hunscheidtstraße	6,9	397	2	beidseitig	50	2-zP 50
Bochum	11	Friederikastraße	7,5	335	2	beidseitig	30	2-zP 30
Bochum	12	Oskar-Hoffmann-Straße	6,5	233	2	beidseitig	50	2-zP 50
Bochum	13	Stiftstraße	7,3	767	2	beidseitig	50	2-zP 50

Tab. 2-3: Erhebungsstellen Bochum

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Dresden	1	Gostritzer Straße	7	350	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	2	Strehleener Straße	7	675	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	3	Reichenbachstraße	6,5	1075	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	4	Chemnitzer Straße	6,8	305	2	nein	50	2-oP 50
Dresden	5	Kretschmerstraße	7	235	2	beidseitig	30	2-zP 30
Dresden	6	Ermelstraße	6,5	210	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	7	Loschwitzer Brücke	10	445	3	nein	30	M-oP
Dresden	8	Charlottenstraße	7,7	575	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	9	Radeberger Straße	6,5	615	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	10	Bischofsweg	7,5	290	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	11	Industriestraße	6,5	710	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	12	Maxim-Gorki-Straße	6,5	175	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	13	Stephensonstraße	7	695	2	einseitig	50	2-eP 50
Dresden	14	Boderitzer Straße	7	585	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	15	Hüblerstraße	6,5	330	2	beidseitig	50	2-zP 50
Dresden	16	Nöthnitzer Straße	5	430	2	einseitig	50	2-eP 50

Tab. 2-4: Erhebungsstellen Dresden

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Düsseldorf	1	Münsterstraße	6,5	181	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	2	Sommerstraße	6	173	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	3	Eckenerstraße	7	916	2	nein	50	2-oP 50
Düsseldorf	4	Rather Broich	6	703	4	nein	50	M-oP
Düsseldorf	5	Rather Broich/Lenastraße	6	518	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	6	Simrockstraße	6	271	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	7	Flurstraße	6,5	157	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	8	Lichtstraße	5,5	192	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	9	Hüttenstraße	5,5	453	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	10	Ickerswarde Straße	6,5	887	2	beidseitig	50	2-zP 50
Düsseldorf	11	Glashüttenstraße	7	458	2	einseitig	50	2-eP 50
Düsseldorf	12	Jacobistraße	6	219	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	13	Karlsruher Straße	7,5	345	2	beidseitig	50	2-zP 50
Düsseldorf	14	Schönaustraße	6	297	2	beidseitig	50	2-zP 50
Düsseldorf	15	Merowinger Straße	6	330	4	beidseitig	50	M-mP
Düsseldorf	16	Roßstraße	6,5	1131	4	beidseitig	50	M-mP

Tab. 2-5: Erhebungsstellen Düsseldorf

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Frankfurt	1	Deuil-La-Barre-Straße	6	731	2	beidseitig	30	2-zP 30
Frankfurt	2	Kalbacher Hauptstraße	6,30	1415	2	einseitig	30	2-eP 30
Frankfurt	3	Rödelheimer Landstraße	6	642	2	einseitig	30	2-eP 30
Frankfurt	4	Westerbachstraße	6,5	395	2	einseitig	50	2-eP 50
Frankfurt	5	Rödelheimer / Ginnheimer Landstraße	6,5	492	2	einseitig	30	2-eP 30
Frankfurt	6	Hessestraße	6,5	839	2	einseitig	30	2-eP 30
Frankfurt	7	Oeder Weg	7,5	576	2	beidseitig	30	2-zP 30
Frankfurt	8	Eschersheimer Landstraße	6,7	936	4	beidseitig	50	M-mP
Frankfurt	9	Friedberger Landstraße	6,2	553	4	beidseitig	50	M-mP
Frankfurt	10	Konrad Adenauer Straße	6	385	4	beidseitig	50	M-mP
Frankfurt	11	Walter Kolb Straße	6	508	4	beidseitig	50	M-mP
Frankfurt	12	Hans-Thoma-Straße	6,3 / 3,5	185	3	einseitig	30	M-mP
Frankfurt	13	Lachweg	5,8	282	2	einseitig	30	2-eP 30
Frankfurt	14	Homburger Landstraße	6,2	392	2	nein	30	2-oP 30
Frankfurt	15	Allerheiligenstraße	7/0	320	2	beidseitig	50	2-zP 50
Frankfurt	16	Harheimer Weg	7	588	2	einseitig	30	2-eP 30
Frankfurt	17	Heerstraße	6	497	2	beidseitig	50	2-zP 50
Frankfurt	18	Vibeler Landstraße	7	400	2	einseitig	50	2-eP 50
Frankfurt	19	Liurgiallee	6,5	446	2	einseitig	50	2-eP 50
Frankfurt	20	Schöne Aussicht	6 / 3	263	3	nein	50	M-oP
Frankfurt	21	Lange Straße	10 / 0	389	3	einseitig	50	M-mP
Frankfurt	22	Kurmainzer Straße	6	816	2	einseitig	50	2-eP 50

Tab. 2-6: Erhebungsstellen Frankfurt am Main

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Gelsenkirchen	1	Ringstraße	7	250	4	einseitig	50	M-mP
Gelsenkirchen	2	Kurt-Schumacher Straße	6,5	313	4	einseitig	50	M-mP
Gelsenkirchen	3	Overwegstraße	6	169	4	einseitig	50	M-mP
Gelsenkirchen	4	Rotthauer Str.	7	590	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	5	Wiehang/Bokermühlstraße	7	720	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	6	Grenzstraße	6	648	2	beidseitig	30	2-zP 30
Gelsenkirchen	7	Bismarckstraße	6,3	450	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	8	Ahornstraße	6	308	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	9	Gartenstraße	5,5	221	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	10	Frankampstraße	6	900	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	11	Darler Heide	6,5	709	2	beidseitig	50	2-zP 50
Gelsenkirchen	12	Wilhelmstraße	6	595	2	beidseitig	50	2-zP 50

Tab. 2-7: Erhebungsstellen Gelsenkirchen

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Halle	1	Große Brunnenstraße	6,8	475	2	nein	50	2-oP 50
Halle	2	Seebener Straße	6	905	2	beidseitig	50	2-zP 50
Halle	3	Burgstraße	7,3	830	2	einseitig	50	2-eP 50
Halle	4	Wörmlitzer Straße	7	360	2	einseitig	50	2-eP 50
Halle	5	Pestalozzistraße/Rudererweg	7,25	645	2	einseitig	50	2-eP 50
Halle	6	Diesterwegstraße	7,5	905	2	beidseitig	50	2-zP 50
Halle	7	Turmstraße	7	175	2	einseitig	50	2-eP 50
Halle	8	Fritz-Hoffmann-Straße	6	380	2	nein	50	2-oP 50
Halle	9	Käthe-Kollwitz-Straße	6	805	2	beidseitig	50	2-zP 50
Halle	10	Freimfelder Straße	6,5	570	2	nein	50	2-oP 50
Halle	11	Willy-Brandt-Straße	7,5	385	2	beidseitig	50	2-zP 50
Halle	12	Robert-Franz-Ring	7	285	2	einseitig	50	2-eP 50

Tab. 2-8: Erhebungsstellen Halle/Saale

Stadt	Nr.	Straße	Breite/2 FS	Länge in m	FS	rV	V <sub>zul</sub>	Typ
Leipzig	1	Karl-Tauchnitz-Straße	7,7	410	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	2	Jahnallee	6,5	265	4	beidseitig	50	M-mP
Leipzig	3	Georg-Schwarz-Straße	6,75	590	2	einseitig	50	2-eP 50
Leipzig	4	Erich-Zeigner-Allee	7,5	475	2	beidseitig	30	2-zP 30
Leipzig	5	Zschochersche Straße	7,7	1315	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	6	Naumburger Straße	6	185	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	7	Gießerstraße	6	325	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	8	Dieskaustraße	6,75	435	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	9	Altranstädter Straße	7	240	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	10	Arthur-Hoffmann-Straße	7,25	385	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	11	Bernhard-Göring-Straße (2)	7,25	365	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	12	Bornaische Straße	7,9	445	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	13	Papiermühlstraße	7	335	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	14	Kohlgartenstraße	7,9	475	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	15	Berggartenstraße	6,5	285	2	beidseitig	50	2-zP 50
Leipzig	16	Lützowstraße	5,8	240	2	nein	50	2-oP 50

Tab. 2-9: Erhebungsstellen Leipzig

Längen der Analyseabschnitte, der Anzahl an Fahrstreifen im Querschnitt (FS), dem vorhandenen ruhenden Verkehr (rV), der zulässige Höchstgeschwindigkeit (V<sub>zul</sub>) sowie dem Querschnittstyp laut Kategorisierung in Bild 2-3 beschrieben.

Die Auswertung der Typisierung ergibt folgende Aufteilung der Erhebungsstellen und der Längen auf die einzelnen Kollektive.

Das Erhebungskollektiv ist nicht gleichmäßig über alle Analysetypen hinweg verteilt. Hintergrund dafür ist, dass Querschnitte, welche dem Erhebungsdesign entsprechen, nur vglw. selten vorhanden sind. Aus diesem Grund wurde auch das ursprünglich

angebotene Kollektiv von fünf auf acht Städte erweitert.

Ergänzt wird das Untersuchungskollektiv durch Daten aus dem bisher unveröffentlichten Forschungsprojekt „Systematische Untersuchung sicherheitsrelevanten Fußgängerverhaltens“ (FE 82.602/2013), welches ebenfalls durch den Auftragnehmer durchgeführt wurde. Insgesamt 13 Erhebungsstellen erfüllen die Merkmale der vorliegenden Studie.

### 2.3.5 Verkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen an den Erhebungsstellen wird anhand von Videoaufnahmen ermittelt. Diese

Typ	Stellen	Länge in km
2-oP 30	1	0,392
2-oP 50	7	3,566
2-eP 30	7	5,332
2-eP 50	16	7,643
2-zP 30	10	6,175
2-zP 50	60	33,026
M-oP	3	1,411
M-mP	32	14,755
$\Sigma$	<b>136</b>	<b>72,300</b>

Tab. 2-10: Verteilung Erhebungsstellen auf die Typen der Kategorisierung in Bild 2-3

wurden und werden gemäß den Empfehlungen für Verkehrserhebungen EVE (FGSV, 2012) sowie SCHILLER, ZIMMERMANN & BOHLE (2011) im Zeitraum von Juli bis Oktober, außerhalb der jeweiligen Sommerferien, bei (weitestgehend) trockenen Witterungsverhältnissen durchgeführt. Erhoben wurde mindestens ein Zeitraum von vier Stunden zwischen 15 und 19 Uhr. Teilweise wurde dieser Zeitraum um die Frühspitze bis 10 Uhr ergänzt.

Innerhalb des Erhebungszeitraum werden für drei Stunden folgende Parameter erhoben:

- Radverkehr differenziert nach
  - Straßenseite
  - Fahrbahnnutzung (Fahrbahn oder Seitenraum)
  - Fahrtrichtung<sup>9</sup>
  - Alter (Erwachsene oder Kinder)
- Kfz fahrtrichtungsgetrennt (Pkw und Lkw getrennt)

Darüber hinaus werden zur Abschätzung der Zufußgehenden im Längsverkehr Kurzzeitzählungen von viermal 15 Minuten getrennt nach dem Gehweg der jeweiligen Straßenseite durchgeführt.

### 2.3.6 Pilotstudie: Sicherheitsrelevante Routenwahl

#### Untersuchungsgebiete

Im Rahmen einer Pilotstudie wird die Nutzbarkeit aggregierter Daten zur Radverkehrsnachfrage für zwei Untersuchungsgebiete (Dresden, Berlin) über-

prüft. Es folgt eine kurze Beschreibung der Untersuchungsgebiete zur besseren Einordnung der Nachfragedaten.

Die rund 530.000 Einwohner Dresdens legen im Mittel 3,55 Wege pro Tag zurück. Für die durchschnittlich 5,8 km benötigen sie dabei 22 Minuten (Gesamtmobilitätszeitbudget: 77 Minuten). Dem mittelhohen Pkw-Besitz (473 Kfz/1.000 EW) steht eine hohe Besitzquote von Fahrrädern gegenüber (884 Fahrräder/1.000 EW). Die Fahrradverfügbarkeit liegt bei ca. 70 % (männlich 74 %, weiblich 65 %). Die mäßige Nutzung des Rads spiegelt sich im Radverkehrsanteil von ca. 15 % im Modal Split des Verkehrsaufkommens wider. Das Fahrrad wird vor allem auf Distanzen zw. 1 km und 5 km genutzt (18 % bzw. 15 % Weegeanteil) – bei kürzeren oder längeren Distanzen nimmt dieser Anteil wieder deutlich ab. Das Rad wird vor allem für das Pendeln – also den Weg zur/von der Arbeit/Schule – genutzt (SPA, 2016).

In der rund 3,5 Mio. Einwohner zählenden Stadt Berlin legen die Bewohner im Mittel 3,5 Wege/Tag zurück. Sie bewältigen durchschnittlich eine Wegelänge von 6 km bei einer mittleren Wegedauer von 23 Minuten (Gesamtmobilitätszeitbudget 81 Minuten). Der eher geringen Kfz-Besitzquote (330 Kfz/1.000 EW) steht ein mittelhoher Fahrradbesitz (770 Fahrräder/1.000 EW) gegenüber. Die Fahrradverfügbarkeit ist mit 69 % (männlich 71 %, weiblich 68 %) vergleichbar mit der in Dresden. Der Radverkehrsanteil im Modal Split des Verkehrsaufkommens liegt bei ca. 13 %. Das Fahrrad wird, ebenso wie in Dresden, vor allem bei Wegelängen zw. 1km und 5 km (23 % bzw. 18 % Anteil an Wegen) genutzt – bei kürzeren oder längeren Wegen nimmt der Anteil im Modal Split deutlich ab. Das Rad wird auch in Berlin meist für den Weg zur/von der Arbeit/Schule (Pendeln) genutzt (AHRENS, 2014).

#### Strava-Datensatz

Die genutzten Daten zur Radverkehrsnachfrage wurden im Rahmen des NRVP-Projekts VB 1704 von dem Anbieter Strava bezogen und lagen für die Pilotstudie bereits vor.

Der Datensatz für die Stadt Dresden beinhaltet ca. 70.500 Fahrten von rund 3.200 Nutzenden, die im Zeitraum 06/2015 bis 06/2016 ihre Wege mit dem Rad aufgezeichnet haben. Für die Stadt Berlin wur-

<sup>9</sup> d. h. getrennte Aufnahme der Anzahl an Radfahrenden, welche den Querschnitt entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befahren haben

de ein Datensatz erworben, der rund 328.000 Fahrten von knapp 15.000 Nutzenden beinhaltet. Erhebungszeitraum dieser Daten ist die Periode von 10/2014 bis 06/2016. Die Daten zur Radverkehrsnachfrage liegen in aggregierter Form vor. Das bedeutet, dass von Strava auf ein Basisnetz (GIS-Netz) referenzierte Informationen in Attributtabelle geliefert werden. Diese Daten geben Auskunft über die Anzahl der Fahrten auf einer Kante unterschieden nach Zeitscheiben und Wegezwecken. Darüber hinaus liegen Daten zum relationsspezifischen Verkehrsaufkommen (Fahrtenanzahl) nach Verkehrsart (Quell-, Ziel-, Durchgangsverkehr) vor – konkret: die Quell- und Zielzelle für einzelne Fahrten sowie die durchfahrenen Zellen.

Die Daten weisen jedoch auch einige Einschränkungen auf, die bei der Nutzung berücksichtigt werden müssen. Da die Nutzung der Strava-App vor allem mit sportiven und kompetitiven Anreizen arbeitet, stammen die Daten eher von jungen, sportlich fahrenden, männlichen Radfahrenden. Auch wenn Radfahrende aller Altersgruppen im Datensatz vorkommen, so sind sportlich fahrende und männliche Radfahrende überrepräsentiert. Dies hat Auswirkungen auf die Radverkehrsleistung der Radfahrenden (überdurchschnittliche Anzahl an Fahrten mit hoher Fahrtweite) und die durchschnittlich realisierten Fahrtgeschwindigkeiten (ca. 5,5 km/h über dem Mittel der Durchschnittsradfahrenden). Reine Sportfahrten lassen sich teilweise von den Alltagsfahrten trennen, jedoch werden auch die Alltagsfahrten durch diese Nutzergruppe beeinflusst. Dieser Sachverhalt scheint auf die Routenwahl bei Alltagsfahrten jedoch keinen besonders großen Einfluss zu haben. Weitere Informationen zu den Daten der Nutzenden etc. können im Anwenderleitfaden des NRVP-Projekts VB 1704 eingesehen werden (FRANCKE & LIßNER, 2017).

#### Weitere Daten

Für die Analysen wurden weiterhin Daten zum Straßennetz in den Untersuchungsgebieten genutzt, um a) Streckenattribute (z. B. Führungsformen etc.) der einzelnen Streckenabschnitte zu bestimmen und b) mögliche Routenalternativen für Quelle-Ziel-Relationen zu bestimmen. Dazu wurde auf Daten von Open Street Map (OSM) zurückgegriffen. Die Daten bieten einerseits Attributinformationen zu einzelnen Kanten (bspw. Straßenklasse, Höchstgeschwindigkeit, Typen von Radverkehrsanlagen usw.) – die Attributinformationen wurden zudem manuell plausibilisiert. Andererseits sind die Daten

routingfähig, was die Bestimmung von möglichen Routenalternativen vereinfacht.

## 2.4 Analysemethodik

### 2.4.1 Kommunalbefragung im Rahmen eines Workshops

Die ursprünglich geplante Kommunalbefragung von 79 Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern in Deutschland wird aufgrund der hohen Belastung der Kommunen durch verschiedene Befragungen nicht in diesem Rahmen durchgeführt. Alternativ wurde ein Workshop mit Vertretern verschiedener Städte durchgeführt.

Unabhängig davon soll die konzipierte und schon Online aufgearbeitete Befragung an dieser Stelle dokumentiert werden.

Die Befragung umfasst folgende Inhalte:

#### Anwendung und Einsatzbedingungen

- Wie häufig wird der Radverkehr in Ihrer Stadt auf Hauptverkehrsstraßen im Mischverkehr mit dem Kfz-Verkehr geführt?
- Bis zu welchen maximalen Belastungsbereichen (Querschnittsbelastung) kommt der Radverkehr im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen in Abhängigkeit der zulässigen Geschwindigkeit ( $V_{zul}$ ) vor?
- Kommen präventiv Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz und/oder Sicherheit des Radverkehrs auf solchen Strecken zur Anwendung (inkl. Nennung von Maßnahmen)?
- Möglichkeit für das Hochladen von Beispielbilder für Maßnahmen

#### Erfahrung und Beurteilung

- Sind Ihnen sicherheitsrelevante Probleme bei der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen bekannt, wenn ja, welche?
- Sind Ihnen Probleme hinsichtlich der Akzeptanz der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen bekannt, wenn ja, welche (Verhalten der Radfahrenden und/oder Krafftfahrzeugführenden)?
- Wurden Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit oder Akzeptanz in solchen Fällen bereits umgesetzt oder geplant?

- Möglichkeit für das Hochladen von Beispielbildern für Maßnahmen
- Gibt es Maßnahmen, die Sie gern umgesetzt hätten, dies aber aus rechtlicher/regeltechnischer Sicht ablehnen mussten?

### Beispiele

- Können Sie Beispiele für Hauptverkehrsstraßen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr in Ihrer Stadt nennen (Stadt/Beispielabschnitt/von Straße/bis Straße)? (Dies können auch Strecken sein, bei denen Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit und Akzeptanz umgesetzt wurden.)

### Öffentlichkeitsarbeit, Hinweise und Kontaktangaben

- Führen Sie Öffentlichkeitsarbeit zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Akzeptanz des Radverkehrs im Mischverkehr durch? Wenn ja, können Sie diese kurz beschreiben (bspw. Link für Web-Kampagnen)?
- Haben Sie weitere Hinweise und Anregungen (ggf. aus eigenen lokalen Untersuchungen) oder Fragen, die für diese Untersuchung interessant sein könnten?
- Kontaktangaben (für evtl. Rückfragen)

Die Fragen der Themengruppen Anwendung und Einsatzbedingungen, Erfahrung und Beurteilung und Beispiele werden separat gestellt für die beiden Straßentypen schmale zweistreifige und schmale vierstreifige Querschnitte.

Der vollständige Online-Fragebogen inklusive der teilweise vorhandenen Antwortmöglichkeiten ist im Anhang A.1 dargestellt.

### 2.4.2 Workshopkonzept

Um Aufschluss über die kommunale Anwendungspraxis zur Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen zu erhalten, wurde innerhalb des im Rahmen des Forschungsprojektes „Künftige Herausforderungen für den Entwurf von innerörtlichen Straßen, Fuß- und Radwegen“ (FE 70.0926/2015) am 06.03.2018 in den Räumen der Bundesanstalt für Straßenwesen veranstalteten Workshops eine Session zum „Radverkehr im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen“ durchgeführt. Dies wurde als Alternative zur

Kommunalbefragung mit einem kompakteren Satz an Fragen durchgeführt.

Der Workshop richtete sich vor allem an Anwender der RASt. Die Vertreter verschiedener Kommunen und Ingenieurbüros wurden aus der ebenfalls innerhalb des Forschungsprojektes „Künftige Herausforderungen für den Entwurf von innerörtlichen Straßen, Fuß- und Radwegen“ (FE 70.0926/2015) durchgeführten Online-Befragung rekrutiert. Darüber hinaus waren Mitglieder der Arbeitsausschüsse 2.3 (Stadtstraßen) und 2.5 (Anlagen des Fußgänger- und Radverkehrs) anwesend. Insgesamt haben 45 Personen an dem Workshop teilgenommen.

Diese wurden für die Session zum Radverkehr im Mischverkehr nach Größe der Kommunen (Städte unter und über 200.000 Einwohner) auf zwei Räume verteilt. In jedem Raum haben zwei Moderatoren die Aufgaben begleitet.

Grundsätzlich setzte sich die Session aus einem Impulsvortrag und der Gruppenarbeit zusammen, welche entsprechend in beiden Räumen parallel durchgeführt wurden:

Als Impuls für die Session wurden die ersten Erkenntnisse des vorliegenden Projektes (vorrangig zur Akzeptanz der Fahrbahn durch Radfahrende; vgl. Kapitel 3.3.2) sowie die wesentlichen Erkenntnisse des abgeschlossenen Forschungsprojektes „Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen“ (OHM et al. 2015) vorgestellt.

Für die Gruppenarbeit fanden sich je Tisch bis zu fünf Teilnehmende zusammen und bearbeiteten die folgenden, durch die Moderation vorgegebenen, Fragen jeweils für einbahnig einstreifige und ein- oder zweibahnig mehrstreifige Hauptverkehrsstraßen:

- Wie häufig kommen die jeweiligen Querschnitte im HVS-Netz in Ihrer Kommune vor? (Neben einer quantitativen Einschätzung sollte hierbei vor allem die Relevanz der Thematik abgefragt werden.)
- In welchen Einsatzbereichen nutzen Sie die Querschnitte?
- Gibt es über die ERA und RASt hinaus ergänzende ortsspezifische Vorgaben?

- Welche begleitenden Maßnahmen nehmen Sie üblicherweise vor?
- Welche Erfahrungen hinsichtlich der Akzeptanz und der Verkehrssicherheit haben Sie mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Schutzstreifen auf Hauptverkehrsstraßen?

Die Beantwortung bzw. Diskussion der Fragen wurden zunächst innerhalb der Gruppen auf Plakaten dokumentiert. Anschließend wurden die wesentlichen Ergebnisse rückberichtet und auf Ergebnisplakaten dokumentiert.

### 2.4.3 Verkehrsaufkommen Erhebungsstellen

Die Auswertung der Zählraten des Rad-, Fuß- und Fahrzeugverkehrs sind Grundlage für die Akzeptanzanalysen. Die Daten wurden für alle erhobenen Parameter auf 1-Stunden-Intervalle aggregiert (d. h. durchschnittliches stündliche Verkehrsstärke im 3-Stunden-Erhebungszeitraum). Für den Kfz-Verkehr, den Radverkehr und den Fußverkehr erfolgte auch eine Abschätzung der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV).

Für die Abschätzung des DTV wurden drei Hochrechnungsverfahren angewandt. Die Hochrechnung des Kfz-Verkehrs erfolgte nach dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS (FGSV, 2001). Dabei wird die Verkehrs-

stärke des Querschnitts berechnet und nicht nach Fahrrichtungen unterschieden.

Die erhobenen Radverkehrsstärken wurden nach dem Hochrechnungsmodell von Stichprobenzählungen für den Radverkehr (SCHILLER, ZIMMERMANN, BOHLE, 2011) sowohl getrennt nach Fahrrichtungen als auch für die Querschnittsbelastung hochgerechnet.

Für die Hochrechnung des Fußverkehrsaufkommens wurden die Hochrechnungsempfehlungen von ROßMERKEL (2017) berücksichtigt, die eine vereinfachte Ermittlung des Tagesverkehrs zwischen 6 und 19 Uhr ermöglicht. Datengrundlage waren 22 Zählstellen mit im Mittel über 100 Fußgängern pro Stunde. Für die vorliegenden Erhebungsstellen wird die Anzahl der Fußgänger in je einer Viertelstunde pro Stunde im Zeitraum 14-18 Uhr erhoben (genauer: 14:00-14:15, 15:15-15:30; 16:30-16:45, 17:45-18:00). Anhand dieser kann der Tagesverkehr gemäß Tabelle 2-11 hochgerechnet werden.

Die Betrachtung des Verkehrsaufkommens wurde auf Querschnittsebene anhand des jeweiligen DTV durchgeführt. Für die weiteren Analysen zur Akzeptanz der Mischverkehrsführung und zu linksfahrenden

Zeitraum	Anteil am Tagesverkehr (Mittelwert)	Std.-Abw.	HR-Faktor	max. Fehler bei 68 % 95 % der Zählstellen	
14-18 Uhr					
1. Viertelstunde	9,6 %	1,1 %	10,4	12 %	24 %
4. Viertelstunde	9,3 %	1,2 %	10,7	13 %	26 %
15-19 Uhr					
1. Viertelstunde	10,0 %	1,4 %	10,0	14 %	28 %
4. Viertelstunde	9,3 %	1,2 %	10,8	13 %	27 %
1.+2.+3.+4. Viertelstunde					
14-18 Uhr	9,2 %	1,0 %	10,9	11 %	22 %
15-19 Uhr	9,1 %	1,4 %	11,0	16 %	32 %

Tab. 2-11: Zusammenfassung der Kennwerte der Hochrechnung (nach ROßMERKEL, 2017)

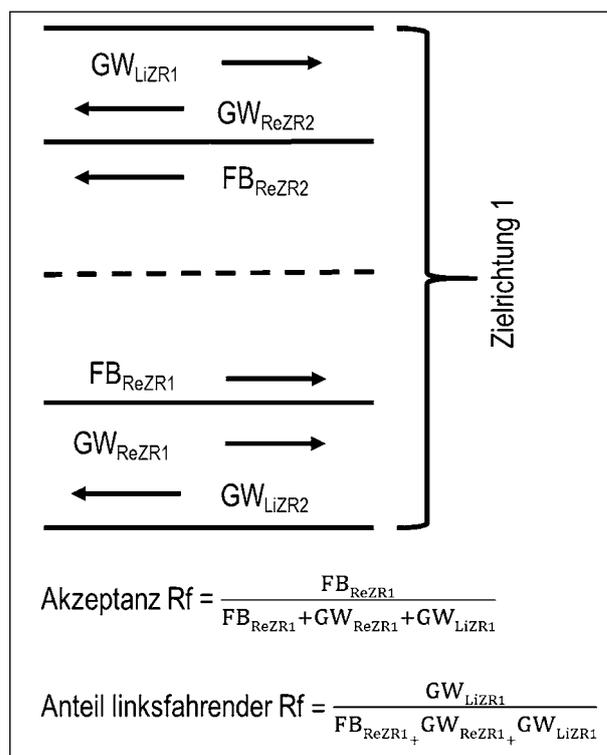


Bild 2-4: Definition der Querschnittsaufteilung und Berechnung der Akzeptanz der Mischverkehrsführung und des Anteils linksfahrender Radfahrer

Merkmal	Einheit	Ausprägung		Kategorien
		Min	Max	
Fahrstreifen je Fahrtrichtung	[Anzahl]	1	3	
Nutzbare Fahrbahnbreite/2 Fahrstreifen	[m]	5,0	7,9	
Nutzbare Fahrbahnbreite je Fahrtrichtung	[m]	2,5	10,0	
Nutzbare Fahrstreifenbreite	[m]	2,5	3,95	
Gehwegbreite je Straßenseite	[m]	0,8	4,8	
Breite des ruhenden Verkehrs je Straßenseite	[m]	1,9	5	
Lage des ruhenden Verkehrs je Straßenseite				Kein/Fahrbahn/Seitenraum
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	[km/h]	30	50	
Mittelmarkierung				Ja/nein/baulich getrennt
Zustand der Oberfläche				Gut/mittel/schlecht
Bushaltestellen im Abschnitt	[Anzahl]	0	4	
Art der Bushaltestellen im Abschnitt				Busbucht/Buskap/Fahrbahnrand
Straßenbahnhaltestelle im Abschnitt	[Anzahl]	0	2	
Art der Straßenbahnhaltestelle im Abschnitt				Fahrbahnrand/Mittellage/Zeitinsel
Dichte der Anschlussknotenpunkte im Abschnitt	[Anzahl/km]	0	22,4	
Dichte signalisierter Anschlussknotenpunkte im Abschnitt	[Anzahl/km]	0	16,5	
Dichte der untergeordneten Knotenpunktzufahrten je Straßenseite	[Anzahl/km]	0	22,1	
Querungsstellen im Abschnitt	[Anzahl]	0	7	Mittelinsel/Mittelstreifen/FGÜ/LSA)
Art HVKP/Abschnittsende				nicht signalisiert/LSA/Kreisverkehr
Dichte privater Grundstückszufahrten je Straßenseite	[Anzahl/km]	0	57,5	
Dichte gewerblicher Grundstückszufahrten je Straßenseite	[Anzahl/km]	0	16,22	
Länge des Abschnitts	[m]	157	1415	
Umfeldfaktor		0	3,0	
Anteil Geschäftsbebauung	[ %]	0	100	

Tab. 2-12: Aufbereitete Merkmale und Ausprägungen zur Gestaltung und Verkehrsregelung der untersuchten Straßenabschnitte

den Radfahrern werden die Straßenseiten getrennt voneinander betrachtet. Da die Akzeptanz nur situativ im Erhebungszeitraum bewertet werden kann, wird das Verkehrsaufkommen anhand der mittleren Verkehrsstärken pro Stunde dargestellt. Die Akzeptanz der Mischverkehrsführung wird als der Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung dargestellt, siehe Bild 2-4.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt anhand von Box-Whisker-Plots, wobei die mittlere Box jeweils die 25 %- und 75 %-Perzentile (Quartile) begrenzt. Die daran anschließenden Fühler (Whisker) reichen bis zu den Minimal- und Maximalwerten.

Darüber hinaus wurden bivariate Analysen der Verkehrsstärken des MIV, des Fußgängerverkehrs und des Radverkehrs durchgeführt.

Zur weiteren lokalen Unterscheidung wurden verschiedene straßenseitige Merkmale ausgewertet. Hierzu gehören Fahrbahnbreiten, der Umfeldfaktor

nach SCHÜLLER 2010, der Geschäftsbesatz sowie das Parken. Die analysierten straßenseitigen Merkmale sind in Tabelle 2-12 dargestellt. Weitestgehend werden alle aufgenommenen und erhobenen Attribute in einer Korrelationsmatrix ausgewertet, um Zusammenhänge zwischen potenziellen Einflussvariablen untereinander (unabhängige Variablen), aber auch mit den zu erklärenden Variablen (abhängige Variablen) zu prüfen. Die Korrelationskoeffizienten wurden auf Basis der Spearman-Korrelation berechnet. Dieses Berechnungsverfahren ist robuster gegenüber nicht normalverteilten Variablen.

Im letzten Schritt werden anhand eines multikriteriellen Regressionsmodells potenzielle Einflussfaktoren auf den Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn sowie den Anteil der auf dem Gehweg linksfahrenden Radfahrenden analysiert. Ziel ist es, noch stärker den isolierten Einfluss einzelner Variablen herauszuarbeiten. Auf dieser Analysestufe handelt es sich um ein lineares Regressionsmodell nach der Methode der kleinsten Quadrate. Die Be-

rechnungen erfolgten in dem Statistikprogramm R (Version 3.3.1) mit der Funktion `lm()`.

#### 2.4.4 Deskriptive Unfallanalyse Netzebene

Die Unfalldaten werden den Erhebungsstrecken geografisch zugeordnet. Da nicht in allen Städten geografische Informationen zu Unfällen der Kategorien 5 bis 6 vorliegen, werden zur Vereinheitlichung nur Unfälle mit Personenschaden untersucht.

Zur Berücksichtigung der Unfallschwere werden die Unfallkosten jedes Unfalls berechnet. Dies erfolgte anhand der H Uks (Hinweise zu Unfallkostensätzen) (FGSV, 2017) auf Basis von nach Unfalltyp, Unfallart und der Beteiligung differenzierten Kostensätzen.

Durch die Überlagerung der Unfalldaten mit den streckenbezogenen Merkmalen und dem Radverkehrsaufkommen können folgende Kennzahlen berechnet werden:

- Unfalldichte [ $U/(km \cdot a)$ ]
- Unfallrate [ $U/(10^6 Rf \cdot km)$ ]
- Unfallkostendichte [ $1000 \text{ €}/(km \cdot a)$ ]
- Unfallkostenrate [ $\text{€}/(1000 Rf \cdot km)$ ]

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt anhand von Box-Whisker-Plots, wobei die mittlere Box jeweils die 25 %- und 75 %-Perzentile (Quartile) begrenzt. Die daran anschließenden Fühler (Whisker) reichen bis zu den Minimal- und Maximalwerten.

#### 2.4.5 Multikriterielle Unfallanalyse Netzebene

Im Rahmen einer multikriteriellen Analyse werden potenzielle Einflussfaktoren in Bezug auf ihren Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen überprüft. Auf dieser Analysestufe handelt es sich um ein generalisiertes Regressionsmodell nach der maximum-likelihood-Methode. Grund hierfür ist, dass Unfälle nicht normal-, sondern poissonverteilt auftreten. Weitere und vertiefende Informationen dazu finden sich bei SCHÜLLER 2010. Die Berechnungen erfolgten in R (Version 3.3.1) mit der Funktion `glm()` des MASS-Funktionspakets.

Typ	Stellen Gesamt	Stellen EUA	$U_{Rf(P)} STR$	$U_{Rf(P)} AB$
2-oP 30	1	1	4	0
2-oP 50	7	4	9	3
2-eP 30	7	4	8	3
2-eP 50	16	5	42	3
2-zP 30	10	4	40	1
2-zP 50	60	12	97	9
M-oP	3	3	10	1
M-mP	32	7	97	9
Gesamt	138	40	307	29
<b>Anteil an Gesamt</b>	-	<b>29 %</b>	<b>33 %</b>	<b>20 %</b>

Tab. 2-13: Verteilung Erhebungsstrecken der Einzelunfallanalyse auf die Typen der Kategorisierung sowie Anzahl und Abdeckungsgrad der Unfälle

#### 2.4.6 Einzelunfallanalyse

Für 40 Untersuchungsstrecken werden die Unfälle einzeln betrachtet. Die Auswahl erfolgte anhand folgender Kriterien:

- Alle Streckentypen der Typisierung
- Möglichst alle Städte
- Möglichst viele Radverkehrsunfälle<sup>10</sup>
- Möglichst mit Annäherungsbereich zu einem HVKP

Es werden die Informationen zum dreistelligen Unfalltyp (Düsseldorf, Bochum, Gelsenkirchen, Halle), den Kollisionssymbolen (Berlin) und der Unfallhergangstexte (Dresden, Leipzig, Frankfurt) analysiert. Dabei wird je Streckentyp die Häufigkeit und Verteilung der dreistelligen Unfalltypen (wie angegeben oder aus Unfalltexten) ermittelt. Neben den Unfalltypen wird weiterhin nach Unfallverursachendem, weiterem Beteiligten sowie Allein-Unfällen unterschieden. Außerdem wird das Unfallgeschehen differenziert nach Abschnitten der freien Strecke (inkl. Grundstückszufahrten), Anschlussknotenpunkten sowie Annäherungsbereichen von Hauptverkehrsknotenpunkten ausgewertet. Anhand dieser werden typische Konfliktsituationen unter Berücksichtigung der Infrastruktur (differenziert nach Querschnittstyp) dargestellt. Die Verteilung der Erhebungsstrecken

<sup>10</sup> Das gilt es beim Vergleich der Ergebnisse mit anderen Führungsformen aus externen Studien zu berücksichtigen, da ein leichter Auswahlfehler in Richtung unfallauffälligere Strecken besteht. Andererseits gab es in den Untersuchungsstrecken nur sehr wenige (nicht berücksichtigte) andere Strecken, damit sind die Einschränkungen der Repräsentativität nicht so hoch wie die erste Aussage suggeriert.

in der Einzelunfallanalyse (EUA) sowie die zu untersuchende Anzahl der Unfälle auf der Strecke (STR) und in den Annäherungsbereichen von HVKP (AB) sind in Tabelle 2-13 dargestellt. In der Einzelunfallanalyse werden 36 % aller Unfälle der Erhebungstrecken und 26 % der Unfälle in Annäherungsbereichen analysiert.

## 2.4.7 Analyse Verkehrsverhalten

### Einleitung

Im Rahmen der Analyse des Verkehrsverhaltens wurden folgende Fragestellungen thematisiert:

1. Wie ist der Einfluss der tatsächlich gefahrenen Kfz-Geschwindigkeiten (bei  $V_{zul} = 50$  km/h) auf die Akzeptanz?
2. Wie ist der Einfluss der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf seitliche Abstände der Radfahrenden zum Fahrbahnrand/zu parkenden Fahrzeugen?
3. Was sind mögliche Konflikte bzw. Interaktionen bei Ein- und Ausparkvorgängen?
4. Existiert ein Einfluss der Fahrbahnbreite auf die seitlichen Überholabstände und wie groß ist dieser?
5. Existiert ein Einfluss seitlicher Überholabstände auf die Akzeptanz und wie groß ist dieser?
6. Was sind unabhängig von den bisher überprüften Merkmalen Beweggründe für die Nutzung des Gehweges durch Radfahrende?
7. Was sind Beweggründe für aggressives oder von den Radfahrenden als bedrängend wahrgenommenem Verhalten von Kfz-Führenden?

Die Fragen 1-3 wurden durch statische Videobeobachtungen (vorhandenes Videomaterial; vgl. Kapitel 2.3.4) und die Fragen 4 und 5 durch dynamische Videobeobachtungen in Form von Befahrungen mit einem Mess-Fahrrad analysiert. Anhand einer Befragung von Verkehrsteilnehmenden (Fragbogen siehe Anlage A.6 und A.7) an den Messstellen und deren Umgebung wurde die Fragen 6 und 7 analysiert.

### Auswahl Messstellen

Für die statischen Videobeobachtungen wurden 20 von den 136 zwei- und vierstreifigen Querschnitten (vgl. Kapitel 2.3.4) ausgewählt. Für die dynamischen

Videobeobachtungen wurden aus den 20 ausgewählten Querschnitten zehn zweistreifige Querschnitte mit  $V_{zul} = 50$  km/h näher betrachtet.

Die Auswahl der Messstellen erfolgt anhand folgender Kriterien:

- **Anteil Radfahrende auf der Fahrbahn** (vgl. 1. Fragestellung): Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurden zehn zweistreifige (jeweils fünf mit hohem und niedrigem Anteil) sowie fünf vierstreifige (drei mit hoher und zwei mit niedriger Akzeptanz) Querschnitte mit  $V_{zul} = 50$  km/h ausgewählt. Aus Bild 3-8 wird ersichtlich, dass die Medianwerte der Anteile von Radfahrenden auf der Fahrbahn der verwendeten Streckentypen (2-zP 30, 2-zP 50, M-mP)  $\geq 80$  % ist. Anteile  $> 80$  % werden demnach als hoch bezeichnet, Anteile  $< 80$  % werden als niedrig bewertet.
- **zulässige Höchstgeschwindigkeit** (vgl. 2. Fragestellung): Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurden fünf zweistreifige Querschnitte mit  $V_{zul} = 30$  km/h, zehn zweistreifige Querschnitte mit  $V_{zul} = 50$  km/h sowie fünf vierstreifige Querschnitte mit  $V_{zul} = 50$  km/h betrachtet.
- **ruhender Verkehr** (vgl. 3. Fragestellung): Für eine qualitative Bewertung von möglichen Konflikten bei Ein- und Ausparkvorgängen werden alle 20 ausgewählten Querschnitte betrachtet – somit wurden Stellen ausgewählt, bei denen beidseitig ruhender Verkehr vorhanden ist.
- **Fahrbahnbreiten** (vgl. 4. und 5. Fragestellung): Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden aus den 20 Messstellen für die statischen Videobeobachtungen zehn zweistreifige Querschnitte (jeweils fünf mit hohem und niedrigem Anteil Radfahrender auf der Fahrbahn) mit  $V_{zul} = 50$  km/h und unterschiedlichen Fahrbahnbreiten (6-7,9 m) für die dynamischen Videobeobachtungen (Befahrungen) ausgewählt.

Darüber hinaus wurden die folgenden Kriterien bei der Auswahl der Stellen mittelbar berücksichtigt:

- **Radverkehrsstärke:** Um ausreichende Stichprobenumfänge zu gewährleisten, wurden nur Stellen berücksichtigt, die mindestens 100 Rad/3h im Querschnitt aufweisen. Dieser Wert wird nur einmalig unterschritten.
- **Unfallgeschehen:** Um Rückschlüsse auf die Verkehrssicherheit zu ziehen, wurden Stellen

Stadt	lfd	Straße	Typ	Vzul [km/h]	Breite/2 FS	$q_{\text{Rad\_FB}}^{\text{Bezugsrichtung}}$ [Rf/3h]	Anteil Rad_FB Bezugsrichtung	Bezeichnung Akzeptanz	$U_{\text{Rf}(P,S)/5a}$	$U_{\text{Rf}(P)/5a}$	Fragestellung
Berlin	3	Hosemannstraße	2-zP 30	30	7,5	168	84 %	hoch	8	6	2; 3
Dresden	47	Kretschmerstraße	2-zP 30	30	7	130	79 %	niedrig	0	0	2; 3
Frankfurt	75	Deuil-La-Barre-Straße	2-zP 30	30	6	24	90 %	hoch	2	2	2; 3
Frankfurt	81	Oeder Weg	2-zP 30	30	7,5	714	96 %	hoch	18	18	2; 3
Leipzig	124	Erich-Zeigner-Allee	2-zP 30	30	7,5	182	71 %	niedrig	7	7	2; 3
Berlin	16	Wildenbruchstraße	2-zP 50	50	7,6	396	84 %	hoch	19	11	1; 2; 3; 4; 5
Dresden	48	Ermelstraße	2-zP 50	50	6,5	84	59 %	niedrig	3	3	1; 2; 3; 4; 5
Dresden	51	Radeberger Straße	2-zP 50	50	6,5	164	72 %	niedrig	6	6	1; 2; 3; 4; 5
Dresden	52	Bischofsweg	2-zP 50	50	7,5	324	77 %	niedrig	15	12	1; 2; 3; 4; 5
Dresden	53	Industriestraße	2-zP 50	50	6,5	130	61 %	niedrig	8	6	1; 2; 3; 4; 5
Leipzig	125	Zschochersche Straße	2-zP 50	50	7,7	255	90 %	hoch	38	23	1; 2; 3; 4; 5
Leipzig	133	Papiermühlstraße	2-zP 50	50	7	74	92 %	hoch	15	12	1; 2; 3; 4; 5
Dresden	45	Reichenbachstraße	2-zP 50	50	6,5	111	93 %	hoch	16	11	1; 2; 3; 4; 5
Leipzig	121	Karl-Tauchnitz-Straße	2-zP 50	50	7,7	147	60 %	niedrig	3	3	1; 2; 3; 4; 5
Leipzig	134	Kohlgartenstraße	2-zP 50	50	7,9	87	94 %	hoch	4	3	1; 2; 3; 4; 5
Berlin	6	Torstraße	M-mP	50	6,25	329	83 %	hoch	59	41	1; 2; 3
Berlin	25	Kottbusser Damm	M-mP	50	6	661	90 %	hoch	141	91	1; 2; 3
Frankfurt	83	Friedberger Landstraße	M-mP	50	6,2	164	77 %	niedrig	8	8	1; 2; 3
Frankfurt	84	Konrad Adenauer Straße	M-mP	50	6	242	71 %	niedrig	16	16	1; 2; 3
Leipzig	122	Jahnallee	M-mP	50	6,5	469	91 %	hoch	19	14	1; 2; 3

Tab. 2-14: Auswahl Messstellen Analyse Verkehrsverhalten

mit auffälligem sowie unauffälligem Radverkehrsunfallgeschehen ausgewählt.

Tabelle 2-14 zeigt die ausgewählten 20 Messstellen für die Analyse des Verkehrsverhaltens. Da die Anteile Radfahrender auf der Fahrbahn für Fahrrichtungen unterschiedlich sein können, wird für die Auswertung der Videobeobachtungen jeweils eine Fahrtrichtung (Bezugsrichtung) ausgewertet.

### Geschwindigkeitsmessungen

An 15 Untersuchungsstellen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h wurden die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten freifahrender Kfz anhand der Videoaufnahmen ermittelt. Dabei wurde je Untersuchungsstelle eine Stichprobe von 50 Kfz für die ausgewählte Fahrtrichtung erhoben. Freifahrende Kfz werden über einen Abstand von fünf Sekunden zum vorausfahrenden Fahrzeug definiert.

Je Untersuchungsstelle wurde eine Strecke definiert, über deren Länge die Fahrzeit der Kfz gemessen wurde. Anhand der Zeitstempel beim Ein- und

Austritt dieser Strecke konnte die mittlere Geschwindigkeit (quasi-lokal) eines Fahrzeuges erhoben werden.

Für die Auswertung der Durchschnittsgeschwindigkeiten wurden folgende Kenngrößen ermittelt:

- $v_{\text{min}}$ : die minimal gemessene Geschwindigkeit
- $v_{25}$ : die Geschwindigkeit, die von 25 % der Verkehrsteilnehmenden nicht überschritten wird
- $v_m$ : die mittlere Geschwindigkeit
- $v_{85}$ : die Geschwindigkeit, die von 85 % der Verkehrsteilnehmenden nicht überschritten wird
- $v_{\text{max}}$ : die maximal gemessene Geschwindigkeit

### Parkvorgänge

An den 20 ausgewählten Erhebungsstellen wurden jeweils zwei Stunden des Videomaterials ausgewertet. Insgesamt konnten 60 Situationen beobachtet werden, in denen Radfahrende und ruhender Verkehr miteinander interagieren. Unter Interaktionen werden alle Situationen verstanden, in denen der Rad-

fahrende oder der ruhende Verkehr sein Verhalten sichtbar anpassen muss. Sichtbare Anpassungen sind nur anhand physischer Veränderungen zu beobachten. Nicht beobachtbar anhand des Videomaterials sind die genauen Beweggründe für eine Verhaltensänderung. Eventuell wurde eine Verhaltensänderung durch andere Einflüsse unabhängig vom ruhenden Verkehr ausgelöst.

## Verkehrverhalten

### Messung seitlicher Abstände der Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen

Für die Bearbeitung der Fragestellung 2 wurden statische Videobeobachtungen der zwanzig ausgewählten Messstrecken durchgeführt. Da sich alle Messstrecken durch beidseitiges Parken charakterisieren, wird sich die Fragestellung auch nur auf die seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen und nicht zum Fahrbahnrand beziehen. Der Messaufbau ist der Bild 2-5 zu entnehmen.

Die Beobachtung erfolgt mithilfe von an (meist) Lichtmasten in Höhe von 3 bis 5 m aufgehängten Kameras. Hierdurch ergibt sich ein Erfassungsbereich von mindestens 30 m. Der Auswertzeitraum beträgt drei Stunden.

Um die seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen zu erfassen, wurden mithilfe eines (freizugänglichen) Videobearbeitungsprogramms ein grafisches Raster auf das Bild projiziert, welches Pixelabstände der Bilder messen kann. Eine Kalibrierung der Längen erfolgte über die vor Ort gemessene Fahrbahnbreite. Gemessen wurde der Abstand von Rad des Radfahrenden zum Rad des parkenden Fahrzeugs, da diese Bezugspunkte eine sichere Bestimmung des Abstandes ermöglichen. Dieser Abstand entspricht jedoch dem Bruttoabstand. Der Nettoabstand ergibt sich, wenn vom Bruttoabstand die halbe Fahrradlenkerbreite (ca. 0,35 m) und der Außenspiegel des parkenden Fahrzeuges (0,15 m) abgezogen wird. Sich daraus ergebene negative

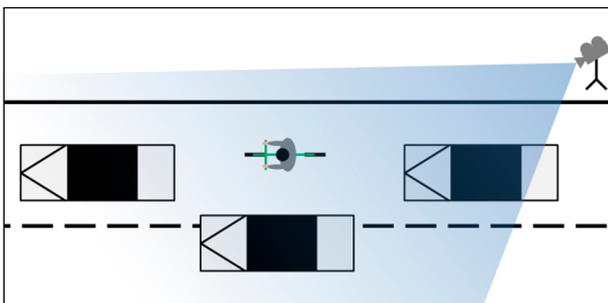


Bild 2-5: Messaufbau statische Videobeobachtung

Werte wurden als Messfehler betrachtet und für die Auswertung nicht berücksichtigt.

Bei der Erhebung wurde unterschieden, ob der Abstand bei einer Überholung erfasst wurde oder keine Überholung stattfand.

### Messung seitlicher Überholabstände zu Radfahrenden

Die seitlichen Überholabstände wurden für die zehn Messstrecken des Typs 2-zP 50 erhoben. Bild 2-6 zeigt den Messaufbau der Erhebung.

Die dynamische Videobeobachtung erfolgt mithilfe einer Action-Cam, welche fest an einem Messfahrrad montiert wurde. Zu Beginn einer Fahrt wird mithilfe eines Messrades senkrecht zum Hinterrad ein 2,5 m breites und 5 m langes Raster abgefahren. Analog zur Messung der seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen werden anschließend grafische Raster auf die Aufnahmen projiziert. Die Kalibrierung der Längen erfolgt über das vor Ort abgefuhrte Raster mit bekannter Abmessung. Die Abstände werden zwischen dem Rad des Radfahrenden und dem Rad des überholenden Fahrzeugs gemessen, da diese Bezugspunkte eine sichere Bestimmung des Abstandes ermöglichen. Die Befahrung erfolgt durch fünf Fahrende, die durch eine persönliche Fahrweise charakterisiert sind.

Um den Nettoabstand der Beteiligten zu berücksichtigen, wird der erhobene Abstand um die halbe Fahrradlenkerbreite und die Breite des Außenspiegels verringert (vgl. Abschnitt „Messung seitlicher Abstände der Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen“).

Um die Fragestellung 4 zu bearbeiten, werden bei der Erhebung in Überholvorgänge bei Gegenverkehr und Überholvorgänge ohne Gegenverkehr unterschieden. Es wird angenommen, dass der Gegenverkehr einen Einfluss auf den Überholabstand zum Radfahrenden hat, weswegen Überholabstän-

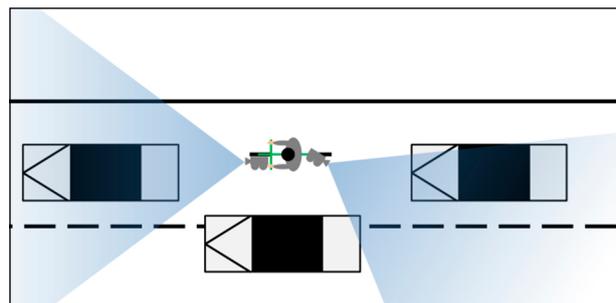


Bild 2-6: Messaufbau dynamische Videobeobachtung

de ohne Gegenverkehr für die Auswertung berücksichtigt werden. Bei der Erhebung wird davon ausgegangen, dass keine Unterscheide der Überholabstände zwischen den Fahrtrichtungen existieren, sodass beide Fahrtrichtungen erhoben werden.

### Befragungen von Radfahrenden und Kfz-Fahrenden

Das Empfinden von Unsicherheit auf der Fahrbahn stellt einen wesentlichen Faktor für die Akzeptanz von Mischverkehrsführungen durch Radfahrende dar. Eine Befragung von Radfahrenden aber auch Autofahrenden soll zeigen, welche Beweggründe ausschlaggebend für eine hohe oder niedrige Akzeptanz von Mischverkehrsformen sind.

Die Papier-Bleistift-Befragungen werden an geeigneten Orten mit einer hohen Anzahl potenzieller Interviewpartner in der Nähe der zehn Messstrecken aus dem Abschnitt „Messstellen“ durchgeführt (Fahrradständer, Parkplätze nahe Schulen, Universitäten, Einkaufszentren etc.). Der Fragebogen unterscheidet bei Radfahrenden, ob sie auf der Fahrbahn oder auf dem Gehweg (rechts/links) gefahren sind (vgl. Anhang A.6 und A.7).

Die Fragen nach den Beweggründen werden offen gestellt und vom Befragungspersonal in vorab vorgeschriebene Kategorien eingeteilt oder als Freitext erfasst.

Die Dauer eines Interviews wurde auf fünf Minuten begrenzt. Bei einer Erhebungsdauer von vier Stunden mit zwei Befragern pro Messstrecke wurden

daher jeweils 40 Interviews (jeweils 20 Interviews Radfahrende und Autofahrende) durchgeführt, woraus sich eine Gesamtzahl von ca. 400 Befragten ergibt.

### 2.4.8 Pilotstudie: Sicherheitsrelevante Routenwahl

Für die Analyse der Nutzung von Radverkehrsanlagen im Mischverkehr mussten die vorliegenden Nachfrage-Daten umfangreich aufbereitet sowie Routenalternativen und Führungsformen bestimmt werden.

#### Datenaufbereitung

Der Ausgangsdatensatz zum Radverkehrsaufkommen beinhaltet das Gesamtfahrtenaufkommen bezogen auf a) alle Kanten sowie b) alle definierten Verkehrszellen in den Untersuchungsgebieten. Es wurde ein mehrstufiges Verfahren zur Aufbereitung der aggregierten Daten genutzt, um ein routenfines Aufkommen abzuleiten. Zur Verdeutlichung des im folgenden beschriebenen Vorgehens zeigt Bild 2-7 schemenhaft die einzelnen Schritte der Datenaufbereitung.

In einer ersten Stufe wurde das Radverkehrsaufkommen (sowohl im Netz als auch im OD-Datensatz) zunächst über den Wegezweck gefiltert, da nur Alltags- bzw. Pendelfahrten für die Analyse genutzt werden sollten. Pendelfahrten sind im Datensatz mit „commute“ getaggt und ließen sich so herausfiltern.

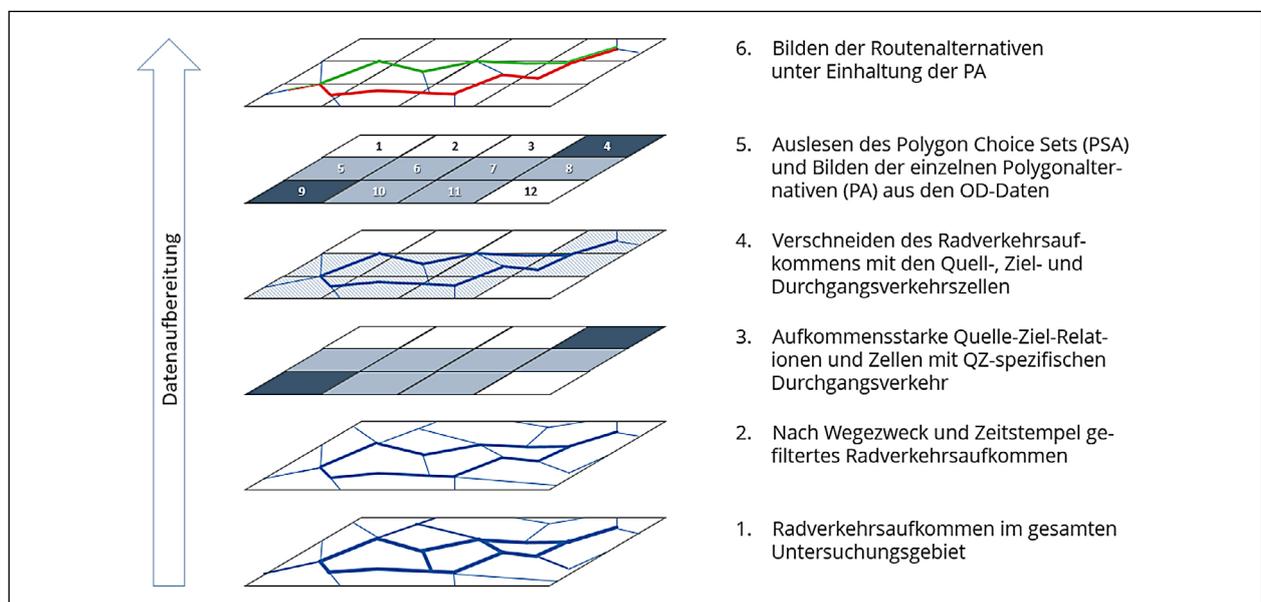


Bild 2-7: Veranschaulichung der Datenaufbereitung

In einer zweiten Stufe konnten aus den in Stufe eins gefilterten Radverkehrsaufkommen Quelle-Ziel-bezogene Daten abgeleitet werden. Dazu wurden die Daten auf maximale Fallzahlen (maximales Fahrtenaufkommen auf allen Quelle-Ziel-Relationen) analysiert und so aufkommensstarke Relationen in den Untersuchungsräumen identifiziert. Die identifizierten Relationen konnten anschließend mit einem weiteren Datensatz verknüpft werden, der sog. Wege-Strings enthält. Diese Wege-Strings geben Auskunft über die Polygone, die auf den Quelle-Ziel-Relationen durchfahren wurden. Somit konnten die durchfahrenen Polygone für jede der aufkommensstarken Relationen ermittelt und die absolute Häufigkeit der Durchfahrten für jedes einzelne dieser Polygone berechnet werden.

Ergebnis der zwei Stufen ist ein zweckgebundenes (nur Pendelfahrten) und zellenfeines Radverkehrsaufkommen (Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr) für aufkommensstarke Quelle-Ziel-Relationen (QZ-Relationen) in den Untersuchungsgebieten. In einem letzten Schritt wurden die zellspezifischen Aufkommensdaten mit den Netzdaten verschnitten.

### Generierung von Alternativrouten

Zunächst wurden alle Polygon-Alternativen (PA) für die ausgewählten QZ-Relationen aus dem OD-Datensatz ausgelesen – also alle im Datensatz vorhandenen Permutationen für die Durchfahrt von Polygonen auf der QZ-Relation. Sie bilden zusammen das sog. Polygon Choice Set (PCS) für alle Fahrten mit gleicher QZ-Relation. In einem weiteren Schritt wird unter Nutzung von open source routing Angeboten (bikemap.net) für jede PA eine Routen-Alternative (RA) generiert. Eine wichtige Randbedingung für die Generierung von RA innerhalb jeder PA zw. Quell- und Zielpolygon ist, dass die Routen durch die durchfahrenen Polygone verlaufen müssen. Unter Einhaltung dieser Randbedingung ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass die RA auf den tatsächlich befahrenen Netzkanten im Strava-Datensatz verlaufen. Dafür sollten aber vor allem Streckenabschnitte mit hoher Wahrscheinlichkeit, bspw. den Hauptläufen einer RA, genutzt werden. Für die RA kann schließlich unter Berücksichtigung des Fahrtenaufkommens auf den einzelnen PA eine Nutzungswahrscheinlichkeit ermittelt und zugewiesen werden.

### Analyse der genutzten Führungsform

Zur Analyse der genutzten Routen in Abhängigkeit von sicherheitsrelevanten Parametern liegt der Fo-

kus der Analyse auf den vorhandenen Führungsformen (im Speziellen der Führung im Mischverkehr). Dazu wurden die zuvor ermittelten Routenalternativen mit OSM-Daten verknüpft, da aus den OSM-Daten die Eigenschaften der genutzten Streckenabschnitte ausgelesen werden können. Es wurden für die Analyse der RA die Attribute Führungsform (z. B. Radwege, Radfahrstreifen, im Mischverkehr), zulässige Höchstgeschwindigkeit (Unterscheidung nach < 30km/h, 30 km/h, 50 km/h und > 50 km/h) und die Anzahl der Knotenpunkte (inkl. Ausstattung mit Lichtsignalanlagen) ausgelesen. Eine Verknüpfung der RA mit weiteren Attributen (z. B. Oberflächen, Landnutzung) ist prinzipiell zwar möglich, jedoch liegt der Fokus der Analyse auf den erstgenannten Attributen. In Kombination mit der Nutzungsintensität der Streckenabschnitte konnten schließlich deskriptive Analysen zur Nutzung unterschiedlicher Routen in Abhängigkeit von deren Führungsformen, maximal erlaubten Geschwindigkeiten und der Anzahl der LSA auf den RA durchgeführt werden.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Workshop

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse zusammenfassend dargestellt, eine Fotodokumentation der Ergebnisse bzw. der Plakate ist im Anhang A.2 zu finden:

- Wie häufig kommen die jeweiligen Querschnitte im HVSTR-Netz in Ihrer Kommune vor?

Die zweistreifigen Querschnitte kommen in den Städten > 200.000 Einwohner häufig vor – vor allem im Zusammenhang mit ruhendem Verkehr beidseitig (zum Teil auch mit Parken auf Gehwegen halb (Z 315-50 bis Z 315-58 StVO)). Abschnitte ohne ruhenden Verkehr kommen eher selten vor – wenn, dann eher in Stadtrandgebieten.

Bei den kleineren Kommunen (<200.000 Einwohner) ergibt sich ein heterogenes Bild. Vor allem wurden solche Querschnitte den klassifizierten Straßen zugeordnet, welche nicht in der Zuständigkeit der anwesenden Kommunalvertreter liegen. Ein eindeutiger Trend zur Häufigkeit der Querschnitte ließ sich nicht ableiten.

Die mehrstreifigen Querschnitte sind vor allem in größeren Städten (bspw. Frankfurt a. M., Köln)

häufig vorzufinden – hier auch in verschiedenen Variationen (bspw. mit baulicher Mitteltrennung oder als mehrstreifige Einbahnstraßen).

Generell wird angemerkt, dass derartige Querschnitte bei Neuplanungen nicht berücksichtigt werden. Es sind vor allem Querschnitte, die im Bestand vorkommen.

Außerdem wird angeführt, dass diese Querschnitte unabhängig von der Häufigkeit eine relevante Problematik darstellen.

- In welchen Einsatzbereichen nutzen Sie die Querschnitte?

Hinsichtlich der Einsatzbereiche der zweistreifigen Querschnitte wurden Maxima zwischen 16.000 und 18.000 Kfz/24 h genannt.

Bei den mehrstreifigen Abschnitten sind dies bis zu 35.000 Kfz/24h.

- In diesem Zusammenhang ist nochmals darauf hinzuweisen, dass die Querschnitte in den genannten Einsatzbereichen weniger genutzt werden als vielmehr im Bestand vorkommen.
- Gibt es über die ERA und RASt hinaus ergänzende ortsspezifische Vorgaben?

In einzelnen Städten kommen die zweistreifigen Querschnitte nur bei Fahrbahnbreiten zur Anwendung, die ein Überholen der Radfahrenden bei Gegenverkehr nicht erlauben (6,00 m ohne Parken; 6,50 m mit Parken). Als weiteres Kriterium wurde ein Einsatz der Querschnitte nur in Verbindung mit einer zulässigen Geschwindigkeit von 30 km/h genannt. Darüber hinaus kommen vereinzelt markierte Sicherheitsräume zum ruhenden Verkehr zur Anwendung.

Hinsichtlich der mehrstreifigen Abschnitte wurden keine weiteren Kriterien genannt.

- Welche begleitenden Maßnahmen nehmen Sie vor?

Für die zweistreifigen Abschnitte wurde hier sehr häufig die Reduzierung der zulässigen Geschwindigkeit auf 30 km/h genannt. Weitere genannte Maßnahmen sind alternierende Schutzstreifen, Piktogramm-Ketten (Wiederholung des Fahrradpiktogrammes auf der Fahrbahn in 30

m-Abständen), Sharrows<sup>11</sup> (Piktogramme in Verbindung mit Pfeilmarkierungen, vgl. Bild 1-9), Gehweg „Radfahrende frei“ sowie das Auslassen der Mittelmarkierung genannt. In einer Kommune werden mithilfe von Mittelmarkierungen unterschiedliche Fahrstreifenbreiten in den Zu- und Ausfahrten<sup>12</sup> vorgesehen, sodass die Zufahrten so schmal sind, dass ein Überholen von Radfahrenden bei Gegenverkehr nicht möglich ist; die Ausfahrten sind entsprechend breiter.

Auf mehrstreifigen Abschnitten werden vor allem die Gehwege für den Radverkehr freigegeben. Darüber hinaus wurde die Markierung eines Radfahr- oder Schutzstreifens in Verbindung mit einem überbreiten Kfz-Fahrstreifen als begleitende Maßnahme vorgenommen.

- Welche Erfahrungen hinsichtlich der Akzeptanz und der Verkehrssicherheit haben Sie mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Schutzstreifen auf Hauptverkehrsstraßen?

Die Frage nach den Erfahrungen wurde im Verlauf des Workshops dahingehend geöffnet, dass sich hier auch auf Maßnahmen bezogen werden konnte.

Hinsichtlich der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr wird vor allem die Gehwegnutzung durch Radfahrende als Problem erkannt.

Hinsichtlich der Maßnahmen wurde sehr häufig der Wunsch geäußert, die rechtliche Grundlage zur Anordnung einer zulässigen Geschwindigkeit von 30 km/h zu erleichtern. Es waren einige Teilnehmende der Meinung, dass Radverkehr im Mischverkehr nur bei einer zulässigen Geschwindigkeit von 30 km/h angeordnet werden sollte. Zwar muss nach § 45 Absatz 9 StVO keine besondere Gefahrenlage mehr für „innerörtliche streckenbezogene Geschwindigkeitsbeschränkungen von 30 km/h (Zeichen 274) nach Absatz 1 Satz 1 auf Straßen des überörtlichen Verkehrs (Bundes-, Landes- und Kreisstraßen) oder auf weiteren Vorfahrtstraßen (Zeichen 306) im unmittelbaren Bereich von an diesen Straßen gelegenen Kindergärten, Kindertagesstätten, allgemeinbildenden Schulen, Förderschulen, Alten- und Pflegeheimen oder Krankenhäusern“ nachgewiesen werden. Für solche Straßen, die

<sup>11</sup> Sowohl für die Anordnung von Sharrows als auch Rad-Piktogrammen (außerhalb von Schutzstreifen oder Radfahrstreifen) auf der Fahrbahn gibt es im nationalen Raum keine gesetzlichen sowie technischen Grundlagen. Zudem liegen keine fundierten Erfahrungen zur Wirkung derartiger Maßnahmen im nationalen Raum vor.

<sup>12</sup> Eine weitere Differenzierung nach über- oder untergeordneten Knotenarmen wurde hier nicht näher besprochen.

nicht in der Nähe von o. g. Einrichtungen liegen, gilt aber weiterhin, dass „insbesondere Beschränkungen und Verbote des fließenden Verkehrs ... nur angeordnet werden“ dürfen, „wenn aufgrund der besonderen örtlichen Verhältnisse eine Gefahrenlage besteht, die das allgemeine Risiko einer Beeinträchtigung der in den vorstehenden Absätzen genannten Rechtsgüter erheblich übersteigt.“.

Der Workshop mit den Kommunalvertretern hat gezeigt, dass die hier betrachteten Querschnitte vorrangig ein Thema im Bestand sind. In den Kommunen existieren zahlreiche Maßnahmenansätze, um die Verkehrssituation für Radfahrende auf diesen Querschnitten zu verbessern. Dabei wird häufig der Wunsch geäußert, die Anordnung von  $V_{zul} = 30 \text{ km/h}$  zu erleichtern. Hier gehen die Aussagen der Kommunalvertreter und Literatur (siehe bspw. HUMMEL & KÜHN (2016)) in dieselbe Richtung, dass durch die Anordnung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h die Sicherheit des Radverkehrs (siehe Kapitel 1.5.2) im Mischverkehr mit Kfz verbessert werden kann.

### 3.2 Makroskopische Unfallanalyse

Die makroskopische Unfallanalyse konzentriert sich vorrangig auf die Unfallsituationen aller Radverkehrsunfälle bundesweit innerorts mit Personenschaden<sup>13</sup>. Analysen zur generellen Unfallstatistik (z. B. zeitliche Entwicklung oder Altersgruppen) finden sich in zahlreichen existierenden Veröffentlichungen und werden an dieser Stelle mit der Unterscheidung nach Unfalltypen weiter konkretisiert. Eine Kurzbeschreibung der Unfalltypen ist Bild-A 13 im Anhang zu finden. Die Interpretation der Ergebnisse beschränkt sich auf Aspekte, welche im Zusammenhang mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Schutzstreifen stehen könnten.

#### 3.2.1 Radverkehrsunfälle allgemein

Radverkehrsunfälle mit Personenschaden werden dominiert von Knotenpunktunfällen (Einbiegen/Kreuzen-Unfälle und Abbiege-Unfälle). Im Vergleich zu allen Unfällen mit Personenschaden innerorts zeigt sich vor allem eine niedrigere Häufigkeit der Unfälle im Längsverkehr sowie ein größeres Aufkommen der Sonstigen Unfälle (siehe Bild 3-1).

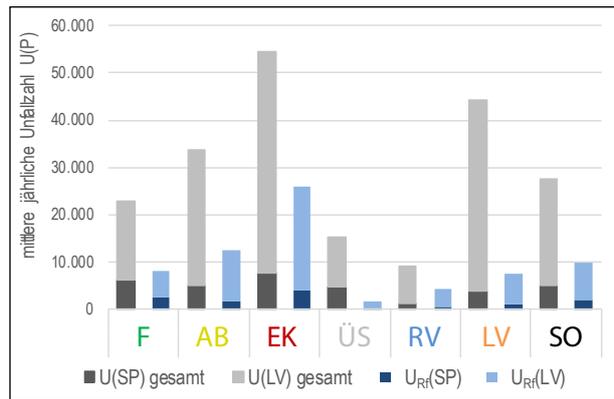


Bild 3-1: Mittlere jährliche Anzahl an Unfällen mit Personenschaden U(P) insgesamt und nur mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach dem Unfalltyp, U(P) = 1.037.471, U<sub>Rf</sub>(P) = 348.354 (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)

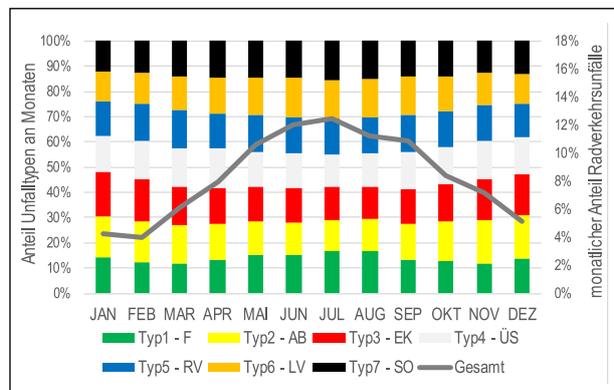


Bild 3-2: Jahresganglinie Unfälle mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen und monatliche Differenzierung nach Unfalltypen, U<sub>Rf</sub>(P) = 348.354 (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)

Bild 3-2 zeigt die monatlichen Unterschiede im Unfallgeschehen. Der Großteil der Radverkehrsunfälle ereignete sich in den Sommermonaten April bis September. Bezüglich der Unfalltypen gibt es nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten bzw. Jahreszeiten. So ereignen sich sowohl in den Sommermonaten aber auch im Dezember und Januar anteilig mehr Fahrnfälle. Knotenpunktunfälle ereignen sich anteilig häufiger im den Wintermonaten (hier wird ein Zusammenhang mit Dunkelheit vermutet).

Die Wochenganglinie der Radverkehrsunfälle sowie die Differenzierung der Unfalltypen nach Wochentag ist in Bild 3-3 abgebildet. Es ereigneten sich deutlich mehr Unfälle an Werktagen als an Wochenenden. Während an Werktagen die Unfalltypen ähnlich verteilt sind, steigt der Anteil der Fahrnfälle und Sonstigen Unfälle an Wochenenden, Unfälle an

<sup>13</sup> Je nach Auswertung standen entweder Unfälle oder Verunglückte zur Verfügung. Es sind aber – vor allem bei der Unfallkonstellation Kfz-Radverkehr – Unfall- und Verunglücktenzahlen in ähnlicher Höhe zu erwarten.

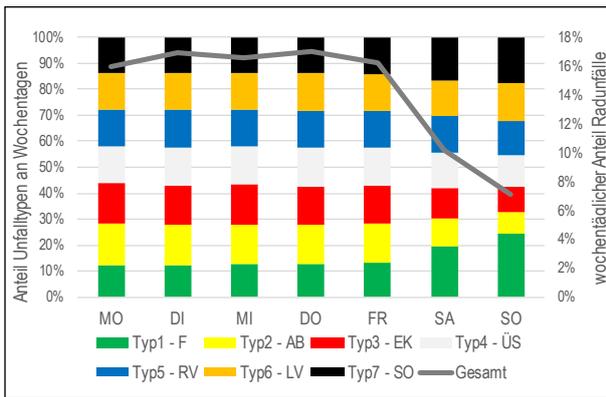


Bild 3-3: Wochenganglinie Unfälle mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen und wochentägliche Differenzierung nach Unfalltypen,  $U_{RF}(P) = 348.354$  (Quelle: BAST 2012-2016, eigene Darstellung)

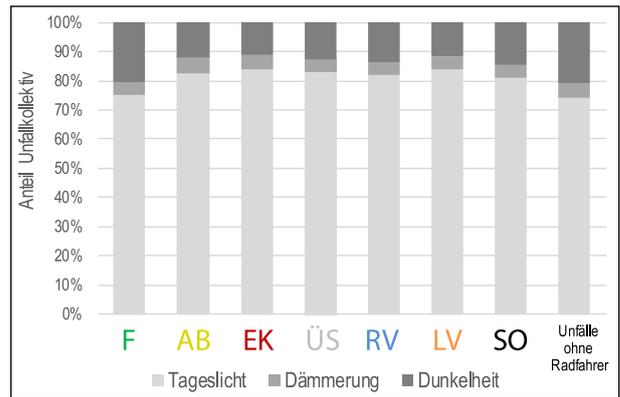


Bild 3-5: Lichtverhältnisse bei Unfällen mit Personenschaden mit und ohne Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen,  $U(P) = 1.037.471$ ,  $U_{RF}(P) = 348.354$  (Quelle: BAST 2012-2016, eigene Darstellung)

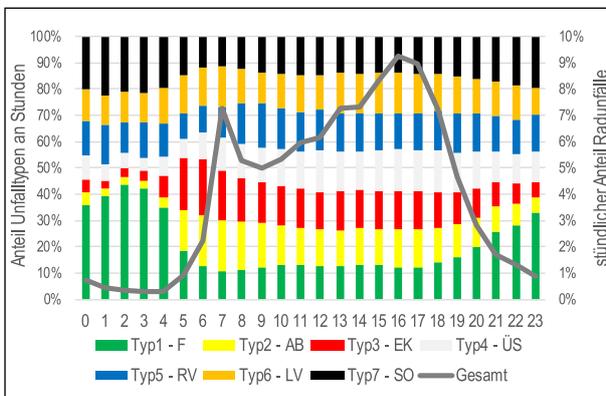


Bild 3-4: Tagesganglinie Unfälle mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen und stündliche Differenzierung nach Unfalltypen,  $U_{RF}(P) = 348.354$  (Quelle: BAST 2012-2016, eigene Darstellung)

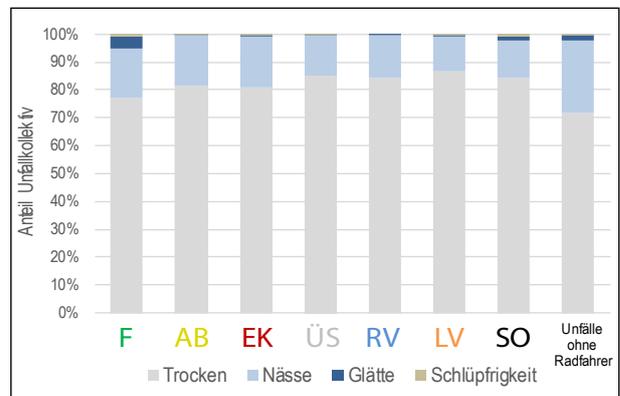


Bild 3-6: Straßenverhältnisse bei Unfällen mit Personenschaden mit und ohne Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen,  $U(P) = 1.037.471$ ,  $U_{RF}(P) = 348.354$  (Quelle: BAST 2012-2016, eigene Darstellung)

Knotenpunkten (AB, EK) ereignen sich eher an Werktagen.

Die Tagesganglinie der Radverkehrsunfälle zeigt sowohl eine Spitze zwischen 7 und 8 Uhr (7 %), als auch am Nachmittag zwischen 16 und 18 Uhr (18 %, siehe Bild 3-4). Während in den Nachtstunden (22-6 Uhr) die Fahrnfälle dominieren, sind in der Frühspitze (5-9 Uhr) vor allem die Unfälle an Knotenpunkten auffällig.

Dämmerung und Dunkelheit sind vor allem bei Fahrnfällen unfallbegünstigend (siehe Bild 3-5), ein möglicher Zusammenhang mit ggf. häufigeren Alkoholfahrten bei Nacht wäre ein Erklärungsansatz. Bei den anderen Unfalltypen liegt der Anteil der Unfälle, die sich bei Dämmerung oder Dunkelheit ereigneten, niedriger als bei Unfällen ohne Radverkehrsbeteiligung.

Radverkehrsunfälle ereignen sich seltener bei schlechten Straßenverhältnissen als Unfälle ohne Radverkehrsbeteiligung. Grund dafür könnte ein geringeres Radverkehrsaufkommen in den Wintermonaten und bei schlechten Witterungsverhältnissen sein. Bild 3-6 zeigt dennoch, dass vor allem Fahrnfälle im Zusammenhang mit Glätte stehen.

Seit dem Jahr 2016 wird in der amtlichen Unfallstatistik unter dem Merkmal „Besonderheit der Unfallstelle“ der Unfallort in Bezug auf die Radverkehrsanlage unterschieden. Unter dem Merkmal Besonderheit der Unfallstelle wird seit 2016 unter anderem erfasst, ob an der Unfallstelle eine Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn oder im Seitenraum vorhanden war. Da diese Information bei einem Großteil der Unfälle nicht vorhanden ist, kann keine abschließende Aussage in Bezug auf Mischverkehrsführungen auf der Fahrbahn getroffen werden.

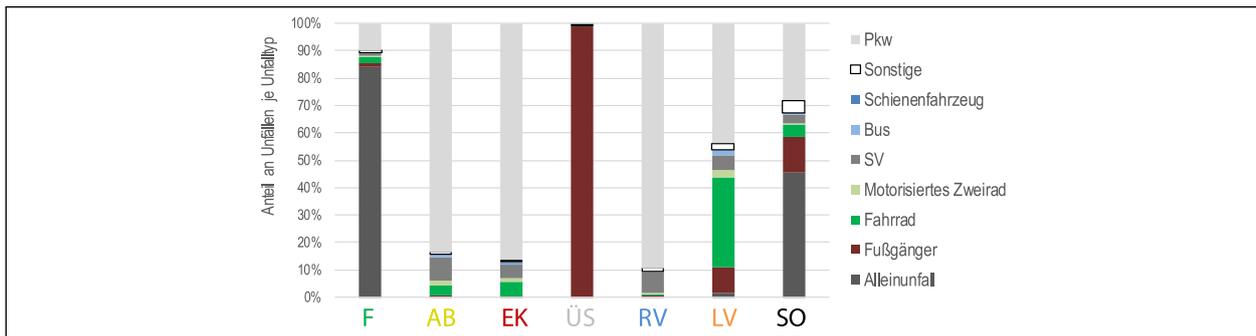


Bild 3-7: Verteilung Verkehrsbeteiligung der Unfallgegner bei Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen,  $U_{RF}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)

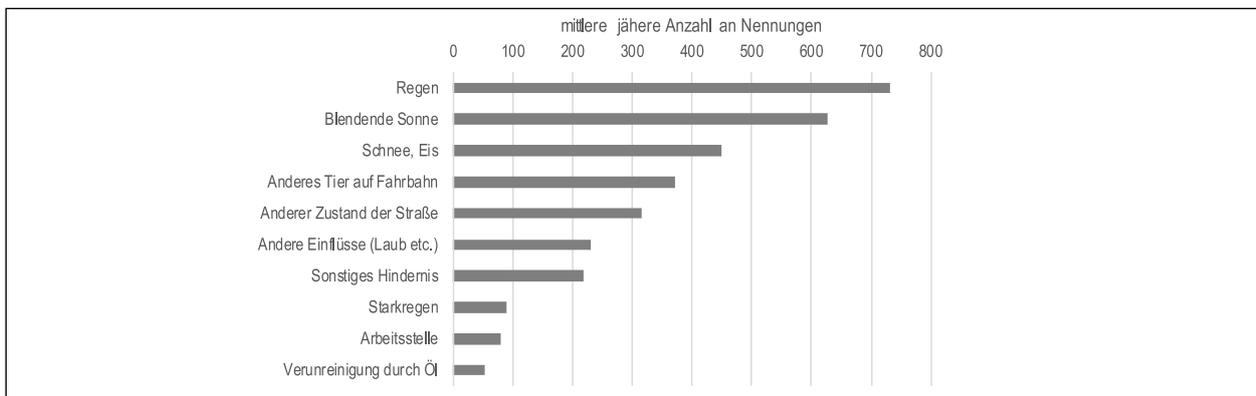


Bild 3-8: Mittlere jährliche Anzahl allgemeiner Ursachennennungen bei Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen,  $U_{RF}(P) = 348.354$ , Mehrfachnennungen sind möglich (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)

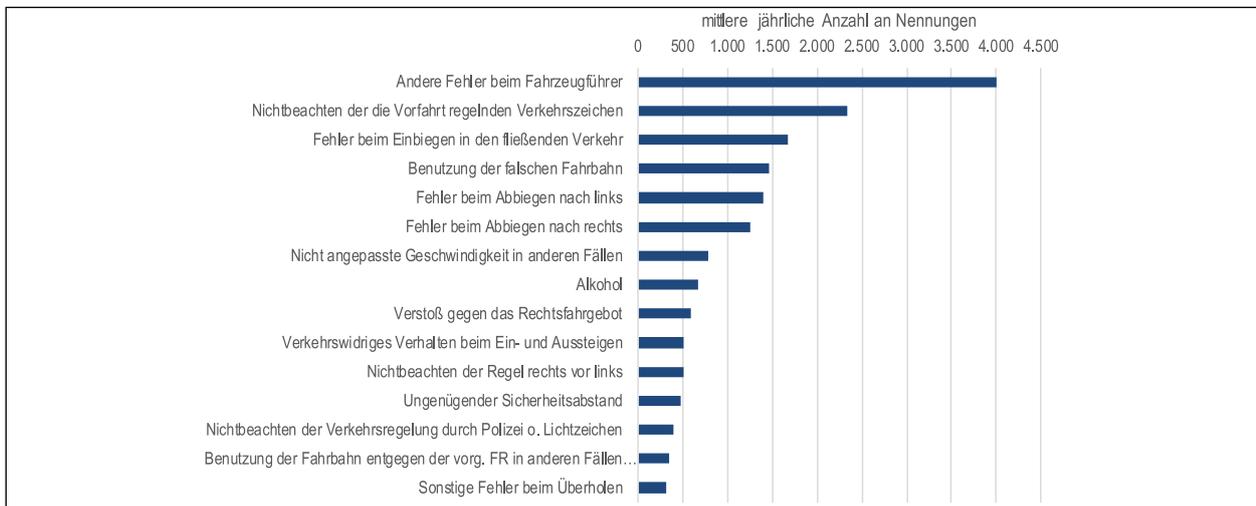


Bild 3-9: Mittlere jährliche Anzahl der Ursachennennungen bei Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen,  $U_{RF}(P) = 73.570$ , Mehrfachnennungen sind möglich (Quelle: BASt 2016, eigene Darstellung)

Die häufigsten Unfallgegner von Radfahrenden sind Kraftfahrende im Pkw. Jedoch unterscheidet sich die Verkehrsteilnahme der Unfallgegner je nach Unfalltyp (siehe Bild 3-7). Fahrnfälle sind zu mehr als 80 % Alleinunfälle von Radfahrenden. Ebenso sind 45 % der Sonstigen Unfälle Alleinunfälle. Ein Drittel der Unfälle im Längsverkehr ereignen sich zwischen mindestens zwei Radfahrenden. Fußgänger sind bei jedem zehnten Unfall im Längsverkehr und bei Sonstigen Unfällen mit Radfahrern beteiligt.

Hier wird ein erhöhter Anteil dieser Unfallkonstellation im Seitenraum vermutet.

Die Unfallursachen teilen sich in der amtlichen Unfallstatistik nach allgemeinen Ursachen und Beteiligten bezogenen Unfallursachen auf. Mehrfachnennungen sind jeweils möglich. Bild 3-8 zeigt daher die mittlere jährliche Anzahl der allgemeinen Ursachennennungen bei Radverkehrsunfällen mit Personenschaden. Dabei dominieren für Radfahrer

extreme Witterungsbedingungen wie Regen, blendende Sonne und Schnee und Eis.

Die Ursachennennungen auf Ebene der Unfallbeteiligten (siehe Bild 3-9) wird dominiert von der nicht näher definierten Ursache „Andere Fehler beim Fahrzeugführer“. Es folgen Ursachen für Knotenpunktunfälle an den Positionen zwei, vier und fünf. An dritter Stelle stehen Fehler beim Einbiegen in den fließenden Verkehr. Ebenfalls häufig (an vierter Stelle) ist die Benutzung der falschen Fahrbahn Unfallursache, darunter kann sowohl das nicht Benutzen einer benutzungspflichtigen Radverkehrsanlage, die Nutzung des Gehweges durch Radfahrende aber auch das Fahren auf der linken Fahrbahnseite verstanden werden.

### 3.2.2 Unfallsituationen nach Verunglückten

In den folgenden Auswertungen werden Verunglückte bei Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung anstatt wie bisher Radverkehrsunfälle betrachtet. Das schließt nicht nur verunglückte Radfahrende, sondern auch Unfallbeteiligte mit anderen Verkehrsmitteln ein. Es wird aber davon ausgegangen, dass der Großteil der Verunglückten entweder Radfahrende oder Zufußgehende sind, da diese gegenüber motorisierten Fahrzeugen langsamer und/oder ohne physischen Schutz (Karosserie) sind (ungeschützte Verkehrsteilnehmende). Die in den folgenden Diagrammen dokumentierten Analysen berücksichtigen im Gegensatz zu den vorhergehenden Analysen nur einen Teil des gesamtdeutschen innerörtlichen Unfallgeschehens. Informationen zum dreistelligen Unfalltyp liegen für die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Sachsen-Anhalt vor. Diese ergeben einen Anteil von 38,3 % am gesamten jährlichen Unfallgeschehen mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen in Deutschland. Die Auswertung der Verunglückten nach dem einstelligen Unfalltyp liegt ebenfalls nur für diese fünf Bundesländer vor.

Die Verteilung über die Unfalltypen – Konflikt- oder Verkehrssituation vor dem Unfall – für die Verunglückten bei Radverkehrsunfällen findet sich in Bild 3-10. Es dominieren mit großem Abstand die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle, gefolgt von den Abbiege-Unfällen. Nicht direkt von dem Bild ablesbar sind die Anteile der Schwerverunglückten an allen Verunglückten. Hier stehen die Fahrnfälle mit einem Anteil von 31 % an erste Stelle. Dies ist beachtlich, da für diesen Unfalltyp die höchsten Dunkelziffern (bis zu 90 % laut VON BELOW, 2016) in den poli-

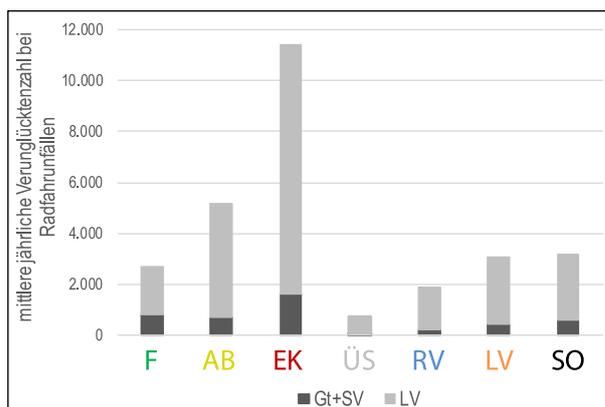


Bild 3-10: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

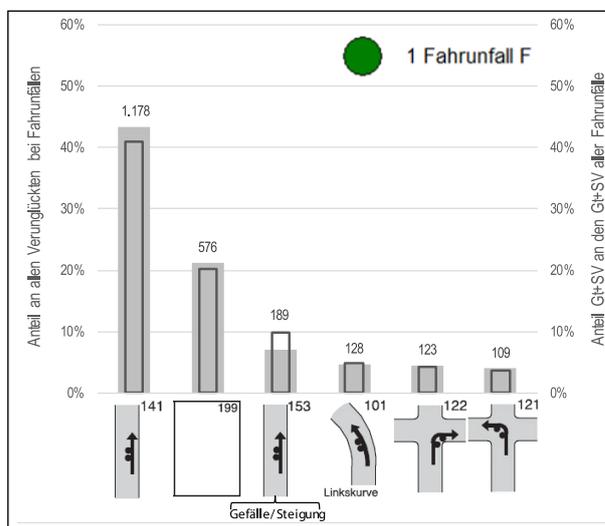


Bild 3-11: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ1-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 1, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 1) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

zeilich erhobenen Unfällen zu erwarten sind. Danach folgen die Sonstigen Unfälle mit 19 %. Alle anderen Unfalltypen weisen Anteile zwischen 12 % und 14 % der Getöteten und Schwerverletzten an allen Verunglückten auf.

Die folgenden Ergebnisse zu den dreistelligen Unfalltypen werden auch unter Berücksichtigung ergänzender Merkmale zu den Altersgruppen sowie der bei den Radverkehrsunfällen involvierten Verkehrsbeteiligungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Anhang A.3 als Diagramme dokumentiert.

Die in den folgenden Diagrammen angegebenen Anteile beziehen sich auf die Gesamtzahl der betrachteten Unfälle des jeweiligen Unfalltyps. Nur die wichtigsten Unfalltypen werden grafisch dargestellt (Anteil an den Verunglückten des Unfalltyps > 5 % oder die sechs häufigsten dreistelligen Unfalltypen).

In Bild 3-11 sind die Verunglückten bei Fahrnfällen mit Radverkehrsbeteiligung dargestellt. Dominant treten dabei die Stürze auf der Geraden auf. Dieser Unfallsituation wird in der Literatur eine hohe Relevanz für Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn – auch und vor allem im Zusammenhang mit einem schlechten Fahrbahnzustand – zugewiesen. Bei den Stürzen auf Gefälle-/Steigungstrecken (UT 153) zeigt sich anhand des erhöhten Anteils der

Schwerverunglückten ein Hinweis auf die dort höheren Geschwindigkeiten der Radfahrenden.

Auffällig ist weiterhin, dass bei den Fahrnfällen gegenüber anderen Unfalltypen ein erhöhter Anteil von beteiligten Fußgängern festzustellen ist (siehe Bild-A 15). Hier wird vermutet, dass Stürze sich auch aufgrund von Ausweichbewegungen vor Fußgängern ereignen.

In Bild 3-12 ist der Anteil an allen Verunglückten bei Abbiege-Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung dargestellt. Direkt an zweiter Stelle rangieren die Unfälle beim Linksabbiegen (ohne Kenntnis, ob Radfahrender links abgebogen oder geradeaus gefahren ist). Dieser Konfliktsituation wird durch die Lite-

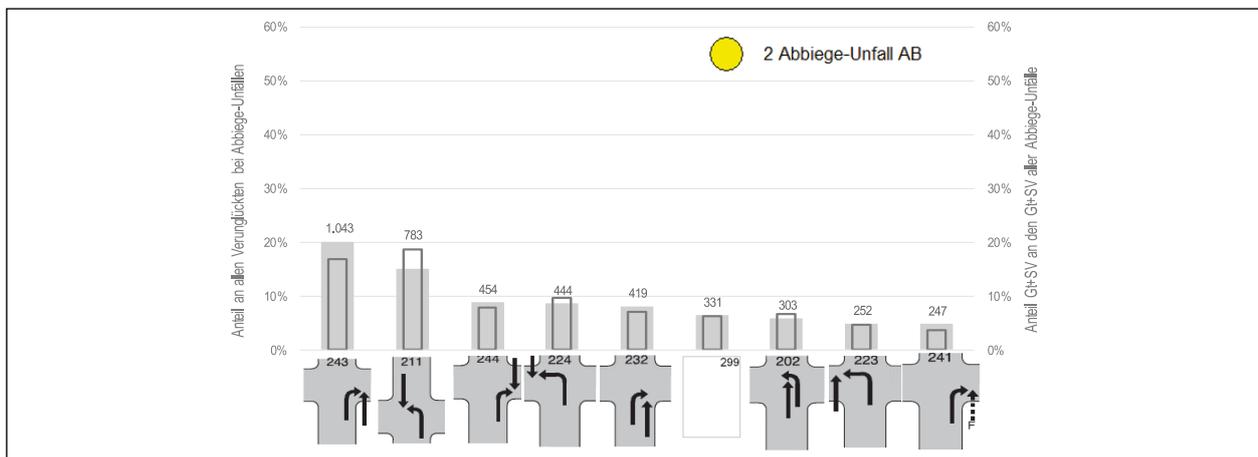


Bild 3-12: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ2-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 2, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 2) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BAST 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

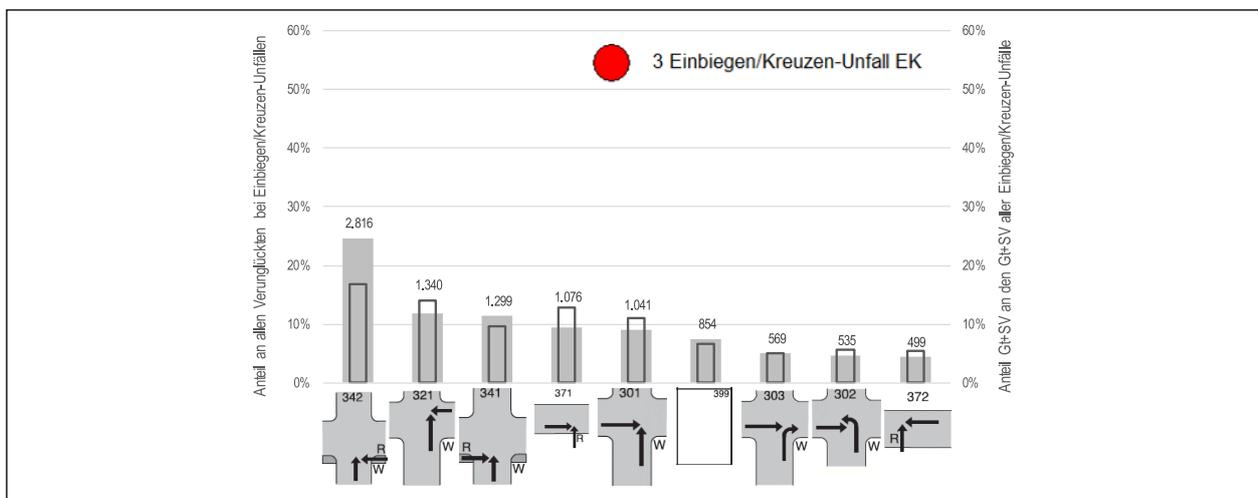


Bild 3-13: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ3-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 3, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 3) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BAST 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

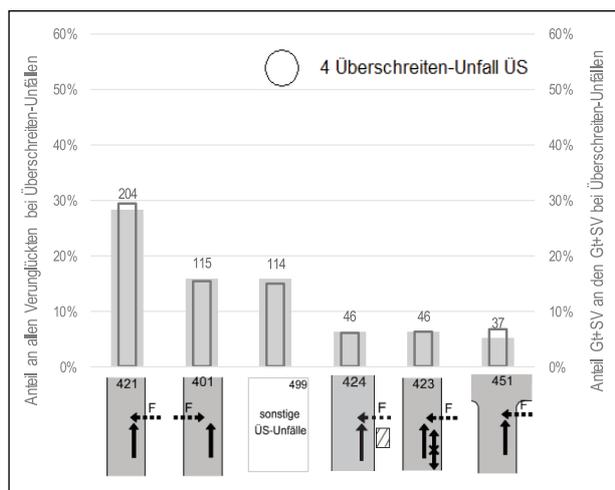


Bild 3-14: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ4-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeilegung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 4, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwer verletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 4) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

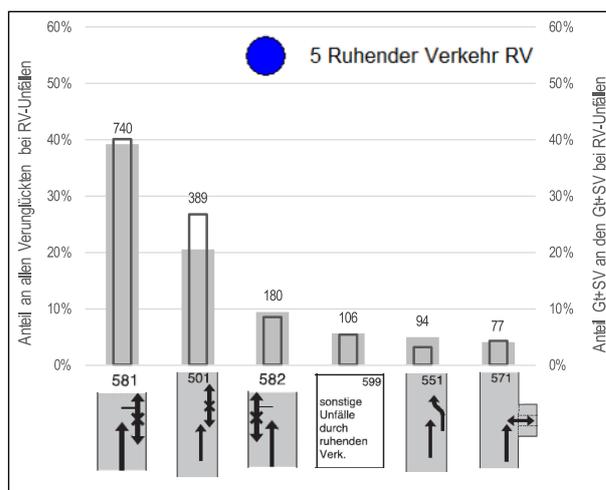


Bild 3-15: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ5-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeilegung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 5, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwer verletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 5) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

ratur eine hohe Relevanz bei Mischverkehrsführungen attestiert. Interessant ist, dass die Rechtsabbiegeunfälle (meist mit geradeausfahrenden Radfahrendem) keine Auffälligkeiten hinsichtlich der Unfallschwere zeigen, obwohl diese immer wieder mediale Aufmerksamkeit in Bezug auf tödliche Kollisionen mit Lkw<sup>14</sup> erlangen.

Auffällig ist, dass tendenziell leicht mehr jüngere Verunglückte (0-14 Jahre) bei Radverkehrsunfällen mit linksfahrenden Radfahrenden im Seitenraum auftreten (siehe Bild-A 16). In Bezug auf die Verkehrsbeilegungen finden sich beim Unfalltyp 202 (tendenziell auch bei 232 und 299) erhöhte Anteile von Zweiradfahrenden als Unfallgegner. Vor allem bei UT 202 sind auffällig mehr Motorradfahrende beteiligt. Bei den Unfalltypen mit rechtsabbiegenden Fahrzeugen sind die Lkw tendenziell häufiger als Unfallgegner der Radfahrenden beteiligt (siehe Bild-A 17).

In Bild 3-13 sind die Verunglückten bei Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen mit Radverkehrsbeilegung dargestellt. Hier muss erwähnt werden, dass Unfalltypen der Gruppe 34x sich auf Radfahrende auf Radwegen beziehen. Anhand der Ergebnisse von ALRUTZ et al. 2015 wurde aber deutlich, dass diese Konfliktsituationen auch bei Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen aufgenommen wurden.

Damit sollte dieser Unfalltyp nicht nur in Bezug auf Radwege interpretiert werden. In Bezug auf Mischverkehrsführungen könnte es sich auch um Radfahrende handeln, die den Gehweg benutzen. Es wird deutlich, dass linksfahrende Radfahrende (unabhängig ob nun regelkonform auf Zweirichtungswegen oder regelwidrig bei anderen Führungsformen) einem erheblichen Unfallrisiko ausgesetzt sind. Dies wird umso deutlicher, wenn die Anteile regelwidriger Fahrtrichtungen bei der Nutzung aller Führungsformen von unter 15 % (siehe ALRUTZ et al. 2015) berücksichtigt werden. Für den Mischverkehr relevant ist hier noch, dass der linksfahrende Radverkehr auch bei fahrbahnseitigen Führungsformen eine Rolle spielt. Diese sind (vermutlich) beim Unfalltyp 321 auf dem zweiten Rangfolgenplatz berücksichtigt, da es keinen expliziten Unfalltypen für den linksfahrenden Radverkehr auf der Fahrbahn gibt (nicht im Katalog enthalten).

In Bezug auf die Unfallschwere sind vor allem die Unfälle beim Kreuzen (UT 301 und 321) auffällig. Ob hier die leicht geringeren Geschwindigkeiten des Radverkehrs im Seitenraum eine Rolle spielen, kann nicht abschließend beurteilt werden.

Bei den Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen werden gegenüber allen anderen Unfalltypen die höchsten Anteile an jüngeren Verunglückten festgestellt. Das

<sup>14</sup> Aufgrund der kleineren Anzahl an Rad/Lkw Konstellationen wird deren hohe Unfallschwere wahrscheinlich nivelliert.

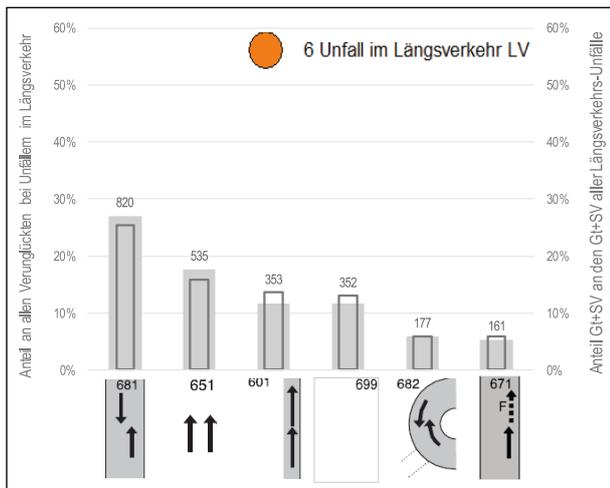


Bild 3-16: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ6-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 6, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 6) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BAST 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

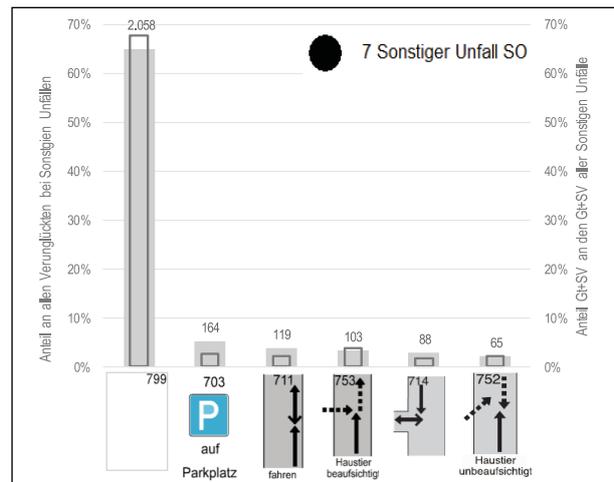


Bild 3-17: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ7-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 7, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 7) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BAST 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

bezieht sich vor allem auf Kinder und Jugendliche bis zur Volljährigkeit. Außerdem sind Kinder und Jugendliche anteilmäßig häufiger bei den Unfalltypen 371 und 372 beteiligt. Das sind Unfälle bei denen Radfahrende in die Fahrbahn einfahren (siehe Bild-A 18).

In Bild 3-14 sind die Verunglückten bei Überschreiten-Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung dargestellt. Auffällig ist, dass Fußgänger häufiger mit dem Radverkehr auf dem anliegenden Fahrstreifen kollidieren. Dies deckt sich allerdings mit den Ergebnissen zu anderen Konfliktgegnern (Fußgänger vs. Kfz; siehe SCHÜLLER et al. 2017). Es deutet sich weiterhin an, dass die Unfälle mit Radfahrenden auf dem anliegenden Fahrstreifen tendenziell etwas schwerere Folgen aufweisen, vor allem bei Querungen vor Knotenpunkten.

In Bild 3-15 sind die Verunglückten bei Unfällen durch ruhenden Verkehr mit Radverkehrsbeteiligung dargestellt. Die sogenannten Dooring-Unfälle dominieren diese Unfalltypen (UT 581 und 582). Dabei spielen auch linksfahrende Radfahrende bzw. Dooring-Unfälle in Einbahnstraßen eine Rolle (UT 582). An zweiter Stelle steht die Unfallsituation Auffahren auf ein parkendes Fahrzeug durch einen Radfahrenden (darunter sind explizit nicht Unfälle beim Ein- oder Ausparken berücksichtigt, diese finden sich beim Unfalltyp 7). Diese Auffahrunfälle sind als besonders schwer – zumindest im Ver-

gleich zu anderen Unfällen des Typ 5 – einzuordnen. Es wird davon ausgegangen, da es sich um ein stehendes Hindernis handelt, dass die Radfahrenden weitestgehend ungebremst auf das parkende Fahrzeug auffahren.

Kinder und Jugendliche sind im Vergleich zu den anderen Unfällen des Typs 5 vor allem beim UT 501 (Auffahren auf parkendes Fahrzeug) beteiligt. Ältere sind eher (leichte Auffälligkeit) im Zusammenhang mit rückwärtsausparkenden Fahrzeugen bei Queraufstellung beteiligt (siehe Bild-A 22). Bei den Verkehrsbeteiligungen der Unfallgegner (siehe Bild-A 23) dominieren die Pkw. Anteilsmäßig gegenüber anderen Unfallgegnern bei den anderen Unfalltypen spielen hier Lkws eine größere Rolle (vermutlich Lieferfahrzeuge).

In Bild 3-16 sind die Verunglückten bei Unfällen im Längsverkehr mit Radverkehrsbeteiligung dargestellt. Hier spielen vor allem Kollisionen mit Entgegenkommenden, Streifkollisionen sowie Auffahrunfälle eine Rolle. Auffällig ist die erhöhte Unfallschwere bei den Auffahrunfällen.

Unfallgegner sind häufig selbst Radfahrende (zwischen 30 % und 65 %, Bild-A 25). Auffahrunfälle ereignen sich auch mit Fußgängern.

In Bild 3-17 sind die Verunglückten bei Sonstigen Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung dargestellt. Mit

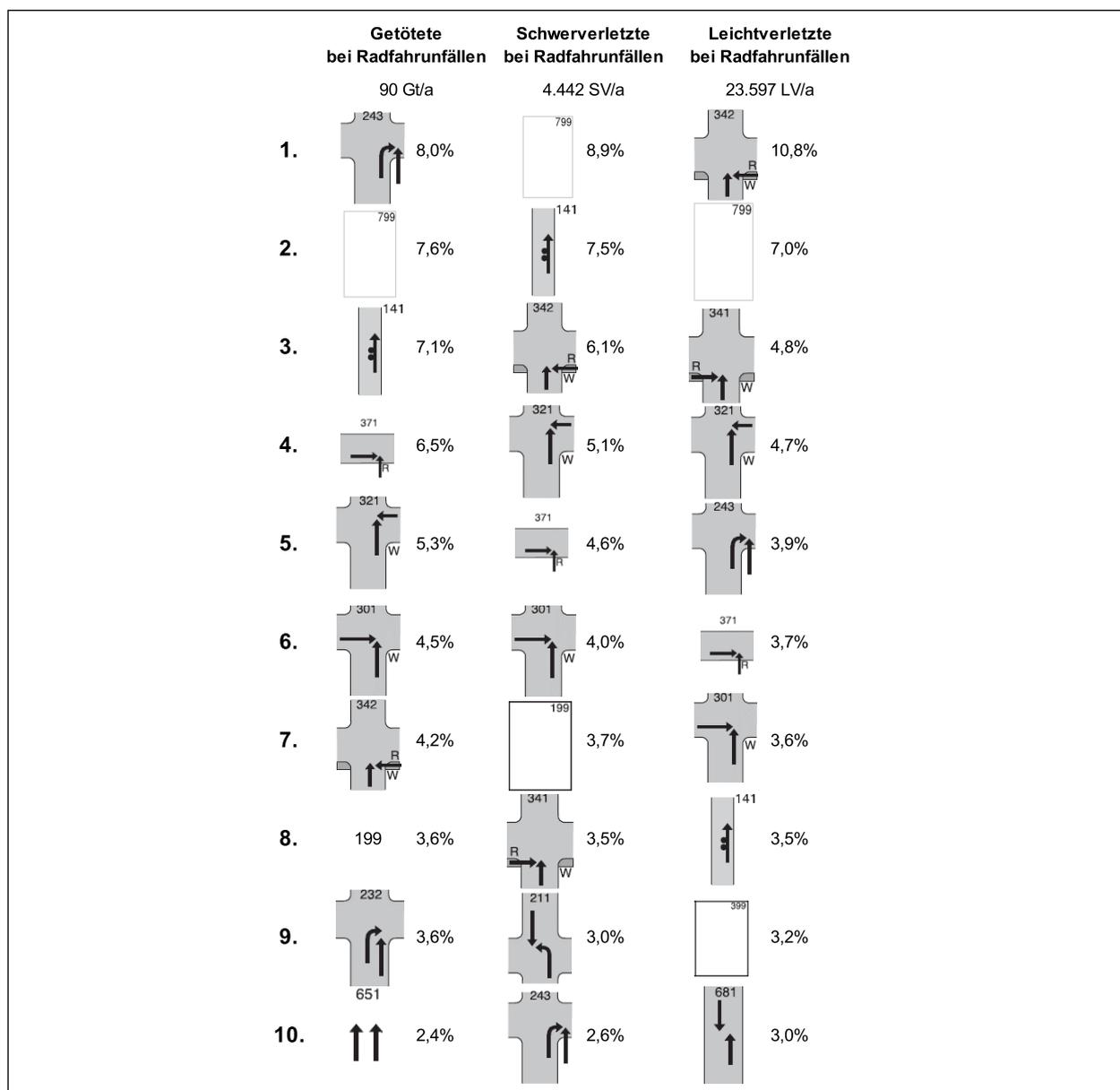


Bild 3-18: Rangfolge der mittleren jährlichen Anzahl an Verunglückten bei Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach dreistelligem Unfalltyp und Schwere der Verletzung (Quelle: BAST 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)

Abstand wird diese Gruppe vom Unfalltyp 799 dominiert, welcher nicht weiter erläutert wird, aber dafür eine erhöhte Unfallschwere aufweist.

Bei allen gezeigten Sonstigen Unfällen spielen die Älteren eine größere Rolle im Vergleich zu den anderen Unfalltypen, auch die Verunglückten älter als 80 Jahre (siehe Bild-A 26). Bei den Unfallgegnern spielen die Fußgänger eine größere Rolle im Vergleich zu den anderen Unfalltypen, vor allem bei den Unfalltypen 799, 753 und 752 (siehe Bild-A 27).

In Bild 3-18 sind nochmals die Top 10 Unfallsituationen für Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung getrennt nach den Verletzungsgraden dargestellt. Es wird

deutlich, dass 7 % der Getöteten durch Stürze erfolgen, welchen eine besondere Relevanz bei Fahrbahnführungen attestiert wird. Auch bei den Schwerverletzten steht diese Unfallsituation auf Platz 2. Etwa ein Viertel der getöteten Radfahrer verunglücken jedoch bei Unfällen am Knotenpunkt.

Relevant erscheint auch das Ergebnis, dass die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit Radfahrenden auf der Fahrbahn tendenziell eher zu tödlichen Folgen führen als Unfälle mit Radfahrenden im Seitenraum. Insgesamt weisen vor allem die Situationen mit linksfahrenden Radfahrenden erhöhte Unfallschweren auf.

Auffällig ist außerdem, dass viele Radfahrende bei Unfällen vom Typ 799 verunglücken. Dieser Unfalltyp gehört zu den Sonstigen Unfällen und ist nicht genauer definiert. Eine Rückführung des Unfalls auf eine bestimmte Unfallsituation ist in diesen Fällen nicht möglich.

### 3.2.3 Fazit

Auch wenn an einzelnen Stellen ein Bezug zwischen Mischverkehrsführungen und Auffälligkeiten im Unfallgeschehen vermutet wird, so ist eine aussagekräftige Beurteilung von Mischverkehrsführungen auf Basis der amtlichen Unfallstatistik nicht möglich. Die Ergebnisse sollten vielmehr als eine Grundlage für die Einordnung der in den folgenden Kapiteln ermittelten Ergebnisse dienen. Dort beschriebene Erkenntnisse zu einzelnen Unfallkollektiven können dann hinsichtlich ihrer Relevanz für das gesamtdeutsche innerörtliche Unfallgeschehen bewertet werden. Unter Umständen lassen sich dann auch die Hintergründe zu z. B. dem Unfalltyp 799 klären.

## 3.3 Verkehrsaufkommen

### 3.3.1 Verkehrsaufkommen bei Mischverkehrsführung

Das Verkehrsaufkommen an den ausgewählten 136 Untersuchungsstellen wurde jeweils in einem Zeitraum von drei Stunden ausgewertet. Insgesamt wurden damit in über 400 Stunden 38.535 Radfahrende gezählt. Die Mengen der gezählten Radfahrenden nach Stadt und Streckentyp sind Tabelle 3-1 zu entnehmen. Die Untersuchungsstellen weisen unterschiedliche Merkmale auf, die im Gesamtkollektiv nicht gleichverteilt sind:

- 100 Strecken sind zweistreifig und 36 Strecken sind mehrstreifig (rund 27 %).
- An elf Strecken wird weder im Seitenraum noch auf der Fahrbahn geparkt (8 %).
- An 22 Strecken wird einseitig geparkt (16 %) und an 103 Strecken beidseitig (76 %).
- An 18 Strecken ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h beschränkt (13 %), an den restlichen 118 Strecken gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Das Radverkehrsaufkommen unterscheidet sich je nach Streckentyp, es treten jedoch auch deutliche Unterschiede im Radverkehrsaufkommen innerhalb der einzelnen Typen auf (siehe Bild 3-19). Mehrstreifige Fahrbahnen weisen die höchsten Radverkehrsstärken auf.

Deutlichere Unterschiede zwischen den Streckentypen sind bei dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs erkennbar, wie in Bild 3-20 dargestellt ist. Die Verkehrsstärken mehrstreifiger Fahrbahnen liegen deutlich über denen zweistreifiger Fahrbahnen. Im Vergleich mit den Radverkehrsstärken ist die Streuung innerhalb der Typen weniger stark. Die Verkehrsstärken der Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h unterscheiden sich im Mittel kaum von Strecken mit 50 km/h.

Ebenfalls erhoben und hochgerechnet wurde die Fußgängerverkehrsstärke je Untersuchungsstelle. In Bild 3-21 sind die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken des Fußverkehrs nach Streckentyp abgebildet. Wie bei den Radverkehrsstärken ist die Streuung innerhalb der meisten Typen groß.

Bild 3-22 zeigt den Zusammenhang zwischen dem DTV des Radverkehrs und dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs an den Untersuchungsstellen. Tendenziell liegt bei hohem  $DTV_{Kfz}$  auch ein höherer  $DTV_{Rf}$  vor. Allerdings existieren auch Strecken, an denen bei hohen Verkehrsstärken des motorisierten Verkehrs die Radverkehrsstärke gering ist.

Deutlicher ist der Zusammenhang zwischen dem DTV des Radverkehrs und dem DTV des Fußverkehrs, siehe Bild 3-23. An Strecken mit hoher Fußverkehrsstärke ist tendenziell auch die Radverkehrsstärke höher.

Die Randnutzung der Untersuchungsstrecken wird zum einen über den Umfeldfaktor<sup>15</sup> nach SCHÜLLER (2010) beschrieben und zum anderen durch den Anteil der Bebauung mit Geschäftsbesatz an der Gesamtbebauung. In Bild 3-24 ist der Zusammenhang zwischen dem DTV des Radverkehrs und dem Umfeldfaktor der Untersuchungsstelle dargestellt. Der DTV des Radverkehrs streut stark und ein Zusammenhang ist nicht erkennbar. Somit kann die Radverkehrsstärke im Gegensatz zu den Fußgängern im Längsverkehr (siehe SCHÜLLER et al. 2017) kaum über die Randnutzung beschrieben werden.

<sup>15</sup> Der Umfeldfaktor beschreibt den nach der Intensität der Randnutzung gewichteten Anteil der Gebäudelängen an der betrachteten Strecken-/Abschnittslänge.

Stadt	Stellen	Typ							
		zweistreifig						mehrestreifig	
		ohne Parken		einseitig Parken		zweiseitig Parken		ohne Parken	mit Parken
		2-oP 30 n = 1	2-oP 50 n = 7	2-eP 30 n = 7	2-eP 50 n = 16	2-zP 30 n = 10	2-zP 50 n = 60	M-oP n = 3	M-mP n = 32
Berlin	Stellen	-	1	-	2	1	13	-	12
	gezählte Rf/3h	-	1250	-	509	414	5765	-	7764
Bochum	Stellen	-	-	1	1	4	7	-	-
	gezählte Rf/3h	-	-	18	24	157	280	-	-
Dresden	Stellen	-	1	-	2	1	11	1	-
	gezählte Rf/3h	-	343	-	362	308	4020	1050	-
Düsseldorf	Stellen	-	1	-	1	-	3	1	10
	gezählte Rf/3h	-	83	-	135	-	304	121	2379
Frankfurt	Stellen	1	-	6	4	2	2	1	6
	gezählte Rf/3h	162	-	1041	414	1197	357	332	1974
Gelsenkirchen	Stellen	-	-	-	-	1	8	-	3
	gezählte Rf/3h	-	-	-	-	44	261	-	104
Halle	Stellen	-	3	-	5	-	4	-	-
	gezählte Rf/3h	-	452	-	918	-	559	-	-
Leipzig	Stellen	-	1	-	1	1	12	-	1
	gezählte Rf/3h	-	416	-	142	497	3451	-	928

Tab. 3-1: Anzahl gezählter Radfahrender nach Stadt und Streckentyp

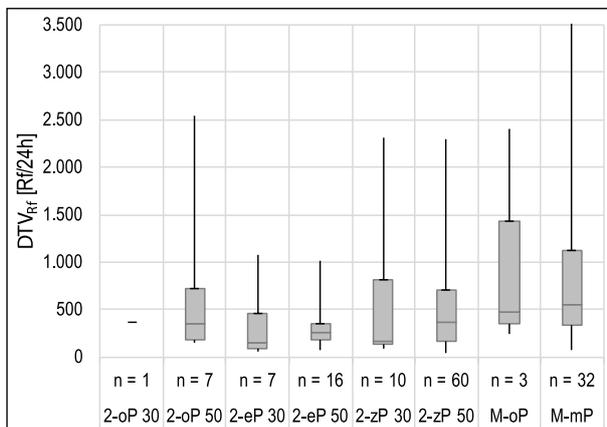


Bild 3-19: Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Radverkehrs nach Streckentyp. n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen. Maximalwert für M-mP liegt bei 3628 Rf/24h (nicht angezeigt)

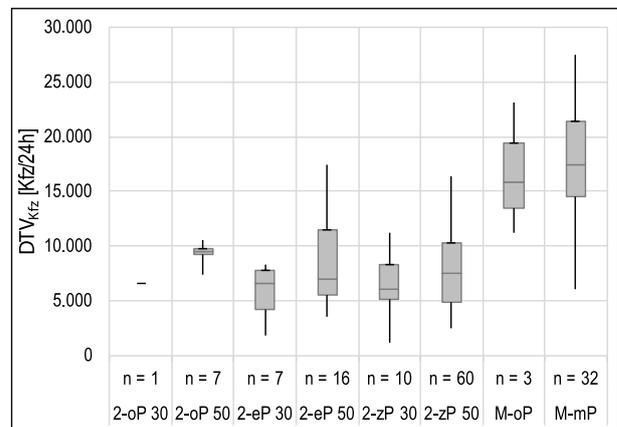


Bild 3-20: Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Kraftfahrzeugverkehrs nach Streckentyp. n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen.

In Bild 3-25 ist der DTV des Radverkehrs in Zusammenhang mit dem Anteil der Bebauung mit Geschäftsbesatz an der Gesamtbebauung dargestellt. Dabei ist wieder eine starke Streuung vor allem bei steigendem Anteil des Geschäftsbesatzes zu erkennen, jedoch gibt es eine Tendenz für eine steigende Radverkehrsstärke bei steigendem Anteil des Geschäftsbesatzes.

Die Zuordnung der Untersuchungsstellen zur Lage in der Stadt erfolgte nach den Kriterien von SCHILLER et al. (2011). Strecken im Stadtzentrum weisen im Mittel einen höheren DTV<sub>Rf</sub> auf als Strecken in sonstigen Stadtteilen oder am Stadtrand (siehe Bild 3-26).

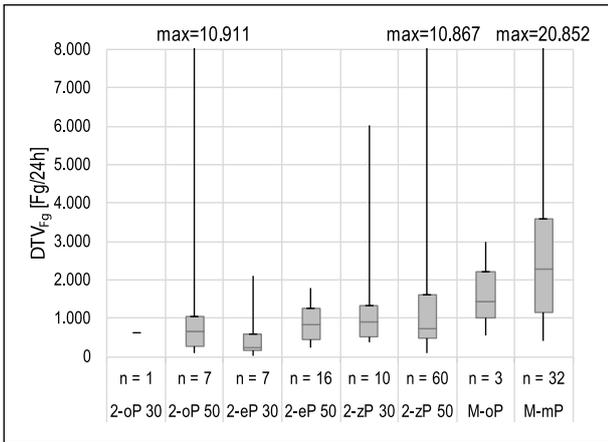


Bild 3-21: Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Fußverkehrs nach Streckentyp. n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen. Maximalwert für M-mP liegt bei 20.852 Fg/24h (nicht angezeigt)

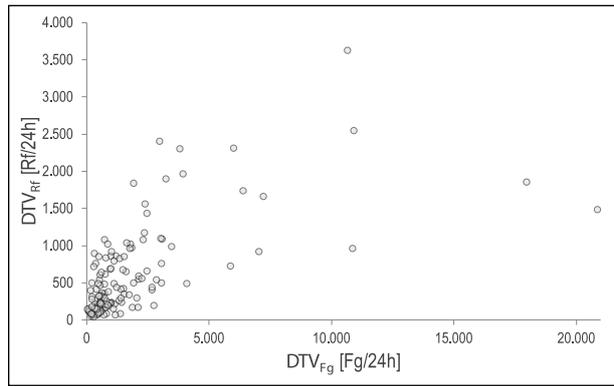


Bild 3-24: DTV des Radverkehrs im Vergleich mit dem Umfeldfaktor nach SCHÜLLER 2010, n = 136 Stellen

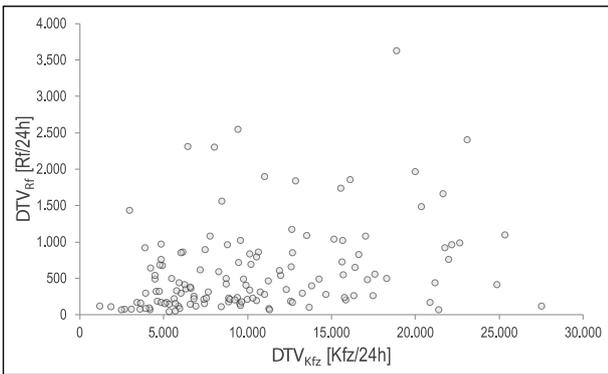


Bild 3-22: DTV des Radverkehrs im Vergleich mit dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs, n = 136 Stellen

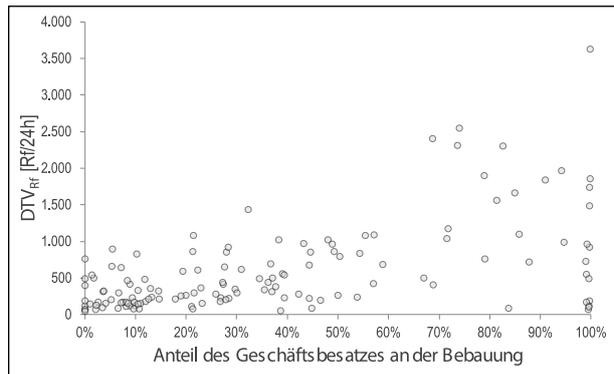


Bild 3-25: DTV des Radverkehrs im Vergleich mit dem Anteil der Bebauung mit Geschäftsbesatz an der Gesamtbauung, n = 136 Stellen

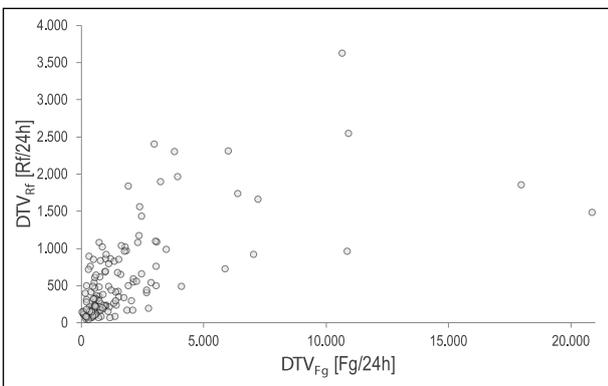


Bild 3-23: DTV des Radverkehrs in Abhängigkeit des DTV des Fußverkehrs, n = 136 Stellen

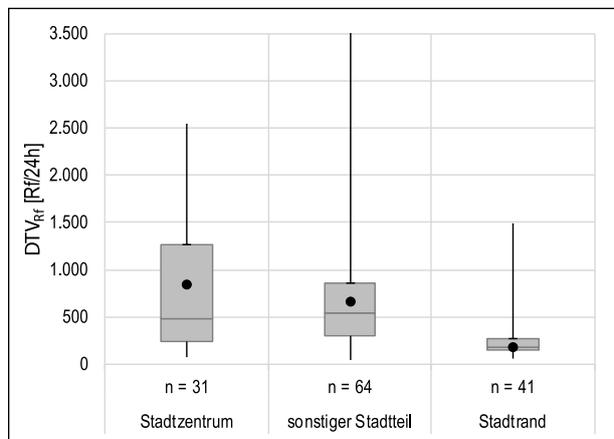


Bild 3-26: Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Radverkehrs nach Lage der Erhebungsstelle. n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen. Der Punkt gibt den Mittelwert an. Maximalwert liegt bei 3.628 Rf/24h (nicht angezeigt)

### 3.3.2 Akzeptanz Mischverkehrsführung

Die Akzeptanz der Mischverkehrsführung wird in den folgenden Auswertungen als der Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung dargestellt. Da die Zielrichtungen getrennt betrachtet werden, vergrößert sich die Anzahl der Untersuchungsstrecken. Lediglich zwei Strecken sind nur in eine Zielrichtung befahrbar, so dass diese nur einfach analysiert werden. Zusätzlich zu den bisher aufgeführten Untersuchungsstellen werden 13 weitere Strecken aus einer externen Quelle mit analysiert.

Ausgenommen in der Akzeptanzanalyse sind Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene, die Kinder begleiten. Über alle Untersuchungsstrecken hinweg führen 842 Kinder (2,1 % aller erhobenen Radfahrenden) auf dem Gehweg und wurden von 432 Erwachsenen (1,1 % aller erhobenen Radfahrenden) begleitet.

Bild 3-27 stellt die Bandbreiten des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden der Fahrtrichtung getrennt nach Streckentyp dar. Die Akzeptanz der Mischverkehrsführung ist an Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h höher als an Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass das Kollektiv der Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h kleiner ist als das der Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Besonders Strecken mit mehrstreifigen Fahrbahnen weisen eine starke Streuung der Akzeptanz auf. Die geringste Akzeptanz (<10 %) wurde an einzelnen Strecken mit ruhendem Verkehr festgestellt (Typen 2-zP50 und M-mP).

Als eine Ursache für eine geringe Akzeptanz der Mischverkehrsführung wird ein hohes Kfz-Verkehrsaufkommen vermutet. Diesen Zusammenhang zeigt Bild 3-28. Auch wenn geringe Anteile der Fahrbahnnutzung vor allem an Strecken mit höheren Verkehrsaufkommen zu finden sind, lässt sich kein Zusammenhang im Diagramm erkennen. Die Differenzierung der Strecken nach der dort zulässigen Höchstgeschwindigkeit zeigt, dass Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h zwar höhere Akzeptanzen aufweisen, aber auch fast immer mit einem niedrigeren Kfz-Verkehrsaufkommen

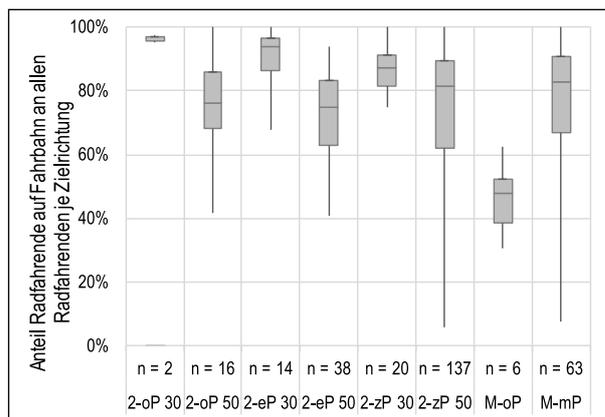


Bild 3-27: Bandbreite des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung getrennt nach Streckentyp, n entspricht der Anzahl der Zielrichtungen

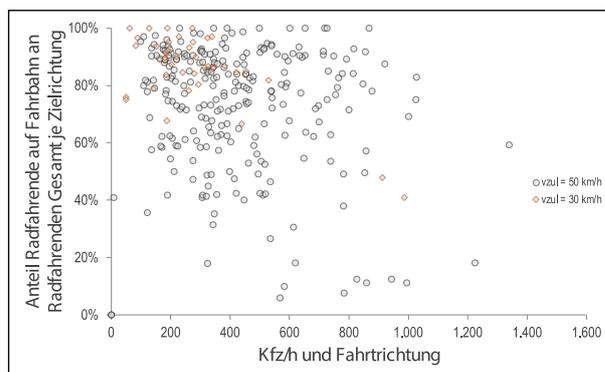


Bild 3-28: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Stunde des Kfz-Verkehrsaufkommens je Zielrichtung, n = 296 Zielrichtungen

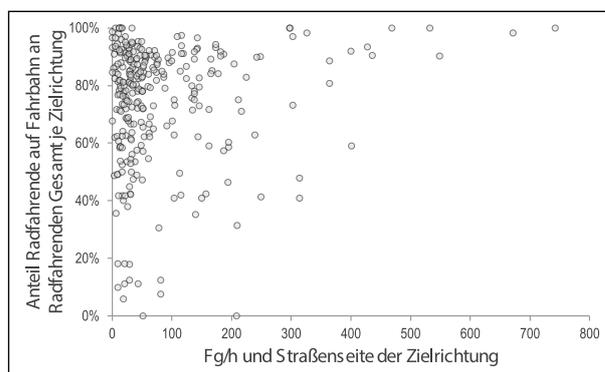


Bild 3-29: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Stunde des straßenseitigen Fußgängerkehrsaufkommens, n = 296 Zielrichtungen

verbunden sind. Ein Einfluss des ruhenden Verkehrs (hier nicht dargestellt) ist nicht erkennbar.

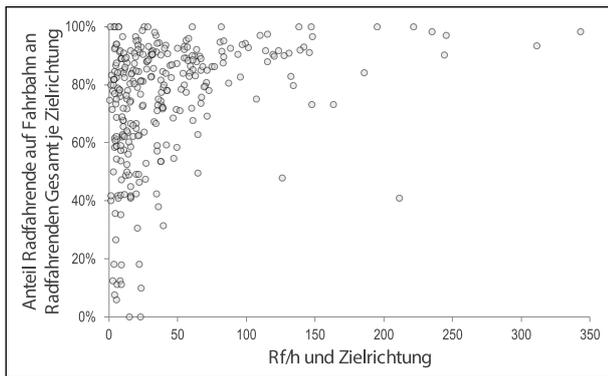


Bild 3-30: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit dem Radverkehrsaufkommen der Zielrichtung der mittleren Stunde, n = 296 Zielrichtungen

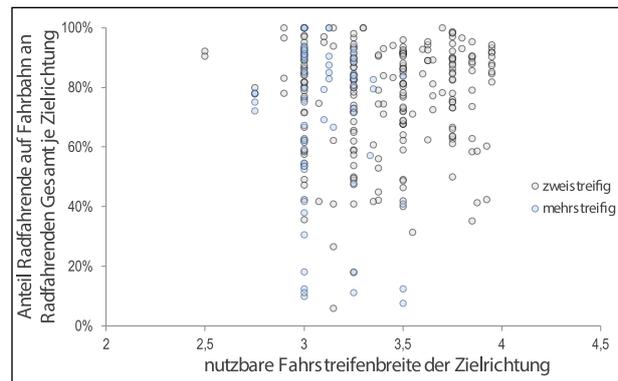


Bild 3-33: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden der Zielrichtung im Vergleich mit der nutzbaren Fahrstreifenbreite der Zielrichtung, n=296 Zielrichtungen

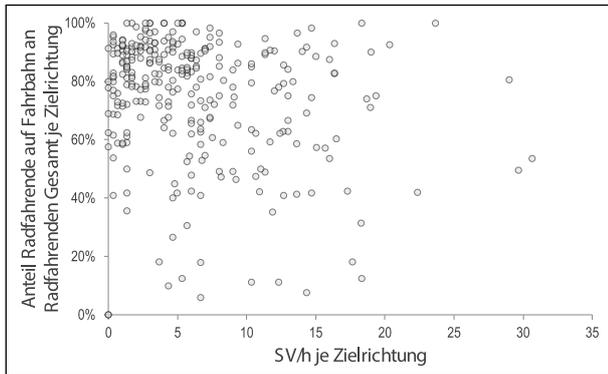


Bild 3-31: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit dem Schwerverkehrsaufkommen je Zielrichtung, n = 296 Zielrichtungen

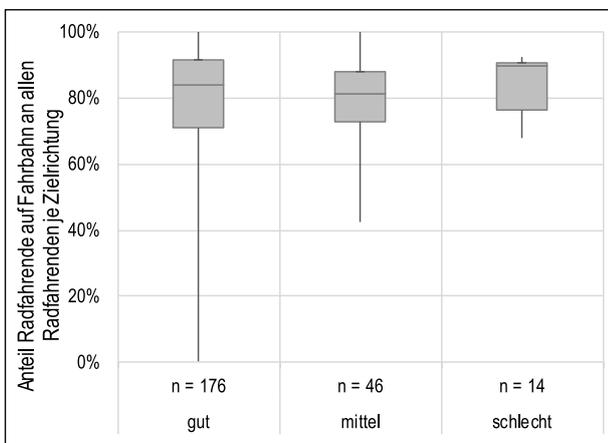


Bild 3-32: Bandbreite des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung getrennt nach Qualität der Fahrbahnoberfläche, n = 296 Zielrichtungen

Den Zusammenhang zwischen dem Fußverkehrsaufkommen im Seitenraum und der Akzeptanz der Mischverkehrsführung zeigt Bild 3-29. Ein niedriger Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn (kleiner 30 %) wurde fast nur an Strecken mit weniger als 100 FG/h beobachtet. Trotzdem lässt sich kein relevanter Zusammenhang im Sinne einer Korrelation ableiten.

Ein ähnliches Bild zeigt sich für den Zusammenhang zwischen der Akzeptanz der Mischverkehrsführung und dem mittleren stündlichen Radverkehrsaufkommen der Zielrichtung, vgl. Bild 3-30. Strecken mit einem Radverkehrsaufkommen von mehr als 100 Radfahrenden pro Stunde weisen fast alle eine Akzeptanz der Mischverkehrsführung von über 70 % auf. Eine niedrige Akzeptanz der Mischverkehrsführung (unter 40 %) findet sich nur bei niedrigen Radverkehrsaufkommen (unter 50 Rf/h).

Das Schwerverkehrsaufkommen je Zielrichtung liegt bei einem Großteil der Erhebungsstellen unter 20 Fahrzeugen pro Stunde. Bei diesen Schwerverkehrsanteilen wurden sowohl hohe als auch niedrige Akzeptanzen der Mischverkehrsführung festgestellt, siehe Bild 3-31. Tatsächlich kann die Hypothese, dass die Fahrbahnnutzung durch Radfahrende bei hohem Schwerverkehrsaufkommen sinkt, nicht bestätigt werden.

Die Qualität der Fahrbahnoberfläche wurde in drei Abstufungen erhoben. Dabei wurde der Zustand des Asphalts (Pflasterungen wurden bei der Auswahl der Erhebungsstellen ausgeschlossen) bewertet. Bild 3-32 zeigt die Bandbreiten des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden der Straßenseite je nach Qualität der Fahrbahnoberfläche. Bei einem Großteil der Erhebungsstellen ist die Oberfläche in gutem Zustand.

Der Median der Akzeptanz der Mischverkehrsführung liegt unabhängig der Fahrbahnoberfläche bei über 80 %.

Je nach Fahrbahnbreite ist ein Überholen von Radfahrenden bei Gegenverkehr oder nur ohne Gegenverkehr möglich. Inwiefern sich die nutzbare Fahrbahnbreite auf die Akzeptanz der Mischverkehrsführung auswirkt, verdeutlicht Bild 3-33. Akzeptanzen unter 40 % zeigen sich nur bei Fahrstreifenbreiten zwischen 3,00 m und 3,50 m. Diese Breiten werden jedoch von den mehrstreifigen Strecken dominiert, sodass die niedrige Akzeptanz auch durch das hohe Verkehrsaufkommen begründet sein kann.

### 3.3.3 Linksfahrende Radfahrende

Die Gehwege werden bei Mischverkehrsführungen sowohl von rechtsfahrenden als auch von linksfahrenden Radfahrenden genutzt. Laut der Literatur weisen linksfahrende Radfahrende ein überdurchschnittliches Unfallrisiko im Vergleich zu den Radfahrenden auf, welche in der vorgeschriebenen Fahrtrichtung unterwegs sind. Bild 3-31 zeigt den Anteil der linksfahrenden Radfahrenden auf dem Gehweg an allen Radfahrenden der Zielrichtung. Linksfahrende Radfahrende auf der Fahrbahn wurden nur an zwei mehrstreifigen Einbahnstraßen beobachtet. Aus diesem Grund beziehen sich die Auswertungen ausschließlich auf den linksfahrenden Radverkehr auf dem Gehweg.

Für 28 Zielrichtungen wurden keine linksfahrenden Radfahrenden auf dem Gehweg beobachtet, das entspricht 10,3 % der betrachteten Zielrichtungen. Im Mittel liegt der Anteil linksfahrender Radfahrende an allen Radfahrenden je Zielrichtung bei 14 %.

Der Median des Anteils linksfahrender Radfahrender an allen Radfahrenden der Zielrichtung liegt bei den vorliegenden Erhebungsstellen mit Mischverkehrsführung fast immer niedriger als der für baulich angelegte Radwege und niedriger als bzw. auf einem ähnlichen Niveau wie der für markierte Führungen. Lediglich mehrstreifige Strecken ohne Parken weisen einen deutlich höheren Anteil linksfahrender Radfahrer auf. In einer neueren Studie von ALRUTZ et al. (2015) liegen die Mittelwerte bei baulichen Radwegen zwischen 10 und 15 % und bei markierten Führungen zwischen 6 und 7 %. Allerdings basieren diese Mittelwerte auf gewichteten Kennzahlen, d. h. Erhebungsstrecken mit höheren Radverkehrsstärken schlagen sich in dieser Unter-

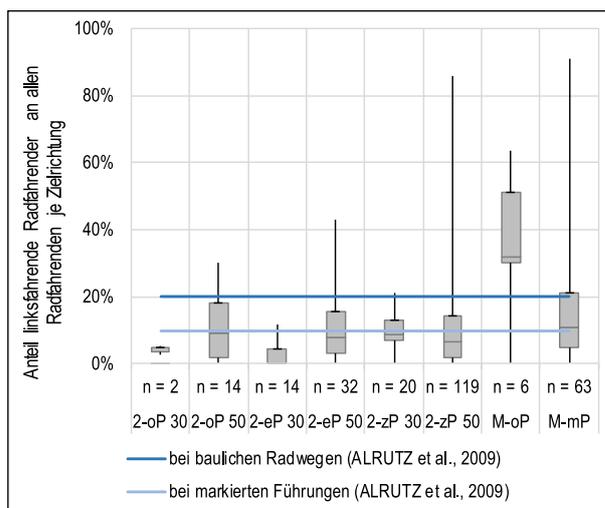


Bild 3-34: Bandbreite des Anteils von linksfahrenden Radfahrern auf dem Gehweg an allen Radfahrenden der Zielrichtung getrennt nach Streckentypen, im Vergleich mit anderen Führungsformen nach ALRUTZ et al. (2009), n entspricht der Anzahl der Zielrichtungen

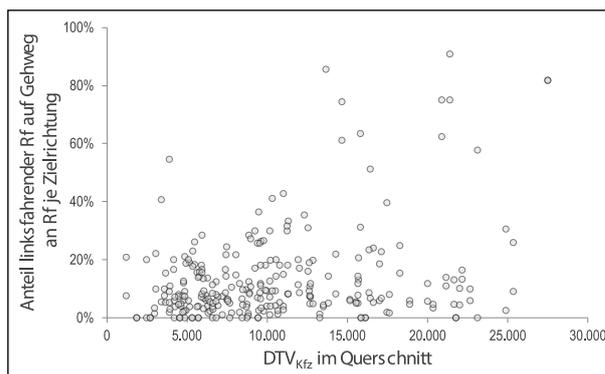


Bild 3-35: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs im Querschnitt, n = 270 Zielrichtungen

suchung stärker im Ergebnis nieder. In der vorliegenden Untersuchung und in ALRUTZ et al. 2009 werden alle Erhebungsstrecken, unabhängig von der Radverkehrsstärke, gleich gewichtet. Somit sind die vorliegenden Erhebungen eher mit ALRUTZ et al. (2009) vergleichbar.

Die Kombination des Anteils linksfahrender Radfahrender mit dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs im Querschnitt, siehe Bild 3-35, zeigt, dass große Anteile linksfahrender Radfahrender (> 60 %) nur bei einem DTV von mehr als 12.500 Kfz/24h auftreten.

Bei der Betrachtung des Anteils linksfahrender Radfahrer an allen Radfahrenden der Zielrichtung in Kombination mit dem DTV des Fußverkehrs im Querschnitt, in Bild 3-36 dargestellt, zeigt sich, dass Anteile über 40 % nur an Stellen mit einem  $DTV_{Fg}$  von weniger als 3000 Fg/24h zu finden sind.

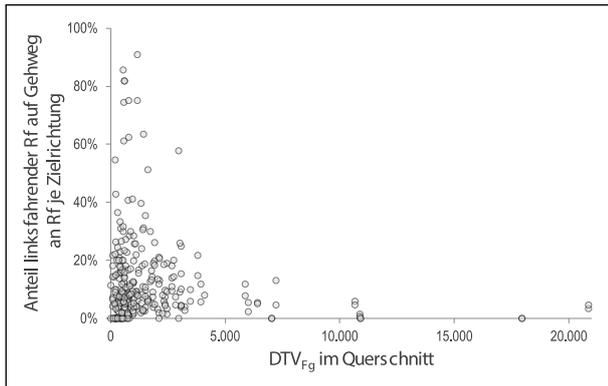


Bild 3-36: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem DTV des Fußverkehrs im Querschnitt, n = 270 Zielrichtungen

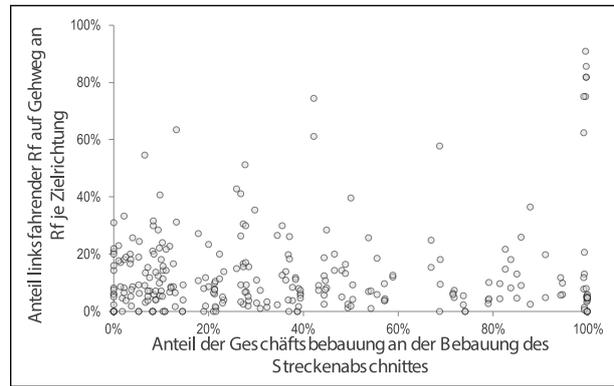


Bild 3-39: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem Anteil der Geschäftsbebauung an der Gesamtbauung des Streckenabschnittes, n=270 Zielrichtungen

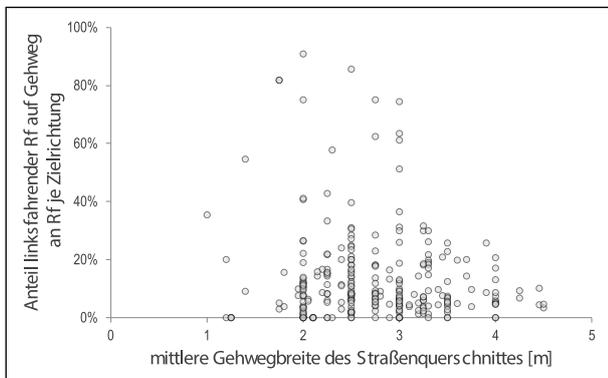


Bild 3-37: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Gehwegbreite des Straßenquerschnittes, n = 270 Zielrichtungen

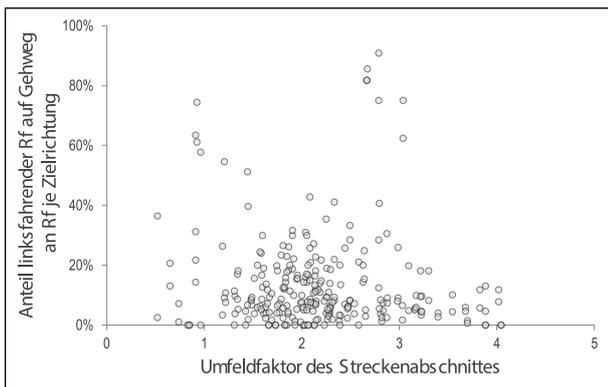


Bild 3-38: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem Umfeldfaktor des Streckenabschnittes, n = 270 Zielrichtungen

Der Einfluss der mittleren Gehwegbreiten des Straßenquerschnittes auf das Aufkommen linksfahrender Radfahrender ist nur gering, siehe Bild 3-39. Linksfahrende Radfahrer nutzen sowohl schmale als auch breite Gehwege. Auf breiten Gehwegen (> 3 m) sind keine Anteile linksfahrender Radfahrer über 40 % ermittelt worden.

Um die Gründe für die Nutzung der falschen Fahrbahnseite durch Radfahrende einschätzen zu können, ist in Bild 3-38 der Anteil linksfahrender Radfahrender dem Umfeldfaktor des Streckenabschnittes zugeordnet. In Bild 3-39 wird an Stelle des Umfeldfaktors der Anteil der Geschäftsbebauung an der Gesamtbauung verwendet, um die Umfeldnutzung darzustellen. Beide Abbildungen zeigen, dass das Umfeld keinen eindeutigen Einfluss auf die Nutzung der falschen Fahrbahnseite durch Radfahrende hat. Die untersuchten Strecken streuen stark, es lässt sich keine Tendenz erkennen.

### 3.3.4 Multikriterielle Analyse

In einem zweiten Arbeitsschritt wurden sowohl die Akzeptanz der Mischverkehrsführung (Anteil Radfahrende auf der Fahrbahn) als auch der Anteil an linksfahrenden Radfahrenden auf dem Gehweg mit multikriteriellen Methoden analysiert. Ziel ist es, die Unterschiede dieser Kennzahlen über die Untersuchungsabschnitte über Merkmale der Infrastruktur, des Netzes, der Verkehrsregelung oder der Verkehrsstärken zu erklären.

In Tabelle 3-2 ist ein einfaches Modell zur Erklärung der Zusammenhänge in Bezug auf die Akzeptanz von Mischverkehrsführungen dargestellt. Daraus wird deutlich: Eine erhöhte Akzeptanz bzw. ein erhöhter Anteil an Fahrbahnnutzungen zeigt sich bei:

- höheren Radverkehrsstärken,
- geringeren Kfz-Verkehrsstärken,
- geringeren zulässigen Höchstgeschwindigkeiten,
- einem geringen Anteil an Geschäftsbesatz in der anliegenden Bebauung sowie

Anteil Radfahrende auf Fahrbahn [%]	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta	T	p	VIF
Konstante	0,923	0,032		28,99	***	
Verkehrsstärke Rad [Rf/h]	0,002	0,000	0,50	9,22	***	1,27
Verkehrsstärke Kfz [Rf/h]	-0,0003	0,00005	-0,32	-5,88	***	1,25
v <sub>zul</sub> = 50 km/h	-0,083	0,029	-0,14	-2,89	**	1,06
Anteil Geschäftsbesatz [-]	-0,098	0,033	-0,17	-2,93	**	1,46
Schwerverkehrsanteil [-]	-1,847	0,801	-0,11	-2,31	*	1,07
*p < ,05 **p<,01 ***p <,001		n= 296 korrigiertes R <sup>2</sup> = 0,3138	F-Wert = 27,98 Konditionsindex = 1,941			

Tab. 3-2: Modell zur Erklärung des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn (ungünstige bzw. hohe Gehwegnutzungen ergeben sich bei Merkmalen mit negativen Regressionskoeffizienten)

Anteil linksfahrende Radfahrende auf Gehweg [%]	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta	T	p	VIF
Konstante	0,083	0,022		3,83	***	
Verkehrsstärke Rad [Rf/h]	-0,001	0,0002	-0,432	-7,14	***	1,38
Verkehrsstärke Kfz [Rf/h] im Querschnitt	0,0001	0,00002	0,383	6,56	***	1,28
Anteil Geschäftsbesatz [-]	0,083	0,030	0,181	2,76	**	1,62
beidseits parkende Fahrzeuge	-0,044	0,018	-0,125	-2,41	*	1,02
*p < ,05 **p<,01 ***p <,001		n= 270 korrigiertes R <sup>2</sup> = 0,2842	F-Wert = 27,7 Konditionsindex = 2,13			

Tab. 3-3: Modell zur Erklärung des Anteils linksfahrender Radfahrender auf dem Gehweg (ungünstige bzw. hohen Anteile linksfahrender Radfahrender ergeben sich bei Merkmalen mit positiven Regressionskoeffizienten)

- geringeren Schwerverkehrsanteilen (nur schwach signifikant)

Aus der Korrelationsmatrix lassen sich keine ergänzenden Informationen zu Zusammenhängen ableiten. Mit Ausnahme einzelner im Modell berücksichtigter Merkmale finden sich keine relevanten Korrelationen der Anteile des Radverkehrs auf der Fahrbahn zu weiteren erhobenen Merkmalen.

Insgesamt lässt sich die Akzeptanz aber nur in geringem Maße über die betrachteten Merkmale des Straßenraums erklären (korrigiertes R<sup>2</sup> von 0,31).

In Tabelle 3-3 ist ein einfaches Modell zur Erklärung des Anteils linksfahrender Radfahrender auf dem Gehweg aufgeführt. Daraus wird deutlich: Ein erhöhter Anteil linksfahrender Radfahrender auf dem Gehweg zeigt sich bei:

- niedrigeren Radverkehrsstärken
- höheren Kfz-Verkehrsstärken im gesamten Querschnitt
- einem erhöhten Anteil an Geschäftsbesatz in der anliegenden Bebauung sowie
- beidseits parkenden Fahrzeuge

Insgesamt lässt sich der Anteil linksfahrender Radfahrender auf dem Gehweg nur in geringem Maße über die betrachteten Merkmale des Straßenraums erklären (korrigiertes R<sup>2</sup> von 0,28).

Der Effekt der höheren Kfz-Verkehrsstärken im Querschnitt wird als eine Art Trennwirkung für den Radverkehr interpretiert. Der Zusammenhang mit dem Geschäftsbesatz beschreibt wechselseitig im Straßenraum gelegene Ziele, welche ein vermehrtes Wechseln der Fahrbahn für den Radfahrenden notwendig machen. Dies wird vermutlich aus Komfortgründen nicht durchgeführt. Beidseits parkende Fahrzeuge zeigen nur einen sehr schwachen Einfluss und werden daher nicht weiter interpretiert.

### 3.3.5 Fazit

Grundsätzlich sind die verschiedenen Streckentypen hinsichtlich des Verkehrsaufkommens aller drei betrachteten Verkehrsarten (MIV, Radfahrende und Zufußgehende) weitestgehend vergleichbar, da die Streubereiche der Verkehrsstärken sich überlappen. Einzig die mehrstreifigen Querschnitte weisen erwartungsgemäß höhere Kfz-Verkehrsstärken auf.

Die bivariaten Vergleiche geben – wenn überhaupt – nur leichte Tendenzen zu Einflüssen der Akzep-

tanz und des Anteils linksfahrender Radfahrender wieder. Am deutlichsten zeigt sich noch der positive Einfluss einer niedrigeren zulässigen Höchstgeschwindigkeit sowie zweistreifiger Querschnitte auf die Akzeptanz der Fahrbahn- bzw. Mischverkehrsführung.

Die multikriterielle Analyse unterstützt die beobachteten Tendenzen der bivariaten Analysen und ordnet diese hinsichtlich ihrer Stärke und Signifikanz ein:

- Eine hohe Akzeptanz der Fahrbahnnutzung wird durch höhere Radverkehrsstärken und geringere Kfz-Verkehrsstärken<sup>16</sup> der anliegenden Fahrtrichtung begünstigt. Mehr Radfahrende und weniger Kfz unterstützen damit die subjektive Sicherheit auf der Fahrbahn.
- Ähnlich wirken sich diese Verkehrsstärken auch auf den Anteil linksfahrender Radfahrender aus, was erwartbar ist, da alle linksfahrenden Radfahrende auch den Gehweg benutzen.
- Eine niedrigere zulässige Höchstgeschwindigkeit trägt ebenfalls zu einer erhöhten Fahrbahnnutzung bei.
- Mehr Schwerverkehr auf dem anliegenden Fahrstreifen wirkt sich zusätzlich zu den Kfz-Verkehrsstärken negativ auf die Akzeptanz der Fahrbahnführung aus.
- Ein erhöhter beidseitiger Geschäftsbesatz, also mehr potenzielle Ziele für Radfahrende auf beiden Seiten der Straße, verringert die Akzeptanz der Fahrbahnführung und erhöht gleichzeitig den Anteil der linksfahrenden Radfahrenden. Hier wird dann vermutlich der ständige Wechsel auf die vorgeschriebene Fahrbahnseite als unkomfortabel durch die Radfahrenden eingeschätzt oder die jeweiligen Ziele liegen ungünstig in Abhängigkeit der Routen in Bezug auf eine regelkonforme Querschnittsnutzung.

Die vorliegenden Ergebnisse zu den Anteilen der linksfahrenden Radfahrenden ähneln den Ergebnissen aus anderen Untersuchungen zu fahrbahnseitigen Radverkehrsführungen (Radfahrstreifen und Schutzstreifen), liegen aber unterhalb der Anteile bei den Radverkehrsführungen im Seitenraum.

Im folgenden Kapitel wird geklärt, welche dieser Effekte auch eine objektive Verkehrssicherheitsrelevanz aufweisen.

## 3.4 Unfallanalyse

### 3.4.1 Streckenabschnitte

Innerhalb der Unfallanalyse der 149 Untersuchungsstrecken ereigneten sich im Zeitraum 01.01.2012 - 31.12.2016 2.592 Unfälle der Kategorien 1 bis 4 (siehe Tabelle 3-4). Davon sind 929 Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern. Nur sechs Radverkehrsunfälle hatten einen schwerwiegenden Sachschaden zur Folge, 923 der Unfälle hatten einen Personenschaden zur Folge. In den folgenden Analysen werden daher nur die Radverkehrsunfälle mit Personenschaden analysiert. Bei diesen verunglückte eine Person tödlich, 115 Personen wurden schwer und 866 Personen wurden leicht verletzt.

Die Unfalldichte der Radverkehrsunfälle auf Streckenabschnitten differenziert nach Streckentypen ist in Bild 3-40 dargestellt. In diesem und den folgenden Bildern werden die Streckentypen nur noch in drei Gruppen unterteilt: zweistreifig 30 (zweistreifige Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h), zweistreifig 50 (zweistreifige Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h) und mehrstreifig (Fahrbahnen mit mehr als zwei Fahrstreifen). Die Kollektive sind dabei unterschiedlich groß, die meisten Strecken sind der Gruppe zweistreifig 50 zugeordnet. Bei jedem Streckentyp gibt es Strecken ohne Radverkehrsunfälle, aber auch Strecken mit einer hohen Unfalldichte. Bei zweistreifigen Strecken unterscheiden sich die Mediane der Unfalldichten nur geringfügig voneinander, die Streuung der Unfalldichte ist bei zweistreifigen Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h jedoch größer. Mehrstreifige Strecken weisen eine höhere Unfalldichte auf als die anderen Strecken.

Die Bandbreite der Unfallraten (bezogen auf die Radverkehrsfahrleistung) der Streckenabschnitte ist in Bild 3-41 abgebildet. Diese zeigen, abgesehen von starken Ausreißern in jeder Gruppe, ein einheitliches Bild. Teilweise sehr hohe Unfallraten zeigen sich jedoch vor allem bei einzelnen zweistreifigen Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Nennenswerte Unterschiede bezüglich der Streckenmerkmale zulässige Höchstgeschwindigkeit und Anzahl der Fahrstreifen sind nicht erkennbar. Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h sind im Kollektiv seltener vertreten. Demzufolge ist auch das Unfallkollektiv dieser Strecken kleiner.

<sup>16</sup> Diese bildet letztendlich auch die Mehrstreifigkeit mit ab.

Typ	Stellen	U(P)	U(SS)	U <sub>Rf</sub> (P)	U <sub>Rf</sub> (SS)
2-oP 30	1	6		4	
2-oP 50	8	146	10	75	1
2-eP 30	7	27	10	9	
2-eP 50	19	191	28	67	1
2-zP 30	10	105	19	48	
2-zP 50	69	831	131	336	2
M-oP	3	27	2	10	
M-mP	32	966	93	374	2
<b>Gesamt</b>	<b>149</b>	<b>2299</b>	<b>293</b>	<b>923</b>	<b>6</b>

Tab. 3-4: Anzahl der Unfälle der Untersuchungsstrecken je Streckentyp

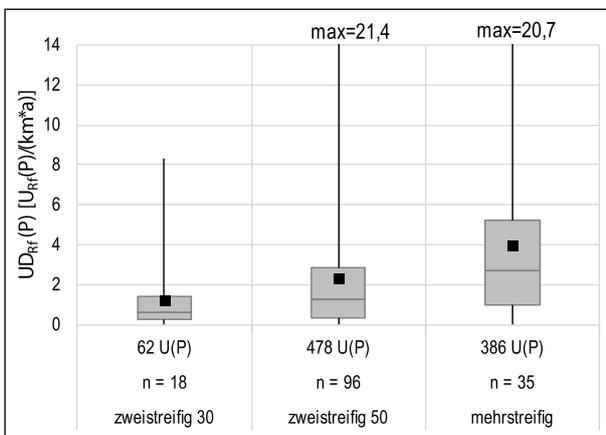


Bild 3-40: Bandbreite der Unfalldichte von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten je Streckentyp

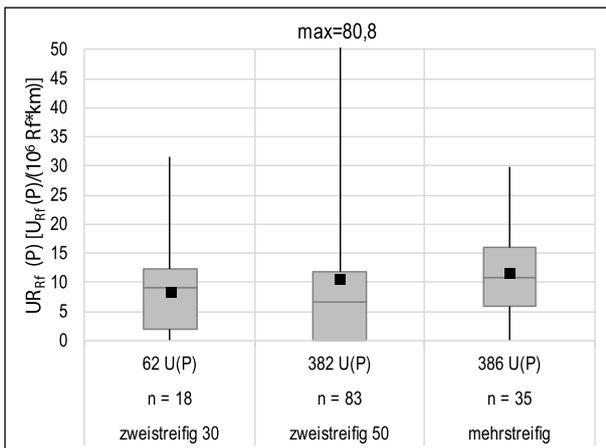


Bild 3-41: Bandbreite der Unfallrate von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten

Die Unfallkostendichte berücksichtigt die Unfallschwere der Radverkehrsunfälle. Die Unterschiede der zweistreifigen Fahrbahnen sind gering. Es besteht jedoch eine Tendenz zu schwereren Unfällen auf mehrstreifigen Strecken mit angrenzenden Parken.

Die Unfallkostenrate bezieht sich wiederum auf die Radverkehrsfahrleistung der jeweiligen Strecken-

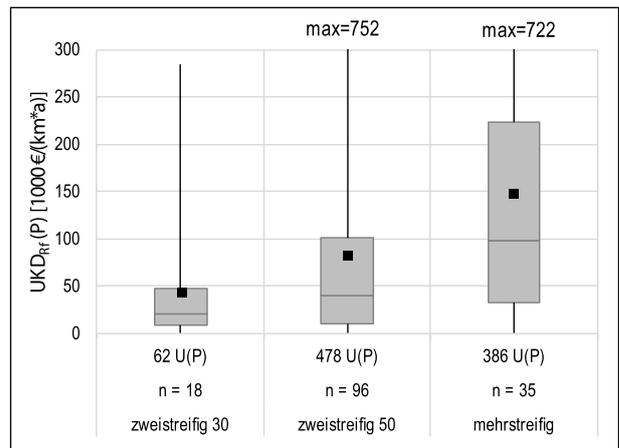


Bild 3-42: Bandbreite der Unfallkostendichte von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten je Streckentyp

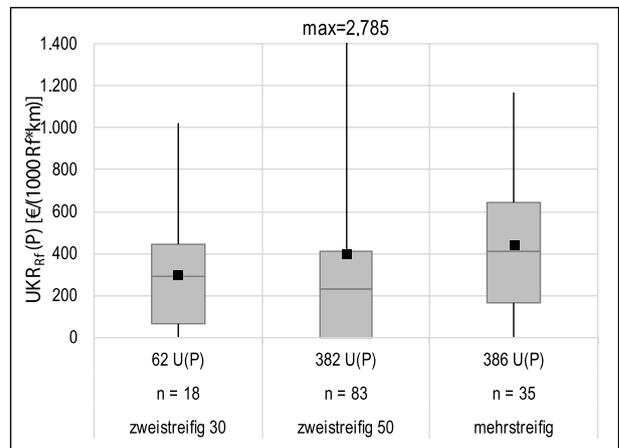


Bild 3-43: Bandbreite der Unfallkostenrate von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten je Streckentyp

abschnitte und ist in Bild 3-43 dargestellt. Im Vergleich mit der Unfallrate zeigen sich nur leichte Auffälligkeiten bezüglich der Unfallschwere je nach Streckentyp. Starke Ausreißer nach oben finden sich bei zweistreifigen Strecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Letztendlich verändert sich das Bild im Vergleich zur Unfallrate nur geringfügig.

Für die weiteren Analysen wird als Kenngröße die Unfallkostenrate verwendet, da diese sowohl die Unfallschwere, das Radverkehrsaufkommen als auch die Streckenlänge der einzelnen Streckenabschnitte berücksichtigt.

Die Anteile der Unfälle mit schwerem Personenschaden an den mittleren Unfallkostenraten sind in Bild 3-44 dargestellt. An Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h (zweistreifig und mehrstreifig) ist der Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden leicht höher als an Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h.

Je nach Streckentyp ereigneten sich unterschiedlich viele Unfälle der einzelnen Unfalltypen. Bild 3-45 zeigt die mittleren Anteile der Unfalltypen an den Unfallkostenraten je nach Streckentyp. Insgesamt zeigt sich ein vergleichsweise heterogenes Bild mit folgenden Auffälligkeiten:

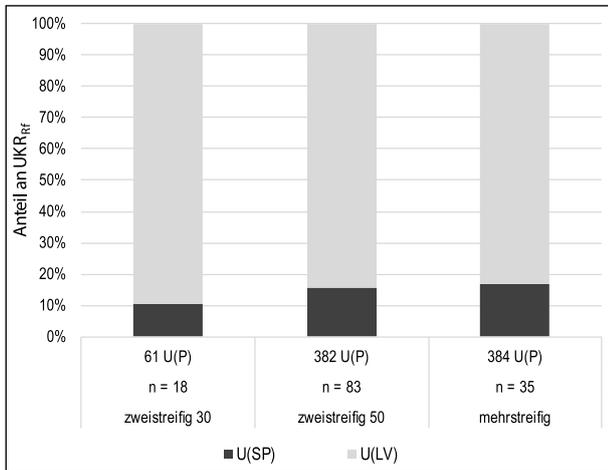


Bild 3-44: Anteile der Unfälle mit schwerem und leichtem Personenschaden an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp für Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung

samt zeigt sich ein vergleichsweise heterogenes Bild mit folgenden Auffälligkeiten:

- Mehrstreifige Querschnitte weisen anteilmäßig mehr Kosten für Längsverkehrsunfälle (ohne Parken) und mehr Unfallkosten für Unfälle mit ruhendem Verkehr (mit Parken) auf.
- Zweistreifige Querschnitte mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h und einseitigem Parken weisen einen hohen Anteil an Fahrnfällen auf.
- Zweistreifige Querschnitte mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 und 50 km/h weisen im Vergleich mit mehrstreifigen Querschnitten sehr hohe Anteile an Einbiegen-Kreuzen-Unfällen auf.

Hauptunfallgegner von Radfahrenden sind auf Streckenabschnitten mit Mischverkehr Pkw-Fahrende (siehe Bild 3-46). Ergänzend zeigen sich folgende Auffälligkeiten:

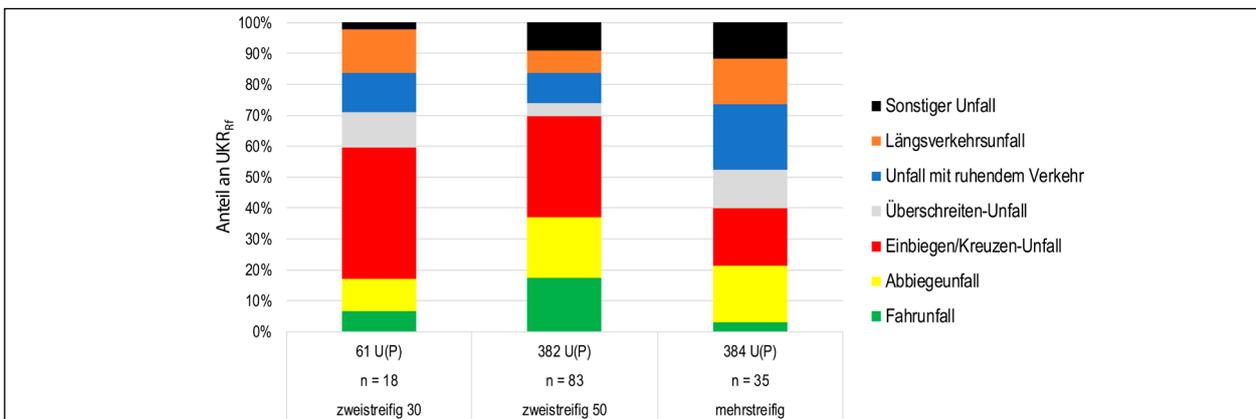


Bild 3-45: Anteile der Unfalltypen an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp für Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung

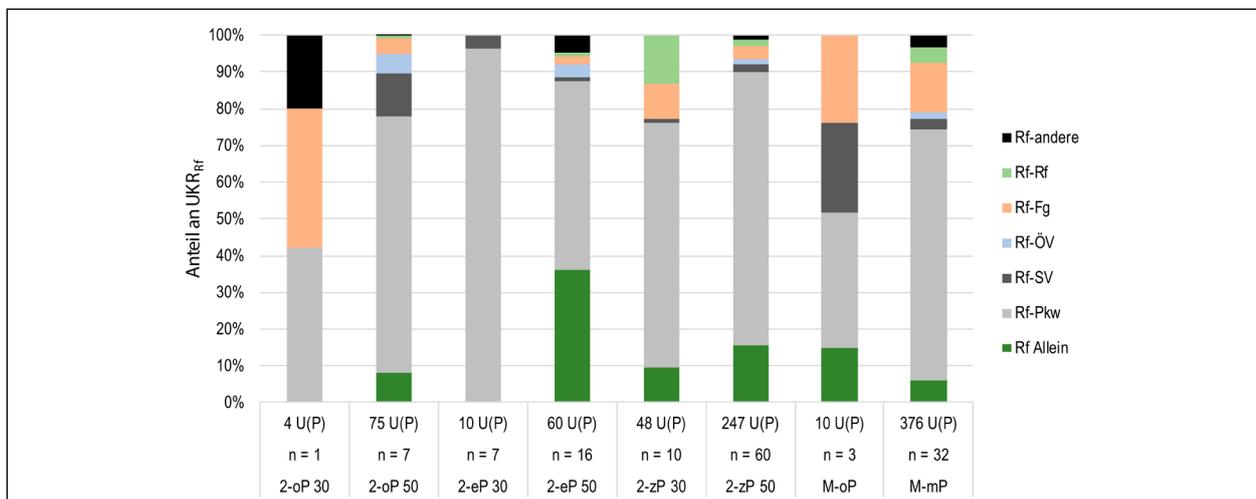


Bild 3-46: Anteile der Beteiligtenkonstellationen an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp für Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung

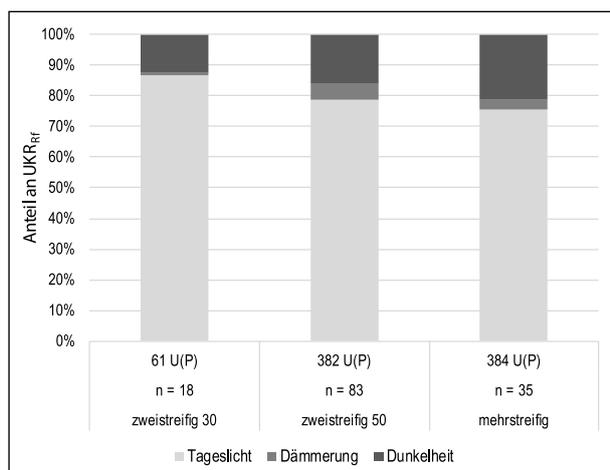


Bild 3-47: Anteile der Lichtverhältnisse an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp

- Die Anteile von Zufussgehenden als Unfallgegner variieren zwischen 0 und ca. über 20 %. Eine Auffälligkeit bei einem bestimmten Streckentyp ist unter Berücksichtigung der Stichprobe nicht erkennbar.
- Es deutet sich an, dass der Schwerverkehr im Unfallgeschehen eher an schneller befahrenen Querschnitten ( $V_{zul} = 50 \text{ km/h}$ ) ohne Parken (also 2-oP 50 und M-oP) auftritt.
- Der erhöhte Anteil der Alleinunfälle bei zweistreifigen Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h spiegelt das Ergebnis zu dem erhöhten Anteil der Fahrnunfälle (sind meist Alleinunfälle) im Bild 3-46 wider. Zu diesen Abschnitten gehören auch die Strecken mit straßenbündigen Gleisen, an denen sich vermehrt Fahrnunfälle ereignen.

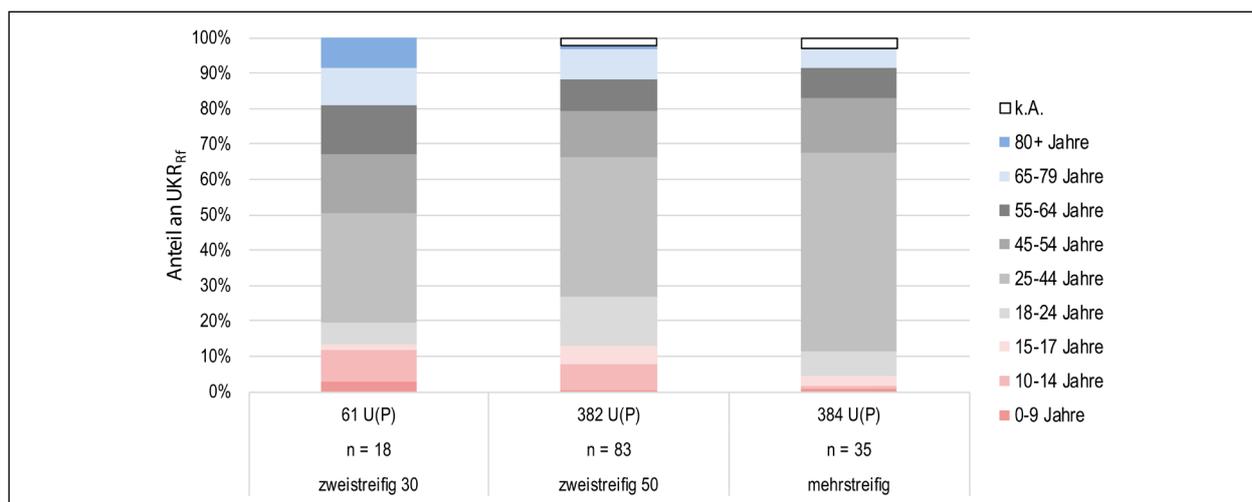


Bild 3-48: Anteile der Altersgruppen beteiligter Radfahrender an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp

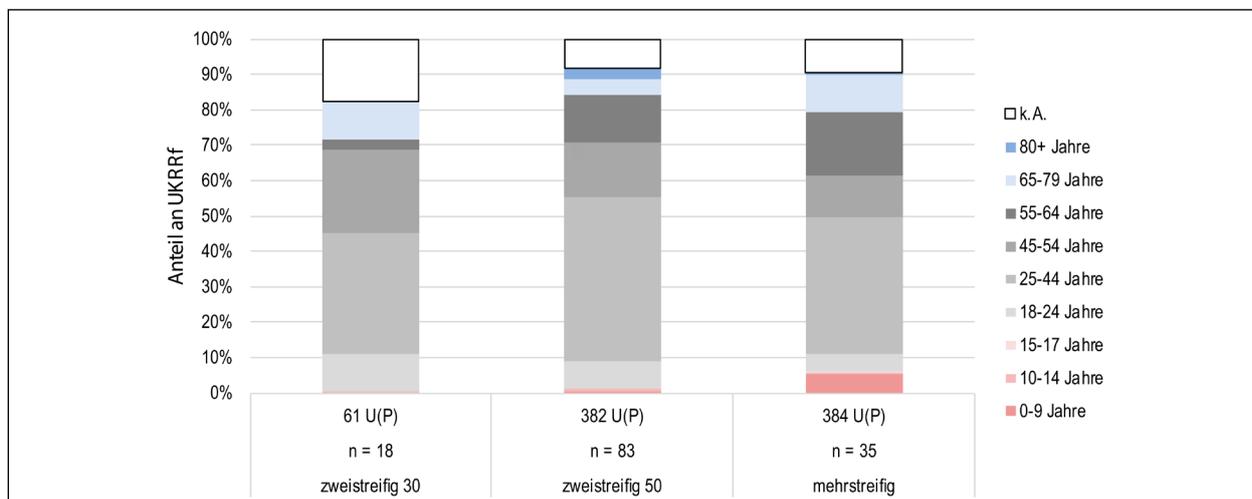


Bild 3-49: Anteile der Altersgruppen beteiligter Unfallgegner an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp

Unfälle bei Dämmerung/Dunkelheit sind leicht auffälliger auf Streckenabschnitten mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h (siehe Bild 3-47).

Die Anteile der Altersgruppen an der mittleren Unfallkostenrate werden getrennt nach beteiligten Radfahrenden (Bild 3-48) und deren Unfallgegnern (Bild 3-49) ausgewertet. Der Anteil der beteiligten Radfahrenden, deren Alter nicht bekannt ist, ist deutlich geringer als der der Unfallgegner. Radfahrende Kinder bis 9 Jahre und ältere Radfahrende waren vermehrt bei Unfällen auf zweistreifigen Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h beteiligt. Hier wird vermutet, dass – vor allem – Kinder weniger häufig an mehrstreifigen Straßen im Mischverkehr mit dem Fahrrad unterwegs sind. Ansonsten lassen sich kaum Erkenntnisse aus den Bildern ableiten.

### 3.4.2 Annäherungsbereiche

An einige Untersuchungsstrecken grenzen Hauptverkehrsknotenpunkte an. Die Annäherungsbereiche der Hauptverkehrsknotenpunkte sind nicht Teil der Untersuchungsstrecken, sondern werden separat analysiert. Das abgrenzbare Unfallgeschehen dieser Annäherungsbereiche ist in Tabelle 3-5 dargestellt. Es zeigt sich, dass 71,2 % (148) der Annäherungsbereiche keine Unfälle mit Radverkehrsbeziehung aufweisen. Von insgesamt 336 Unfällen der Kategorien 1 bis 4 ereigneten sich 142 Unfälle mit Beteiligung von Radfahrenden und hatten einen Personenschaden zur Folge. Bei diesen Unfällen wurden 12 Personen schwer und 138 Personen leicht verletzt.

In den folgenden Bildern werden die Streckentypen analog zur Auswertung der Streckenabschnitte nur noch in drei Gruppen unterteilt: zweistreifig 30 (zweistreifige Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h), zweistreifig 50 (zweistreifige Fahrbahnen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h) und mehrstreifig (Fahrbahnen mit mehr als zwei Fahrstreifen). Die Unfalldichte der Anschlussbereiche (siehe Bild 3-50) sind im Mittel niedriger als die der Streckenabschnitte. Die Abweichungen nach oben fallen für die Streckentypen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h jedoch stärker aus. Das ist aber auch eine Folge der tendenziell sehr kurzen Länge der Annäherungsabschnitte.

Die Bandbreiten der Unfallraten (bezogen auf die Radverkehrsfahrleistung) der Annäherungsberei-

Typ	AB HVKP	U(P)	U(SS)	URr(P)	URr(SS)
2-oP 30	1				
2-oP 50	9	21	2	17	
2-eP 30	7	11	1	4	
2-eP 50	22	22	5	10	
2-zP 30	14	3	1	1	
2-zP 50	90	82	5	36	
M-oP	5	3	2	1	
M-mP	60	172	6	73	
<b>Gesamt</b>	<b>208</b>	<b>314</b>	<b>22</b>	<b>142</b>	<b>0</b>

Tab. 3-5: Anzahl der Unfälle der Annäherungsbereiche an Hauptverkehrsknotenpunkte je Streckentyp

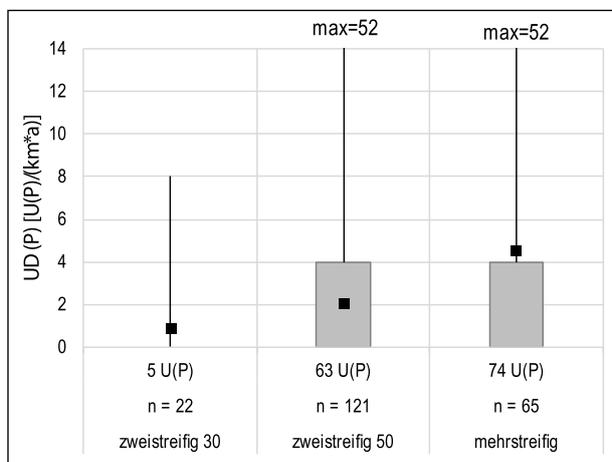


Bild 3-50: Bandbreite der Unfalldichte von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp

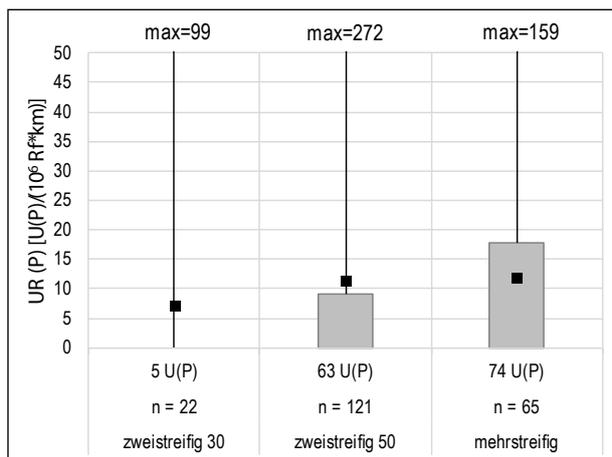


Bild 3-51: Bandbreite der Unfallrate von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp

che an HVKP sind in Bild 3-51 dargestellt. Im Mittel liegt die Unfallrate aufgrund der vielen Annäherungsbereiche ohne Radverkehrsunfälle allerdings auf einem niedrigeren Niveau als auf den Streckenabschnitten.

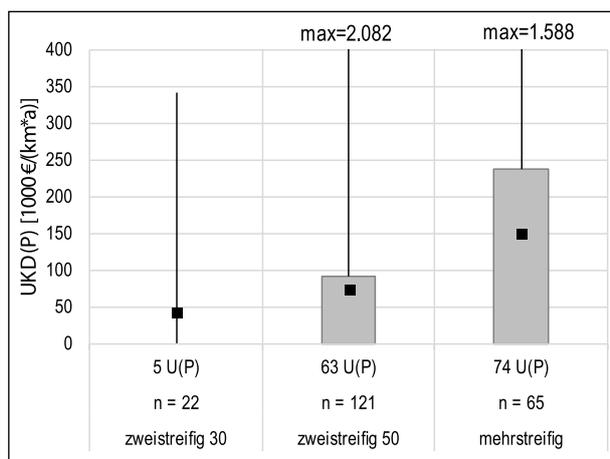


Bild 3-52: Bandbreite der Unfallkostendichte von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp

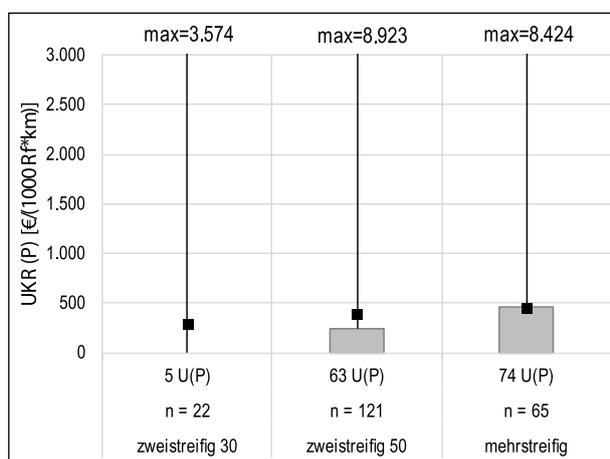


Bild 3-53: Bandbreite der Unfallkostenrate von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp

Auch bei der Betrachtung der Unfallschwere anhand der Unfallkostendichte der Annäherungsbereiche (siehe Bild 3-52) fallen einzelne unfallbelastete Annäherungsbereiche auf. Das Verhältnis der Unfallkostendichten zueinander entspricht jedoch dem der Unfalldichten zueinander, sodass keine Auffälligkeit in der Unfallschwere erkennbar ist.

Die Bandbreiten der Unfallkostenraten (bezogen auf die Radverkehrsleistung) der Annäherungsbereiche (siehe Bild 3-53) sind im Mittel ebenfalls niedriger als bei den Streckenabschnitten.

### 3.4.3 Multikriterielle Unfallanalyse

Für die multikriterielle Analyse basierend auf einer Betrachtung der Straßenquerschnitte (im Gegensatz zur getrennten Betrachtung der Straßenseiten bei der Analyse des Verkehrsaufkommens in Kapitel 3.3) wurden folgende abhängige Variablen untersucht:

- alle Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung
- Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung differenziert nach den sieben Unfalltypen

In Tabelle 3-6 ist ein Unfallmodell beschrieben, welches die Anzahl an Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung je Kilometer und Jahr beschreibt. Als Expositionsgrößen sind vorrangig die Radverkehrs- und Kraftfahrzeugstärken im Modell berücksichtigt. Auch die hochgerechnete Fußgängerverkehrsstärke wurde berücksichtigt, allerdings nicht als logarithmierter Term. Das bedeutet, dass (theoretisch) auch bei Fußverkehrsstärken von Null sich noch Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung (z. B. zwischen Kfz und Radfahrenden) ereignen können.

Mit steigender Rad- oder Kfz-Verkehrsstärke steigt die Unfallhäufigkeit an. Der Einfluss der Radverkehrsstärke ist aber stärker. Das bedeutet, eine Verdoppelung der Radverkehrsstärke führt zu einem größeren Anstieg der Unfallzahlen als eine Verdoppelung der Kfz-Verkehrsstärke. Unabhängig davon weisen beide einen hoch signifikanten Einfluss auf das Radverkehrsunfallgeschehen auf.

Im Gegenteil dazu hat das Aufkommen der Fußgänger im Längsverkehr nur einen schwach signifikanten Einfluss auf das gesamte Radverkehrsunfallgeschehen. Dies wird auch auf den anteilmäßig kleineren Anteil der Radverkehrsunfälle mit Fußgängerbeteiligung zurückgeführt. Da weiterhin Fuß- und Radverkehrsstärke auch in relevantem Maße miteinander korrelieren, ist dieses Ergebnis mit Vorsicht zu interpretieren.

Die Dichte der untergeordneten Knotenarme (Einmündung entspricht einem Knotenarm, Kreuzung entspricht zwei Knotenarmen) entlang des Strecken- bzw. Untersuchungsabschnitts kann ebenfalls als Expositionsgröße verstanden werden. Diese Kenngröße bildet stellvertretend die Anzahl potenzieller Konflikte durch einbiegende oder kreuzende Fahrzeuge aus der Nebenrichtung ab. Mit steigender Anzahl an untergeordneten Knotenarmen steigt auch die Unfallhäufigkeit je Kilometer bzw. die Unfalldichte. Der Zusammenhang weist eine mittlere Signifikanz auf.

Weitere Merkmale, deren Vorhandensein oder Anstieg ebenfalls mit einer höheren Unfalldichte im Zusammenhang stehen, weisen Einflüsse mit einer geringen Signifikanz auf. Hierzu gehören die mittlere

re Fahrstreifenbreiten, das Vorhandensein einer Straßenbahn im Mischverkehr sowie eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h<sup>17</sup>.

Bei größeren Fahrstreifenbreiten werden grundsätzlich höhere Geschwindigkeiten vermutet, was sich auch in den Unfallzahlen niederschlagen müsste. Aufgrund der Vielzahl an erklärenden Variablen reicht die Varianz bzw. die Stichprobengröße nicht mehr aus, um auch weitere Merkmale neben den Expositionsgrößen zu erklären. Inwiefern jetzt mittlere Fahrstreifenbreiten:

- tatsächlich auf eine Unfallgefahr z. B. aufgrund risikobehafteter Überholvorgänge hindeuten und nur die Stichprobe zu klein ist, um den Effekt entsprechend abzubilden, oder
- ob die Effektstärke tatsächlich eher gering ist und damit mittlere Fahrstreifenbreiten als eher unkritisch eingeschätzt werden können,

lässt sich auf Basis der Stichprobe nicht abschließend klären.

Straßenbahnen im Querschnitt bedeutet grundsätzlich – das ist aus zahlreichen anderen Studien bekannt (u. a. AURICH et al. 2015 oder AURICH 2012) – ein ungünstigeres Sicherheitsniveau. Dies wirkt sich hier – zumindest in Ansätzen – auch auf den Radverkehr aus.

Eine höhere zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h im Vergleich zu einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h erhöht die Unfalldichte um ca. 0,4 Unfälle je Kilometer und Jahr. Im Vergleich zu anderen Variablen liegt die Signifikanz (auf 0,05 Niveau) zwar im akzeptablen Bereich ist aber geringer (ähnliches gilt auch für die Fahrstreifenbreite und die Straßenbahn im Querschnitt). Hier muss vor allem der Auswahlfehler in der Stichprobe und die statistischen Randbedingungen, welche im Zusammenhang mit den mittleren Fahrstreifenbreiten diskutiert wurden, berücksichtigt werden. Wenn sich Hauptverkehrsstraßen nicht „im unmittelbaren Bereich ... von Kindergärten, Kindertagesstätten, allgemeinbildenden Schulen, Förderschulen, Alten- und Pflegeheimen oder Krankenhäusern“ befinden, kann eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h aktuell bei Begründung einer besonderen Gefahrenlage angeordnet werden. Damit besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass das Kollektiv der Abschnitte mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit

von 30 km/h tendenziell mehr Strecken mit einem im Vergleich zum Durchschnitt erhöhten bzw. auffälligen Unfallgeschehen im Vorherzeitraum enthalten. Dies könnte die Einflussstärke (Höhe Regressionskoeffizient) aber auch die Signifikanz der Variable der zulässigen Höchstgeschwindigkeit reduzieren (Einfluss ist ggf. höher). Damit ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit auch eine Art Stellvertreterkenngröße, hier indirekt dann für Straßen mit u. U. weiteren Sicherheitsdefiziten. Eine weitere (ggf. relevante) Einschränkung der Aussagefähigkeit der Ergebnisse bezüglich des Einflusses einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h resultiert u. U. aus dem kleineren Anteil der Strecken mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h am Gesamtkollektiv ( $n_{T30} = 22$ ).

Das Vorhandensein des ruhenden Verkehrs, aber auch die Anteile der Radfahrenden auf der Fahrbahn sowie der Anteil linksfahrender Radfahrender zeigten keinen signifikanten Zusammenhang mit der Unfallhäufigkeit der Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung. Beim ruhenden Verkehr wird die kleine Stichprobe von Abschnitten ohne parkende Fahrzeuge (12 von 149 untersuchten Abschnitten) als Grund für dieses Ergebnis vermutet.

Im zweiten Schritt wurden die Teilkollektive des Unfallgeschehens mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung differenziert nach den Unfalltypen untersucht.

Folgende Erkenntnisse lassen sich daraus ableiten:

- Fahrurfälle ( $n = 67$  U(P)) mit Radverkehrsbeteiligung weisen einen positiven Zusammenhang (Unfallhäufigkeit steigt mit ansteigender Merkmalsausprägung) mit der Radverkehrsstärke, dem Vorhandensein der Straßenbahn im Mischverkehr sowie einem eingeschränkten Zustand der Fahrbahnoberfläche (z. B. unebene Fahrbahn aufgrund von Flickstellen) auf. Die zuerst genannten Merkmale weisen eine hohe Signifikanz, der Fahrbahnzustand eine geringe Signifikanz auf. Der Einfluss der Straßenbahn im Querschnitt wird vor allem auf die Gleise in der Fahrbahn und daraus resultierenden Stürzen im Gleisbereich zurückgeführt. Dies resultiert in einer Erhöhung der Unfalldichte um ca. 1,5 Fahrurfälle mit Radverkehrsbeteiligung im Vergleich zu Strecken ohne Straßenbahnen im Mischverkehr. (Tabelle 3-7)

<sup>17</sup> Das bedeutet, eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h ist tendenziell mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ungünstiger als eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h für die Verkehrssicherheit des Mischverkehrs.

Unfälle mit Beteiligung Radfahrender	U(P) / (km*a)	
	Koeffizienten*	Standardfehler
Parameter		
Konstante	-8,203 ***	1,234
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	0,748 ***	0,069
Kraftfahrzeuge im Längsverkehr (logarithmiert) [Kfz/h]	0,478 ***	0,133
Fußgänger im Längsverkehr [Fg/h]	0,001 *	0,0004
Dichte untergeordnete Knotenarme [Zuf/km]	0,033 **	0,011
mittlere Fahrstreifenbreite [m]	0,465 *	0,194
Straßenbahn im Mischverkehr	0,379 *	0,157
vzul = 50 km/h	0,408 *	0,208
erklärte Varianz	90 % n <sub>Stellen</sub>	149
Anpassungs- güte**	Nullmodell	16,65 n <sub>Unfälle</sub>
	Modell	2,55

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \* p < ,05 \*\*p<,01 \*\*\*p <,001  
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-6: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

Fahrurfälle mit Beteiligung Radfahrender	U(P) / (km*a)	
	Koeffizienten*	Standardfehler
Parameter		
Konstante	-6,225 ***	1,001
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	0,817 ***	0,205
Straßenbahn im Mischverkehr [-]	1,482 ***	0,415
Zustand Fahrbahnoberfläche mit Einschränkungen [-]	0,888 *	0,422
erklärte Varianz	84% n <sub>Stellen</sub>	149
Anpassungs- güte**	Nullmodell	3,74 n <sub>Unfälle</sub>
	Modell	1,45

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \* p < ,05 \*\*p<,01 \*\*\*p <,001  
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-7: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Fahrurfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

- Abbiege-Unfälle (n = 139 U(P)) weisen (nur) einen positiven Zusammenhang mit den Rad- und Kfz-Verkehrsstärken des Streckenabschnitts auf. Dabei liegen die Regressionskoeffizienten der Radverkehrsstärke (hohe Signifikanz) leicht niedriger und die Kfz-Verkehrsstärken (mittlere Signifikanz) leicht höher im Vergleich zum Unfallmodell aller Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung.

Abbiege-Unfälle mit Beteiligung Radfahrender	U(P) / (km*a)	
	Koeffizienten*	Standardfehler
Parameter		
Konstante	-7,432 ***	1,308
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	0,669 ***	0,104
Kraftfahrzeuge im Querschnitt (logarithmiert) [Kfz/h]	0,520 **	0,202
erklärte Varianz	68 % n <sub>Stellen</sub>	149
Anpassungs- güte**	Nullmodell	1,95 n <sub>Unfälle</sub>
	Modell	1,31

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \* p < ,05 \*\*p<,01 \*\*\*p <,001  
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-8: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Abbiege-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit Beteiligung Radfahrender	U(P) / (km*a)	
	Koeffizienten*	Standardfehler
Parameter		
Konstante	8,173 ***	1,285
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	0,461 ***	0,095
Kraftfahrzeuge im Querschnitt (logarithmiert) [Kfz/h]	0,543 **	0,186
Dichte untergeordnete Knotenarme [Zuf/km]	0,080 ***	0,018
Dichte signalisierter Knotenpunkte [AKsig/km]	-0,140 **	0,051
mittlere Gehwegbreite [m]	0,453 **	0,141
erklärte Varianz	82 % n <sub>Stellen</sub>	149
Anpassungs- güte**	Nullmodell	3,16 n <sub>Unfälle</sub>
	Modell	1,39

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \* p < ,05 \*\*p<,01 \*\*\*p <,001  
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-9: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

gung. Somit ist hier der Einfluss des Kfz-Verkehrs als höher im Vergleich zu anderen Unfalltypen zu interpretieren. (Tabelle 3-8)

- Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle (n = 223 U(P)) weisen einen positiven Zusammenhang mit der Rad- und Kfz-Verkehrsstärke, der Dichte untergeordneter Knotenarme und der mittleren Gehwegbreite auf. Einzig die Radverkehrsstärke und die Dichte untergeordneter Knotenarme weisen eine hohe Signifikanz auf. Im Vergleich zu den Abbiege-Unfällen sind die Regressionskoeffizienten

AB/EK-Unfälle mit Beteiligung Radfahrender	U(P) / (km*a)	
Parameter	Koeffizienten*	Standardfehler
Konstante	-8,197 ***	1,146
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	0,601 ***	0,075
Kraftfahrzeuge im Querschnitt (logarithmiert) [Kfz/h]	0,572 ***	0,158
Dichte untergeordnete Knotenarme [Zuf/km]	0,061 ***	0,015
Dichte signalisierter Knotenpunkte [AKsig/km]	-0,120 **	0,041
$v_{zul} = 50$ km/h	0,506 *	0,250
erklärte Varianz	76% $n_{Stellen}$	149
Anpassungs- Nullmodell	3,86 $n_{Unfälle}$	362
güte** Modell	1,69	

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \*  $p < ,05$  \*\* $p < ,01$  \*\*\* $p < ,001$   
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-10: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Einbiegen-/Kreuzen- und Abbiege-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

Überschreiten-Unfälle mit RF- Beteiligung	U(P) / (km*a)	
Parameter	Koeffizienten*	Standardfehler
Konstante	-6,253 ***	0,963
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	0,799 ***	0,207
Fußgänger im Längsverkehr [Fg/h]	0,002 *	0,001
Straßenbahn vorhanden	0,867 *	0,391
erklärte Varianz	88% $n_{Stellen}$	149
Anpassungs- Nullmodell	3,29 $n_{Unfälle}$	52
güte** Modell	1,27	

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \*  $p < ,05$  \*\* $p < ,01$  \*\*\* $p < ,001$   
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-11: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Überschreiten-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

enten der Expositionsgrößen geringer. Hier ist der Einfluss der zufahrenden Kfz von höherer Relevanz und wird stellvertretend über die Dichte der untergeordneten Knotenarme beschrieben. Die Dichte signalisierter Knotenpunkte verbessert die Sicherheit für die auf der Fahrbahn fahrende Radfahrende gegenüber einbiegenden Kfz. Der Zusammenhang mit der mittleren Geh-

Unfälle im ruhenden Verkehr mit Beteiligung Radfahr.	U(P) / (km*a)	
Parameter	Koeffizienten*	Standardfehler
Konstante	-13,805 ***	1,586
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	1,047 ***	0,122
Kfz im Querschnitt (logarithmiert) [Kfz/h]	0,749 ***	0,199
Anteil Radfahrende auf der Fahrbahn [-]	3,925 ***	0,898
erklärte Varianz	90% $n_{Stellen}$	149
Anpassungs- Nullmodell	10,43 $n_{Unfälle}$	235
güte** Modell	1,91	

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
 \*  $p < ,05$  \*\* $p < ,01$  \*\*\* $p < ,001$   
 Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
 \*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-12: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Unfälle mit ruhendem Verkehr und mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

wegbreite kann kausal bisher noch nicht erklärt werden. (Tabelle 3-9)

- Für eine kombinierte Betrachtung von typischen Knotenpunktunfälle wurden Abbiege- sowie Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle ( $n = 362$  U(P)) in einem Modell kombiniert. Hier werden sich – aufgrund der größeren Stichprobe – stabilere Ergebnisse für das Knotenpunktunfallgeschehen erwartet<sup>18</sup>. Es bilden sich letztendlich die Ergebnisse der beiden Teilmodelle ab. Zusätzlich ergibt sich auch die zulässige Höchstgeschwindigkeit als signifikante Variable, damit wird klar, woher dieser Zusammenhang stammt bzw. dass vor allem Kreuzungskonflikte von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit betroffen sind. (Tabelle 3-10)
- Überschreiten-Unfälle ( $n = 52$  U(P)) weisen einen hoch signifikanten Zusammenhang mit der Radverkehrsstärke sowie nur gering signifikante Zusammenhänge mit der Fußverkehrsstärke sowie dem Vorhandensein einer Straßenbahn auf. Die Straßenbahn wird hier als Stellvertretergröße für ein erhöhtes Aufkommen der Fußgänger im Querverkehr interpretiert. Überraschenderweise zeigt auch hier das Vorhandensein des ruhenden Verkehrs keinen signifikanten Einfluss. (Tabelle 3-11)
- Unfälle mit ruhendem Verkehr ( $n = 235$  U(P)) stehen in einem hoch signifikanten und positiven Zusammenhang mit der Rad- und Kfz-Verkehrs-

<sup>18</sup> Stichprobengröße wirkt sich direkt auf die gerechneten Signifikanzniveaus der Modellergebnisse aus.

stärke sowie dem Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn. Die Regressionskoeffizienten der beiden signifikanten Verkehrsstärken liegen oberhalb der Werte aus dem Gesamtmodell sowie der Modelle anderer Unfalltypen. In Bezug auf eine hohe Akzeptanz der Fahrbahnführung sind parkende Fahrzeuge am Straßenrand ungünstig für die Verkehrssicherheit, dies ist auch von erhöhter Relevanz, da die Unfälle mit ruhendem Verkehr das größte Unfallkollektiv aller Unfalltypen darstellen. (Tabelle 3-12)

- Unfälle im Längsverkehr ( $n = 130$  U(P)) weisen einen, hoch signifikanten und positiven Zusammenhang (leicht progressiver Anstieg) mit der Radverkehrsstärke sowie einen nur schwach signifikanten Zusammenhang mit der Kfz-Verkehrsstärke auf. Ersteres deutet darauf hin, dass Unfälle im Längsverkehr mit Radverkehrsbeteiligung häufiger die Konstellation Radfahrende vs. Radfahrende aufweisen. Ein Zusammenhang mit der Fahrbahnbreite konnte nicht festgestellt bzw. nachgewiesen werden. (Tabelle 3-13)
- Sonstige Unfälle ( $n = 77$  U(P)) weisen einen positiven, (nahezu) linearen und hoch signifikanten Zusammenhang mit der Radverkehrsstärke auf. Die Fußverkehrsstärke ist schwach signifikant und das Vorhandensein einer Straßenbahn ist von mittlerer Signifikanz. (Tabelle 3-14)

### 3.4.4 Einzelstellenanalyse

Zusammenfassend lagen der Einzelstellenanalyse 336 Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung (keine Getöteten, 42 Schwerverletzte, 323 Leichtverletzte) zugrunde. Diese verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Netzelemente:

- 149  $U_{RF}(P)^{19}$  an Anschlussknotenpunkten (AKP)
- 162  $U_{RF}(P)^{20}$  an Abschnitten der freien Strecken (inklusive Grundstückszufahrten)
- 25  $U_{RF}(P)^{21}$  innerhalb von Annäherungsbereich von Hauptverkehrsknotenpunkten (HVKP)

Bild 3-54 (Anschlussknotenpunkte), Bild 3-55 (Abschnitte der freien Strecke) und Bild 3-56 (Annäherungsbereiche von HVKP) zeigen die typischen Unfallkonstellationen differenziert nach den genannten Netzelementen. Als typisch wurden jene Unfallty-

<sup>19</sup> Keine Getöteten, 16 Schwerverletzte, 138 Leichtverletzte

<sup>20</sup> Keine Getöteten, 22 Schwerverletzte, 158 Leichtverletzte

<sup>21</sup> Keine Getöteten, 4 Schwerverletzte, 27 Leichtverletzte

Längsverkehrs-Unfälle mit Beteiligung Radfahrender		U(P) / (km*a)	
Parameter	Koeffizienten*	Standardfehler	
Konstante	-9,971 ***	1,572	
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	1,116 ***	0,131	
Kfz im Querschnitt (logarithmiert) [Kfz/h]	0,545 *	0,231	
erklärte Varianz	94 % $n_{Stellen}$	149	
Anpassungs- güte**	Nullmodell	5,67 $n_{Unfälle}$	130
	Modell	1,29	

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
\*  $p < ,05$  \*\* $p < ,01$  \*\*\* $p < ,001$   
Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
\*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-13: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Längsverkehr-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

Sonstige Unfälle mit RF- Beteiligung		U(P) / (km*a)	
Parameter	Koeffizienten*	Standardfehler	
Konstante	-7,013 ***	1,135	
Radfahrende im Querschnitt (logarithmiert) [RF/h]	1,075 ***	0,194	
Fußgänger im Längsverkehr [Fg/h]	0,001 *	0,179	
Straßenbahn im Mischverkehr [-]	0,704 **	0,556	
erklärte Varianz	50 % $n_{Stellen}$	149	
Anpassungs- güte**	Nullmodell	2,19 $n_{Unfälle}$	77
	Modell	1,59	

\* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung  
\*  $p < ,05$  \*\* $p < ,01$  \*\*\* $p < ,001$   
Länge und Zeitraum (5a) sind als Offsetgrößen im Modell enthalten  
\*\* Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Tab. 3-14: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Sonstigen Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen

pen bewertet, die mindestens zweimal je Streckentyp und Netzelement registriert wurden.

Die Betrachtung der typischen Unfallkonstellationen an Anschlussknotenpunkten im Zuge von Straßen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr (Bild 3-54) zeigt, dass

- bei den Streckentypen 2-oP 30 und 50, 2-eP 30 sowie M-oP, welche auch längenmäßig am geringsten vertreten sind, keine Unfallkonstellation mehr als einmal registriert wurde.

Streckentyp	Unfallkonstellationen - Anschlussknotenpunkte											
2-oP 30 2 U(P)												
2-oP 50 7 U(P)												
2-eP 30 1 U(P)												
2-eP 50 17 U(P)		Typ 351*  3 U(P)	Typ 141  (1 x Gleise) 2 U(P)	Typ 353*  2 U(P)								
2-zP 30 25 U(P)		Typ 321  5 U(P)	Typ 211  3 U(P)	Typ 301  3 U(P)	Typ 301  2 U(P)							
2-zP 50 55 U(P)		Typ 211  (2 x LSA) 7 U(P)	Typ 301  4 U(P)	Typ 232  (1 x LSA) 3 U(P)	Typ 321  (1 x LSA) 3 U(P)	Typ 799  3 U(P)	Typ 302  2 U(P)	Typ 303  2 U(P)	Typ 309  2 U(P)	Typ 399  RF Bet 01 2 U(P)	Typ 399  RF Bet 02 2 U(P)	Typ 581  2 U(P)
M-oP 2 U(P)												
M-mP 40 U(P)		Typ 232  (1 x LSA) 3 U(P)	Typ 301  3 U(P)	Typ 581  (1 x LSA) 3 U(P)	Typ 211  2 U(P)	Typ 301  2 U(P)	Typ 321  (1 x LSA) 2 U(P)	Typ 372  (2 x LSA) 2 U(P)				

\* Die Unfälle der Typen 351 und 353 innerhalb des Querschnitts 2-eP 50 sind alle innerhalb eines Knotenpunktes registriert worden.

Bild 3-54: Typische Unfallkonstellationen innerhalb von Anschlussknotenpunkten im Zuge von Straßen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr

- bei den zweistreifigen Abschnitten mit einseitig ruhendem Verkehr und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h (2-eP 50) vor allem Einbiegen-Kreuzen-Unfälle an Knotenpunkten mit abknickender Vorfahrt registriert wurden, welche allerdings alle an einem Knotenpunkt auftraten.
  - sich die Struktur der Unfälle an den Streckentypen 2-zP mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h oder 50 km/h mit Ausnahme des Typs 232 (nur bei 2-zP 50) kaum unterscheidet – so wurden vor allem Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (Typ 301-309; Bevorrechtigtes Fahrzeug von links, wobei Radfahrende sowohl als Versursachende als auch als weitere Beteiligte betroffen sind) sowie Unfälle zwischen Linksabbiegenden und Gegenverkehr (Typ 211; hier Radfahrende immer als weitere Beteiligte) registriert (die Unfälle vom Typ 321 beim Streckentyp 2-zP 30 sind vor allem auf einen Knotenpunkt in Frankfurt zurückzuführen).
  - die Unterschiede des Typs 232 (wurden nur auf 2-zP 50 registriert) darauf zurückgeführt werden können, dass bei einer zulässigen Geschwindigkeit von 30 km/h Radfahrende seltener überholt werden/öfter hintereinander gefahren wird.
  - die Struktur bei den mehrstreifigen Strecken mit ruhendem Verkehr (M-mP) im Vergleich zu den zweistreifigen Strecken kaum Unterschiede aufweist – so ist neben den Einbiegen/Kreuzen-Unfällen 301 (Radfahrende sowohl als Verursachende als auch als weitere Beteiligte) und 321 (Radfahrende als weitere Beteiligte) vor allem der Typ 232 auffällig: Dies kann auch hier darauf zurückgeführt werden, dass auf mehrstreifigen Strecken Radfahrende einfach überholt werden können, sodass ein Hintereinanderfahren selten vorkommt. Durchaus seltener als bei den zweistreifigen Abschnitten wurden bei den mehrstreifigen Querschnitten Unfälle der Konstellation Linksabbiegende/entgegenkommende Radfahrende registriert, dafür wurden hier öfter Unfälle vom Typ 372 (Radfahrende queren) registriert.
  - an mehrstreifigen Abschnitten zudem sog. Doo-ring-Unfälle (Typ 581) auftreten.
- Auf den Abschnitten der freien Strecke (Bild 3-55) wurden für die Streckentypen 2-oP 30 und 50 sowie 2-eP 30 auch im Bereich der Anschlussknotenpunk-

Streckentyp	Unfallkonstellationen - Abschnitte der freien Strecke
2-oP 30 2 U(P) 0,4 km	
2-oP 50 2 U(P) 1,3 km	
2-eP 30 7 U(P) 2,1 km	
2-eP 50 25 U(P) 2,3 km	Typ 141 (5 x Gleise) 7 U(P) Typ 371 (1 x Grzufahrt) 3 U(P) Typ 651 3 U(P) Typ 799 2 U(P)
2-zP 30 15 U(P) 2,6 km	Typ 581 5 U(P) Typ 571 2 U(P)
2-zP 50 44 U(P) 6,2 km	Typ 581 11 U(P) Typ 141 (2 x Gleise) 4 U(P) Typ 501 3 U(P) Typ 202 2 U(P) Typ 342 (2 x Grzufahrt) (2 x Gehweg) 2 U(P) Typ 371 (2 x Grzufahrt) 2 U(P) Typ 373 2 U(P) Typ 601 (1 x Gehweg) 2 U(P)
M-oP 8 U(P) 1,4 km	Typ 141 2 U(P)
M-mP 59 U(P) 2,8 km	Typ 581 19 U(P) Typ 141 (2 x Gleise) 4 U(P) Typ 371 4 U(P) Typ 651 4 U(P) Typ 421 3 U(P) Typ 371 2 U(P) Typ 501 2 U(P) Typ 542 2 U(P)

Bild 3-55: Typische Unfallkonstellationen auf Abschnitten der freien Strecke mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr

te keine typischen Unfallkonstellationen erkannt. Darüber hinaus zeigt sich, dass

- über alle Streckentypen mit beidseitig ruhendem Verkehr (2-zP 30 und 50; M-mP) Unfälle durch ruhenden Verkehr (Typ 581, 501, 571, 542) vor allem aber sog. Dooring-Unfälle (Typ 581) sehr häufig registriert wurden (auf etwa 20 % der Strecken befinden sich überfahrbare Gleise (4,1 km von 20,6 km)).
- über nahezu alle Streckentypen Fahrnrunfälle (Typ 141), vor allem bei Vorhandensein von Straßenbahngleisen, registriert wurden.
- innerhalb der Streckentypen 2-eP 50, 2-zP 50 und M-mP (bis auf eine Ausnahme alle Abschnitte mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h) der Unfalltyp 371 (Radfahrende queren) als typische Unfallkonstellation identifiziert werden konnte.
- innerhalb der Streckentypen 2-eP 50 und M-mP zudem der Unfalltyp 651 (Kollision beim Überholen von Radfahrenden) häufig registriert wurde.
- Gehwegnutzungen von Radfahrenden bei Einbiege-Unfällen an Grundstückszufahrten sowie

bei Kollisionen mit Zufußgehenden beim Streckentyp 2-zP 50 registriert wurden.

- über alle Streckentypen keine deutlich strukturellen Unterschiede festzustellen sind.

Innerhalb der Annäherungsbereiche von Hauptverkehrsknotenpunkten (Bild 3-56) wurden über alle Streckentypen lediglich 29  $U_{Rf}(P)$  registriert. Dabei wurden Sonstige Unfälle (Typ 799 innerhalb von 2-eP 30), Auffahrunfälle (Typ 601 innerhalb von 2-eP 50) sowie Dooring-Unfälle (Typ 581 innerhalb von M-mP) dokumentiert.

Über alle Netzelemente ist zudem festzustellen, dass Unfälle mit (linksfahrenden) Radfahrenden auf dem Gehweg bei den typischen Unfallkonstellationen eher eine untergeordnete Rolle spielen (2 x Typ 342 beim Streckentyp 2-zP 50 im Zuge von Streckenabschnitten). Insgesamt wurde das Merkmal „Radfahrende auf Gehweg“ bei 18  $U_{Rf}(P)$  von 336  $U_{Rf}(P)$  registriert, wenngleich nicht für alle Städte Unfalltexte vorlagen, sodass dieses Merkmal nicht für alle Unfälle zu identifizieren war. Von diesen sind neun Unfälle den Abbiegeunfällen und Einbiegen/Kreuzen-Unfällen zugeordnet. An fünf dieser Unfälle (Unfalltyp 2 und 3) kann anhand der Unfalltexte

Streckentyp	Unfallkonstellationen - Annäherungsbereiche (HVKP)
2-oP 30 0 U(P) 0 km	
2-oP 50 3 U(P) 0,1 km	
2-eP 30 3 U(P) 0,1 km	Typ 799 2 U(P)
2-eP 50 3 U(P) 0,05 km	Typ 601 2 U(P)
2-eP 30 1 U(P) 0,05 km	
2-eP 50 9 U(P) 0,2 km	
M-oP 1 U(P) 0,05 km	
M-mP 9 U(P) 0,25 km	Typ 581 2 U(P)

Bild 3-56: Typische Unfallkonstellationen innerhalb von Annäherungsbereichen von Hauptverkehrsknotenpunkten im Zuge von Straßen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr

sicher bestimmt werden, dass es sich um linksfahrende Radfahrende gehandelt hat.

Unabhängig von Netzelement und Querschnittstypisierung wurden die folgenden fünf Unfallkonstellationen am häufigsten registriert:

- Typ 581 (45 U(P)): Doorung-Unfälle
- Typ 141 (25 U(P), davon 17 Alleinunfälle, 6 mit Radfahrenden als Verursachende sowie 2 mit Radfahrenden als weitere Beteiligte): Fahrnfall auf Gerade
- Typ 651 (22 U(P), davon 15 mit Radfahrenden als weitere Beteiligte, 4 mit Radfahrende als Verursachende, 2 zwischen Radfahrenden und Zufußgehenden sowie 1 zwischen Radfahrenden): Unfall beim Nebeneinander fahren
- Typ 211 (17 U(P), davon 16 mit Radfahrenden als weitere Beteiligte): Unfall zwischen Linksabbiegenden und entgegenkommenden Geradeausfahrenden
- Typ 321 (17 U(P), davon 11 mit Radfahrenden als weitere Beteiligte sowie 6 mit Radfahrenden

als Verursachende): Einbiegen/Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Fahrzeug von links

### 3.4.5 Vergleich mit anderen Führungsformen

Das Unfallgeschehen von Strecken mit Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Schutzstreifen zeigt innerhalb der verschiedenen Querschnittstypen nur wenig Unterschiede. Zur Einordnung des Unfallgeschehens wird daher ein zweistufiger Vergleich angesetzt: Zum einen wird das Unfallgeschehen des vorliegenden Untersuchungskollektivs mit dem gesamten Radverkehrsunfallgeschehen in Deutschland (anhand der amtlichen Unfallstatistik) verglichen. Zum anderen erfolgt ein Vergleich mit Ergebnissen zum Unfallgeschehen aus externen Untersuchungen, welche andere Radverkehrsführungsformen untersucht haben.

#### Amtliche Unfallstatistik

Für den Vergleich mit der amtlichen Unfallstatistik ist zu berücksichtigen, dass das Unfallkollektiv dort bundesweit Unfälle innerorts sowohl auf Strecken als auch an Anschlussknoten- und Hauptverkehrsknotenpunkten beinhaltet (vgl. Kapitel 4.2). Das Unfallgeschehen der in dieser Studie untersuchten Abschnitte beinhaltet nur das Unfallgeschehen auf Strecken und an Anschlussknotenpunkten. Dennoch lassen sich folgende Unterschiede erkennen:

- Unfälle mit ruhendem Verkehr treten im Untersuchungskollektiv häufiger im Vergleich zum gesamten Radverkehrsunfallgeschehen in Deutschland auf (siehe Bild-A 29).
- Der Anteil der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle ist im Untersuchungskollektiv geringer. Da sich diese Unfallsituation vorrangig an Anschlussknotenpunkten (ohne LSA-Regelung) und nicht an HVKP ereignen, ist auch hier eine Vergleichbarkeit mit dem gesamtdeutschen Radverkehrsunfallgeschehen gegeben.
- Fahrnfälle spielen bei der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Schutzstreifen eine geringere Rolle. Potenzielle Ursachen für diesen Unterschied sind u. a. häufiger auftretende (plötzliche) Verschwenkungen bei Radverkehrsanlagen oder der Wechsel zwischen unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen und -höhen, was auf Fahrbahnen seltener auftritt als bei Seitenraumführungen.
- Radverkehrsunfälle auf Strecken mit Radverkehr im Mischverkehr ohne Schutzstreifen ereig-

nen sich nur geringfügig häufiger bei Dunkelheit im Vergleich mit dem Radverkehrsunfallgeschehen in Deutschland (siehe Bild-A 30)

- Bei der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Schutzstreifen ereignen sich weniger Alleinunfälle (siehe Bild-A 31). Dies wird auch auf den niedrigeren Anteil der Fahrnfälle zurückgeführt. Der Anteil der Unfälle zwischen Radfahrenden und Pkw-Führenden ist hingegen höher, da im Untersuchungskollektiv keine Strecken mit Trennung der Verkehrsteilnehmenden (also Radfahrstreifen oder Radwege) enthalten sind.
- An Radverkehrsunfällen auf Strecken mit Radverkehr im Mischverkehr ohne Schutzstreifen ist der Anteil der als Radfahrenden beteiligten Kinder sowie Senioren (ab 65 Jahren) geringer (siehe Bild-A 32). Bei den beteiligten Unfallgegnern ist bei einem größeren Anteil der Unfälle das Alter der Unfallgegner nicht bekannt (siehe Bild-A 33).

### Andere Untersuchungen

Deutlich andere Unfallraten für Radverkehrsführungsformen zeigten sich in ALRUTZ et al. (2015). Im Vergleich mit diesen Ergebnissen weisen die Strecken mit Radverkehr im Mischverkehr ohne Schutzstreifen aus der vorliegenden Studie höhere Unfallraten auf:

- Für Strecken mit Radverkehr im Mischverkehr ohne Schutzstreifen wurde mit  $10,7 U_{Rf}(P)/(10^6 \text{ Rad*km})$  eine höhere Unfallrate im Vergleich zu  $8,3 U_{Rf}(P)/(10^6 \text{ Rad*km})$  von ALRUTZ et al. (2015) ermittelt.

- Auch für Strecken mit Radwegen ( $9,6 U_{Rf}(P)/(10^6 \text{ Rad*km})$ ), Radfahrstreifen ( $7,9 U_{Rf}(P)/(10^6 \text{ Rad*km})$ ) als auch Schutzstreifen ( $8,6 U_{Rf}(P)/(10^6 \text{ Rad*km})$ ) sind die Unfallraten niedriger im Vergleich zu den untersuchten Strecken der vorliegenden Untersuchung.

### 3.4.6 Fazit

Ein zentrales Ergebnis der Analysen ist, dass es kaum belastbare Unterschiede zwischen den Streckentypen gibt. Anteilsmäßige Unterschiede lassen sich zumindest nicht oder nur bedingt über die Streckentypen erklären.

Die häufigsten Unfallsituationen bei Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen auf der freien Strecke sind Unfälle mit ruhendem Verkehr und dabei vor allem die Dooring-Unfälle. Dies ist nachvollziehbar, hat sich aber in dem vorhergehenden Forschungsprojekt von OHM et al. 2015 nicht so angedeutet. Eine Vermutung und damit Hypothese für die folgenden Analysen ist, dass Radfahrende bei Mischverkehrsführungen in den hier untersuchten engeren Fahrbahnen mit (zu) geringen seitlichen Abständen an den parkenden Fahrzeugen vorbeifahren.

Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle aber auch Fahrnfälle weisen eine geringere Relevanz im Vergleich zum Gesamtunfallgeschehen mit Radverkehrsbeteiligung (also auch außerhalb von Mischverkehrsführungen) auf. Fahrnfälle stehen wenn, dann meist im Zusammenhang mit Straßenbahngleisen. Bei den Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen tauchen Radfahrer sowohl als wartepflichtige (einbiegen in übergeordnete Straße) als auch als bevorrechtigte Kon-

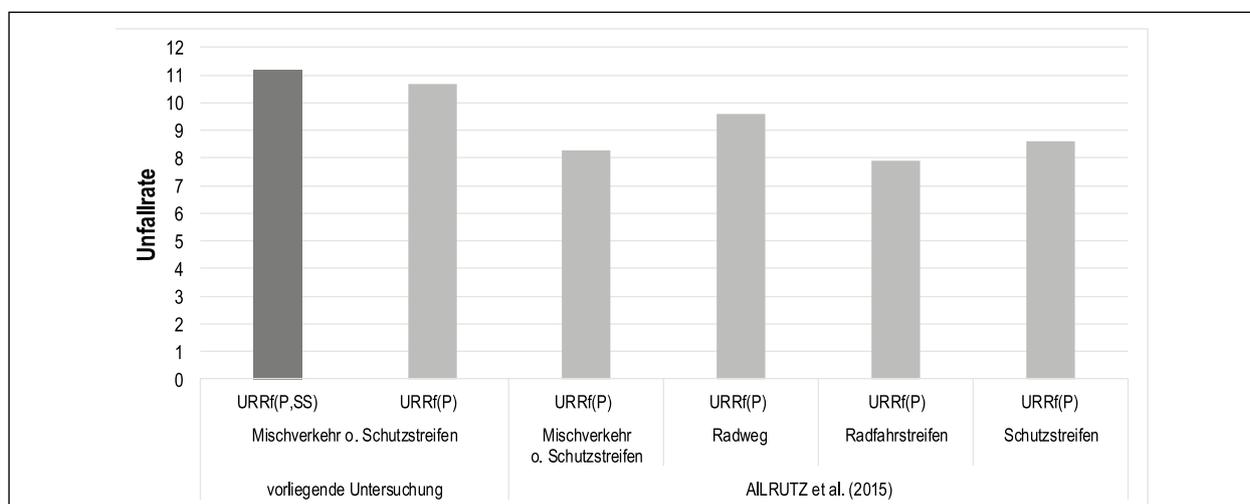


Bild 3-57: Vergleich der Unfallraten der vorliegenden Untersuchungen mit Ergebnissen externer Untersuchungen (ALRUTZ et al. (2009), ALRUTZ et al. (2015))

fliktgegner auf (Wartepflichtverletzung des anderen Verkehrsteilnehmers).

Die Akzeptanz der Fahrbahnführung als auch der Anteil der linksfahrenden Radfahrenden hat keinen nachweisbaren Effekt auf das reale Unfallgeschehen bei Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen. Im Hinblick auf eine hohe Gehwegnutzung ist dies im Vergleich mit den Erkenntnissen zu Radverkehrsanlagen wie Radwegen überraschend. Nach derzeitigem Kenntnisstand wird vermutet, dass bei den Mischverkehrsführungen die Radfahrenden defensiver auftreten. Dies wird mit einer höheren Aufmerksamkeit in Bezug auf potenzielle Konfliktgegner gleichgesetzt. Vereinzelt treten aber trotzdem Unfallsituationen auf, bei denen die Gehwegnutzung der Radfahrenden eine Rolle spielt. Auch der Anteil von linksfahrenden Radfahrenden zeigte in bisherigen Untersuchungen negative Effekte auf die Verkehrssicherheit.

Annäherungsbereiche unterscheiden sich nicht wesentlich in Bezug auf die Unfallcharakteristik von den Streckenabschnitten ohne Anschlussknotenpunkte.

Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen hat die Kfz-Verkehrsstärke einen Einfluss auf das Radverkehrsunfallgeschehen bei Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen. Dies kann wahrscheinlich auf die stärkere Exposition der Radfahrenden gegenüber Kraftfahrzeugen zurückgeführt werden. Interessant dabei ist auch der vglw. starke Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke auf die Unfälle mit ruhendem Verkehr. Dies könnte auf zwei Sachverhalte zurückgeführt werden:

- Bei höheren Verkehrsstärken der Kfz fahren Radfahrende weiter rechts und damit näher an den parkenden Fahrzeugen. (Dies ist in den Verhaltensanalysen zu prüfen)
- Bei höheren Verkehrsstärken wird gleichzeitig eine höhere Parkwechselfrequenz vermutet. Zusätzlich achten die ausparkenden, aussteigenden und einparkenden Kfz-Fahrenden vermutlich stärker auf den fließenden Kfz-Verkehr und damit weniger auf den Radverkehr.

Beim Vergleich mit anderen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die innerhalb der vorliegenden Untersuchung ermittelten Unfallraten grundsätzlich höher sind als die zuvor aus anderen Untersuchungen ermittelten Unfallraten, unabhängig von den dort untersuchten Führungsformen.

## 3.5 Verkehrsverhalten

### 3.5.1 Statische Verhaltenserhebungen

#### Kfz-Geschwindigkeiten und Akzeptanz Mischverkehrsführung

Bild 3-58 zeigt die Bandbreite der an den 15 Untersuchungsstellen ermittelten Geschwindigkeitskenngrößen. Die mittleren Geschwindigkeiten liegen bei 75 % der Stellen unter 50 km/h. An jeweils zwei zwei- und vierstreifigen Untersuchungsstellen liegt die mittlere Geschwindigkeit zwischen 50 und 58 km/h.

Die Betrachtung der Geschwindigkeitskenngrößen der einzelnen Stellen (Bild 3-59) sowie die Gruppierung nach zwei oder mehrstreifigen Fahrbahnen (Bild 3-60) zeigt, dass auf mehrstreifigen Fahrbahnen real schneller gefahren wird als auf einbahnig zweistreifigen Fahrbahnen. Andere Merkmale der Untersuchungsstelle wie die Fahrbahnbreite, der Umfeldfaktor und auch der Anteil der gewerblichen Nutzung zeigen keinen Einfluss auf die mittleren Durchschnittsgeschwindigkeiten.

In Bild 3-61 ist die Akzeptanz des Mischverkehrs (Anteil Radfahrende auf der Fahrbahn) anhand dem Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Geschwindigkeit  $v_m$  dargestellt. Anhand der vorliegenden Stichprobe von 15 Untersuchungsstellen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h lässt sich nicht erkennen, dass die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten einen Einfluss auf die Akzeptanz des Mischverkehrs durch Radfahrer haben. Die Gruppierung der Untersuchungsstellen nach hoher ( $\geq 80\%$ ) und niedriger Akzeptanz ( $< 80\%$ ) zeigt ebenfalls, dass die Akzeptanz nicht von den gefahrenen Geschwindigkeiten abhängt.

#### Kfz-Geschwindigkeiten und seitliche Abstände

Die Auswertung des Einflusses der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf seitliche Abstände der Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen erfolgt für die 20 ausgewählten Erhebungsstellen aus Kapitel 2.4.7. Dabei wurde unterschieden, ob die Radfahrenden während der Messung überholt wurden oder nicht, um diese Vorgänge gegenüberzustellen. Da bei den jeweils dreistündigen Erhebungen über alle Messstellen lediglich 175 seitliche Abstände zu par-

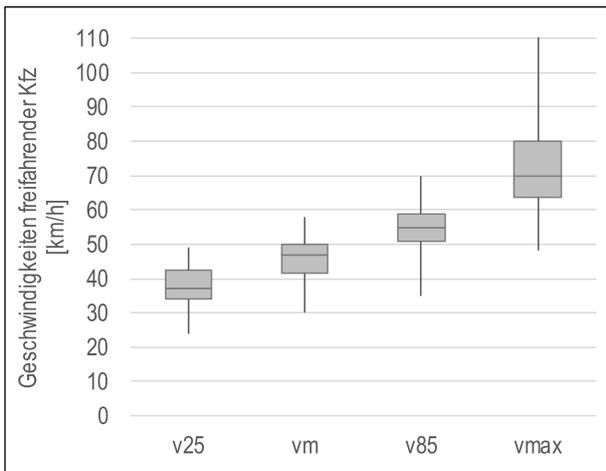


Bild 3-58: Bandbreite der Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz an 15 Untersuchungsstellen (mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ , Maximalgeschwindigkeit  $v_{max}$ , Perzentile der Geschwindigkeitsverteilung  $v_{25}$  und  $v_{85}$ )

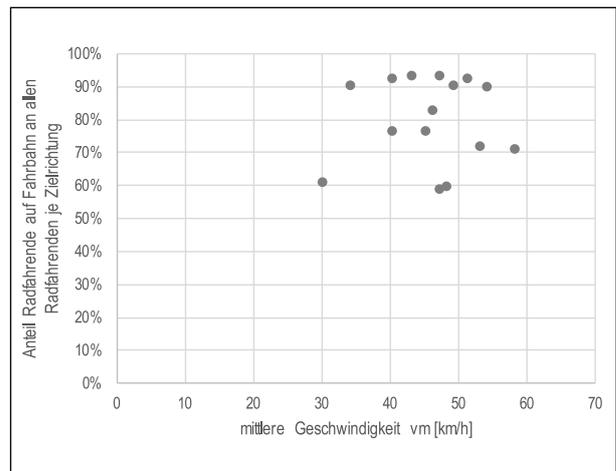


Bild 3-61: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Geschwindigkeit freifahrender Kfz  $v_m$

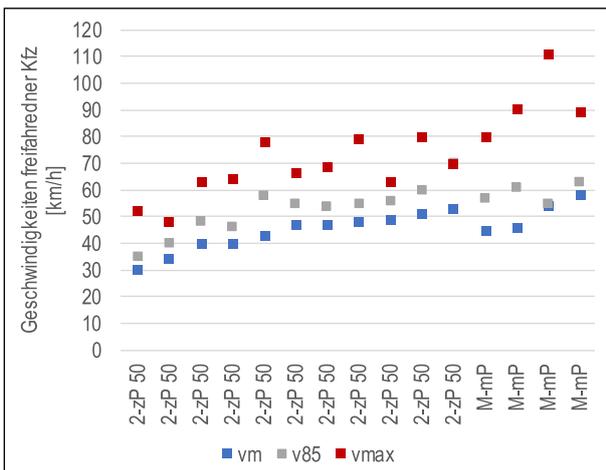


Bild 3-59: Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz der einzelnen Untersuchungsstellen (mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ , Maximalgeschwindigkeit  $v_{max}$ , Perzentile der Geschwindigkeitsverteilung  $v_{25}$  und  $v_{85}$ )

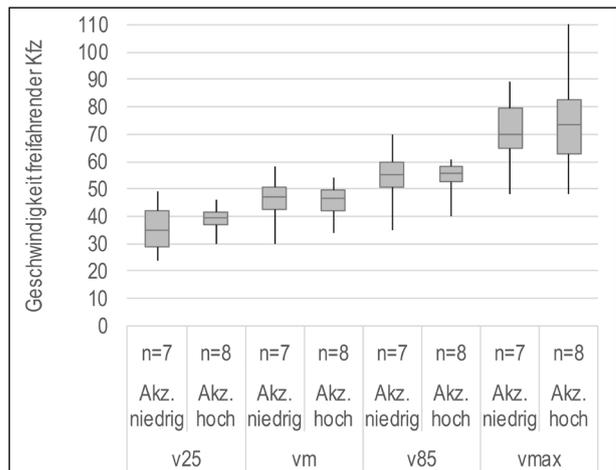


Bild 3-62: Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz nach Akzeptanzniveau, hohe Akzeptanz  $\geq 80\%$

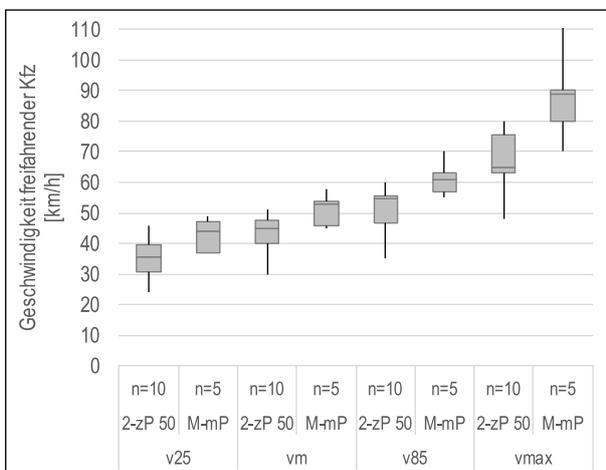


Bild 3-60: Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz nach Streckentyp (mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ , Maximalgeschwindigkeit  $v_{max}$ , Perzentile der Geschwindigkeitsverteilung  $v_{25}$  und  $v_{85}$ )

kenden Fahrzeugen bei Überholungen erhoben wurden (geringe Fallzahlen), lassen diese wenig Interpretationsspielraum zu. Die Gegenüberstellung der Bandbreiten der seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen ohne und mit ausschließlich Überholungen zeigt in Bezug auf die einzelnen Messstrecken ein ähnliches Niveau. Bei der Zusammenfassung wird deutlich, dass die seitlichen Abstände bei Überholungen erwartungsgemäß geringer sind (siehe Anhang A.8).

In Bild 3-63 werden die Bandbreiten der seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen innerhalb der Streckentypen nach Fahrbahnbreiten aufsteigend sortiert dargestellt.

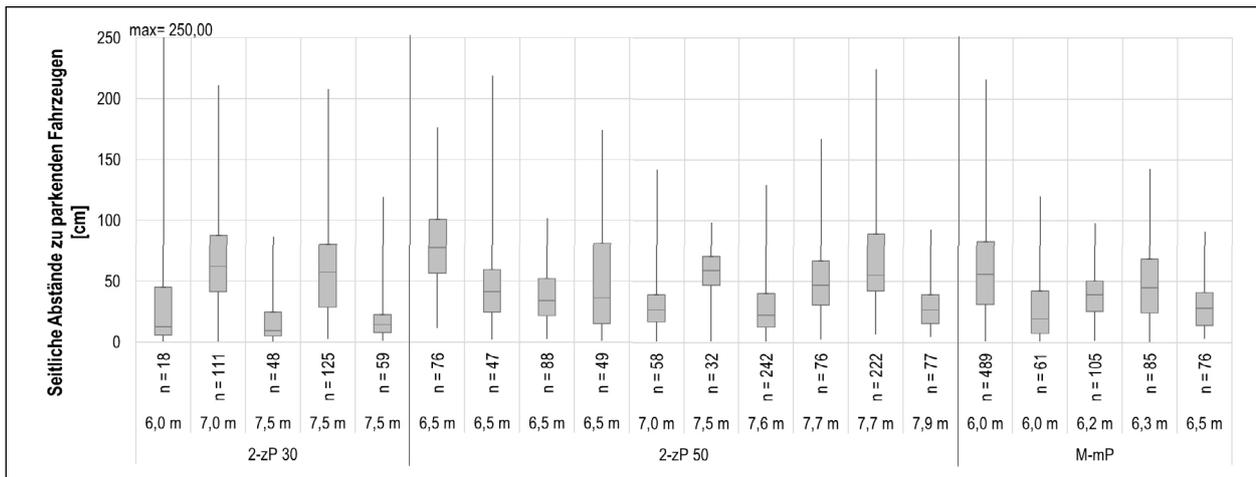


Bild 3-63: Bandbreite seitlicher Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nach allen Streckentypen und Fahrbahnbreiten in cm (ohne Überholungen)

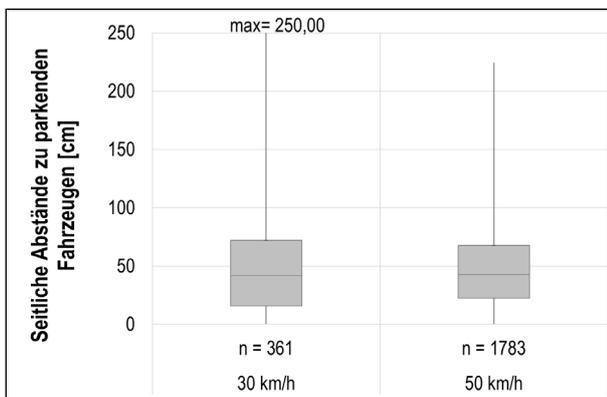


Bild 3-64: Bandbreite seitlicher Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nach zulässiger Geschwindigkeit und allen Streckentypen in cm (ohne Überholungen)

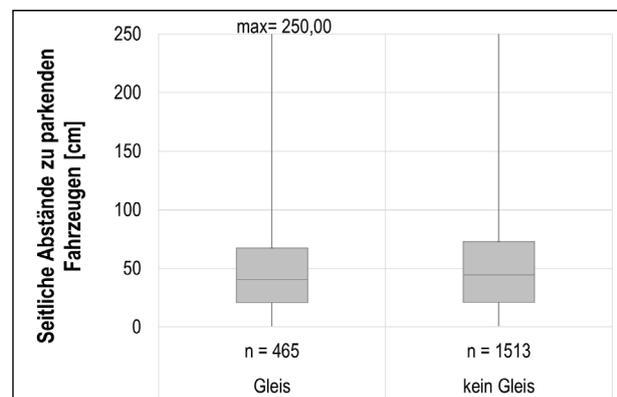


Bild 3-65: Bandbreite seitlicher Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nach Vorhandensein einer Gleisanlage und allen Streckentypen in cm (ohne Überholungen)

Die Sortierung der Fahrbahnbreiten innerhalb der Streckentypen zeigt, dass

- kein Zusammenhang innerhalb der Streckentypen zu erkennen ist,
- bei zwei von drei Erhebungsstellen innerhalb des Typs 2-zP 30 mit einer Fahrbahnbreite von 7,5 m ähnlich geringe seitliche Abstände zu parkenden Fahrzeugen ermittelt wurden, diese aber im Gegensatz zur dritten Erhebungsstelle dieser Charakteristik nur ein Viertel bzw. ein Sechstel beträgt und
- innerhalb des Typs 2-zP 50 große Unterschiede seitlicher Abstände bei Fahrbahnbreiten von 6,5 m auftreten.

Es lassen sich auch keine Zusammenhänge zwischen den Streckentypen erkennen. In Bezug auf einen Sicherheitsabstand von 50 cm zu parkenden Fahrzeugen (35 cm, Nettoabstand bereits abzüglich 15 cm Spiegelbreite) zeigt sich, dass dieser im

Median bei knapp der Hälfte der Messstrecken unterschritten wird. In Anhang A.9 sind die seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen nach Fahrbahnbreiten-Klassen zusammengefasst und lassen ebenfalls keinen Zusammenhang erkennen. Darüber hinaus zeigt Anhang A.9 auch die seitlichen Abstände sortiert nach der Kfz-Verkehrsstärke, wobei auch in dieser Auswertung keine Zusammenhänge abzuleiten sind.

Bild 3-64 stellt die Bandbreiten der seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen unterschieden nach der zulässigen Geschwindigkeit dar.

Die Auswertung zeigt, dass die Medianwerte der Erhebungen unabhängig der zulässigen Geschwindigkeit mit ca. 42 cm ein ähnliches Niveau aufweisen. Die Mittelwerte der seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen sind statistisch nicht signifikant unterschieden und daher hat die zulässige Geschwindigkeit keinen Einfluss (t-Test). Ebenfalls kein Einfluss auf die seitlichen Abstände zu parken-

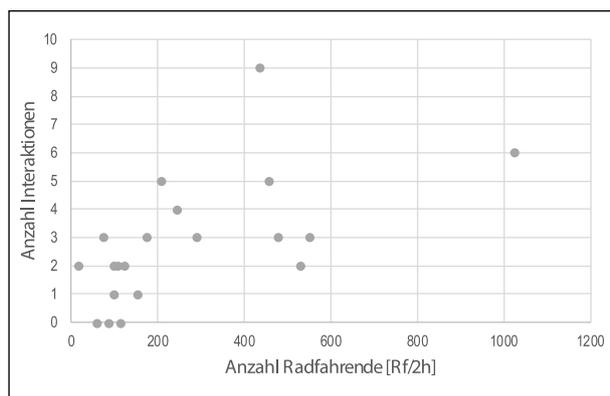


Bild 3-66: Anzahl der Interaktionen zwischen Radfahrenden und ruhendem Verkehr im Vergleich mit der Radverkehrsstärke

den Fahrzeugen zeigt sich bei der Analyse der v85 der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten (siehe Anhang A.9).

Einige Erhebungsstellen sind durch Straßenbahngleise geprägt, daher wird ebenfalls untersucht, ob das Vorhandensein von Gleisen mit den seitlichen Abständen zu den parkenden Fahrzeugen im Zusammenhang steht (siehe Bild 3-65).

Die Unterscheidung nach dem Vorhandensein von Gleisen zeigt statistisch keinen Einfluss bei den erhobenen Messstellen (t-Test). Dies wird auch deutlich, wenn die Bandbreiten der seitlichen Abstände zu parkenden Fahrzeugen der einzelnen Erhebungsstrecken nach Vorhandensein eines Gleises unterschieden werden (siehe Anhang A.9).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten aber auch die tatsächlichen Geschwindigkeiten kein Einfluss auf die seitlichen Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nachweisen lässt.

### Interaktionen bei Ein- und Ausparkvorgängen

An den 20 Erhebungsstellen wurden insgesamt 59 Interaktionen zwischen Radfahrenden und dem ruhenden Verkehr oder unter (sichtbarem) Einfluss des ruhenden Verkehrs beobachtet. An drei Stellen konnten innerhalb des Analysezeitraumes von zwei Stunden keine Interaktionen beobachtet werden. Eine leichte Tendenz zu mehr Interaktionen bei höheren Radverkehrsstärken ist erkennbar (Bild 3-66). Insgesamt handelt es sich jedoch um zufällige Momentaufnahmen, bei denen viele Faktoren zusammentreffen müssen.

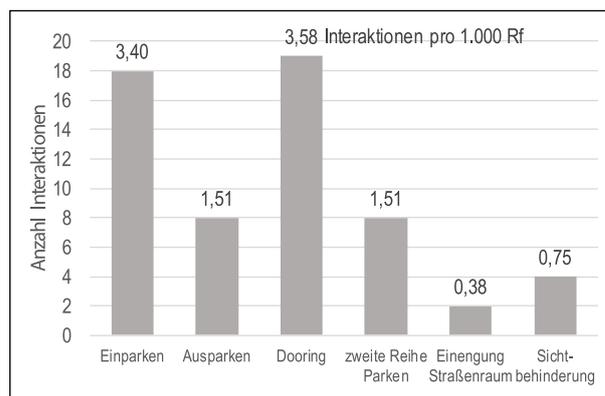


Bild 3-67: Interaktionen zwischen Radfahrenden und ruhendem Verkehr

Nach einer Kategorisierung der Situationen können 18 Interaktionen dem Einparken, acht dem Ausparken und 19 dem Dooring zugeordnet werden. In 14 Situationen wurde das Verhalten durch den ruhenden Verkehr beeinflusst, dabei handelt es sich aber nicht um Ein- und Ausparkvorgänge, sondern um das Halten und Parken in zweiter Reihe, Sichtbehinderungen auf querende Zufußgehende oder Radfahrende und Einengungen des Straßenraums durch parkende Fahrzeuge. In Bild 3-67 ist die Kategorisierung der beobachteten Interaktionen dargestellt.

### Einparken

Vor allem beim Rückwärtseinparken kommt es dazu, dass Fahrzeuge an der Parklücke vorbeifahren und auf der Fahrbahn anhalten, um dann den Einparkvorgang zu beginnen. Dadurch wird der nachfolgende Verkehr stärker blockiert als beim Vorwärtseinparken, das aus der Fahrt eingeleitet werden kann. Kommt es zu einem Einparkvorgang (sowohl vorwärts als auch rückwärts) weichen Radfahrende fast immer nach links aus und fahren an dem einparkenden Fahrzeug vorbei. Dabei wurden sowohl große als auch niedrige Abstände<sup>22</sup> eingehalten. Teilweise passen die Radfahrenden ihre Geschwindigkeit an. In Einzelfällen mussten die Radfahrer stark abbremsen.

Nicht beobachtet wurde, dass Radfahrer hinter dem Fahrzeug warten, bis das Fahrzeug eingeparkt hat oder das auf den Gehweg ausgewichen wurde, um den Parkvorgang zu umfahren. Eine genaue Auflistung der Verhaltensweisen des ruhenden Verkehrs

<sup>22</sup> Geringe seitliche Abstände Radfahrender zum Fahrzeug bzw. zur offenen Fahrzeughür oder am Fahrzeug stehenden Personen liegen bei geschätzten 50 cm. Große seitliche Abstände bedeuten, dass der Radfahrende weiter als etwa 1 m innerhalb des Fahrstreifens ausweicht.

Verhalten des ruhenden Verkehrs	Verhalten der Radfahrenden	Anzahl
Vorwärts Einparken (am Fahrbahnrand)	Rf weicht nach links aus Rf hält großen Abstand Rf verändert Geschwindigkeit nicht	2
	Rf weicht nur leicht nach links aus Rf verändert Geschwindigkeit nicht	2
Rückwärts Einparken	Rf bremst stark ab Rf weicht nach links aus Rf hält großen Abstand	3
	Rf fährt links am Fz vorbei Rf hält geringen Abstand Rf verändert seine Geschwindigkeit nicht	3
	Rf weicht nach links aus Rf hält großen Abstand	4
Rückwärts einparken, Fz steht halb in Parklücke, Gegenverkehr	Rf umfährt Fz links Rf passt Geschwindigkeit leicht an	2
Einparken auf gegenüberliegender Straßenseite	Rf im Gegenverkehr wird vorgelassen Rf muss Verhalten nicht anpassen	1
	Rf im Gegenverkehr weicht nach rechts aus Rf fährt vor Fz	1

Tab. 3-15: Verhaltensweisen bei Einparkvorgängen

und der Radfahrenden beim Einparken befindet sich in Tabelle 3-15.

### Ausparken

In Verbindung mit ausparkenden Fahrzeugen kommt es ebenfalls zu Interaktionen zwischen Radfahrenden und Kfz. In drei Fällen stand das Fahrzeug schon teilweise auf der Fahrbahn als Radfahrende die Stelle passierten. Die Radfahrenden mussten dabei (innerhalb des Fahrstreifens) nach links ausweichen, konnten ihre Fahrlinie jedoch so rechtzeitig anpassen, dass eine Reduzierung der Geschwindigkeit nicht erfolgte.

In zwei Fällen fuhren Kfz in den fließenden Verkehr ein, ohne Radfahrenden Vorfahrt zu gewähren. In einem Fall war ein Ausweichen des Radfahrenden aufgrund des engen Straßenraums und Gegenverkehrs nicht möglich. Inwiefern das Vorlassen durch die Radfahrenden freiwillig oder die Vorfahrt durch das ausparkende Fahrzeug genommen wurde, kann anhand der Videoaufnahmen nicht beurteilt werden.

Verhalten des ruhenden Verkehrs	Verhalten der Radfahrenden	Anzahl
Vorwärts ausparken, Fz wartet, Fz teilweise schon auf Fahrbahn	Rf weicht nach links aus Rf reagiert frühzeitig Rf verändert Geschwindigkeit nicht	3
	Rf kann nicht ausweichen wegen engem Straßenraum Rf bremst ab und lässt Fz vor	1 2
Rückwärts ausparken	Rf bremst leicht ab Rf hält großen Abstand	1
	Rf bremst stark ab Rf hält großen Abstand	1

Tab. 3-16: Verhaltensweisen bei Ausparkvorgängen

Verhalten des ruhenden Verkehrs	Verhalten der Radfahrenden	Anzahl
Fahrtür wird von außen geöffnet	Rf weicht nach links aus Rf bremst leicht ab Rf hält großen Abstand	6
	Rf weicht nicht aus Rf verändert Geschwindigkeit nicht	1
	Rf weicht auf Gegenfahrbahn aus Rf verändert Geschwindigkeit nicht	1
	Rf weicht nach links aus Rf hält geringen Abstand Rf verändert Geschwindigkeit nicht	2
	Rf bremst ab Rf weicht auf Gehweg aus	2
	Rf kann nicht ausweichen, da Fz gleichzeitig überholt Rf hält geringen Abstand Rf bremst ab	2
	Fahrtür/hintere Tür auf Straßenseite wird von innen geöffnet	Rf weicht nach links aus Rf verändert Geschwindigkeit nicht Rf hält großen Abstand

Tab. 3-17: Verhaltensweisen beim Ein- und Aussteigen

Bei rückwärtigen Ausparkvorgängen konnte in zwei Fällen beobachtet werden, dass Radfahrende abbremsen mussten und mit großem Abstand am Kfz vorbeifuhren.

Nicht beobachtet wurde, dass Radfahrende auf den Gehweg ausgewichen sind, um den Parkvorgang zu umfahren. Ebenfalls nicht beobachtet wurde, dass es aufgrund der Ausweichbewegungen nach links zu Interaktionen mit dem fließenden Verkehr kam. Dies zeigte sich im Unfallgeschehen auch nur mit parallel fahrenden Fahrzeugen auf mehrstreifigen

gen Fahrbahnen, nicht jedoch mit entgegenkommenden Fahrzeugen.

Eine genaue Auflistung der Verhaltensweisen des ruhenden Verkehrs und der Radfahrenden beim Ausparken befindet sich in Tabelle 3-16.

#### Dooring

Zusätzlich zu den direkt mit dem Ein- und Ausparken verbundenen Interaktionen wurden zahlreiche Interaktionen beim Öffnen von Fahrzeugtüren, also beim Ein- und Aussteigen vor oder nach dem Ein- bzw. Ausparken beobachtet. Da sich diese Interaktionen in den Unfallanalysen als relevantes Problem zeigen, erfolgt hier eine detaillierte Betrachtung.

Radfahrende mussten dabei nicht nur Türen ausweichen, die von innen geöffnet wurden, sondern auch Personen, die von außen Türen auf der Fahrbahnseite öffnen. In den vier beobachteten Fällen, in denen die Türen von innen geöffnet wurden, waren Radfahrende noch in einem ausreichenden Abstand zum Kfz, sodass sie mit unveränderter Geschwindigkeit nach links ausweichen konnten und großen Abstand hielten.

Bei der Öffnung von Fahrzeugtüren von außen wurden unterschiedliche Verhaltensweisen der Radfahrenden beobachtet. Zum einen wurde nach links ausgewichen und mit gleicher oder angepasster Geschwindigkeit am Fahrzeug vorbeigefahren. In anderen Fällen wurde nicht ausgewichen und nur ein geringer Abstand eingehalten. Der geringe Abstand zur Fahrzeugtür wurde nur teilweise durch gleichzeitig überholende Kfz beeinflusst. Auch ohne parallel fahrende bzw. überholende Fahrzeuge wur-

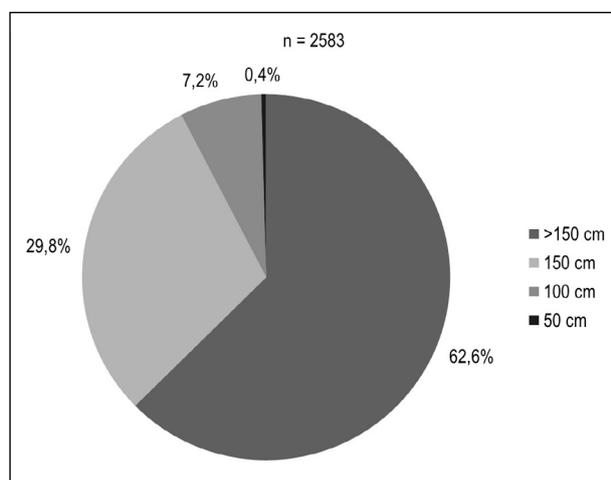


Bild 3-68: Anteile seitlicher Überholabstände nach Abstandsklassen in %

de teilweise nur ein geringer Abstand zur Fahrzeugtür eingehalten. Eine Anpassung der Geschwindigkeit erfolgte dabei nicht in allen Fällen.

In zwei Fällen bremsten Radfahrende ab und wichen auf den Gehweg aus, um die offene Fahrzeugtür und die Personen zu umfahren. Dies war möglich, da das Fahrzeug jeweils das erste einer Parkreihe am Fahrbahnrand war.

Eine genaue Auflistung der Verhaltensweisen des ruhenden Verkehrs und der Radfahrenden beim Einparken befindet sich in Tabelle 3-17.

### 3.5.2 Ergebnisse der dynamischen Videobeobachtungen

Die dynamischen Videobeobachtungen wurden für die zehn Messstrecken nach Kapitel 2.4.7, welche dem Typ 2-zP 50 zuzuordnen sind, durchgeführt. Um den Einfluss des Gegenverkehrs auf die Überholabstände zu berücksichtigen, wurde bei den Erhebungen unterschieden, ob der Überholabstand bei Gegenverkehr bzw. ohne Gegenverkehr gemessen wurde.

#### Fahrbahnbreite und seitliche Überholabstände

Auf den zehn ausgewählten Messstrecken mit unterschiedlichen Fahrbahnbreiten und Verkehrsstärken von Rad- und Kfz-Fahrenden wurden in beiden Richtungen die Überholabstände erhoben und ausgewertet.

Bild 3-69 zeigt nach der Fahrbahnbreite aufsteigend die Bandbreiten der seitlichen Überholabstände. Zugehörig sind die Verkehrsstärken der Radfahrenden pro 3 h auf der Fahrbahn und die Kfz-Verkehrsstärken pro Tag im Querschnitt dargestellt.

Die Auswertung zeigt, dass

- kein kontinuierlicher Trend der Bandbreiten in Bezug auf die Fahrbahnbreiten erkennbar ist und
- die Bandbreite der seitlichen Überholabstände bei Strecken gleicher Fahrbahnbreite (6,5 m) stark differiert.

Eine Unterteilung der Messstrecken nach Strecken mit und ohne Gleisen lässt keine weiteren Schlussfolgerungen zu. Die Betrachtung der Bandbreiten nach Fahrbahnbreitenklassen lässt ebenfalls keinen Zusammenhang erkennen (siehe Anhang A.10). Eine Verteilung der Messungen nach Ab-

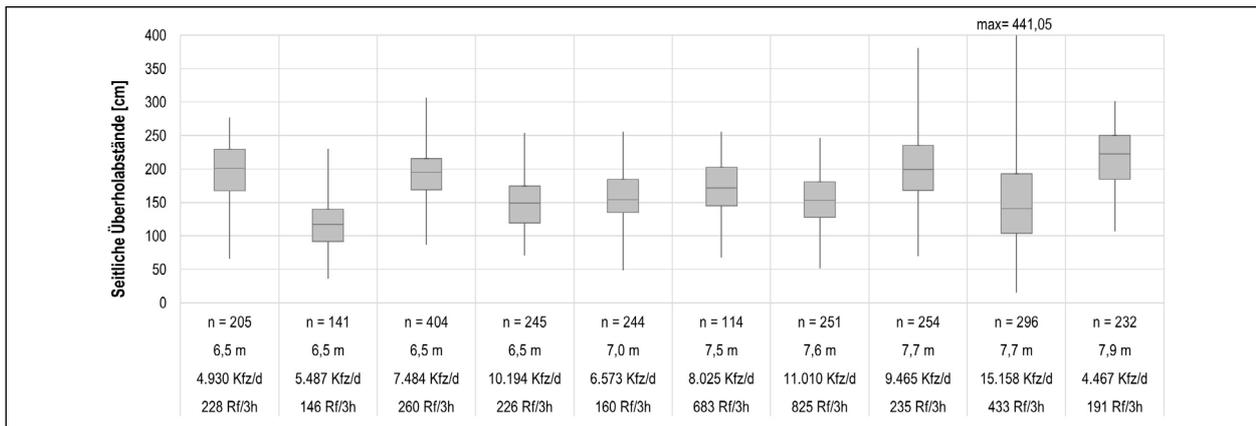


Bild 3-69: Bandbreite seitlicher Netto-Überholabstände zwischen Radfahrenden und überholenden Fahrzeugen nach Fahrbahnbreiten für Streckentyp 2-zP 50 in cm (ohne Gegenverkehr)

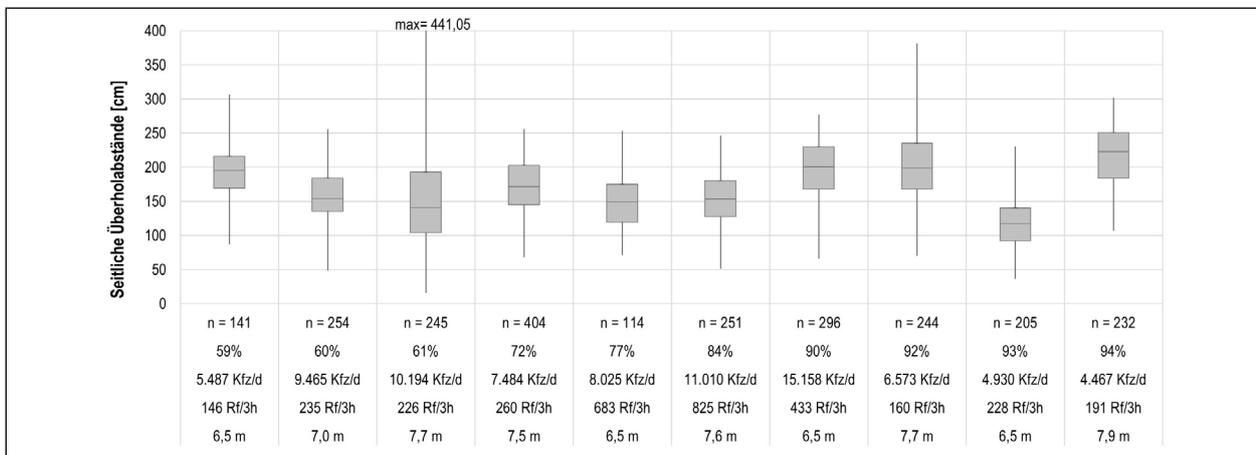


Bild 3-70: Bandbreite seitlicher Netto-Überholabstände zwischen Radfahrenden und überholenden Fahrzeugen sortiert nach Akzeptanz von Radfahrenden auf der Fahrbahn für Streckentyp 2-zP 50 in cm (ohne Gegenverkehr)

standsklassen verdeutlicht, dass der Großteil von ca. 93 % seitlicher Überholabstände größer ist als 150 cm (siehe Anhang A.10).

Zusammenfassend wird festgestellt, dass sich die Zusammenhänge zwischen Fahrbahnbreiten und Überholabständen sowie Kfz-Verkehrsstärken und Überholabständen überlagern. Dies erschwert die Ableitung eines allgemeingültigen Trends.

**Akzeptanz des Mischverkehrs und seitliche Überholabstände**

Die Abhängigkeit seitlicher Überholabstände von der Akzeptanz der Fahrbahn-Nutzung durch Radfahrende ist in Bild 3-70 dargestellt. Die zehn Messstrecken wurden in Strecken niedriger und hoher Anteile Radfahrender auf der Fahrbahn unterteilt.

Bild 3-70 zeigt, dass

- kein durchgängiger Zusammenhang zwischen seitlichen Überholabständen und den Anteilen

Radfahrender auf der Fahrbahn erkennbar ist und

- bei seitlichen Überholabständen auf Strecken mit hohem Anteil (> 80 %) Radfahrender auf der Fahrbahn sich u. U. ein Anstieg der seitlichen Überholabstände andeutet.

Die Hypothese, dass Radfahrende aufgrund geringer seitlicher Abstände zu überholenden Fahrzeugen zu einer verstärkten Seitenraumnutzung tendieren, kann mit vorliegenden Untersuchung nicht eindeutig belegt werden.

**3.5.3 Hintergründe Verkehrsverhalten – Befragungsergebnisse**

**Stichprobe**

An den zehn Messstrecken und deren Umgebung wurden insgesamt 208 Radfahrende und 208 Kfz-Fahrende mittels Fragebogen interviewt. Für die Repräsentativität der Stichprobe ist in Bild 3-71 die

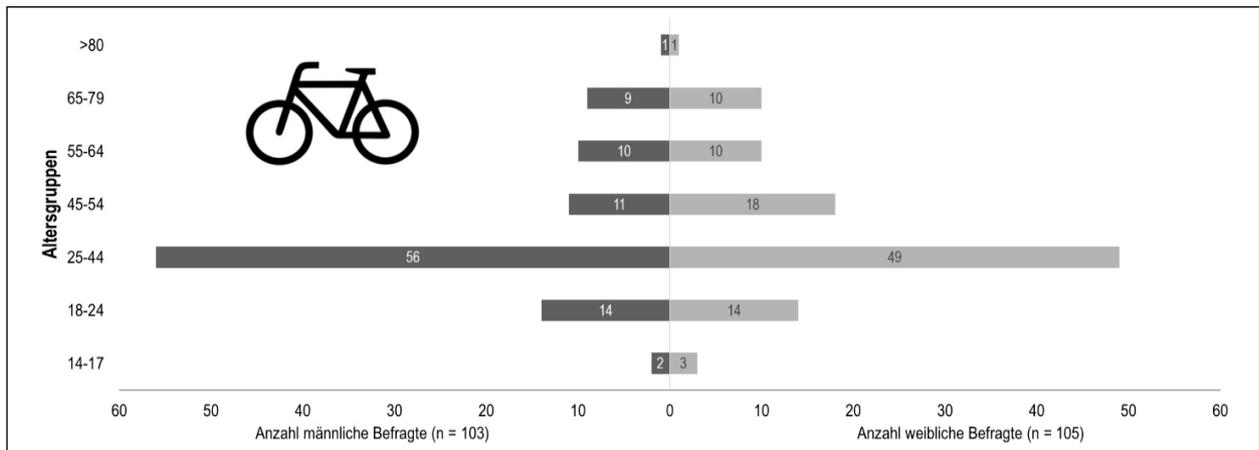


Bild 3-71: Alter und Geschlecht der befragten Radfahrenden (n = 208)

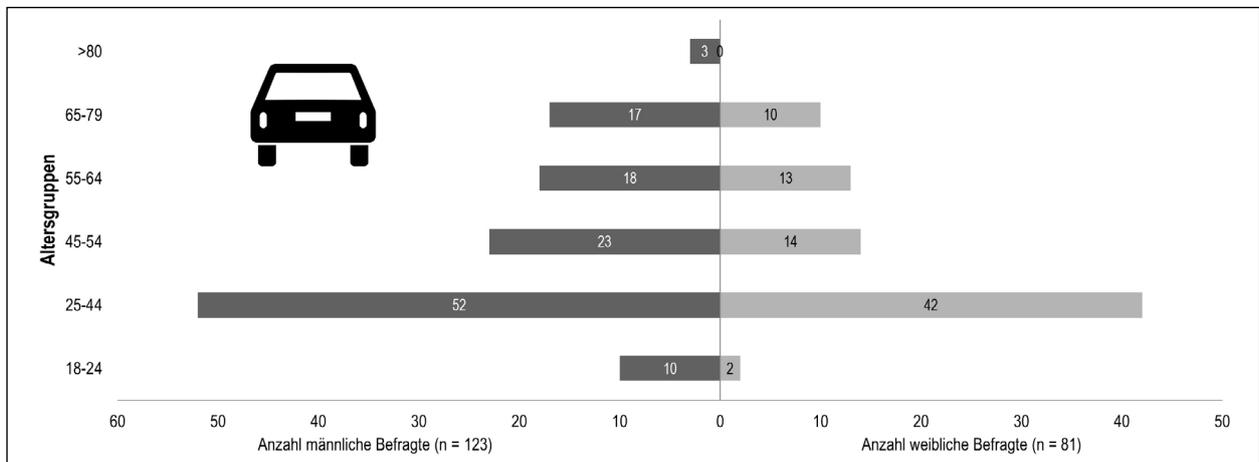


Bild 3-72: Alter und Geschlecht der befragten Kfz-Fahrenden (n = 208)

Verteilung nach Alter und Geschlecht der Radfahrenden und in Bild 3-72 die der Kfz-Fahrenden dargestellt.

Die Auswertung der Radfahrenden zeigt, dass

- in der Gesamtzahl der Befragten sowie in den einzelnen Altersgruppen die Anzahl der Geschlechter nahezu gleichverteilt ist und
- die Altersgruppe der 25-44-Jährigen mit jeweils ca. 50 % am stärksten vertreten ist.

Für die befragten Kfz-Fahrenden zeigt sich, dass

- mehr Männer als Frauen befragt wurden,
- die Altersgruppen der 25-44-Jährigen (Männer mit ca. 42 %; Frauen mit ca. 50 %) den größten Anteil der Befragten aufweisen und
- ca. 31 % der befragten Männer 55 und älter sind.

Die Charakterisierung der Befragten erfolgt zudem durch Fragen nach Wegezweck und -häufigkeit. Die Auswertung des erfragten Wegezwecks wird in Bild 3-73 dargestellt und zeigt, dass

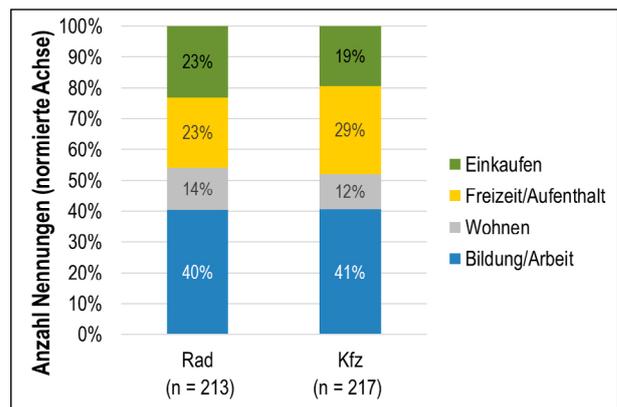


Bild 3-73: Wegezweck der befragten Verkehrsteilnehmenden

- die Anteile der Wegezwecke in Bezug auf die Verkehrsmittelarten ähnlich groß sind und
- der Wegezweck Bildung/Arbeit mit ca. 40 % bei beiden befragten Verkehrsteilnehmenden den größten Anteil aller Wegezwecke aufweist.

Die Befragungen fanden dienstags bis donnerstags in der Zeit von 8:00 Uhr bis 12:00 Uhr bzw. 14:00 Uhr bis 18:00 Uhr statt und bilden alle Wegezwecke

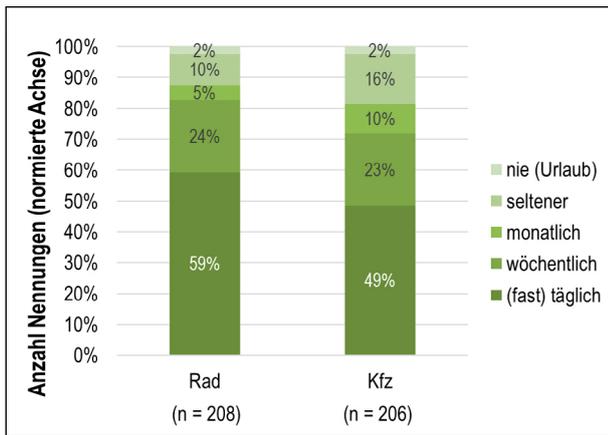


Bild 3-74: Wegehäufigkeit der befragten Verkehrsteilnehmenden

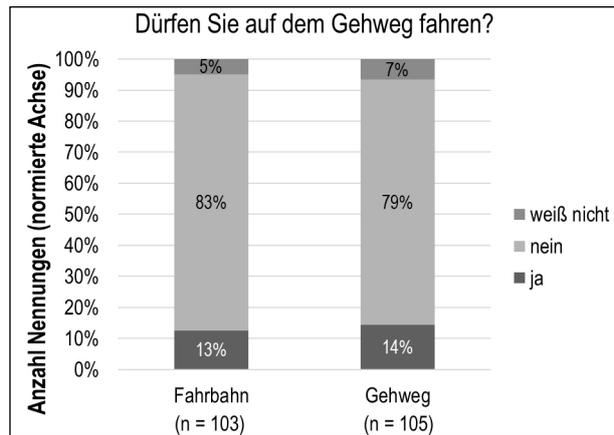


Bild 3-76: Regelkenntnis von Radfahrenden zur Gehwegnutzung durch Radfahrende

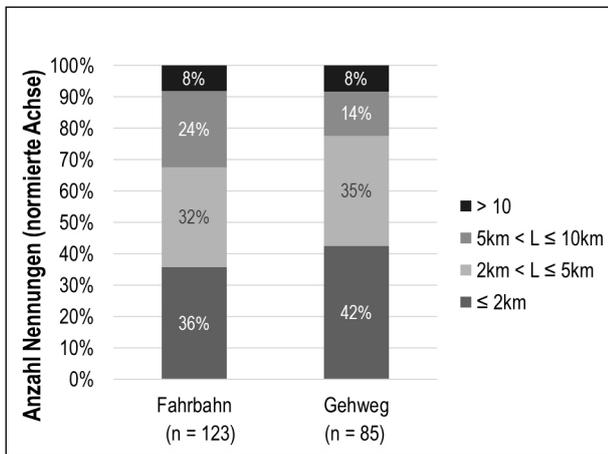


Bild 3-75: Wegelängen der befragten Radfahrenden Schätzung in km

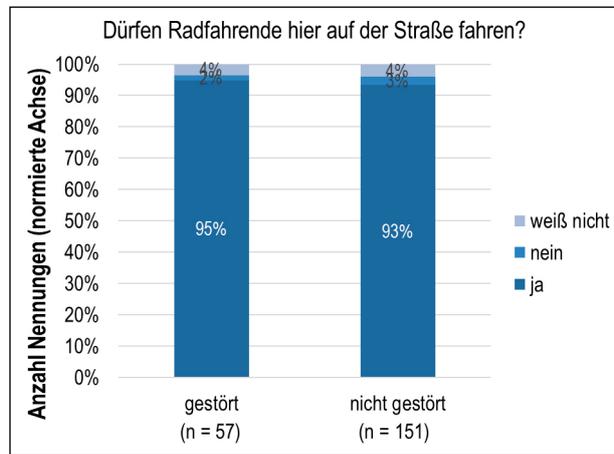


Bild 3-77: Regelkenntnis von Kfz-Fahrenden zur Fahrbahnnutzung durch Radfahrende

ab. Die Befragung der Tätigkeit zeigt einen hohen Anteil Erwerbstätiger (siehe Anhang 11).

**Wegehäufigkeiten/-längen und Akzeptanz Mischverkehr**

Die Wegehäufigkeiten sind in Bild 3-74 dargestellt. Die Auswertung zeigt, dass die Wege der Befragten mit 83 % (Rad) und 72 % (Kfz) täglich oder wöchentlich stattfinden. Die hohen Anteile beider befragten Verkehrsteilnehmenden deuten auf eine sehr gute Ortskenntnis der Befragten hin.

Die Wegelängen wurden bei den Interviews nur für Radfahrende abgefragt und werden in Bild 3-75 danach unterschieden, ob die Befragten auf der Fahrbahn oder dem Gehweg fahren. Die Auswertung zeigt, dass Radfahrende auf der Fahrbahn zu 2/3 und Radfahrende auf dem Gehweg zu 3/4 Wegelängen unter 5 km zurücklegten.

**Regelkenntnis Rad- und Kfz-Fahrende**

Die Regelkenntnis der Verkehrsteilnehmenden zählt als weiteres Merkmal zur Charakterisierung

der Befragten. Bild 3-76 (Rad) und Bild 3-77 (Kfz) zeigen die zugehörigen Auswertungen. Bei den befragten Radfahrenden zeigt sich, dass der Großteil (83 % für Radfahrende auf der Fahrbahn und 79 % für Radfahrende auf dem Gehweg) der Meinung ist, nicht auf dem Gehweg fahren zu dürfen. Einen noch deutlicheren Anteil zeigt die Befragung der Kfz-Fahrenden. Hierbei wird zwischen sich durch Radfahrende gestört und nicht gestört gefühlte Kfz-Fahrende unterschieden. Mit Anteilen von über 90 % sind beide Personengruppen der Meinung, dass Radfahrende auf der Straße fahren dürfen.

**Weitere Beweggründe für Gehwegnutzung durch Radfahrende**

Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf die befragten Radfahrenden, welche auf dem Gehweg fahren, wobei unterschieden wurde, auf welcher Seite sie in Bezug der Fahrtrichtung fahren. Bild 3-78 zeigt die kategorisierten Beweggründe für Radfahrende auf dem Gehweg zu fahren (blaue Balken). Zusätzlich sind in weiß die in den Freitexten am häufigsten genannten Gründe dargestellt.

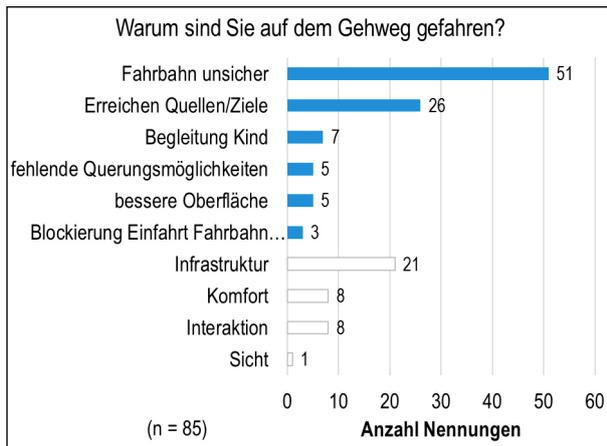


Bild 3-78: Beweggründe für Gehwegnutzung durch Radfahrende

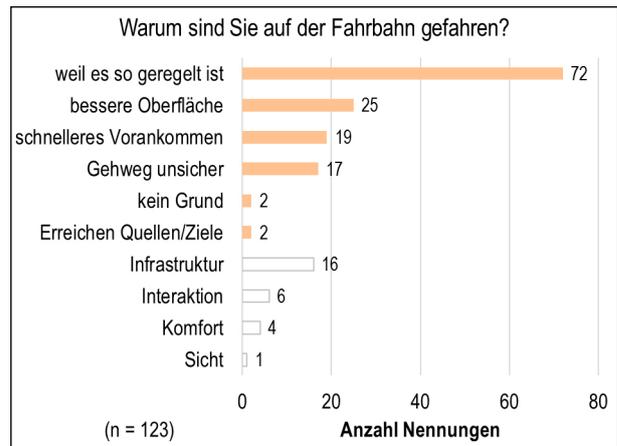


Bild 3-80: Beweggründe für Fahrbahnnutzung durch Radfahrende

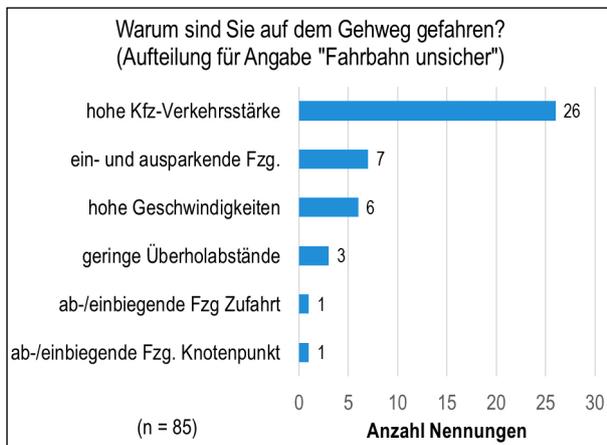


Bild 3-79: Untergeordnete Beweggründe für Gehwegnutzung durch Radfahrende bei Angabe „Fahrbahn unsicher“

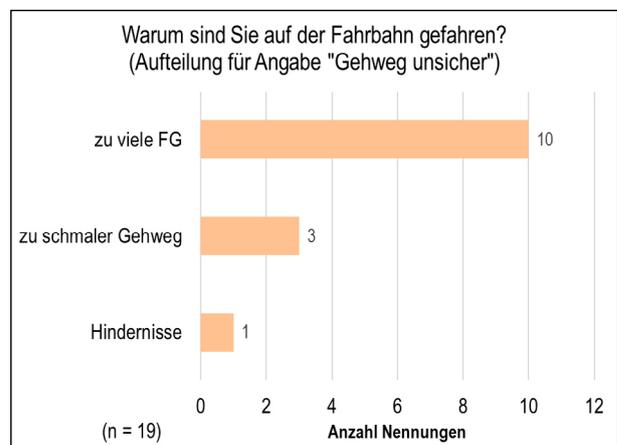


Bild 3-81: Untergeordnete Beweggründe für Fahrbahnnutzung durch Radfahrende bei Angabe „Gehweg unsicher“

Bei der Beantwortung war es möglich mehrere Beweggründe anzugeben.

Die Auswertung zeigt, dass

- sich 60 % auf der Fahrbahn unsicher fühlen,
- das Erreichen naheliegender Quellen oder Ziele ein wichtiger Beweggrund für die Nutzung des Gehweges ist (ca. 30 %) und
- die Freitextoption der Infrastruktur eine bedeutende Rolle bei einem Viertel der Befragten einnimmt.

Die Angaben der Freitextoption Infrastruktur repräsentieren, dass Radfahrende auf dem Gehweg fahren, um Schienen auszuweichen und der Querschnitt als zu eng empfunden wird.

Haben die Befragten angegeben, dass sie sich auf der Fahrbahn unsicher fühlen, wurde zusätzlich danach gefragt, was die Gründe für dieses Gefühl sind. Die Betrachtung dieser Auswertung (Bild 3-79)

zeigt, dass hauptsächlich eine hohe Kfz-Verkehrsstärke als störend empfunden wird (dies korreliert mit den Ergebnissen aus Kapitel 3.5.2). Interaktion mit parkenden bzw. ab- und einbiegenden Fahrzeugen wurden am zweit- bzw. dritthäufigsten genannt. Seitliche Überholabstände spielen nur eine untergeordnete Rolle, was ebenfalls mit den Messergebnissen aus Kapitel 3.5.2 korreliert.

Die Auswertung der Beweggründe nach Unterscheidung, ob Radfahrende auf der rechten oder linken Seite des Gehweges in Fahrtrichtung gefahren sind (siehe Anhang A.12), verdeutlicht, dass das Fahren entgegengesetzt der Fahrtrichtung durch das Erreichen der Quellen bzw. Ziele, fehlende Querungsmöglichkeiten und die generierte Freitextkategorie „Komfort“ geprägt ist. Weitere Interpretationen sind aufgrund der geringen Fallzahlen nicht möglich.

Die Antworten der offen gestellten Fragen nach den Beweggründen für die Nutzung der Fahrbahn durch

Radfahrende wurden ebenfalls kategorisiert und werden in Bild 3-80 dargestellt. Die orangefarbenen Balken symbolisieren die kategorisierten Antwortoptionen und die weißen Balken Kategorien, die aus den Freitextantworten gebildet worden. Für die Beantwortung war es möglich mehrere Beweggründe anzugeben.

Die Betrachtung der Auswertung von Radfahrenden auf der Fahrbahn zeigt, dass

- die Regelung der Führungsform am häufigsten (44 %) als Beweggrund genannt wurde,
- die kategorisierte Antwort „bessere Oberfläche“ und die aus den Freitexten generierte Kategorie „Infrastruktur“ mit ca. 25 % den zweitgrößten Anteil an den Beweggründen haben und
- Interaktionen mit zu Fußgehenden aufgrund von Beschimpfungen und Pöbeleien vermieden werden sollen („Interaktion“ in Bild 3-80).

Die Befragten gaben als Grund für die Fahrbahnnutzung im Freitext an, dass kein Radweg vorhanden sei, was zur Freitextkategorie „Infrastruktur“ zugeordnet ist.

Für die Antwortoptionen „Gehweg unsicher“ und „schnelleres Vorankommen“ wurde zusätzlich nach Gründen zu den Einschätzungen/Wahrnehmungen gefragt. Bild 3-81 und Bild 3-82 zeigen die Auswertungen dieser Unterteilung.

Es zeigt sich, dass Radfahrende den Gehweg als unsicher empfinden, weil sich der Großteil der Befragten durch zu viele zu Fußgehende beeinflusst fühlt und den Gehweg als zu schmal empfindet. Der Beweggrund des schnelleren Vorankommens ist

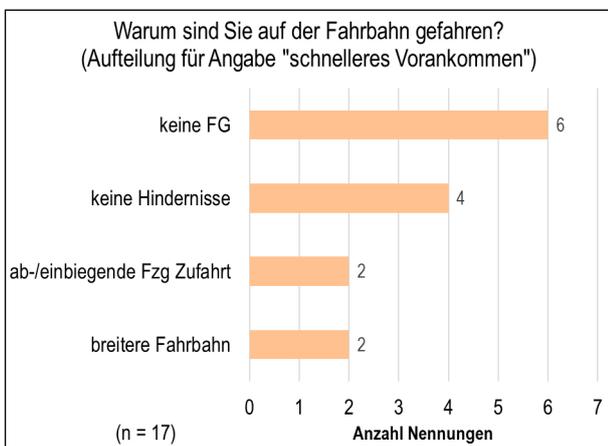


Bild 3-82: Untergeordnete Beweggründe für Fahrbahnnutzung durch Radfahrende bei Angabe „schnelleres Vorankommen“

dadurch geprägt, dass sich keine zu Fußgehende oder Hindernisse auf der Fahrbahn befinden.

Eine Aufteilung der kategorisierten Beweggründe nach Wegelängen lässt aufgrund der wenigen Fallzahlen wenig Interpretationsspielraum und ist daher dem Anhang (A.13) beigelegt.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass eine Regelung der Fahrbahnnutzung als wichtigster Beweggrund gilt und eine Interaktion zwischen Radfahrenden und Zufußgehenden als problematisch und als zu vermeiden wahrgenommen wird. Auf dem Gehweg fahren Radfahrende vor allem, weil sie sich von zu hohen Kfz-Verkehrsstärken gestört fühlen oder naheliegende Quellen und Ziele erreicht werden sollen (der Anteil des Erreichens von naheliegenden Quellen und Zielen ist bei den linksfahrenden Radfahrenden größer als bei den rechtsfahrenden). Zudem zeigen sich nur vereinzelte Konfliktstellungen zwischen Radfahrenden und parkenden sowie ein- bzw. ausparkenden Fahrzeugen.

**Beweggründe als Indikator für aggressives Verhalten von Kfz-Führenden**

Bei der Befragung der Kfz-Fahrenden wurde zunächst erfragt, ob sie sich durch Radfahrende gestört fühlen. Bild 3-83 zeigt die Verteilung der Antworten differenziert nach den Radverkehrsstärken an den entsprechenden Stellen. Es wird deutlich, dass sich die Befragten mit abnehmender Radverkehrsstärke auch weniger durch Radfahrende gestört fühlen. Unabhängig von der Radverkehrsstärke fühlt sich die Mehrzahl der Kfz-Führenden (zwi-

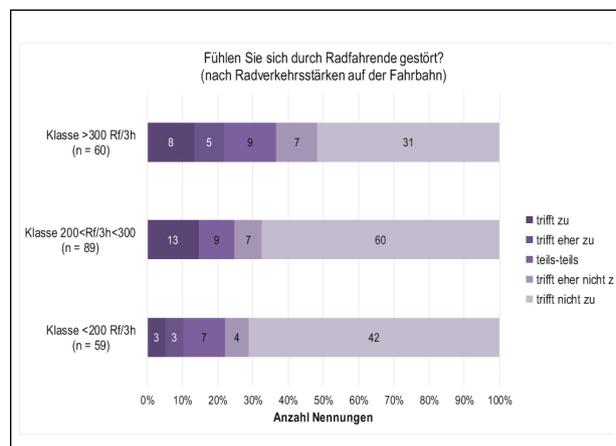


Bild 3-83: Störfempfinden von Kfz-Fahrenden gegenüber Radfahrenden

schen 64 % und 78 %) nicht von Radfahrenden gestört.

Die Befragten, die sich gestört fühlen und die, die sich unsicher waren, wurden anschließend nach Beweggründen für ihr Empfinden gefragt. Bild 3-84 stellt die kategorisierten Antwortoptionen und die durch die Freitexte generierten Kategorien dar und zeigt, dass

- das nicht regelkonforme Verhalten der Radfahrenden den zentralen Beweggrund für das Störempfinden der Kfz-Fahrenden abbildet,
- die durch Freitexte generierte Kategorie „Verhalten der Radfahrenden“ diesen Beweggrund unterstützt,
- Radfahrende als zu langsam oder für den Verkehrsablauf als störend empfunden werden und
- Radfahrende zu weit links fahren würden bzw. die durch Freitexte generierte Kategorie der „be-

engten Platzverhältnisse“ einen dritten wichtigen Beweggrund darstellt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich nur wenige befragte Kfz-Fahrende durch Radfahrende gestört fühlen und die Beweggründe dafür vielseitig sind. Die wichtigsten Beweggründe sind das Verhalten der Radfahrenden, die Behinderung des Verkehrsablaufs durch z. B. Langsamfahren und beengte Platzverhältnisse. Die befragten Kfz-Fahrenden gaben

- „das Fahren ohne Licht“,
- plötzliche Richtungsänderungen („kommen vom Fußweg“, „kein Handzeichen beim Abbiegen“, „den Schienen ausweichen“) und
- „das Fahren ohne Rücksicht“

als häufigste Antworten in Bezug auf das Verhalten der Radfahrenden an.

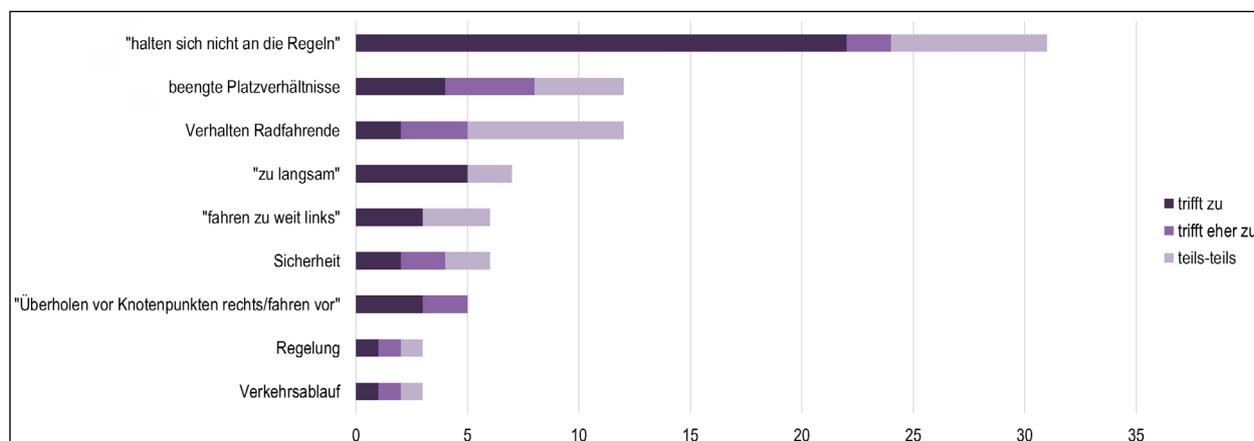


Bild 3-84: Beweggründe für Störempfinden durch Radfahrende

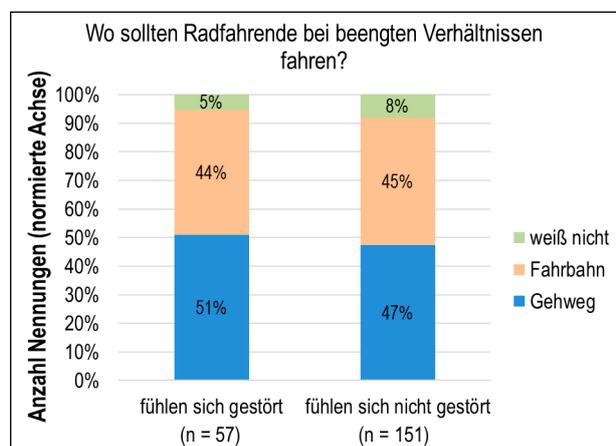


Bild 3-85: Ergebnisse Verkehrsraumnutzung Radfahrender



Bild 3-86: Ergebnisse Überholung Radfahrender durch Kfz-Fahrende bei Gegenverkehr

Neben der Frage ob sich die Kfz-Führenden von Radfahrenden gestört fühlen, wurde zusätzlich gefragt, wo die Radfahrenden bei beengten Verhältnissen fahren sollten. Es zeigt sich (Bild 3-85), dass sich die Anteile zwischen Befragten mit und ohne Störempfinden nur gering unterscheiden. Obwohl sich wenige Kfz-Fahrende durch Radfahrende gestört fühlen, sollen laut 47 % der befragten Autofahrenden, die Radfahrenden den Gehweg nutzen. Mit ca. 49 % (Gehwegnutzung) zu ca. 44 % (Fahrbahnnutzung) hebt sich der Anteil der befragten Kfz-Fahrenden mit Störempfinden nicht markant ab. Dieses Ergebnis zeigt allerdings eine deutliche Diskrepanz zur Frage, ob sich die Kfz-Führende durch Radfahrende gestört fühlen – diese Frage könnte damit durch sozial/gesellschaftlich gewolltes Antwortverhalten beeinflusst sein.

Beim Interview wurden die befragten Kfz-Fahrenden abschließend gefragt, ob sie Radfahrende bei Gegenverkehr überholen würden. Bild 3-86 zeigt die Auswertung und wird nach Störempfinden und keinem Störempfinden durch Radfahrende unterschieden.

Die hohen Anteile der Verneinung dieser Frage stimmen mit den wenigen erhobenen Überholabständen bei Gegenverkehr überein. Bei 2.528 erhobenen Überholabständen über alle Messstrecken wurden nur 142 bei Gegenverkehr erhoben. Dies entspricht einem Anteil von ca. 6 % und entspricht in etwa den Anteilen der Befragten mit Störempfinden (ca. 9 %) und ohne Störempfinden (ca. 12 %).

### 3.5.4 Fazit

#### Kfz-Geschwindigkeiten

Die mittleren Kfz-Geschwindigkeiten decken bei den untersuchten Querschnitten eine Bandbreite zwischen 30 km/h und fast 60 km/h ab. Trotz dieser Bandbreite lässt sich weder ein Zusammenhang zwischen Kfz-Geschwindigkeiten und der Akzeptanz des Mischverkehrs noch der seitlichen Abstände der Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen feststellen.

#### Seitliche Abstände

Die Auswertung zu seitlichen Abständen von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen ergab keinen verallgemeinerbaren Zusammenhang zur vorhandenen Fahrbahnbreite. Innerhalb gleicher Streckentypen und gleicher Fahrbahnbreiten zeigten sich Unterschiede der seitlichen Abstände zu parkenden

Fahrzeugen, deren Ursache nicht geklärt werden konnte.

Die Berücksichtigung der zulässigen Geschwindigkeiten sowie der Kfz-Verkehrsstärken ließ ebenfalls keinen Rückschluss auf einen Zusammenhang mit den seitlichen Abständen Radfahrender zu parkenden Fahrzeugen zu.

#### Ein- und Ausparkvorgänge

Radfahrende im Mischverkehr treten in Interaktion mit ein- und ausparkenden Fahrzeugen sowie ein- und aussteigenden Fahrzeugführenden. Dabei versuchen Radfahrende den Einfluss so gering wie möglich zu halten und weichen, wenn eben möglich, den Vorgängen seitlich aus. Die Geschwindigkeit wird nur teilweise reduziert, ein Abbremsen und Abwarten des Parkvorgangs nur selten beobachtet.

#### Überholabstände

In Bezug auf die Überholabstände zwischen Kfz-Fahrenden und Radfahrenden ist festzuhalten, dass kein Zusammenhang mit den Fahrbahnbreiten nachweisbar ist. In Verbindung mit der Kfz-Verkehrsstärke lassen sich Tendenzen ableiten, jedoch gibt es Ergebnisse für Erhebungsstrecken, die einem Trendverlauf entgegenstehen und somit eine allgemeingültige Ableitung nicht ermöglichen.

Eine ähnliche Schlussfolgerung lässt die Betrachtung der seitlichen Überholabstände und der Akzeptanz der Mischverkehrsführung durch Radfahrende (Anteil Radfahrender auf der Fahrbahn) zu. Der erkannte Zusammenhang aus Kapitel 3.5.2 ist nicht allgemeingültig.

Aus dem „Rechtsgutachten zu markierten Radverkehrsführungen“ (MÜLLER, 2018) ist bekannt, dass ein Überholabstand bei markierten Radverkehrsführungen von mind. 1,50 m einzuhalten ist und durch das Brandenburgische Oberlandesgericht festgesetzt wurde. Dieser Wert wurde bei den Erhebungen bezogen auf den Median bei drei von zehn Strecken unterschritten.

#### Befragungen

Die Gehwegnutzung durch Radfahrende ist zu 60 % durch den Beweggrund, dass die Fahrbahn als unsicher erachtet wird, geprägt. Dieser Beweggrund ist hauptsächlich durch eine hohe Kfz-Verkehrsstärke, aber auch durch die Interaktion mit parkenden bzw. ab- und einbiegenden Fahrzeugen ein Beweggrund charakterisiert. Das Erreichen der Quellen

oder Ziele ist ein weiterer wichtiger Beweggrund für die Nutzung des Gehweges. Angaben der Freitextoption „Infrastruktur“ zeigen, dass Radfahrende auf dem Gehweg fahren, um Gleisen auszuweichen und der Querschnitt als zu eng empfunden wird. Das Erreichen der Quellen bzw. Ziele, fehlende Querungsmöglichkeiten und die generierte Freitextkategorie „Komfort“ sind wichtige Beweggründe für das Fahren auf dem Gehweg entgegengesetzt der Fahrtrichtung.

Als wichtigste Beweggründe für die Fahrbahnnutzung wurden die Regelung einer solchen Führungsform und die Interaktion zwischen Radfahrenden und Zufußgehenden, welche als problematisch und als zu vermeiden wahrgenommen wurde, festgestellt. Eine „bessere Oberfläche“ sowie eine „fehlende Radverkehrsanlage“ wurden als weitere Gründe genannt. Es zeigt sich, dass Radfahrende den Gehweg als unsicher empfinden, weil sich der Großteil der Befragten durch zu viele Zufußgehende beeinflusst fühlt und den Gehweg als zu schmal empfindet. Der Beweggrund des schnelleren Vorankommens ist dadurch geprägt, dass sich keine Zufußgehenden oder Hindernisse auf der Fahrbahn befinden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich nur wenige befragte Kfz-Fahrende durch Radfahrende gestört fühlen. Im Gegensatz dazu wünscht sich jede\*r zweite Kfz-Führende, dass Radfahrende bei beengten Verhältnissen auf dem Gehweg fahren sollen. Fühlen sich Kfz-Führende durch Radfahrende auf der Fahrbahn gestört, wird dies mit dem Verhalten der Radfahrenden, der Behinderung des Verkehrsablaufs durch z. B. „Langsamfahren“ und beengte Platzverhältnisse begründet.

### 3.6 Pilotstudie: Sicherheitsrelevante Routenwahl

#### 3.6.1 Analyse

Im Datensatz konnten aufkommenstarke Relationen in den Untersuchungsräumen identifiziert und für die Betrachtung isoliert werden. Bild 3-87 illustriert die gefundenen Relationen inklusive Quell-, Ziel- und Transitpolygone für Dresden.

Für jede der auf den einzelnen Quelle-Ziel-Relationen gewählten Polygonalternativen konnten jeweils plausible Routenalternativen gefunden werden. Bild 3-88 stellt die gefundenen Routenalternativen innerhalb der Polygonalternativen beispielhaft für die Relation 1 in Dresden dar.

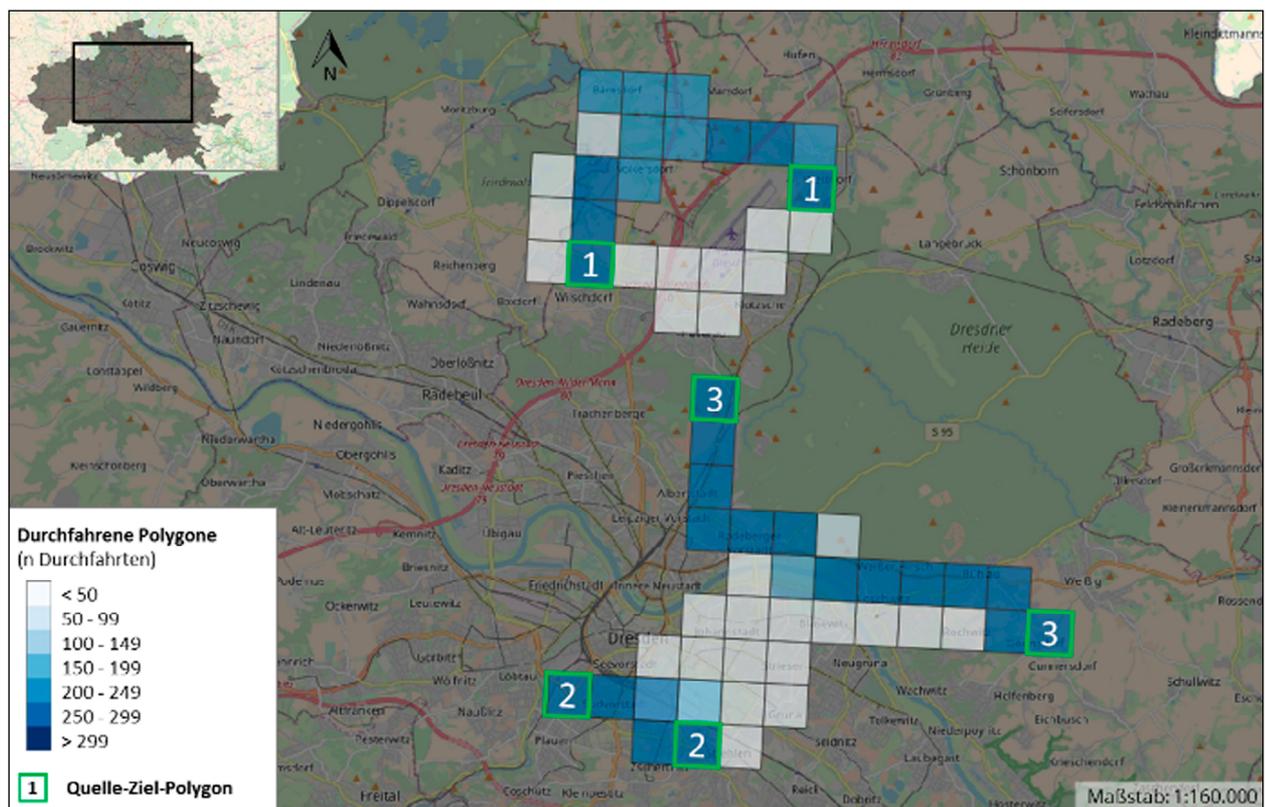


Bild 3-87: Quelle-Ziel-Relationen in Dresden

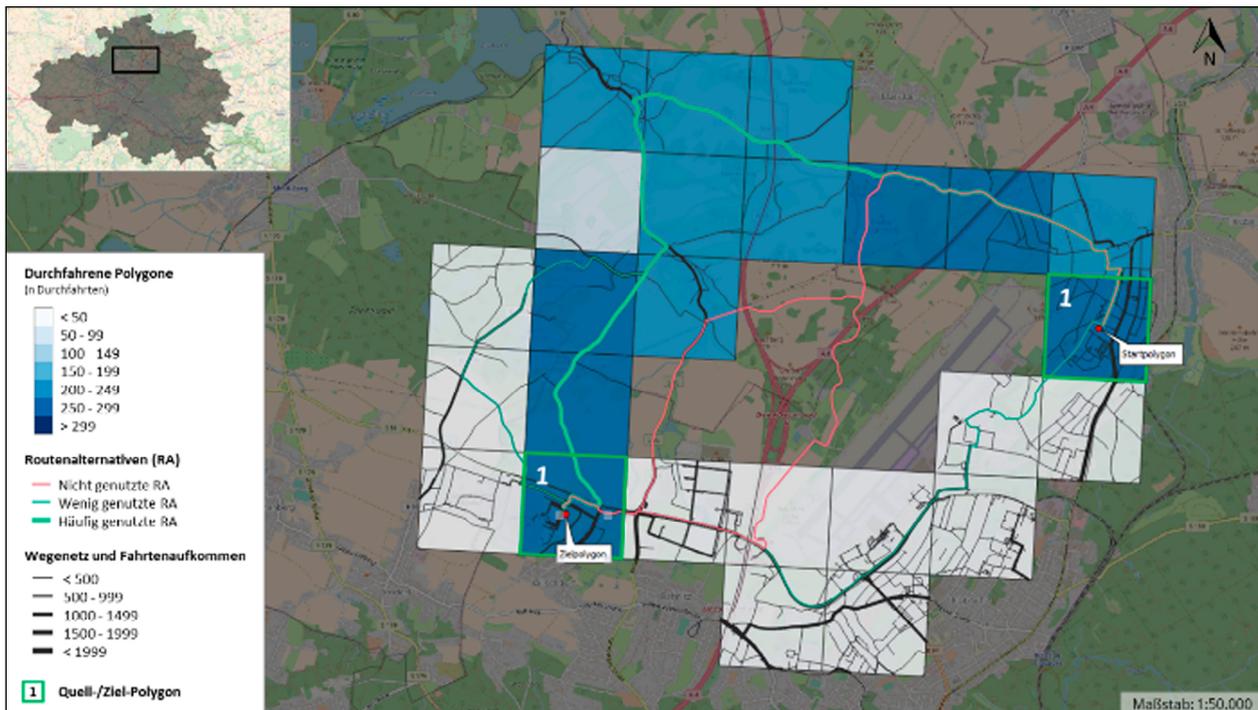


Bild 3-88: Generierte RA innerhalb der PA für QZ-Relation 1

Die deskriptive Analyse der Daten für Dresden ergab insgesamt Folgendes: Im ausgewählten Datensatz wurden auf den drei aufkommensstärksten Relationen insgesamt 822 Fahrten erbracht. Die Radfahrenden haben dabei insgesamt rund 9.552 km zurückgelegt. Die mittlere Distanz der gefahrenen Strecken betrug dabei 11,6 km und liegt damit überdurchschnittlich hoch (vgl. Kapitel 2.3.6).

Der Vergleich der gewählten Routen mit den Routenalternativen zeigt eine Tendenz zur Nutzung von Routen mit Radverkehrsanlagen auf. Im Datensatz wurden stets die Routen des Choice Sets gewählt, auf denen der Anteil an Strecken mit Radverkehrsanlagen möglichst hoch war. Fahren im Mischverkehr wird also eher vermieden, wenn Alternativen mit Radverkehrsinfrastruktur vorhanden sind.

Zur Verdeutlichung können beispielhaft die Relationen 2 und 3 herangezogen werden. Auf diesen Relationen wurden von den Radfahrenden stets die Routen gewählt, auf denen am wenigsten Mischverkehr gefahren werden muss. Auf den gewählten Routen mussten auf 42,0 % (Relation 2) bzw. 64,1 % (Relation 3) der gesamten Route im Mischverkehr gefahren werden. Demgegenüber hatten die nicht gewählten Alternativen einen Anteil von 57,2 % und 51,1 % (Relation 2) bzw. 71,2 % und 92,7 % (Relation 3) an dieser Führungsform.

Es gibt über die Führungsform hinaus noch weitere Einflussfaktoren (z. B. Routenlänge, Geschwindigkeiten des fließenden Verkehrs, Anzahl der auf der Route liegenden LSA), die die Routenwahl beeinflussen können, sodass die Routenwahl nicht zwangsläufig auf die Führungsform zurückzuführen sein muss. Bei der Analyse der restlichen Faktoren (siehe Kapitel 2.4.8) ergab sich jedoch kein eindeutiges Bild.

Die deskriptive Analyse der Daten für Berlin ergab Folgendes: Auf den analysierten Relationen wurden insgesamt 588 Fahrten erbracht. Dabei wurden von den Radfahrenden rund 8.720 km zurückgelegt. Sie fuhren im Durchschnitt 14,83 km. Diese Werte liegen, wie im Fall von Dresden, überdurchschnittlich hoch (vgl. Kapitel 2.3.6).

Der Vergleich der gewählten Routen mit den Routenalternativen lässt keine eindeutigen oder besonders starken Tendenzen bzgl. der Nutzung von Routen mit Radverkehrsanlagen erkennen. Fahren im Mischverkehr wird teils vermieden, wenn Alternativen mit Radverkehrsinfrastruktur vorhanden sind. Die Relation 2 kann als ein Beispiel dafür herangeführt werden. Auf dieser Relation werden 98 % aller Fahrten auf einer Route erbracht, auf der nur 5,6 % der Strecke im Mischverkehr gefahren werden muss. Andere Routen, die höhere Streckenanteile im Mischverkehr aufweisen (z. B. 45,7 % oder 7,5 %), werden nicht oder nur selten genutzt (2,0 %

bzw. 0,0 % der Fahrten). Auf anderen Relationen kehrt sich dieses Bild jedoch teilweise um, sodass für den Testfall Berlin keine eindeutigen Aussagen getroffen werden können.

Darüber hinaus lassen die Analysen der Daten zu Berlin einen Zusammenhang weiterer Faktoren (Distanzen, Anzahl der LSA) mit der Routenwahl erkennen. Die gewählten Routen sind meist die kürzesten Routen im Choice Set und es ist zudem eine leichte Tendenz zur Vermeidung von LSA zu erkennen.

Die Analysen der beiden Datensätze hat aufgezeigt, dass durchaus ein Zusammenhang zwischen der Führungsform und der Wahl der Route der Radfahrenden bestehen kann. Aufgrund der rein deskriptiven Methodik bleibt jedoch unklar, welche Einflussfaktoren darüber hinaus wie stark wirken und wie signifikant der Einfluss der Führungsform tatsächlich auf die Routenwahl ist.

### 3.6.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Aussagen, die sich auf Basis der Analysen ableiten lassen, müssen vor allem hinsichtlich der genutzten Daten kritisch hinterfragt werden. Grundsätzlich können mithilfe der Daten Tendenzen zur Vermeidung von Routen mit Fahrten im Mischverkehr aufgezeigt werden. Bei genauer Betrachtung der Daten zeigt sich jedoch auch, dass die Strava-Daten quantitativ und qualitativ nicht hinreichend genau für eine solche Betrachtung sind.

Dies liegt zum einen darin begründet, dass die Daten auf den untersuchten Relationen zwar viele Fahrten aufweisen, diese jedoch wahrscheinlich von nur wenigen Nutzenden oder gar einem „power user“ erbracht wurden. Darauf deuten unter anderem die Wegeanzahl, die zurückgelegten Distanzen und die insgesamt erbrachte Fahrleistung als auch die geringe Variation der gewählten Routen hin. Für umfassende und aussagekräftigere Analysen müssten demnach mehr Relationen und Fahrten unterschiedlicher Nutzer in die Analyse aufgenommen werden. Das ist prinzipiell möglich, bedarf jedoch weiterer Methoden (z. B. automatisierte Datenaufbereitung) und erhöht den Analyseaufwand entsprechend stark. Es muss zudem darauf hingewiesen werden, dass Strava-Nutzende unter Umständen ein deutlich abweichendes Verkehrsverhalten als die durchschnittlichen Radfahrenden aufweisen, was zu einer entsprechenden Verzerrung der Er-

gebnisse führen kann (Wegelängen sind z. B. ein Indiz dafür).

Darüber hinaus müssen die für die Analyse genutzten OSM-Daten kritisch hinterfragt werden. Die OSM-Daten sind ein offener Datensatz, der von unterschiedlichen Mitwirkenden weltweit bearbeitet wird. Zur Interpretation der Ergebnisse muss dementsprechend immer auf die Qualität und Quantität der OSM-Daten hingewiesen werden.

### 3.6.3 Fazit

Die Pilotstudie konnte aufzeigen, dass aggregierte und GPS-basierte Daten der Radverkehrsnachfrage genutzt werden können, um Erkenntnisse in Bezug auf die Nutzung von Streckenabschnitten im Mischverkehr im Vergleich zu anderen Führungsformen abzuleiten. Sie hat jedoch auch gezeigt, dass die Ergebnisse der Analysen nur so zuverlässig sein können, wie es Quantität und Qualität der Inputdaten zulassen.

Um verlässliche Aussagen zur Akzeptanz des Radverkehrs im Mischverkehr tätigen zu können, müssten jedoch zentrale Datenanforderungen erfüllt sein. Diese bestehen maßgeblich in dem Vorhandensein qualitativ und quantitativ hochwertiger sowie detaillierter Daten a) zur Radverkehrsnachfrage (breites Nutzerspektrum, viele Fahrten, GPS-Trajektorien) und b) zum Verkehrsangebot (Verkehrsnetz mit Informationen zu den unterschiedlichen Führungsformen). Mit diesen Daten könnten multivariate Analysen durchgeführt werden, wie sie bspw. von MENGHINI et al. (2010), BROACH et al. (2012), CASELLO et al. (2014), ZIMMERMANN et al. (2017) oder TON et al. (2017) umgesetzt wurden. Damit könnten verlässliche Aussagen zur Routenwahl und dem Einfluss der Führungsform im Zusammenwirken mit weiteren Einflussfaktoren getätigt werden.

## 4 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die vorliegende Untersuchung thematisiert die Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn im Mischverkehr (ohne Schutzstreifen). Weitere Führungsformen wie parallel für den Radverkehr freigegebene Gehwege, bauliche Radwege ohne Benutzungspflicht oder „Piktogrammketten“ auf der Fahrbahn sind nicht Bestandteil der Analysen. Untersucht

werden Streckenabschnitte innerörtlicher Hauptverkehrsstraßen zwischen zwei Hauptverkehrsknotenpunkten. Die Untersuchungsabschnitte beinhalten Anschlussknotenpunkte. Die Annäherungsbereiche von Hauptverkehrsknotenpunkten werden in der Unfallanalyse separat berücksichtigt. Untersucht werden nur schmale Querschnitte, auf denen die Einrichtung eines Schutzstreifens aufgrund der Breite nicht zulässig ist.

Durch die eingangs formulierten Forschungsfragen (vgl. Kapitel 1.3) können die Untersuchungsergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen wie folgt zusammengefasst werden:

### **Erkenntnisse der Literaturanalyse**

Objektiv schneiden Mischverkehrsführungen (ohne Schutzstreifen) nicht zwangsläufig schlechter als markierte Führungsformen oder Seitenraumführungen ab. Sie zeigen aber eine etwas andere Unfallstruktur, bspw. mit erhöhten Anteilen an Unfällen mit linksabbiegenden Kfz, mit parkenden Fahrzeugen oder im Längsverkehr.

Anhand von Befragungen zur subjektiven Sicherheit stellte sich heraus, dass ein großer Anteil der Radfahrenden den Mischverkehr als unsicher einschätzt. Dies führt u. U. zu Ausweichverhalten auf andere Straßen oder auf den Gehweg. Positiver wird beurteilt, dass die Abstände des Radverkehrs im Mischverkehr zu parkenden Fahrzeugen im Vergleich zu anderen Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn größer sind. In Bezug auf die seitlichen Überholabstände der Kfz lassen sich widersprüchliche Schlussfolgerungen ziehen:

Einerseits haben sich geringere Überholabstände bei schmalen Fahrbahnbreiten in Untersuchungen gezeigt. Andererseits müssten auf schmalen Querschnitten echte Überholvorgänge im Gegensatz zum engen Vorbeifahren auf demselben Fahrstreifen stattfinden, wovon größere seitliche Abstände erwartet werden. Unklar bleibt, welche Auswirkungen Überholabstände auf die objektive Verkehrssicherheit haben.

Darüber hinaus gilt, dass aus schmalen Querschnitten tendenziell geringere Kfz-Geschwindigkeiten resultieren, welche ihrerseits als ein wesentlicher Einflussfaktor für sowohl die subjektive als auch objektive Verkehrssicherheit der Radfahrenden angesehen werden.

### **Bestehende Maßnahmenansätze (ohne Wirksamkeitsbeurteilung)**

Im Folgenden werden Maßnahmenansätze genannt, ohne weiter auf deren Wirksamkeit einzugehen. Die Maßnahmen stammen aus dem Regelwerk, der Literatur als auch aus dem Workshop mit den Kommunalvertretern.

Das Regelwerk – hier vorrangig die ERA – schlägt zur Verbesserung der Situation im Mischverkehr vor allem verschiedene Fahrstreifenbreiten in Abhängigkeit der Kfz-Verkehrsstärke vor (z. B. 3,75 m bei mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen, wenn auf dem rechten Fahrstreifen geparkt werden kann). Dies wird ergänzt um den Hinweis zur Einschränkung des Haltens auf der Fahrbahn. Zusätzliche Sicherheitsräume zu parkenden Fahrzeugen können auch durch vorgezogene Seitenräume in Parkstreifen geschaffen werden. Für Querschnitte mit straßenbündigen Gleisen wird das Fahren innerhalb der Gleise (Gleisabstand mind. 1 m) oder rechts neben Gleisen (mind. 1,30 m Abstand zwischen Bord und Rillenschiene) empfohlen.

In der Literatur werden größere freizuhaltenen Sichtfelder an Knoten (z. B. 10 m) und auch reduzierte zulässige Höchstgeschwindigkeiten bei Vorhandensein von Parkständen ( $V_{zul} = 30$  km/h bei Längsparken und  $V_{zul} \leq 20$  km/h bei Schräg- und Senkrechtparken) diskutiert. Für Streckenabschnitte (vor allem < 3,60 m Breite) werden Piktogramme oder Sharrows, die mittig oder am rechten Fahrbahnrand markiert werden, vorgeschlagen. Ebenso kann die Markierung der Sicherheitsräume zum ruhenden Verkehr eine Maßnahme sein.

In der Diskussion mit Vertretern verschiedener Kommunen wurden sowohl praktisch umgesetzte als auch theoretisch denkbare Maßnahmen identifiziert. Als geeignete Maßnahme wurde die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h zur Verbesserung der Verkehrssituation für Radfahrende im Rahmen des Workshops genannt.

Um Radfahrenden einen Schutzraum zu ermöglichen, werden, wenn möglich, Gehwege für Radfahrende freigegeben, auch wenn dadurch wieder Konflikte mit dem Fußverkehr entstehen können.

Neben der Verkehrsregelung werden Verbesserungspotenziale bei verkehrstechnischen Maßnahmen für die Zielfelder Akzeptanz und Verkehrssicherheit gesehen. Für schmale Querschnitte wird die Markierung von alternierenden Schutzstreifen

oder Piktogramm-Ketten genannt. Letztere sollen mehr Aufmerksamkeit auf den Radverkehr lenken, aber auch zu größeren seitlichen Abständen von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen motivieren. Durch die Ergänzung von Pfeilmarkierungen werden aus den Piktogrammen sogenannte Sharrows.

Um zu verhindern, dass Radfahrende bei Gegenverkehr innerhalb eines schmalen Fahrstreifens mit nicht ausreichendem Sicherheitsabstand überholt werden, wird im Workshop teilweise die Wegnahme bzw. der Verzicht der Mittelmarkierung genannt. Dadurch soll den Kfz-Fahrenden die Enge des Straßenraumes verdeutlicht werden.

In Annäherungsbereichen von wartepflichtigen Zufahrten soll durch Einengung des Fahrstreifens ein nebeneinander Aufstellen von Radfahrenden und Kfz unterbunden werden. Folgt auf diesen Knotenpunkt Mischverkehr, so fahren Radfahrende und Kfz bereits hintereinander.

An mehrstreifigen Fahrbahnen können durch die Markierung eines Radfahr- oder Schutzstreifens in Verbindung mit einem überbreiten Kfz-Fahrstreifen im Bestand vorhandene Strecken mit Mischverkehr ohne großen baulichen Aufwand zugunsten des Radverkehrs verändert werden.

### **Randbedingungen zur Anwendung von Mischverkehrsführungen in der Praxis**

Die Diskussion mit Vertretern verschiedener Kommunen zeigte, dass Mischverkehrsführungen für den Radverkehr vor allem historisch gewachsen im Bestand existieren. Bei Neuplanungen werden in Abhängigkeit der Platzverhältnisse vorrangig Radverkehrsanlagen geplant. Besonders an eng angebauten innerstädtischen Straßen ist die Straßenraumbreite begrenzt und lässt kaum Spielraum zu. An zweistreifigen Querschnitten existieren in den am Workshop beteiligten Kommunen Mischverkehrsführungen bis zu einer Verkehrsbelastung von 18.000 Kfz/24h, an mehrstreifigen Querschnitten bis zu einer Verkehrsbelastung von 35.000 Kfz/24h. Dies sind lediglich die genannten Anwendungsbereiche der am Workshop teilnehmenden Kommunen.

### **Ergänzende Regelungen für Mischverkehrsführungen aus einzelnen Kommunen**

Einzelne Kommunen wenden ergänzende Einschränkungen oder begleitende infrastrukturelle Maßnahmen an. So wird der Mischverkehr nur in

Straßen zugelassen, deren schmale Fahrbahnbreiten ein Überholen der Radfahrenden bei Gegenverkehr nicht zulassen (bei 6,00 m ohne Parken bzw. 6,50 m mit Parken). In anderen Fällen wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h begrenzt. Das alleinige Vorhandensein einer Mischverkehrsführung rechtfertigt gemäß StVO jedoch nicht die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h.

Eine bereits in einzelnen Kommunen umgesetzte infrastrukturelle Maßnahme stellt die Markierung des Sicherheitsraumes zum ruhenden Verkehr dar. Dadurch sollen Radfahrende in die Mitte der Fahrstreifen gelenkt und vor allem Dooring-Unfälle vermieden werden.

### **Unfallgeschehen bei Radverkehr im Mischverkehr**

Das Unfallgeschehen der Untersuchungsabschnitte teilt sich zu 55 % auf die freie Strecke und zu 45 % auf die Anschlussknotenpunkte.

Die Unfallcharakteristik (Verteilung nach Unfalltypen) im Untersuchungskollektiv stellt sich wie folgt dar:

- Unfall mit ruhendem Verkehr: 25,5 %
- Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle: 24,2 %
- Abbiegeunfälle: 15,1 %
- Unfälle im Längsverkehr: 14,1 %
- Sonstige Unfälle: 8,3 %
- Fahrnfälle: 7,2 %
- Überschreiten-Unfälle: 5,6 %

Die häufigsten Unfallsituationen bei Mischverkehrsführungen ohne Schutzstreifen auf der freien Strecke sind Unfälle mit dem ruhenden Verkehr. Vor allem der Konflikt mit sich öffnenden oder geöffneten Fahrzeugtüren ist dabei relevant (Dooring-Unfälle).

Insgesamt weisen die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle aber auch Fahrnfälle eine geringere Relevanz im Vergleich zum Gesamtunfallgeschehen mit Radverkehrsbeteiligung auf (d. h. Einbiegen-/Kreuzen- und Fahrnfälle sind tendenziell häufiger an anderen Führungsformen zu finden). Fahrnfälle stehen meist im Zusammenhang mit Straßenbahngleisen. Bei den Einbiegen-Kreuzen-Unfällen sind Radfahrende sowohl als wartepflichtige (einbiegen in übergeordnete Straße) als auch als bevorrechtigte Kon-

fliktgegner beteiligt (Wartepflichtverletzung der anderen Verkehrsteilnehmenden).

An den Anschlussknotenpunkten sind neben den Einbiegen-Kreuzen-Unfällen zusätzlich noch die Unfälle mit linksabbiegenden Kfz und geradeausfahrenden Radfahrenden relevant.

Zusammenhänge zwischen einer eingeschränkten Akzeptanz der Fahrbahnführung oder erhöhten Anteilen linksfahrender Radfahrender mit der Unfallhäufigkeit lassen sich kaum nachweisen.

Annäherungsbereiche an Hauptverkehrsknotenpunkten unterscheiden sich in Bezug auf die Unfallcharakteristik nicht wesentlich von den Streckenabschnitten ohne Anschlussknotenpunkte.

Aus der multikriteriellen Analyse wurde ein deutlicher Zusammenhang des Unfallgeschehens mit der Kfz- und Radverkehrsstärke nachgewiesen. Der Zusammenhang mit der Kfz-Verkehrsstärke wurde in anderen Untersuchungen bisher nicht nachgewiesen. Dies könnte auf die stärkere Exposition der Radfahrenden gegenüber Kraftfahrzeugen zurückgeführt werden. Interessant dabei ist auch der vglw. starke Zusammenhang zwischen der Kfz-Verkehrsstärke und den Unfällen mit ruhendem Verkehr.

Weitere relevante Einflussmerkmale betreffen das Vorhandensein von Gleisen in der Fahrbahn bei den Fahrnfällen und die Kfz-Verkehrsstärke bei den Abbiegeunfällen. Das Vorhandensein parkender Fahrzeuge am Fahrbahnrand stellt einen zentralen unfallbegünstigenden Faktor im Mischverkehr dar. In diesen Fällen wirkt sich eine hohe Verkehrsstärke des Radverkehrs auf der Fahrbahn auch negativ auf die Verkehrssicherheit aus, wobei die Verkehrssicherheit derselben Radverkehrsstärke bei Führung im Seitenraum nicht beurteilt werden kann. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h zeigte im Unfallmodell einen (leichten) unfallbegünstigenden Einfluss auf die Einbiegen-/Kreuzen- und Abbiege-Unfälle an Anschlussknotenpunkten. Kein Zusammenhang konnte zwischen den Unfällen auf der Strecke und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit festgestellt werden. Für die Bewertung der Ergebnisse der multikriteriellen Unfallanalyse sind die Anmerkungen und Einschränkungen in Kapitel 3.4.3 zu berücksichtigen.

Da Unfälle mit ruhendem Verkehr die zentrale Unfallsituation für den Mischverkehr darstellen, soll-

ten Hauptrouten des Radverkehrs bzw. Routen mit erhöhten Belastungen (sofern praktisch möglich) außerhalb der Bereiche mit ruhendem Verkehr auf der Fahrbahn geführt werden. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass eine Wegnahme oder Verlagerung des ruhenden Verkehrs in bzw. weg aus engen Straßenräumen mit gleichzeitig hohen Radverkehrsstärken ebenfalls die Verkehrssicherheit erhöht. Das ist vor allem eine langfristige Maßnahme im Bereich der Netzplanung. Daher sind kurzfristig Maßnahmen zur Erhöhung der seitlichen Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen zu fördern. Hier ist aktuell vor allem die Markierung von Sicherheitsräumen zwischen parkenden Fahrzeugen und den Fahrlinien des Radverkehrs denkbar. Dafür können Leitlinien verwendet werden, die vergleichbar mit der rechten Leitlinie eines Schutzstreifens sind. Eine Verwechslung des 0,50 m breiten Sicherheitsraumes mit einem zu schmalen Schutzstreifen muss jedoch ausgeschlossen werden. Dessen konkrete Umsetzung bedarf noch der Diskussion in den einschlägigen Fachgremien. Zu berücksichtigen ist, dass die Wirkung des Sicherheitsraumes nur dann eintritt, wenn er stetig freigehalten wird. Daher ist eine durchgehende Markierung bzw. Begrenzung der angrenzenden Parkstände notwendig. Außerdem muss die Freihaltung dieses Sicherheitsraums auch überwacht werden.

Die Ordnung des ruhenden Verkehrs kann auch durch die Umwandlung beidseitiger Längsparkplätze in wechselseitige Schrägparkplätze erfolgen (baulich oder markierungstechnisch). Dadurch lassen sich kritische Interaktionen und Unfälle mit sich öffnenden Fahrzeugtüren verhindern. Es bleibt allerdings offen, ob dadurch neue Konflikte mit rückwärts ausparkenden Fahrzeugen in Schrägparkständen entstehen.

Die Kombination enger Straßenräume mit Gleisen, parkenden Fahrzeugen und hohen Radverkehrsstärken ist ebenfalls zu vermeiden, da sich diese Kombination als unfallbegünstigend für Fahrnfälle herausgestellt hat. Das muss bei der Routenplanung für den Radverkehr berücksichtigt werden. Ist keine Verlagerung des Radverkehrs möglich, dann bedarf es der Verlagerung oder der Wegnahme des ruhenden Verkehrs.

In Bezug auf Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit wartepflichtigen Kfz sind beim Mischverkehr ausreichend freizuhaltende Sichtweiten an Knotenpunkten wichtig, da der Radverkehr tendenziell weit

rechts nah zu parkenden Fahrzeugen fährt (siehe Kapitel 3.5.1). Dieser Umstand muss auch bei der Sichtweitenberechnung berücksichtigt werden.

In Bezug auf Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle – mit wartepflichtigen bzw. einbiegenden Radfahrenden – sind ebenfalls ausreichende Sichtbeziehungen wichtig (insbesondere in Hinblick auf höhere Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr). Ausreichende Sichtbeziehungen können durch die Reduzierung von an den Knotenpunkt angrenzende Parkstände ermöglicht werden. Ist dies nicht umsetzbar, können die Anforderungen an die Sichtbeziehungen durch eine wirksam (!) herabgesetzte zulässige Höchstgeschwindigkeit reduziert werden (bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h fallen weniger Stellplätze für ausreichende Sichtweiten weg).

### **Mischverkehr im Vergleich zu anderen Führungsformen**

Der Vergleich mit anderen Führungsformen des Radverkehrs war im Rahmen dieser Studie nur durch den Vergleich mit externen älteren Studien möglich. Der Vergleich mit externen Untersuchungen zeigte, dass die innerhalb der vorliegenden Untersuchung ermittelten Unfallraten grundsätzlich höher sind als die zuvor aus anderen Untersuchungen ermittelten Unfallraten, unabhängig von den dort untersuchten Führungsformen.

### **Einflussgrößen auf die Akzeptanz von Mischverkehrs-führung**

Die Analyse des Verkehrsaufkommens differenziert nach der Wahl der Infrastruktur (Fahrbahn/Seitenraum) im Straßenquerschnitt verdeutlicht, dass die Verkehrsstärke einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz der Mischverkehrs-führung hat. Strecken mit niedrigeren Kfz-Verkehrsstärken sowie geringerem Schwerverkehrsanteil weisen eine erhöhte Akzeptanz auf. Eine erhöhte Akzeptanz liegt ebenfalls an Strecken mit größeren Radverkehrsstärken vor.

Die Akzeptanz von Mischverkehrs-führungen könnte über eine Trennung größerer Kfz- und Radverkehrsströme erhöht werden. In den multikriteriellen Akzeptanzanalysen wurde ein negativer Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke auf die Akzeptanz festgestellt. Dies kann durch eine angemessene Netzplanung für den Radverkehr erreicht werden. Aller-

dings sind dieser theoretischen Überlegung praktische Grenzen gesetzt. Grundsätzlich sollten gleichzeitig hohe Kfz- und Radverkehrsströme im Mischverkehr – auch aus Sicht der Verkehrssicherheit – vermieden werden. Wichtig ist außerdem, dass durch die Routenführung direkte bzw. kurze Verbindungen entstehen oder beibehalten werden.

Darüber hinaus ist die Akzeptanz der Mischverkehrs-führung bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h höher als bei 50 km/h. Die Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit würde eine Maßnahme zur Erhöhung der Akzeptanz darstellen, deren straßenverkehrsrechtliche Grundlage aber geprüft werden müsste.

Eine Vielzahl von Quellen und Zielen im Seitenraum der Streckenabschnitte hat einen negativen Einfluss sowohl auf die Fahrbahnnutzung durch Radfahrende als auch auf die Nutzung des Gehweges in Fahrtrichtung. Dies wurde über die Variable des beidseitigen Geschäftsbesatzes untersucht.

Kein Zusammenhang konnte zwischen unterschiedlichen Fahrstreifenbreiten und der Akzeptanz der Mischverkehrs-führung nachgewiesen werden.

### **Verhaltensweisen mit Einfluss auf das Unfallgeschehen**

Das Verhalten der Radfahrenden im Mischverkehr steht nur bedingt im Zusammenhang mit relevanten Unfallsituationen. In der Unfallanalyse zeigt sich, dass sowohl die Akzeptanz der Fahrbahn-führung<sup>23</sup> als auch der Anteil der linksfahrenden Radfahrenden keinen nachweisbaren Effekt auf das reale Unfallgeschehen der Untersuchungsstrecken haben.

Generell wurden geringe seitliche Abstände zwischen Radfahrenden und parkenden Fahrzeugen festgestellt (< 50 cm). Dies kann sich unfallbegünstigend auf Dooring-Unfälle (zwischen Radfahrenden und sich öffnenden Fahrzeugtüren) auswirken. Anhand der untersuchten Daten wurde kein Hinweis darauf gefunden, wie diese sicherheitskritischen Abstände vergrößert werden könnten.

<sup>23</sup> Eine Ausnahme stellt die Erhöhung der Unfälle im ruhenden Verkehr bei erhöhter Akzeptanz und gleichzeitig ruhenden Fahrzeugen am Fahrbahnrand dar.

Ebenfalls werden regelwidrige ( $< 1,50$  m Abstand, vgl. MÜLLER 2018) Überholabstände (Kfz zu Rad) bei jeder vierten Überholung festgestellt. Es wurden auch dazu passende Unfallkonstellationen festgestellt (Unfälle im Längsverkehr), allerdings nicht in relevanten bzw. aufgrund des Ergebnisses der Verhaltensanalyse zu erwartenden Unfallhäufigkeiten.

### Faktoren der Routenwahl

Die Pilotstudie zur Routenwahl von Radfahrenden zeigte, dass das Vorhandensein einer Radverkehrsanlage keinen ausschließlichen Einfluss auf die Routenwahl hat bzw. wahrscheinlich nicht alleine für eine angepasste Routenwahl verantwortlich ist. Unter Berücksichtigung der eingeschränkten Datengrundlage zeigte sich jedoch, dass kürzere Strecken sowie Strecken mit geringerer LSA-Dichte bevorzugt wurden.

### Fazit

Insgesamt hängt die Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen vor allem von der Kfz-Verkehrsstärke ab. Ein hohe Akzeptanz steht weiterhin im Zusammenhang mit hohen Radverkehrsstärken, niedrigen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten (30 km/h), einem geringen Schwerverkehrsaufkommen sowie einem geringen Geschäftsbesatz in der anliegenden Bebauung. In Bezug auf die objektive Verkehrssicherheit kommt der Akzeptanz eine geringe Relevanz zu. Ungünstig für die objektive Verkehrssicherheit sind Längsparkstände (vor allem ohne ausreichenden Sicherheitsräume), Gleise in der Fahrbahnbahn sowie enge Straßenräume in Kombination mit den beiden zuvor genannten Merkmalen. Es wird weiterhin ein leichter positiver Effekt geringerer zulässiger Höchstgeschwindigkeiten auf die Knotenpunkunfälle festgestellt, wobei einschränkend erwähnt werden muss, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit eine Art Stellvertreterkenngröße für Straßen mit Sicherheitsdefiziten darstellt und der Anteil von Strecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h am Gesamtkollektiv gering ist. Ein kausaler Einfluss der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf das Unfallgeschehen ist damit noch nicht abschließend nachgewiesen.

## Literatur

- AHRENS, G.-A. (2014). Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ in Berlin. Verkehrs- und Infrastrukturplanung, Technische Universität Dresden, Dresden. Letzter Zugriff am 17.08.2018, URL: [https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik\\_planung/zahlen\\_fakten/download/SrV\\_2013\\_Berlin\\_Tabellen.pdf](https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/SrV_2013_Berlin_Tabellen.pdf)
- ALRUTZ, D.; BOHLE, W.; MÜLLER, H.; PRAHLOW, H. (2009). Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (Berichte der BASt, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V184)
- ALRUTZ, D.; BOHLE, W.; MAIER, R.; ENKE, M.; POHLE, M.; ZIMMERMANN, F.; ORTLEPP, J.; SCHREIBER M. (2015). Einfluss des Radverkehrsaufkommens und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen. Berlin: Unfallforscher der Versicherer UDV des GDV (Forschungsbericht Nr. 29)
- ALRUTZ, D.; BOHLE, W.; BUSEK, S. (2015). Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (Berichte der BASt, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V261)
- ANDERSEN, T.; BREDAL, F.; WEINREICH, M.; JENSEN, N.; RIISGAARD-DAM, M.; KOFOD NIELSEN, M. (2012) Collection of Cycle Concepts 2012. Kopenhagen: Cycling Embassy of Denmark
- ANGENENDT, W.; BADER, J.; BUTZ, T.; CIESLIK, B.; DRAEGER, W.; FRIESE, H.; KLÖCKNER, D.; LENSSEN, M.; WILKEN, M. (1993). Verkehrssichere Anlage und Gestaltung von Radwegen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen BASt (Berichte der BASt, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V9)
- AURICH, A., HANTSCHER, S., KOLLMUS, B., SCHÜLLER, H. (2015). Prognose für die Verkehrssicherheit in Städten. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 61 (2), Seiten 83-90, 2015
- AURICH, A. (2012). Modelle zur Beschreibung der Verkehrssicherheit innerörtlicher Hauptverkehrsstraßennetze unter besonderer Berücksichtigung der Umfeldnutzung. Dresden: Lehr-

- stuhl für Straßenverkehrstechnik (Dissertations-schrift).
- APASNORE, P.; ISMAIL, K.; KASSIM, A. (2017) Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. In: *Accident Analysis and prevention* 106, S. 141-148
- BROACH, J., DILL, J. and GLIEBE, J. (2012). Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A*, 1730-1740.
- CASELLO, J. M. and USYUKOV, V. (2014). Modeling cyclists' route choice based on GPS data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 155-161.
- CHATAWAY, E. S.; KAPLAN, S.; NIELSEN, T. A. S.; PRATO, C. G. (2013): Safety perceptions and reported behavior related to cycling in mixed traffic: A comparison between Brisbane and Copenhagen. In: *Transportation Research Part F* 23, S. 32-43
- CHRISTMAS, S., HELMAN, S., BUTTRESS, S., NEWMAN, C. & HUTCHINS, R. (2010): *Cycling, Safety and Sharing the Road: Qualitative Research with Cyclists and Other Road Users*. Department for Transport, London.
- City of Copenhagen (2013). *Focus on Cycling. Copenhagen Guidelines for the Design of Road projects*. City of Copenhagen, Technical and Environmental Administration, Traffic Department. The Bicycle Programme
- CROW (2007). *Design Manual for Bicycle Traffic*. Niederlande, Ede
- Department for Transport (2008). *Cycle Infrastructure Design*. Norwich: The Stationary Office (Local Transport Note 2/08)
- DIETTIKER, J.; SOMMER, I., M, FROSSARD, J.-L., STEINER, R. (2012): Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?. *Forschungsauftrag SVI2004/053 auf Antrag der schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)*. Winterthur/Zürich/Bern.
- DOZZA, M., WERNEKE, J. (2014). Introducing naturalistic cycling data: What factors influence bicyclists' safety in the real world? In: *Transport Research Part F* 24 (2014), S. 83-91
- ELVIK, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. In: *Accident Analysis and Prevention* 41 (2009), S. 849-855
- FERENCHAK, NICHOLAS N.; MARSHALL, WESLEY E. (2015): The Relative (In)Effectiveness of Bicycle Sharrows on Ridership and Safety Outcomes. *TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers*, Washington DC.
- Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (2012): *Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen – M Uko*, Ausgabe 2012, Köln.
- Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (2010): *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen - ERA*, Ausgabe 2010., Köln.
- Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (2001): *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen - HBS*, Ausgabe 2001, Köln.
- Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (2007): *Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen – RAST 06*. Köln: FGSV-Verlag
- FRANCKE, A., LIßNER, S. (2017). *Big Data im Radverkehr – Ein anwendungsorientierter Leitfaden zur Nutzung von Smartphone-generierten Radverkehrsdaten*. Technische Universität Dresden, Dresden. Letzter Zugriff am 17.08.2018, URL: [https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/ressourcen/dateien/forschungsprojekte/nrvp\\_gps/20171102\\_Leitfaden\\_WEB\\_final\\_klein.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/ressourcen/dateien/forschungsprojekte/nrvp_gps/20171102_Leitfaden_WEB_final_klein.pdf?lang=de)
- GIBBARD, A., REID, S., MITCHELL, J., LAWTON, B., BROWN, E., HARPER, H. (2004). The effect of road narrowing on cyclist. *Crowthorne: Transport Research Laboratory TRL (TRL Report 621)*.
- HAMACHER, M., KÜHN, M. HUMMEL, T. (2016). *Analyse der Radfahrer-Pkw-Kollision*. Berlin: UDV des GDV
- HARRIS, M. ANNE; REYNOLDS, CONOR C. O.; WINTERS, MEGHAN; CRIPTON, PETER A.; SHEN, HUI; CHIPMAN, MARY L.; CUSIMANO, MICHAEL D.; BABUL, SHELINA; BRUBACHER, JEFFREY R.; FRIEDMAN, STEVEN M.; HUNTE, GARTH; MONRO, MELODY; VER-

- NICH, LEE; TESCHKE, KAY (2013): Comparing the effects of infrastructure on bicycling. URL: <http://injuryprevention.bmj.com/content/early/2013/02/13/injuryprev-2012-040561.full>. Veröffentlicht am: 14.02.2013. Letzter Zugriff: 26.09.2016.
- HUMMEL, T.; KÜHN, M. (2016) Schutzmaßnahmen für Fußgänger und Radfahrer; Berlin: Unfallforscher der Versicherer UDV des GDV (Forschungsbericht Nr. 63)
- HUNTER, WILLIAM W.; THOMAS, LIBBY; SRINIVASAN, RAGHAVAN; MARTELL, CAROL A. (2010): Evaluation of Shared Lane Markings. Report No. FHWA-HRT-10-041. Federal Highway Administration. McLean.
- JENSEN, S. U. (2007). Bicycle Tracks and Lanes: a Before-After Study. In: Proceedings of the Transportation Research Board Conference.
- JOHNSON, M., CHARLTON, J., OXLEY, J. & NEWSTEAD, S. (2010), Naturalistic Cycling Study: Identifying Risk Factors for On-Road Commuter Cyclists. In: Annals of Advances in Automotive Medicine / Annual Scientific Conference (54), 275–283.
- KAULEN, R. (2013). Einsatzbereiche von Schutzstreifen unter besonderer Berücksichtigung von schmalen Fahrbahnen. Stuttgart: Vortrag Fachseminar der AGFK-BW am 03.12.2013
- MANTON, R., RAU, H., FAHY, F., SHEAHAN, J. CLIFFORD, E. (2016). Using mental mapping to unpack perceived cycling risk. In: Acc. Anal. & Prev. 88 (2016), S. 138-149
- MENGHINI, G., CARRASCO, N., SCHÜSSLER, N., AXHAUSEN, K.W. (2010). Route choice of cyclists in Zurich. Transportation Research Part A 44, p. 754–765.
- MÜLLER, D. (2018): Rechtsgutachten zu markierten Radverkehrsführungen. Berlin: UDV des GDV
- NG, A., DEBNATH, A. K., HEESCH, K. C. (2017). Cyclist' safety perceptions of cycling infrastructure at un-signalised intersections: Cross-sectional survey of Queensland cyclists. In: Journal of Transport Health
- OHM, D.; FIEDLER, F.; ZIMMERMANN, F.; KRAXENBERGER, T.; MAIER, R.; HANTSCHHEL, S.; OTTO, M. (2015) Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen BAST (Berichte der BAST, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V257)
- PARKIN, J.; MEYERS, C. (2010): The effect of cycle lanes on the proximity between motor traffic and cycle traffic. Accident Analysis & Prevention, 42 (1). pp. 159-165.
- PIATKOWSKI, D. P., MARSHALL, W., JOHNSON, A. (2017). Identifying behavioral norms among bicyclists in mixed-traffic conditions. In: Transportation Research Part F 46 (2017), S. 137-148
- REID, S.; ADAMS, S. (2010). Infrastructure and cyclist safety. Crowthorne: Transport Research Laboratory TRL (Project Report PPR580)
- REICHENBACH, M.; AFFOLTER R. (2003). Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus Sicht der Zweiradfahrer. Bern: Bundesamt für Strassen (Forschungsauftrag SVI 1999/135 auf Antrag der SVI)
- ROßMERKEL, M. (2017). Ganglinien des Fußverkehrs. Dresden: Technische Universität Dresden, Professur für Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung (Studienarbeit)
- SCHEPERS, P.; TWISK, D.; FISHMAN, E.; FYHRI, A.; JENSEN, A. (2016). The Dutch road to a high level of cycling safety. In: Safety Science (Article in Press)
- Schepers, J. P.; Kroeze, P. A.; Sweers, W.; Wüst, J. C. (2011). Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections, In: Accident Analysis & Prevention 43 (2011) S. 853-861
- SCHILLER, C., ZIMMERMANN, F., BOHLE, W. (2011). Hochrechnungsmodell von Stichprobenzählungen für den Radverkehr. Dresden: Technische Universität Dresden, Professur für Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung
- SCHRECK, B. (2016): Radverkehr – Unfallgeschehen und Stand der Forschung. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 2.2016, Seiten 63-76

- SCHÜLLER, H.; FEHREN-SCHMITZ, K., RÜHLE, A.; DEUBLEIN, M., STRAUMANN, R., ULMER, M. (2016). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 2-M: Massnahmen und Potenziale im Bereich Infrastruktur. Stuttgart/Zürich: SVI (Forschungsprojekt SVI 2014/009)7
- SEGADILHA, A. B. P.; SANCHES, S. P. (2014). Identification of Factors that Influence Cyclist Route Choice. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 160 (2014), Seite 372 – 380
- Sustrans (2014). *Sustrans Design manual, Handbook for cycle-friendly design*. Bristol: Sustrans
- Stadtplanungsamt (2016). Ergebnisse des SrV 2013 für Dresden und das Umland – Zusammenstellung wesentlicher Fakten. Landeshauptstadt Dresden, Stadtplanungsamt Abt. Verkehrsentwicklungsplanung, Dresden. Letzter Zugriff am 17.08.2018, URL: [https://www.dresden.de/media/pdf/stadtplanung/verkehr/SrV\\_Faktenband.pdf](https://www.dresden.de/media/pdf/stadtplanung/verkehr/SrV_Faktenband.pdf)
- SZEILER, M.; SKORIC, M. (2017). Erkenntnisse aus der Studie „Radfahren im Längsverkehr neben haltenden und parkenden Fahrzeugen“ im Auftrag des Kuratoriums für Verkehrssicherheit (KFV). KFV Fachtagung Fahrrad 27.04.2017
- TESCHKE, K. et al. (2014). Bicycling crash circumstances vary by route type: a cross-sectional analysis. In: *BMC Public Health* 2014, 12:1205
- TESCHKE, K., DENNIS, J., REYNOLDS, C., WINTERS, M., HARRIS, M. A. (2016). Bicycling crashes on streetcar (tram) or train tracks: mixed methods to identify prevention measures. In: *BMC Public Health*
- TESCHKE, K. et al. (2012). Route Infrastructure and the Risk of Injuries to Bicyclists: A Case-Crossover Study. In: *Research and Practice*
- ZIMMERMANN, M., MAI, T., and FREJINGER, E. (2017). Bike route choice modeling using GPS data without choice sets of paths. *Transportation research part C: emerging technologies*, 75, 183-196.
- ZWEIBRÜCKEN, K.; VON KÄNEL, T. (1999): Kernfahrbahnen – Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Straßenquerschnitten. Schlussbericht des SVI-Forschungsprojekts 44/97, Brugg.
- nicht zitiert:
- AHRENS, G.-A., WITTEWERT, R.; HUBRICH, S.; WITTIG, S., LIESSKE, F. (2015). Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ – Stadtgruppe: Große SrV-Vergleichsstädte. Dresden: Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrs- und Infrastrukturplanung
- Department for Transport (DFT), Department for Regional Development (Northern Ireland), Scottish Executive, Welsh Assembly Government (2003): *Traffic Signs Manual 2003*. London.
- Federal Highway Administration (FHWA) (2009): *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. Washington.
- GERIKE, R., BÄRWOLFF, M., SCHMOTZ, M., BAIER, R., REINARTZ, A., CAN CEKIN, O. (2016). Erhöhung der Verkehrssicherheit schwächerer Verkehrsteilnehmer bei kritischer Witterung (Unveröffentlichter Zwischenbericht). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen BAST
- HAAG-BINGEMANN, H.; HUPFER, C.: Vorher-Nachher-Untersuchung: Suggestivstreifen für den Radverkehr. In: *Internationales Verkehrswesen* 48 (11), Seiten 37-44, 1996
- HOOD, J.; SALL, E.; CHARLTON, B. (2011). A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. In: *Transportation Letters: The International Journal of Transportation Research* (2011) 3: (63-75)
- HÜLSEN, H. (1993): Unfälle mit Radfahrern in Bayern. Beratungsstelle für Schadenverhütung Köln, Mitteilungen Nr. 33, Köln.
- HUPFER, C. (2000): Einsatzbereiche von Angebotsstreifen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (Berichte der BAST, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V74)
- KAMMHOLZ, K. (2015): Radelnde Eltern dürfen mit Kindern auf den Gehweg. <https://www.welt.de/politik/deutschland/article143404678/Radelnde-Eltern-duerfen-mit-Kindern-auf-den-Gehweg.html>. Erschienen am: 01.07.2015. Letzter Zugriff: 30.09.2016
- San Francisco Department of Parking & Traffic (SFDPT) (2004): *San Francisco's Shared Lane*

Pavement Markings: Improving Bicycle Safety. Final Report, San Francisco.

SCHNÜLL, R.; LANGE, J.; FABIAN, I.; KÖLLE, M.; SCHÜTTE, F.; ALRUTZ, D.; FECHTEL, H. W.; STELLMACHER-HEIN, J.; BRÜCKNER, T.; MEYHÖFER, H. (1992): Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten. Bericht zum Forschungsprojekt 8925, Bergisch-Gladbach.

VAN DER KOOI, R.M. (2000): Effecten van rode fietssuggestiestroken op verkeersgedrag Studie voor en na aanleg van fietssuggestiestroken in gemeente De Lier. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. R-2000-25. Leidschendam.

VAN DER KOOI, R.M. (2001A): Effecten van rode fietssuggestiestroken in combinatie met drempels. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. R-2001-6. Leidschendam.

VAN DER KOOI, R.M. (2001B): Effecten van rode fietssuggestiestroken op verkeersgedrag in Zwolle. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. R-2001-22. Leidschendam.

VAN DER KOOI, R.M. (2001C): Effecten van rode fietssuggestiestroken in combinatie met plateaus op verkeersgedrag in Hellendoorn. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. R-2001-25. Leidschendam.

VAN DER KOOI, R.M. (2001D): Effecten van rode fietssuggestiestroken op verkeersgedrag in Raalte. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. R-2001-26. Leidschendam.

## Tabellen

- Tab. 1-1: Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach CROW (2007)
- Tab. 1-2: Verteilung der Erhebungsstellen nach Stadt Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach Department For Transport (2008)
- Tab. 2-1: Verteilung der Erhebungsstellen nach Stadt
- Tab. 2-2: Erhebungsstellen Berlin
- Tab. 2-3: Erhebungsstellen Bochum
- Tab. 2-4: Erhebungsstellen Dresden
- Tab. 2-5: Erhebungsstellen Düsseldorf
- Tab. 2-6: Erhebungsstellen Frankfurt am Main
- Tab. 2-7: Erhebungsstellen Gelsenkirchen
- Tab. 2-8: Erhebungsstellen Halle/Saale
- Tab. 2-9: Erhebungsstellen Leipzig
- Tab. 2-10: Verteilung Erhebungsstellen auf die Typen der Kategorisierung in Bild 2-3
- Tab. 2-11: Zusammenfassung der Kennwerte der Hochrechnung (nach: ROßMERKEL, 2017)
- Tab. 2-12: Aufbereitete Merkmale und Ausprägungen zur Gestaltung und Verkehrsregelung der untersuchten Straßenabschnitte
- Tab. 2-13: Verteilung Erhebungsstrecken der Einzelunfallanalyse auf die Typen der Kategorisierung sowie Anzahl und Abdeckungsgrad der Unfälle
- Tab. 2-14: Auswahl Messstellen Analyse Verkehrsverhalten
- Tab. 3-1: Anzahl gezählter Radfahrender nach Stadt und Streckentyp
- Tab. 3-2: Modell zur Erklärung des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn (ungünstige bzw. hohe Gehwegnutzungen ergeben sich bei Merkmalen mit negativen Regressionskoeffizienten)
- Tab. 3-3: Modell zur Erklärung des Anteils linksfahrender Radfahrender auf dem Gehweg (ungünstige bzw. hohen Anteile linksfahrender Radfahrender ergeben

- sich bei Merkmalen mit positiven Regressionskoeffizienten)
- Tab. 3-4: Anzahl der Unfälle der Untersuchungsstrecken je Streckentyp
- Tab. 3-5: Anzahl der Unfälle der Annäherungsbereiche an Hauptverkehrsknotenpunkte je Streckentyp
- Tab. 3-6: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-7: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Fahrunfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-8: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Abbiege-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-9: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-10: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Einbiegen-/Kreuzen- und Abbiege-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-11: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Überschreiten-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-12: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Unfälle mit ruhendem Verkehr und mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-13: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Längsverkehr-Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-14: Modell zur Erklärung der Unfallhäufigkeit der Sonstigen Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung auf Streckenabschnitten außerhalb von HVKP und deren Annäherungsbereichen
- Tab. 3-15: Verhaltensweisen bei Einparkvorgängen
- Tab. 3-16: Verhaltensweisen bei Ausparkvorgängen
- Tab. 3-17: Verhaltensweisen beim Ein- und Aussteigen

## Bilder

- Bild 1-1: Belastungsbereiche zur Vorauswahl von Radverkehrsführungen bei zwei- (oben) und vierstreifigen (unten) Stadtstraßen (FGSV, 2010)
- Bild 1-2: Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach REICHENBACH & AFFOLTER (2003)
- Bild 1-3: Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach ANDERSEN et al. (2012)
- Bild 1-4: Verträglichkeit der Mischverkehrsführung ohne Schutzstreifen nach SUSTRANS (2014)
- Bild 1-5: Erfassungsgrade von Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung durch die Polizei (Quelle: VON BELOW, 2016)
- Bild 1-6: Erfassungsgrade von Verletzten durch die Polizei (Quelle: BFU, 2016)
- Bild 1-7: Bevorzugte Straßenräume für Radfahrende (Quelle: WINTERS et al., 2010)
- Bild 1-8: Gegenüberstellung subjektive und objektive Verkehrssicherheit für Radfahrende (Quelle: TESKE et al., 2012)
- Bild 1-9: Bike-and-chevron- (links) und Bike-in-house-Markierung (rechts) (Quelle: SFDPT, 2004)
- Bild 2-1: Übersicht Projektablauf
- Bild 2-2: Verkehrstechnische Randbedingungen für verschiedene Umsetzungen des Radverkehrs im Mischverkehr mit Kfz auf der Fahrbahn auf Strecken zwischen Hauptverkehrsknotenpunkten (HVKP)

- Bild 2-3: Abgrenzung Analysestichprobe für das vorliegende Forschungsprojekt
- Bild 2-4: Definition der Querschnittsaufteilung und Berechnung der Akzeptanz der Mischverkehrsführung und des Anteils linksfahrende Radfahrer
- Bild 2-5: Messaufbau statische Videobeobachtung
- Bild 2-6: Messaufbau dynamische Videobeobachtung
- Bild 2-7: Veranschaulichung der Datenaufbereitung
- Bild 3-1: Mittlere jährliche Anzahl an Unfällen mit Personenschaden  $U(P)$  insgesamt und nur mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach dem Unfalltyp,  $U(P) = 1.037.471$ ,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-2: Jahressganglinie Unfälle mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen und monatliche Differenzierung nach Unfalltypen,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-3: Wochenganglinie Unfälle mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen und wochentägliche Differenzierung nach Unfalltypen,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-4: Tagesganglinie Unfälle mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen und stündliche Differenzierung nach Unfalltypen,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-5: Lichtverhältnisse bei Unfällen mit Personenschaden mit und ohne Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen,  $U(P) = 1.037.471$ ,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-6: Straßenverhältnisse bei Unfällen mit Personenschaden mit und ohne Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen,  $U(P) = 1.037.471$ ,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-7: Verteilung Verkehrsbeteiligung der Unfallgegner bei Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen,  $U_{Rf}(P) = 348.354$  (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-8: Mittlere jährliche Anzahl allgemeiner Ursachennennungen bei Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen,  $U_{Rf}(P) = 348.354$ , Mehrfachnennungen sind möglich (Quelle: BASt 2012-2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-9: Mittlere jährliche Anzahl der Ursachennennungen bei Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen,  $U_{Rf}(P) = 73.570$ , Mehrfachnennungen sind möglich (Quelle: BASt 2016, eigene Darstellung)
- Bild 3-10: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen differenziert nach Unfalltypen (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-11: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ1-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 1, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 1) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-12: Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ2-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung auf Innerortsstraßen (ausgefüllte Balken = Anteil an allen Verunglückten des Unfalltyps 2, absolute Anzahl über den Balken) und Unfallschwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 2) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp

- (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-13:** Mittlere jährliche Anzahl an Verunglückten bei Typ3-Unfällen mit Personenschaden und Radverkehrsbe- teiligung auf Innerortsstraßen (aus- gefüllte Balken = Anteil an allen Verun- glückten des Unfalltyps 3, absolute Anzahl über den Balken) und Unfall- schwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 3) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-14:** Mittlere jährliche Anzahl an Verun- glückten bei Typ4-Unfällen mit Perso- nenschaden und Radverkehrsbe- teiligung auf Innerortsstraßen (aus- gefüllte Balken = Anteil an allen Verun- glückten des Unfalltyps 4, absolute Anzahl über den Balken) und Unfall- schwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 4) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-15:** Mittlere jährliche Anzahl an Verun- glückten bei Typ5-Unfällen mit Perso- nenschaden und Radverkehrsbe- teiligung auf Innerortsstraßen (aus- gefüllte Balken = Anteil an allen Verun- glückten des Unfalltyps 5, absolute Anzahl über den Balken) und Unfall- schwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 5) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-16:** Mittlere jährliche Anzahl an Verun- glückten bei Typ6-Unfällen mit Perso- nenschaden und Radverkehrsbe- teiligung auf Innerortsstraßen (aus- gefüllte Balken = Anteil an allen Verun- glückten des Unfalltyps 6, absolute Anzahl über den Balken) und Unfall- schwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 6) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-17:** Mittlere jährliche Anzahl an Verun- glückten bei Typ7-Unfällen mit Perso- nenschaden und Radverkehrsbe- teiligung auf Innerortsstraßen (aus- gefüllte Balken = Anteil an allen Verun- glückten des Unfalltyps 7, absolute Anzahl über den Balken) und Unfall- schwere (Balken ohne Füllung = Anteil Getötete und Schwerverletzte an den Schwerverunglückten des Unfalltyps 7) differenziert nach dreistelligem Unfalltyp (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-18:** Rangfolge der mittleren jährlichen Anzahl an Verunglückten bei Unfällen mit Radverkehrsbe- teiligung auf Inner- ortsstraßen differenziert nach drei- stelligem Unfalltyp und Schwere der Verletzung (Quelle: BASt 2012-2016, Bundesländer NI/NW/RP/SL/ST, eigene Darstellung)
- Bild 3-19:** Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Rad- verkehrs nach Streckentyp. n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen. Maximalwert für M-mP liegt bei 3628 Rf/24h (nicht angezeigt)
- Bild 3-20:** Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Kraftfahr- zeugverkehrs nach Streckentyp; n ent- spricht der Anzahl der Untersuchungs- stellen
- Bild 3-21:** Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Fuß- verkehrs nach Streckentyp; n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen. Maximalwert für M-mP liegt bei 20.852 Fg/24h (nicht angezeigt)
- Bild 3-22:** DTV des Radverkehrs im Vergleich mit dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs, n = 136 Stellen
- Bild 3-23:** DTV des Radverkehrs in Abhängigkeit des DTV des Fußverkehrs, n = 136 Stellen
- Bild 3-24:** DTV des Radverkehrs im Vergleich mit dem Umfeldfaktor nach Schüller 2010, n = 136 Stellen

- Bild 3-25: DTV des Radverkehrs im Vergleich mit dem Anteil der Bebauung mit Geschäftsbesatz an der Gesamtbauung, n = 136 Stellen
- Bild 3-26: Bandbreiten der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Radverkehrs nach Lage der Erhebungsstelle; n entspricht der Anzahl der Untersuchungsstellen. Der Punkt gibt den Mittelwert an. Maximalwert liegt bei 3.628 Rf/24h (nicht angezeigt)
- Bild 3-27: Bandbreite des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung getrennt nach Streckentyp, n entspricht der Anzahl der Zielrichtungen
- Bild 3-28: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Stunde des Kfz-Verkehrsaufkommens je Zielrichtung, n = 296 Zielrichtungen
- Bild 3-29: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Stunde des straßenseitigen Fußgängerverkehrsaufkommens, n = 296 Zielrichtungen
- Bild 3-30: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit dem Radverkehrsaufkommen der Zielrichtung der mittleren Stunde, n = 296 Zielrichtungen
- Bild 3-31: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit dem Schwerverkehrsaufkommen je Zielrichtung, n = 296 Zielrichtungen
- Bild 3-32: Bandbreite des Anteils der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung getrennt nach Qualität der Fahrbahnoberfläche, n = 296 Zielrichtungen
- Bild 3-33: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden der Zielrichtung im Vergleich mit der nutzbaren Fahrstreifenbreite der Zielrichtung, n = 296 Zielrichtungen
- Bild 3-34: Bandbreite des Anteils von linksfahrenden Radfahrern auf dem Gehweg an allen Radfahrenden der Zielrichtung getrennt nach Streckentypen, im Vergleich mit anderen Führungsformen nach ALRUTZ et al. (2009), n entspricht der Anzahl der Zielrichtungen
- Bild 3-35: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem DTV des Kraftfahrzeugverkehrs im Querschnitt, n = 270 Zielrichtungen
- Bild 3-36: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem DTV des Fußverkehrs im Querschnitt, n = 270 Zielrichtungen
- Bild 3-37: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Gehwegbreite des Straßenquerschnittes, n = 270 Zielrichtungen
- Bild 3-38: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem Umfeldfaktor des Streckenabschnittes, n = 270 Zielrichtungen
- Bild 3-39: Anteil linksfahrender Radfahrer auf dem Gehweg an allen Radfahrenden je Zielrichtung im Vergleich mit dem Anteil der Geschäftsbebauung an der Gesamtbauung des Streckenabschnittes, n = 270 Zielrichtungen
- Bild 3-40: Bandbreite der Unfalldichte von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten je Streckentyp

- Bild 3-41: Bandbreite der Unfallrate von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten
- Bild 3-42: Bandbreite der Unfallkostendichte von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten je Streckentyp
- Bild 3-43: Bandbreite der Unfallkostenrate von Radverkehrsunfällen auf Streckenabschnitten je Streckentyp
- Bild 3-44: Anteile der Unfälle mit schwerem und leichtem Personenschaden an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp für Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung
- Bild 3-45: Anteile der Unfalltypen an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp für Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung
- Bild 3-46: Anteile der Beteiligtenkonstellationen an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp für Unfälle mit Personenschaden und Radverkehrsbeteiligung
- Bild 3-47: Anteile der Lichtverhältnisse an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp
- Bild 3-48: Anteile der Altersgruppen beteiligter Radfahrender an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp
- Bild 3-49: Anteile der Altersgruppen beteiligter Unfallgegner an den mittleren Unfallkostenraten auf Streckenabschnitten je Streckentyp
- Bild 3-50: Bandbreite der Unfalldichte von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp
- Bild 3-51: Bandbreite der Unfallrate von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp
- Bild 3-52: Bandbreite der Unfallkostendichte von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp
- Bild 3-53: Bandbreite der Unfallkostenrate von Radverkehrsunfällen in Annäherungsbereichen von HVKP je Streckentyp
- Bild 3-54: Typische Unfallkonstellationen innerhalb von Anschlussknotenpunkten im Zuge von Straßen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr
- Bild 3-55: Typische Unfallkonstellationen auf Abschnitten der freien Strecke mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr
- Bild 3-56: Typische Unfallkonstellationen innerhalb von Annäherungsbereichen von Hauptverkehrsknotenpunkten im Zuge von Straßen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr
- Bild 3-57: Vergleich der Unfallraten der vorliegenden Untersuchungen mit Ergebnissen externer Untersuchungen (ALRUTZ et al. (2009), ALRUTZ et al. (2015))
- Bild 3-58: Bandbreite der Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz an 15 Untersuchungsstellen (mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ , Maximalgeschwindigkeit  $v_{max}$ , Perzentile der Geschwindigkeitsverteilung  $v_{25}$  und  $v_{85}$ )
- Bild 3-59: Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz der einzelnen Untersuchungsstellen (mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ , Maximalgeschwindigkeit  $v_{max}$ , Perzentile der Geschwindigkeitsverteilung  $v_{25}$  und  $v_{85}$ )
- Bild 3-60: Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz nach Streckentyp (mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ , Maximalgeschwindigkeit  $v_{max}$ , Perzentile der Geschwindigkeitsverteilung  $v_{25}$  und  $v_{85}$ )
- Bild 3-61: Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn an allen Radfahrenden (ausgenommen Kinder auf dem Gehweg und Erwachsene auf dem Gehweg, die Kinder begleiten) der Zielrichtung im Vergleich mit der mittleren Geschwindigkeit freifahrender Kfz  $v_m$
- Bild 3-62: Geschwindigkeitskenngrößen freifahrender Kfz nach Akzeptanzniveau, hohe Akzeptanz  $\geq 80\%$
- Bild 3-63: Bandbreite seitlicher Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nach allen Streckentypen und Fahrbahnbreiten in cm (ohne Überholungen)

- Bild 3-64: Bandbreite seitlicher Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nach zulässiger Geschwindigkeit und allen Streckentypen in cm (ohne Überholungen)
- Bild 3-65: Bandbreite seitlicher Abstände von Radfahrenden zu parkenden Fahrzeugen nach Vorhandensein einer Gleisanlage und allen Streckentypen in cm (ohne Überholungen)
- Bild 3-66: Anzahl der Interaktionen zwischen Radfahrenden und ruhendem Verkehr im Vergleich mit der Radverkehrsstärke
- Bild 3-67: Interaktionen zwischen Radfahrenden und ruhendem Verkehr
- Bild 3-68: Anteile seitlicher Überholabstände nach Abstandsklassen in %
- Bild 3-69: Bandbreite seitlicher Netto-Überholabstände zwischen Radfahrenden und überholenden Fahrzeugen nach Fahrbahnbreiten für Streckentyp 2-zP 50 in cm (ohne Gegenverkehr)
- Bild 3-70: Bandbreite seitlicher Netto-Überholabstände zwischen Radfahrenden und überholenden Fahrzeugen sortiert nach Akzeptanz von Radfahrenden auf der Fahrbahn für Streckentyp 2-zP 50 in cm (ohne Gegenverkehr)
- Bild 3-71: Alter und Geschlecht der befragten Radfahrenden (n = 208)
- Bild 3-72: Alter und Geschlecht der befragten Kz-Fahrenden (n = 208)
- Bild 3-73: Wegezweck der befragten Verkehrsteilnehmenden
- Bild 3-74: Wegehäufigkeit der befragten Verkehrsteilnehmenden
- Bild 3-75: Wegelängen der befragten Radfahrenden (Schätzung in km)
- Bild 3-76: Regelkenntnis von Radfahrenden zur Gehwegnutzung durch Radfahrende
- Bild 3-77: Regelkenntnis von Kz-Fahrenden zur Fahrbahnnutzung durch Radfahrende
- Bild 3-78: Beweggründe für Gehwegnutzung durch Radfahrende
- Bild 3-79: Untergeordnete Beweggründe für Gehwegnutzung durch Radfahrende bei Angabe „Fahrbahn unsicher“
- Bild 3-80: Beweggründe für Fahrbahnnutzung durch Radfahrende
- Bild 3-81: Untergeordnete Beweggründe für Fahrbahnnutzung durch Radfahrende bei Angabe „Gehweg unsicher“
- Bild 3-82: Untergeordnete Beweggründe für Fahrbahnnutzung durch Radfahrende bei Angabe „schnelleres Vorankommen“
- Bild 3-83: Störempfinden von Kz-Fahrenden gegenüber Radfahrenden
- Bild 3-84: Beweggründe für Störempfinden durch Radfahrende
- Bild 3-85: Ergebnisse Verkehrsraumnutzung Radfahrender
- Bild 3-86: Ergebnisse Überholung Radfahrender durch Kz-Fahrende bei Gegenverkehr
- Bild 3-87: Quelle-Ziel-Relationen in Dresden
- Bild 3-88: Generierte RA innerhalb der PA für QZ-Relation 1

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

#### 2020

**V 321: Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement**

Diegmann, Wursthorn, Breitenbach, Düring, Schönharting, Kraus, Klemm, Voigt, Kohlen, Löhner € 20,00

**V 324: Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne LSA**

Vortisch, Buck, Leyn, Baier, Schuckließ, Schimpf, Schmotz  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 325: Entwurfsparameter von Hochleistungsstraßen innerhalb bebauter Gebiete**

D. Schmitt, J. Gerlach, M. Schwedler, F. Huber, H. Sander  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 326: Straßenverkehrszählung 2015 – Methodik der manuellen Zählungen**

Schmidt, Frenken, Mahmoudi € 15,50

**V 327: Straßenverkehrszählung 2015 – Ergebnisse**

Frenken, Mahmoudi € 16,50

**V 328: Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen**

Meisel, Balzer-Hebborn, Ellmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 329: Streckenbezogene Glättevorhersage**

Schedler, Gutbrod, Müller, Schröder € 24,50

**V 330: Führung des Radverkehrs an Landstraßen**

Baier, Leu, Rittershaus  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 331: Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw**

Lippold, Schemmel, Förg, Süßmann € 17,00

**V 332: Räumliche Linienführung von Autobahnen**

Lippold, Zösch  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 333: Passive Schallschutzmaßnahmen – Akustische Wirksamkeit**

Hänisch, Heidebrunn € 17,00

**V 334: Akustische Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen**

Lindner, Kluth, Ruhnau, Schulze € 17,00

**V 335: Ermittlung aktualisierter Grundlagen für Beschleunigungsvergütungen in Bauverträgen**

Geistefeldt, Hohmann, von der Heiden, Finkbeiner € 16,00

**V 336: Vergleich der Detektoren für die Verkehrserfassung an signalisierten Knotenpunkten**

Ungureanu, Ilić, Radon, Rothe, Reichert, Schober, Stamatakis, Heinrich € 18,50

**V 337: Bridge-WIM Pilotversuch – Begleitung und Auswertung**

Kathmann, Scotti, Kucera € 18,50

#### 2021

**V 338: Streckenbeeinflussungsanlagen – Entwurf eines regelungstechnischen Modells zur verbesserten Harmonisierung des Verkehrsablaufs**

Schwietering, Schwietering, Maier, Hakenberg, Pyta, Abel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 339: Aktualisierung der Datenbank MARLIS**

Schneider, Turhan, Pelzer  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 340: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2017**

Fitschen, Nordmann € 31,00

**V 341: Lebenszykluskostenbewertung von Schutzeinrichtungen**

Eckert, Hendrich, Horlacher, Kathmann, Scotti, von Heel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 342: Entwicklung eines aktuellen, echtzeit-verfügbaren Key Performance Indicator (KPI) Systems für das deutsche Autobahnnetz**

Peter, Janko, Schick, Waßmuth, Friedrich, Bawidemann € 21,00

**V 343: Kreisverkehre an Landstraßen Auswirkungen der Erkennbarkeit und der Zufahrtsgestaltung auf die Verkehrssicherheit**

Schmotz, Schröter, Schemmel, Lippold, Schulze € 21,50

**V 344: Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen**

Popp, Eggers, Heidebrunn, Cortes € 21,00

**V 345: Aufbau einer Datenbank zur Berechnung exemplarischer Lärmsituationen mit Geräuschemissionsdaten der Straße und meteorologischen Daten**

Liepert, Skowronek, Eberlei, Crijenkovic, Müller, Schady, Elsen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 346: Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen**

Müller, Huth, Liepert € 15,00

**V 347: Chancen in der Verkehrsbeeinflussung durch Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation**

Schwietering, Löffbering, Spangler, Gabloner, Busch, Roszak, Dobmeier, Neumann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 348: Einsatz und Verkehrssicherheit von Fußgängerüberwegen**

Bohle, Busek, Schröder € 18,50

**V 349: Straßenbepflanzung und Verkehrssicherheit – Ermittlung unfallbeeinflussender Merkmale auf Basis empirischer Modelle unter besonderer Berücksichtigung der Bepflanzung im Seitenraum an Landstraßen**

Schreck-von Below € 22,00

**V 350: Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen**

Bartolomaeus, Strigari, Sammet  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**V 351: Effektivität und Wirtschaftlichkeit der Streustofflagerung – TAUSALA II**

Holldorb, Cypra, Pape  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2022

V 352: **Abriebe von Fahrbahnoberflächen**  
Düring, Schmidt, Johannsen € 19,00

V 353: **Nutzung der C2X-basierten ÖV-Priorisierung an signalisierten Knotenpunkten**  
Gay, Grimm, Otto, Partzsch, Gersdorf, Gierisch, Löwe, Schütze € 16,00

V 354: **Anwendung der Methode BIM in Konformität mit den Regelwerken der FGSV und des IT-Ko**  
Radenberg, Müller, König, Hagedorn, Geistefeldt, Hohmann, Heinrichs, Stiehler, Kortemeyer  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 355: **Pilotversuch des Rechtsabbiegens von Rad Fahrern bei Rot**  
Niestegge, Schüller, Hantschel, Schröter, Gerike  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 356: **Entwicklung von Einsatzkriterien für Fußgänger-schutzanlagen mit unterschiedlichen Grundstellungen**  
Medicus, Schmotz, Gerike, Reinartz, Baier  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 357: **Qualifizierung der in Deutschland verwendeten Fahrzeug-Rückhaltesysteme mit verbessertem Schutz für Motorradfahrer nach den aktuellen europäischen Spezifikationen**  
Klöckner, Gärtner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 358: **Nutzenpotenziale von eCall im Verkehrsmanagement**  
Schaarschmidt, van Driel, Reinthaler, Nitsche, Aleksa  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 359: **Management von Neophyten – Ein Überblick über die aktuelle Situation auf Straßenbegleitflächen**  
Bartels  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 360: **Wirksamkeit von Tunnelwänden als Träger photokatalytischer Oberflächen – Hauptstudie**  
Stephan, Ehm, Kamaruddin  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 361: **Nachhaltigkeitsbewertung von Streckenzügen der Straßeninfrastruktur**  
Hess, Lohmeier, Mielecke, Kunz  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 362: **Simulation des hochautomatisierten Fahrens auf Autobahnen mit kollektiver Streckenbeeinflussung**  
Hilgers, Krabbe, Haug, Grimm, Kutter, Tempelhahn, Schwietering, Füg  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 363: **PERTA – Passive Sicherheit in der Straßenausstattung**  
Tomasch, Radeschnig, Dünser, Sinz, Gstrein  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 364: **Verkehrsträgerübergreifender Austausch von Erneuerbarer Energie**  
Chvanova, Haller, Leprich, U. Mayr, C. Mayr, Oßwald, Altröck, Gemmer, Michaels, Wagner € 23,50

V 365: **Bundesweite Verkehrsdaten 2019**  
Schneider, Pelzer, Gallus, Dick, Lensing  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2023

V 366: **Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen**  
Schüller, Niestegge, Hantschel, Kühn, Gerike, Huber  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

---

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.