

Führung des Radverkehrs an Landstraßen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 330

bast

Führung des Radverkehrs an Landstraßen

von

Reinhold Baier
Philipp Leu
Julia Rittershaus

BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung
Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH
Aachen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 330

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.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: FE 21.0055
Führung des Radverkehrs an Landstraßen

Fachbetreuung

Benjamin Schreck-von Below

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

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-510-1

Bergisch Gladbach, Mai 2020

Kurzfassung – Abstract

Führung des Radverkehrs an Landstraßen

In Deutschland haben sich laut der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik im Jahr 2013 rund 10 % (absolut 6.585) der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden mit Beteiligung von Radfahrern an Außerortsstraßen (ohne Autobahnen) ereignet.

Bei Straßen der Entwurfsklasse 3 (EKL 3) ist nach den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, 2012) zu prüfen, ob der Radverkehr auf der Fahrbahn oder aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs auf fahrbahnbegleitenden Radwegen bzw. gemeinsamen Geh- und Radwegen geführt werden soll. Zu berücksichtigen sind dabei Stärke und Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs, Anteil des Schwerverkehrs und Übersichtlichkeit der Straße sowie Stärke des Radverkehrs und Anteil schutzbedürftiger Radfahrer.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es durch Unfallanalysen und Analysen des Verkehrsablaufs, ein Gefährdungspotenzial des Radverkehrs auf Strecken und an Knotenpunkten zweistreifiger Landstraßen zu ermitteln. Nach einer makroskopischen Unfallanalyse für die Jahre 2008 bis 2012 erfolgten empirische Untersuchungen an insgesamt 17 Strecken an Bundes- und Landesstraßen mit insgesamt 20 Messeinheiten. Dabei wurden die Merkmale Geschwindigkeit, Abstand usw. von über 13.000 Überholvorgängen von Kfz durch Messfahrten mit einem Pedelec erfasst und analysiert. Aus einer Detailanalyse des Unfallgeschehens an 61 Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (ohne Kreisverkehre) konnten Empfehlungen zur Führung des Radverkehrs an Knotenpunkten abgeleitet werden.

Management of cycling on rural roads

In Germany in 2013 around 10% (i.e. 6,585) accidents involving personal injury and serious material damage, around 10% of the bicycle accidents (traffic accidents involving cyclists) occurred on rural roads (not considering motorways).

According to the guidelines for the design of rural roads (RAL, 2012), especially in the case of roads of design class 3 (EKL 3) it has to be examined, whether bicycle traffic can be routed on the carriageway or whether, for safety reasons and traffic flow, cycle traffic should be routed on a separate cycle path. Such consideration should consider volume and speed of motor vehicle traffic, the percentage of heavy truck traffic, the openness of the road as well as the volume of bicycle traffic, and its share of vulnerable cyclists.

The aim of this research project was, to establish the risk potential of cycle traffic on roadways and intersections on two-lane rural roads, applying accident and traffic flow analysis. After a macroscopic accident analysis of road accident statistics for the years 2008 to 2012, an empirical investigation were carried out on a total of 17 roadways of federal and regional roads, with a total of 20 measurement units. By means of a specially equipped pedelec, the characteristics speed, distance, etc. of more than 13,000 overtaking manoeuvres of motor vehicle traffic were recorded and analysed. Based on a detailed analysis of accidents occurring at 61 intersections with road signs (without roundabouts), recommendations regarding the cycle traffic routing at intersections were derived.

Summary

Management of cycling on rural roads

1 Task

In Germany in 2013, according to official road traffic accident statistics, of 6,585 accidents involving personal injury and serious material damage, around 10% of the bicycle accidents (traffic accidents involving cyclists) occurred on rural roads¹ (not considering motorways).

In the legislative framework, the reference values for advisability of separating bicycle traffic from vehicle traffic on rural roads by means of cycle tracks along roads, respectively joint pedestrian and cycle paths, are primarily based on the volume of vehicle and bicycle traffic. However, these application limits draw on findings that are over 30 years old.

According to the guidelines for the design of rural roads (RAL, 2012), especially in the case of roads of design class 3 (EKL 3) – being two-lane rural roads in the focus of the investigation – it has to be examined, whether bicycle traffic can be routed on roadside tracks or whether, for the sake of safety and traffic flow, cycle traffic should be routed on a separate cycle path along the road track. According to the RAL (2012), such testing should consider volume and speed of vehicle traffic, the share of heavy traffic (SV-share), the clarity (readability) of the road as well as the volume of bicycle traffic, and its share of vulnerable cyclists.

So far, there are no reliable recent or older studies on road safety and traffic flow on rural roads with cyclists, on the basis of which the advisability of separating cycling traffic from vehicle traffic could be established.

Given this situation, the aim of this research project was, to establish the hazard potential of cycle traffic on roadways and intersections on two-lane rural

roads, applying accident and traffic flow analysis and, based on these findings, to develop a procedure for deciding upon the advisability of separating cycle traffic from vehicle traffic.

2 Method of investigation

The methodological approach and the resultant examination process schedule five partially parallel steps, building on each other:

- literature analysis (level of knowledge) of domestic and foreign investigations, and of legal frameworks,
- macroscopic accident analysis to analyse the national accident occurrences involving cyclists on rural roads,
- selection of suitable test roadways and intersections for empirical studies of a 3-way-strategy,
- empirical studies on traffic flow, and microscopic accident analysis on roadways and intersections, in order to analyse the hazard potential for cyclists, and
- process development and derivation of recommendations.

The individual work steps as well as their content and links are shown in figure 1.

Firstly, research and evaluation of national and selected international literature regarding road safety and traffic flow of bicycle traffic on rural roads was undertaken. Of particular relevance in this case were investigations yielding not only insights into accidents, but also into driving speeds or behaviour, and from which appropriate parameters could be derived, justifying the need to separate bicycle traffic from vehicle traffic. This included the legal regulations applying in Germany and the relevant jurisprudence.

The macroscopic accident analysis was carried out on the basis of nationwide accident occurrences for the years 2008-2012. Since the published road accident statistics do not allow differentiated statements on bicycle accidents on rural roads (all roads outside built-up areas, without motorways), at first a special analysis was carried out by the Federal Highway Research Institute (BAST). This evaluation

¹ Since road traffic accident statistics distinguish between location of occurrence and road category, no further differentiation of accidents on rural roads „without motorways and without motor roads“ can be operated.

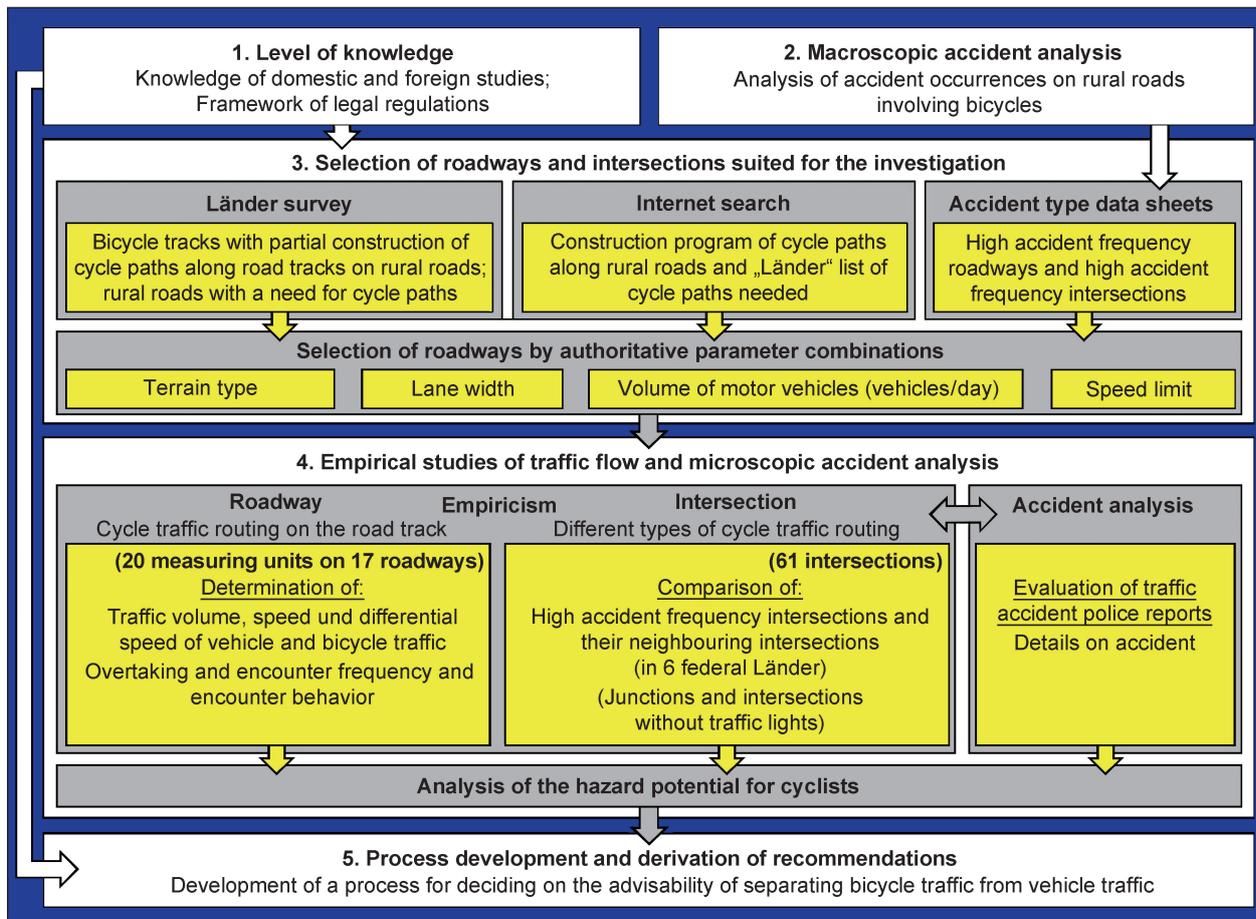


Fig. 1: Investigation sequences

enabled the consideration of all bicycle accidents on rural roads.

The selection of suitable test roadways and intersections for the empirical studies and microscopic analysis of accidents focussed on:

- two-lane country roads (federal and „Land“ roads/national roads) with cycle traffic routing on the road track, and
- junctions or intersections without traffic lights, with different cycle traffic routings (on the vehicle lane, close by with ford crossing, distant with ford crossing, and distant with queuing obligation).

When searching for suitable case studies, a 3-way-strategy was applied. In addition to a „Länder“-wide survey on personally known contacts in the relevant ministries and road authorities, an Internet search was carried out concerning the cycle paths construction programs/list of cycle-path needs, while the third element consisted of the evaluation of electronic accident type data sheets in terms of the number of accidents in bicycle traffic.

The „Länder“-wide survey was concerned with two-lane country roads, which appeared to be interesting, among other reasons from the perspective of accident occurrences in bicycle traffic, bicycle traffic volume, vehicle traffic volume, or due to roadway characteristics, for which there is a need of a bicycle path.

The Internet search focussed on published cycle paths expansion plans, construction programs and lists of need for cycle paths along existing rural roads in the different „Länder“, whereas the suitability of the selected roadways in terms of location (within built-up areas, or in rural areas) and cross-section (number of lanes, and possible side strip) first had to be researched on aerial photographs.

The evaluation of electronic accident type data sheets (with geo-referenced accidents), existing among others for six federal states, allowed an investigation concerning „high accident frequency“ roadways and intersections for the subsequent analysis of accidents.

Concerning the identified roadways, their relevant infrastructure and traffic related data were researched in a next step, in order to be able to purposefully sharpen the final selection of roadways for the empirical studies of relevant parameter combinations, derived from the literature analysis.

For the empirical studies on roadways with cycle routing on the road track, an electric bike of the research centre was equipped with measuring devices, in order to determine the required parameters during overtaking manoeuvres by motor vehicles (figure 2).

The recording of all parameters was carried out by means of a time-synchronous GPS/video recorder and the evaluation was carried out by implementing a geometric grid in the captured video image (figure 3).

The practicability of the investigation methodology (measuring arrangement and evaluation of test



Fig. 2 : Electric bike with permanently installed measuring devices

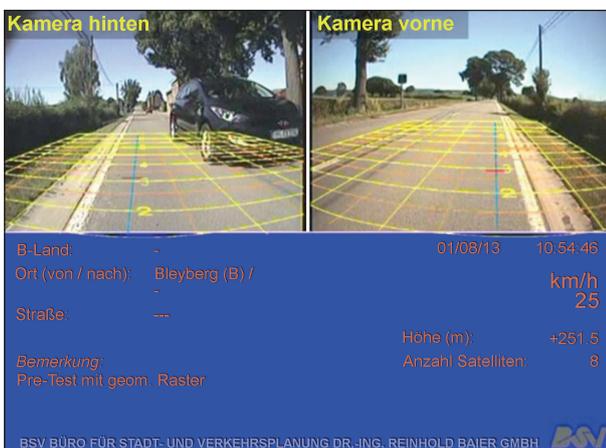


Fig. 3 : Video image with camera angles and geometric pattern

runs) was tested in a pre-test, ahead of the empirical studies.

Regarding the investigation of different forms of cycle traffic routing at intersections, a comparison of high accident frequency intersections and their neighbouring intersections was made, in order to be able to analyse the differences in cycle traffic routings or in cycle traffic accident occurrences, since they appear comparable in terms of volume and composition of cycle traffic.

In order to be able to make detailed statements about the accidents, traffic accident reports were requested from the competent police departments and the circumstances of the accidents were evaluated, both for the considered intersections, as well as for the sections of road being studied.

3 Investigation results

3.1 Macroscopic accident analysis

Because of the different accident volumes and their developments as well as the different type of accident structure, the analysis of nationwide accident occurrences involving cyclists in the years 2008 to 2012 on rural roads showed that it is advantageous to focus the analysis on federal and „Länder“ roads, which registered 16,000 accidents involving cyclists during this period. This number of accidents corresponds to a share of just less than one percent of the nationwide total accident occurrences, and about 4% of the nationwide accidents involving cyclists in the accident categories 1 to 4.

Nearly two thirds of these cycle accidents were accidents with slightly injured, about a third were accidents with seriously injured, and three percent involved fatalities; the share of accidents with serious material damage was negligible.

This composition clearly shows that the analysis of categories 1 to 4 sufficiently covers all accidents involving cyclists on federal and „Länder“ roads.

The seasonal distribution of bicycle accidents and the distribution on the weekdays and hours illustrate the importance of recreational cycling traffic in terms of the number of accidents on federal and „Länder“ roads, as it appears that the majority of accidents

occurred in favourable weather conditions (dry lane and daylight).

About half of the cycle accidents occurred at intersections with a dominant share of turning/crossing accidents.

Sloping and inclining road sections involved three times more accidents, and bends are also important in view of accident occurrence.

About one-fifth of the cycle accidents were single-cycle accidents, three-quarters were accidents involving two parties, and the rest involving even more than two parties. In about two-thirds of all cases, motor vehicles were involved as the other party to an accident.

More than a third of the cyclists involved were 40-59 years old, almost a quarter over 60 years, over one-fifth between 18-39 years. Children and adolescents up to 17 years were the least involved in accidents.

3.2 Empirical studies on traffic flow and hazard potential for cyclists

The sections of road selected for the test on the basis of the multi-investigation, sufficiently cover the featured range consisting of terrain type, lane width, vehicle load and speed limit. Since on 3 out of the 17 road sections tested, bicycle traffic occurs both weekdays and Sundays (20 measuring units), a total of over 13,400 overtaking manoeuvres were recorded, by means of the specially developed measuring equipment, and then evaluated. The case distinctions between overtaking with and without oncoming traffic, or with and without the influence of oncoming traffic and overtaking while cycling in a convoy, proved valuable.

The detailed analysis of overtaking procedures showed that the essential explanatory variables of the hazard potential for cyclists when overtaking, are the side distance car/bike, and the passing speed. When combined, these yield critical and non-critical overtaking manoeuvres. The borderline derived from existing studies and regulations, one which has been modified for overtaking manoeuvres by trucks, yielded the largest share of critical overtaking with oncoming traffic, which can be thus viewed as a benchmark of the potential danger revealed. Their share of all overtaking manoeuvres on the sections of road tested is

strongly correlated with the average oncoming traffic volume [vehicles/h], and the daily traffic [vehicles/24h]:

With increasing oncoming traffic volume and increasing daily traffic, the share of critical overtaking manoeuvres on the test roadways grows linearly.

Only a very small bicycle traffic volume could have been recorded on the measuring units. Therefore it has been examined whether it was possible to use the bicycle traffic volume which was generated by the test rides with the electric bike.

After analyzing the methodical implications of this procedure it has not been carried out.

3.3 Microscopic accident analysis

The initially pursued intention of validating the hazard potential established by means of the test rides, by comparing it with rates of accident occurrence, could not be implemented due to lack of written evidence on accidents. On 15 of the 17 studied road sections, during a period of three years, no bicycle accident was reported to the police, and on two studied roadways, only one and two bicycle accidents respectively were reported to the police.

Because of such a low accident occurrence, it was impossible to carry out a cost/benefit consideration, of which the benefit component would have been quantified by avoidable accident costs in bicycle accidents.

If one considers - among other capacity planning - implementing a cycle path along a road track, one has to give special attention to safety matters concerning the routing of bicycle traffic at intersections.

Using the targeted research on accident type data sheets, according to high accident frequency intersections with right of way road signs (without roundabouts), 37 such intersections with 24 neighbouring intersections could be identified in the different „Länder“. Their approximately 270 accident occurrences yielded valuable collectives, even after necessary differentiation, such as according to the shape of the intersection and type of cycle traffic routing. Firstly, it was striking that in all intersections considered, the right of way bicycle traffic routing on partially red-coloured, close by ford crossings

clearly predominated, and the high accident frequency intersections showed not a single case occurring on routings using 'at a distance ford crossings' where there was an obligation for cycle traffic to wait.

However, it was noted that the number of accidents at intersections with high accident frequency and at neighbouring intersections differed significantly. Whereas the structure of the types of accident is almost identical: in both cases the turning/crossing accidents outweighed significantly.

Again, a comparison of the intersections with high accident frequency and the neighbouring intersections with the same routing features for bicycle traffic shows large differences in the number of accidents. Therefore, the decisive factor influencing accident occurrence will be sought in the traffic volume of the subordinate road, or in the load ratio.

In the absence of knowledge of actual traffic volumes at the intersections considered, the traffic importance of each subordinate road was used as a substitute indicator instead; with the distinction as to whether the subordinate road is of coordinate or subordinate road category. Since the subjects of this investigation are EKL 3 rural roads, it is assumed that connected federal and state roads are coordinated, and connected county roads and other roads are subordinated. For high accident frequency intersections, the share of coordinated connections was about half, whereas for the neighbouring intersections, the share was only one fifth.

Considering total accident occurrences, the intersections with coordinated connections were significantly more involved than the intersections with subordinated connections. At intersections with coordinated connections, accident densities are more than double those at intersections with subordinated connections.

From these findings, at least the trend statement can be deduced that the traffic volume of an intersection, being assumed to be higher in coordinated connections than in subordinated, has an impact on accident rates, especially since the predominance of turning/crossing accidents presupposes a high degree of turning/crossing manoeuvres.

Moreover, it has been found that the length of the cycle ford crossing and the width of the intersection access for vehicle traffic in subordinated access, both of which are related to the complexity and clarity of the intersection, have an impact on accident occurrence: in both cases, the accident density increases with increasing length or width.

4 Practical implications

Based on the findings of the empirical studies on traffic flow and hazard potential for cyclists, it was easy to make the upper limit for the implementation of bike paths along road tracks dependent on the frequency with which cyclists on road tracks were involved in critical overtaking manoeuvres. In such an approach, it is important to determine limit values, depending on the hazard potential of side distance and passing speed car/bike when overtaking.

One possibility is given by the summation of critical overtaking manoeuvres with oncoming traffic on the test road sections with respect to their daily traffic load. This summation helps to define the avoidance potential of critical overtaking manoeuvres with oncoming traffic, depending on the daily traffic volume [vehicles/24 h].

It was not possible to analyze an additional dependence on the volume of cycle traffic, because this has been very low on the selected roads.

Regarding the cycle traffic routing at intersections, at least at coordinated connections, it is recommended to waive a right of way bicycle traffic routing. Moreover, this complies with the basic RAL statements (2012), according to which, as a general rule, bicycle traffic at subordinated access is to be routed by queuing, and only in case of a correspondingly high importance of the cycle traffic connection, or in case of lower traffic load on the joining road, can cycle traffic routing be right of way.

For further support of this statement, however, accident investigations based on traffic flow analysis at intersections must be carried out, which at the same time addresses one of the questions for further development.

Inhalt

Glossar	10	6 Gefährdungspotenzial von Radfahrern	49
1 Ausgangslage, Zielsetzung und Untersuchungsablauf	13	7 Mikroskopische Unfallanalyse	54
2 Erkenntnisstand	14	7.1 Unfallgeschehen auf den Untersuchungsstrecken	54
2.1 Unfallgeschehen und Verletzungsschwere	14	7.2 Verkehrssicherheit an Knotenpunkten.	55
2.2 Einsatzkriterien für verschiedene Radverkehrsführungen.	16	8 Bewertung der Zweckmäßigkeit fahrbahnbegleitender Radwege	62
2.3 Fahrbahnbegleitende Geh- und Radwege	20	9 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	63
2.4 Radverkehrsführung an Knotenpunkten.	20	9.1 Makroskopische Unfallanalyse.	63
2.5 Überquerungshilfen außerhalb von Knotenpunkten.	23	9.2 Empirische Untersuchungen zum Verkehrsablauf und Gefährdungspotenzial von Radfahrern.	63
2.6 Bau- und Finanzierungsgrundsätze ...	24	9.3 Mikroskopische Unfallanalyse	64
2.7 Urteile zum Fahrverhalten	25	9.4 Bewertung der Zweckmäßigkeit fahrbahnbegleitender Radwege	65
3 Makroskopische Unfallanalyse	25	9.5 Weiterer Forschungsbedarf	65
4 Auswahl geeigneter Untersuchungsstrecken und -knotenpunkte	32	Literatur	65
4.1 Recherche geeigneter Fallbeispiele. ...	32	Bilder	67
4.2 Vorauswahl nach maßgebenden Parameterkombinationen	34	Tabellen	70
4.2.1 Streckenparameter.	34		
4.2.2 Knotenpunktparameter.	35		
4.3 Ausgewählte Strecken und Knotenpunkte.	36		
5 Empirische Untersuchungen zum Verkehrsablauf	37		
5.1 Methodik.	37		
5.2 Pre-Test	39		
5.3 Untersuchungsergebnisse	43		
5.3.1 Definition von Überholvorgängen.	43		
5.3.2 Analysen zum Verkehrsablauf	44		

Glossar

a	Jahr [-]	Hm _r	Auf einer Untersuchungsstrecke in beide Fahrtrichtungen insgesamt zurückzulegende Höhenmeter nach unten (runter) [m]
b _{M,li,Rad-Kfz}	mittlerer lichter Seitenabstand des Fahrrads vom Kraftfahrzeug während des Überholvorgangs [m]	Hm/km	Mittlere Steigung der Untersuchungsstrecke bezogen auf beide Fahrtrichtungen in Höhenmeter pro Kilometer [Hm/km]
b _{M,Rad-Fbrand}	mittlerer Abstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand während des Überholvorgangs [m]	K	Knotenpunkt
b _{Rad}	Breite des Fahrrads = 0,70 m	l _{hi}	Abstand des Kraftfahrzeugs (des rechten Vorderreifens) hinter dem Fahrrad [m]
b _{Rad-Fbrand,hi}	Abstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand, hinten [m]	l _{Rad}	Länge des Fahrrads = 1,85 m
b _{Rad-Fbrand,vo}	Abstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand, vorne [m]	l _{vo}	Abstand des Kraftfahrzeugs (des rechten Vorderreifens) vor dem Fahrrad [m]
b _{Rad-Kfz,hi}	gemessener Seitenabstand des Fahrrads vom Kraftfahrzeug, hinten [m]	n	Anzahl [-]
b _{Rad-Kfz,vo}	gemessener Seitenabstand des Fahrrads vom Kraftfahrzeug, vorne [m]	n _{Kfz}	Anzahl Kraftfahrzeuge im betrachteten Zeitintervall [-]
b _{SV}	Schwerverkehrs-Anteil [%]	n _{Rad}	Anzahl Radfahrer bzw. Anzahl der durch das Messpersonal erzeugten Messfahrten im betrachteten Zeitintervall [-]
b _{s-überh}	Überhang des Spiegels am Kraftfahrzeug gegenüber dem „Messpunkt“ am Reifen = 0,10 m	n _{ÜV}	Anzahl empirisch erhobener Überholvorgänge im betrachteten Zeitintervall [-]
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke aller Tage des Jahres [Kfz/24 h]	n _{ÜV,krit,GGV}	Anzahl empirisch erhobener kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr im betrachteten Zeitintervall [-]
Δl _{hinten}	hintere Längenabweichung [cm]	n _{ÜV,krit,GGV/(h · km)}	Anzahl empirisch erhobener kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr je Stunde und Kilometer [-]
Δl _{gesamt}	gesamte Längenabweichung [cm]	q _{Kfz}	mittlere Verkehrsstärke während der Befahrungszeit [Kfz/h]
Δl _{vorne}	vordere Längenabweichung [cm]	r	Korrelationskoeffizient [-]
ΔV	Geschwindigkeitsdifferenz [km/h]	s	Standardabweichung
ΔV _{max}	maximale Geschwindigkeitsdifferenz [km/h]	s _{Rad}	zurückgelegte Strecke des Fahrrads während des Überholvorgangs [m]
ΔV _{Mittel}	Mittlere Geschwindigkeitsdifferenz [km/h]	SV-Anteil	Schwerverkehrsanteil [%]
GGV	Gegenverkehr		
Hm _h	Auf einer Untersuchungsstrecke in beide Fahrtrichtungen insgesamt zurückzulegende Höhenmeter nach oben (hoch) [m]		

SVZ	Straßenverkehrszählung
$t_{\dot{U}}$	Überholdauer des Kraftfahrzeugs [s]
TV_{Kfz}	Tagesverkehr [Kfz/24 h], Tagesverkehrsstärke einer Untersuchungsstrecke für einen Erhebungstag aus 24h-Zählung
U	Unfall
UD	(jährliche) Unfalldichte der Unfälle mit Personenschaden an Knotenpunkten [U(P)/K · a]
U-Kat.	Unfallkategorie
U(P)	Unfall mit Personenschaden (Unfallkategorie 1-3), bei dem unabhängig von der Höhe des Sachschadens mindestens eine Person verletzt wurde
ÜV	Überholvorgang
V_{med}	mittlere Geschwindigkeit [km/h]
$V_{Rad,\dot{U}}$	Geschwindigkeit des Fahrrads während des Überholvorgangs [km/h]
$V_{\dot{U},Kfz}$	Überholgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs [km/h]
V_{zul}	zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]
V_{50}	Geschwindigkeit, die von 50 % der Verkehrsteilnehmer nicht überschritten wird [km/h]
V_{85}	Geschwindigkeit, die von 85 % der Verkehrsteilnehmer nicht überschritten wird [km/h]

1 Ausgangslage, Zielsetzung und Untersuchungsablauf

In Deutschland haben sich laut der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik im Jahr 2013 mit 6.585 Unfällen, der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden, rund 10 % der Radverkehrsunfälle (Verkehrsunfälle mit Beteiligung von Radfahrern) an Außerortsstraßen (ohne Autobahnen)¹ ereignet.

Der Vergleich der Unfallfolgen für Radfahrer auf Innerorts- und Landstraßen zeigt, dass die Schwere der Verletzungen der verunglückten Radfahrer außerorts erheblich höher als innerorts ist. Dies ist nicht zuletzt auf die Zusammensetzung des Verkehrs und vor allem auf die auf Landstraßen höheren gefahrenen Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr zurückzuführen. Der Zusammenhang zwischen den im Kfz-Verkehr gefahrenen Geschwindigkeiten und der Verletzungsschwere wurde bereits in mehreren in- und ausländischen Untersuchungen bestätigt.

Anhaltswerte, wann eine Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr auf Landstraßen in Form von fahrbahnbegleitenden Radwegen bzw. gemeinsamen Geh- und Radwegen zweckmäßig ist, wird im Regelwerk primär auf Grundlage der Stärken des Kfz- und des Radverkehrs vorgenommen. Nach den früher geltenden Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q, 1996), ist ein fahrbahnbegleitender Radweg bzw. gemeinsamer Geh- und Radweg in der Regel dort anzuordnen, wo keine attraktiven Alternativwege vorhanden sind und künftig ein regelmäßiger Radverkehr zu erwarten ist. Ein fahrbahnbegleitender Radweg bzw. gemeinsamer Geh- und Radweg ist nach den RAS-Q (1996) auch vorzusehen, wenn besonders zu schützende Verkehrsteilnehmer (z. B. Schüler) auftreten oder mit Radfahrern im Freizeit-, Wochenend- und Erholungsverkehr zu rechnen ist. Zudem enthalten die RAS-Q (1996) in Abhängigkeit der Kfz-Verkehrsstärke (Kfz/24 h) und des Fußgänger- und Radverkehrs (Fußgänger und/oder Radfahrer in der Spitzenstunde) Einsatzgrenzen für die Anlage von fahrbahnbegleitenden Radwegen bzw. gemeinsa-

men Geh- und Radwegen an Landstraßen. Diese Einsatzgrenzen wurden unverändert aus den RAS-Q (1982) übernommen und basieren somit auf Erkenntnissen, die über 30 Jahre alt sind.

Es ist anzunehmen, dass sich maßgebende Einflussgrößen auf die Verkehrssicherheit, wie z. B. die Kfz- und Radverkehrsstärke durch Veränderungen im Modal-Split, die Struktur der das Fahrrad benutzenden Bevölkerung (z. B. hinsichtlich einer Zunahme der älteren Fahrradfahrer) und die Verhaltensweisen im Straßenverkehr jedoch in den letzten drei Jahrzehnten deutlich verändert haben. Hinzu kommen die technischen Entwicklungen sowohl im Kfz-Verkehr (z. B. Fahrerassistenzsysteme) als auch im Radverkehr (z. B. Elektrofahrräder mit höheren durchschnittlichen Radfahrgeschwindigkeiten), die gegebenenfalls weiteren Einfluss auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit haben.

Gemäß den nunmehr geltenden Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, 2012) soll der Radverkehr auf Straßen der Entwurfsklasse 1 (EKL 1) straßenunabhängig und auf Straßen der EKL 2 straßenunabhängig oder fahrbahnbegleitend geführt und nicht auf der Fahrbahn zugelassen werden. Bei Straßen der EKL 3 ist die Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn möglich. Bei Straßen der EKL 4 ist die Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn die Regellösung. Insbesondere bei Straßen der EKL 3 – die als zweistreifige Landstraßen im Fokus dieser Untersuchung stehen – ist zu prüfen, ob der Radverkehr auf der Fahrbahn geführt werden kann oder ob er aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs auf einem fahrbahnbegleitenden oder einem straßenunabhängigen Geh- und Radweg geführt werden soll. Bei einer solchen Prüfung sind nach den RAL (2012) die Stärke und die Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs, der Anteil des Schwerverkehrs (SV-Anteil) und die Übersichtlichkeit der Straße sowie die Stärke des Radverkehrs und der Anteil schutzbedürftiger Radfahrer zu berücksichtigen. Die RAL (2012) enthalten für eine solche Prüfung – aufbauend auf den RAS-Q (1996) – ebenfalls Anhaltswerte, bei welchen Kombinationen von Kfz-Verkehrsstärke (Kfz/24 h) und Rad- und Fußgängerverkehrsstärke (Radfahrer und Fußgänger in 24 h) ein fahrbahnbegleitender Geh- und Radweg zweckmäßig sein könnte. Diese Anhaltswerte gelten bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs von 100 km/h, einem SV-Anteil von etwa 10 %, einer gestreckten Linienführung und einem geringen Anteil an schutzbedürftigen Radfahrern und Fußgängern. Ergänzend wird

¹ Da in der Straßenverkehrsunfallstatistik nach Ortslage und Straßenkategorie unterschieden wird, kann keine weitergehende Differenzierung des Unfallgeschehens nach Außerortsstraßen „ohne Autobahnen und ohne Kraftfahrstraßen“ erfolgen.

in den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA, 2010) der FGSV darauf hingewiesen, dass auch ungünstige Randbedingungen hinsichtlich Breite und Führung der Fahrbahn (wie beispielsweise große Steigungen) zu berücksichtigen sind.

Derzeit liegen jedoch keine belastbaren neueren oder älteren Untersuchungen zur Verkehrssicherheit und zum Verkehrsablauf auf Landstraßen mit Radfahrern vor, auf deren Grundlage die Zweckmäßigkeit der Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr festgestellt werden kann. Somit fehlen klare Einsatzgrenzen für den Bau von fahrbahnbegleitenden Radwegen bzw. gemeinsamen Geh- und Radwegen an Landstraßen.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieses Forschungsvorhabens, aufbauend auf Unfallanalysen und Analysen des Verkehrsablaufs, das Gefährdungspotenzial des Radverkehrs auf Strecken und an Knotenpunkten im Zuge von zweistreifigen Landstraßen zu ermitteln. Hieraus sollten empirisch begründete Einsatzgrenzen zur Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn bzw. zur Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr in Abhängigkeit der

maßgebenden Einflussgrößen auf die Verkehrssicherheit abgeleitet werden.

Die methodische Vorgehensweise und der sich hieraus ergebende Untersuchungsablauf sehen fünf aufeinander aufbauende, teilweise parallele Arbeitsschritte vor. Die einzelnen Arbeitsschritte sowie deren Inhalt und Verknüpfung sind in Bild 1 dargestellt.

2 Erkenntnisstand

2.1 Unfallgeschehen und Verletzungsschwere

In Deutschland verunglückten laut Straßenverkehrsunfallstatistik im Jahr 2013 insgesamt 71.420 Radfahrer, davon 9,6 %, d. h. 6.831 Radfahrer, auf Außerortsstraßen (ohne Autobahnen). Von diesen 6.831 auf Landstraßen verunglückten Radfahrern wurden 4.367 Radfahrer (63,9 %) leicht und 2.327 Radfahrer (34,1 %) schwer verletzt; 137 Radfahrer (2,0 %) kamen ums Leben. Auf Straßen im Inner-

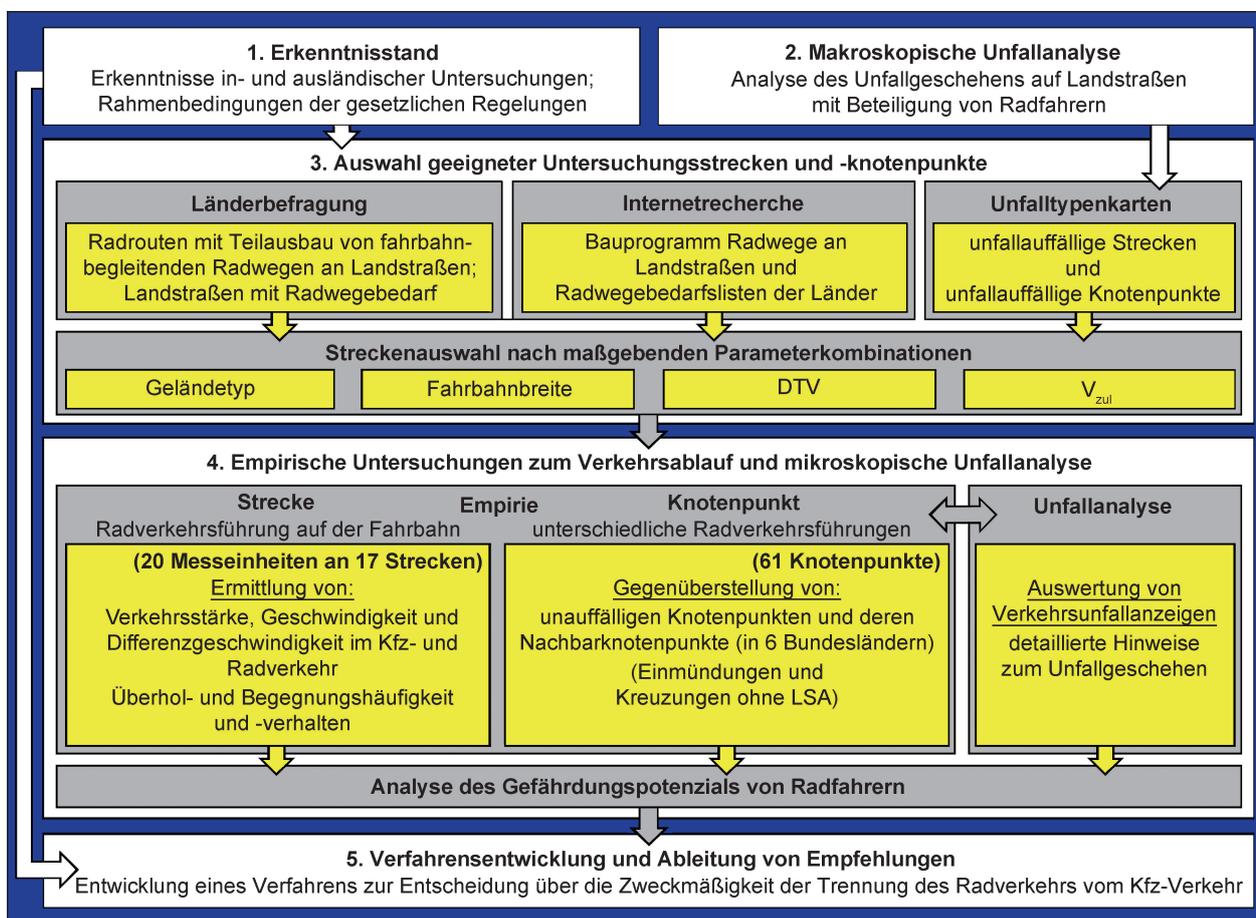


Bild 1: Untersuchungsablauf

ortsbereich wurden von den dort insgesamt 64.579 verunglückten Radfahrern 82,8 % leicht und 16,8 % schwer verletzt; etwa 0,3 % der auf Innerortsstraßen verunglückten Radfahrer kamen ums Leben.

Aus der zeitlichen Entwicklung des Unfallgeschehens auf Landstraßen geht bei Betrachtung des gesamten Unfallgeschehens der Jahre 2000 bis 2007 ein deutlicher Rückgang der Unfallbeteiligten von 24 % hervor. Im Vergleich hierzu beträgt bei Radverkehrsunfällen der Rückgang lediglich 4 % (HEINRICH et al., 2010) (Bild 2).

Wie sich die zeitliche Entwicklung des Unfallgeschehens auf Landstraßen bis heute fortgesetzt hat, ist Kapitel 3 zu entnehmen.

Eine Studie des Auto Club Europa (ACE, 2010), bei der die deutschlandweiten Fahrradunfälle aus dem Jahr 2008 ausgewertet wurden, zeigt, dass es auch regionale Unterschiede im Unfallgeschehen gibt. Im Ergebnis liegen die höchsten Verletztenraten in den drei Stadtstaaten Bremen, Berlin und Hamburg vor. Bei Betrachtung der 13 Flächenländer schneidet Norddeutschland am schlechtesten ab. Bezogen auf 100.000 Einwohner wurden in Schleswig-Holstein 138 Fahrradfahrer verletzt oder getötet, gefolgt von Niedersachsen mit 118 und Sachsen-Anhalt mit 108 verletzten oder getöteten Radfahrern. Die wenigsten verletzten oder getöteten Radfahrer pro 100.000 Einwohner gab es hingegen im Saarland mit 51, gefolgt von Thüringen mit 56 und Hessen mit 64. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 97 verletzten oder getöteten Radfahrern je 100.000 Einwohner.

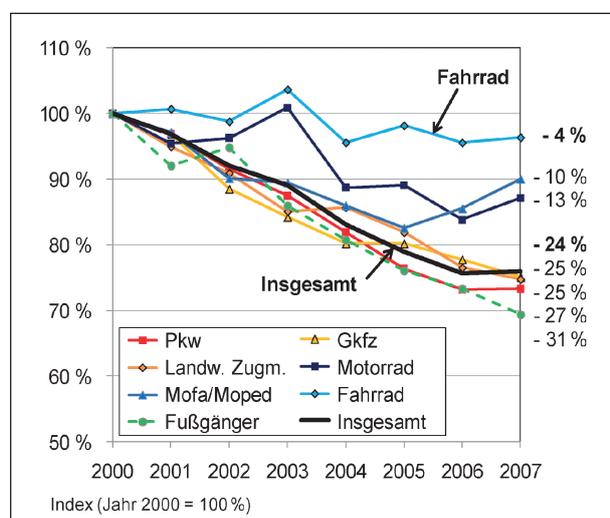


Bild 2: Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden auf Landstraßen nach Art der Verkehrsbeteiligung 2000 bis 2007 (HEINRICH et al., 2010)

Die Verkehrssicherheit im Radverkehr kann dabei nach BAIER/GÖBBELS/KLEMP-S-KOHEN (2012) von einer Vielzahl von Sicherheitskriterien und Sicherheitsindikatoren abhängig sein. Neben infrastrukturellen Kriterien (wie verkehrliche und bauliche Randbedingungen), dem Reisezweck (wie Berufs- oder Freizeitradverkehr), dem Fahrradzustand (Fahrrad mit defekten Bremsen) und zusätzlichen Lasten am Fahrrad (Kindersitz, Anhänger und Taschen) können beispielsweise auch Kriterien wie die Fahrtcharakteristik (Streckenlänge, Fahrtdauer und -geschwindigkeit und Witterungsbedingungen) eine Rolle spielen. Interdisziplinäre Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr konnten bislang nicht abgeleitet werden.

In Hinblick auf die zunehmende Nutzung von Elektrofahrrädern stellt sich zudem die Frage, wie sich die potenziell höhere Durchschnittsgeschwindigkeit auf das Fahrverhalten und das Unfallgeschehen auswirkt. Nach einer Studie der Unfallforschung der Versicherer (UDV, 2014) wird aus einem Vergleich von Fahrrädern und Elektrofahrrädern (mit einer Tretkraftunterstützung bis 25 km/h) deutlich, dass Elektrofahrräder nicht per se einem höherem oder anders gelagertem Sicherheitsrisiko als Fahrräder ausgesetzt sind. Vielmehr steht für die Nutzer von Elektrofahrrädern der erhöhte Komfort anstelle der potenziell höheren Durchschnittsgeschwindigkeit im Mittelpunkt.

Die Verletzungsschwere bei Radfahrern ist laut der Straßenverkehrsunfallstatistik auf Landstraßen erheblich höher als auf Innerortsstraßen. Auf einen Zusammenhang zwischen den im Kfz-Verkehr gefahrenen Geschwindigkeiten und der Verletzungsschwere bei nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern auf Landstraßen wird in mehreren in- und ausländischen Untersuchungen eingegangen. Allerdings beziehen sich diese Untersuchungen auf Unfälle mit Fußgängern und nicht auf Unfälle mit Radfahrern. Dennoch können die Erkenntnisse aus den Untersuchungen zum Teil auf den Radverkehr übertragen werden, da es hier ebenfalls wie beim Fußgängerverkehr große Geschwindigkeitsdifferenzen und Unterschiede in der Fahrzeugmasse im Vergleich zum Kfz-Verkehr gibt und weil Radfahrer – wie auch Fußgänger – über keine signifikante Schutzausrüstung verfügen.

GARDNER (2012) z. B. hat hinsichtlich dieses Zusammenhangs Untersuchungen aus Australien, Großbritannien und Finnland in Bezug zu Verkehrsunfällen mit Fußgängerbeteiligung analysiert. Dem-

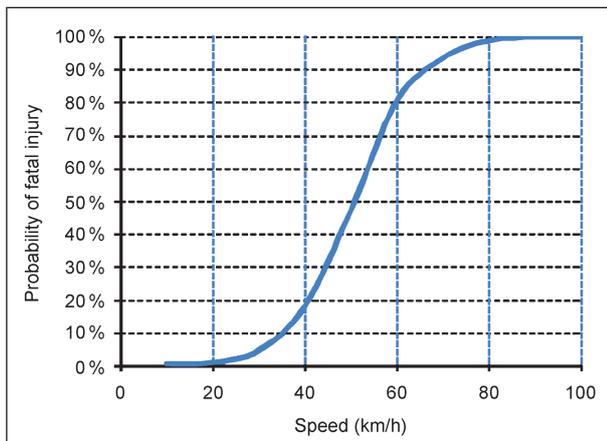


Bild 3: Wahrscheinlichkeit, als Fußgänger in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit tödlich zu verunglücken (GARDNER, 2012)

nach kann die Wahrscheinlichkeit als Fußgänger bei einem Verkehrsunfall in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit tödlich zu verunglücken anhand einer s-förmigen Funktion beschrieben werden (Bild 3).

Auch ROSÉN/SANDER (2009) weisen diesen Zusammenhang nach. Allerdings ist das Risiko für Fußgänger, nach der von ihnen vorgenommenen Auswertung der German In-Depth Accident Study (GIDAS), in Abhängigkeit der Kfz-Aufprallgeschwindigkeit tödlich zu verunglücken im Vergleich zu der Untersuchung von GARDNER (2012) geringer.

Aus den Untersuchungen von GARDNER (2012) und ROSÉN/SANDER (2009) geht aber die gleiche Kernaussage hervor. Wird ein Fußgänger von einem Kraftfahrzeug erfasst, welches mit 70 km/h oder schneller unterwegs ist, verbleibt nur eine geringe Überlebenschance.

Nach dem Fact Sheet zum Radverkehr des SWOV (2010) sind an niederländischen Landstraßen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von in der Regel 80 km/h in den Jahren 2007 bis 2009 durchschnittlich 36 tödliche Radverkehrsunfälle geschehen. 23 (knapp zwei Drittel) dieser Unfälle ereigneten sich dabei an Knotenpunkten und nicht auf Streckenabschnitten, was mit der Vielzahl möglicher Konfliktpunkte an Knotenpunkten gegenüber denen auf Streckenabschnitten begründet wird.

Von den verbleibenden 13 tödlichen Unfällen auf Streckenabschnitten war in nur rund einem Drittel der Fälle eine Radverkehrsanlage vorhanden. Die anderen Unfälle haben sich an Strecken ohne Radverkehrsanlage – also ohne Trennung des Kfz-Verkehrs vom Radverkehr – ereignet.

Der verstärkte Einfluss von Knotenpunkten auf das Unfallgeschehen spiegelt sich auch in der Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik wider (HEINRICH et al., 2010). Von den in Deutschland in 2007 auf Landstraßen geschehenen Radverkehrsunfällen mit Personenschaden dominieren mit insgesamt 37 % Einbiegen/Kreuzen-Unfälle und Abbiege-Unfälle. Unfälle im Längsverkehr treten zu 23 % und Fahrnfälle zu 22 % auf. Dabei ereignete sich der überwiegende Teil der Fahrradunfälle in den Sommermonaten April bis August und am Sonntag.

Hauptverursacher an Landstraßen sind nach HEINRICH et al. (2010) zu 60 % der Unfälle die Radfahrer selbst. Hiervon ereignet sich rund jeder fünfte Unfall im Längsverkehr, wobei diese Unfälle die geringste Unfallschwere aller Landstraßenunfälle (12 Getötete je 1.000 Unfälle mit Personenschaden) aufweisen. Die höchste Unfallschwere liegt mit 80 Getöteten je 1.000 Unfälle mit Personenschaden bei Einbiegen/Kreuzen-Unfällen vor. Hauptursache ist das Nichtbeachten von Vorfahrtzeichen.

2.2 Einsatzkriterien für verschiedene Radverkehrsführungen

Nach den RAL (2012) kann der Radverkehr auf Straßen der EKL 3 auf der Fahrbahn oder einseitig auf einem fahrbahnbegleitenden gemeinsamen Geh- und Radweg im Zweirichtungsverkehr geführt werden.

Bei Straßen der EKL 3 handelt es sich um zweistreifige Landstraßen mit regionaler Verbindungsfunktion der Stufe III (LS III) nach den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN, 2008) mit dem Regelquerschnitt RQ 11. Der einbahnige Querschnitt setzt sich aus Fahrstreifen mit einer Breite von 3,50 m sowie Randstreifen mit 0,50 m Breite und angrenzenden Banketten mit 1,50 m Breite zur Gesamtbreite von 11,00 m zusammen (Bild 4).

Der RQ 11 ist eine Weiterentwicklung des RQ 10,5 aus den RAS-Q (1996) mit um 0,25 m breiteren Randstreifen, dem bis zur Einführung der RIN (2008) die Verbindungsfunktionsstufe A III nach den damals geltenden Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N, 1988) für zwischengemeindliche Straßen zugrunde lag. Vorgänger des RQ 10,5 war der RQ 10 mit 3,25 m breiten Fahrstreifen nach den RAS-Q (1982).

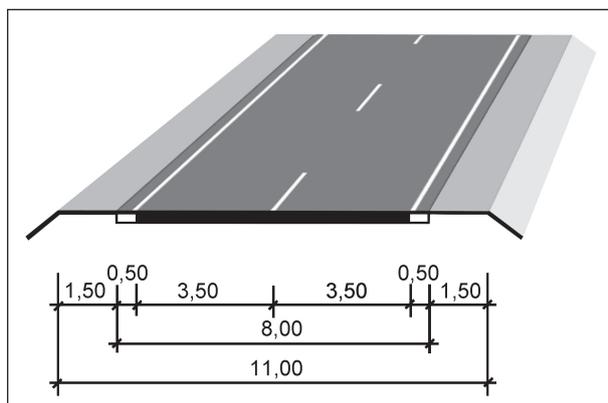


Bild 4: Regelquerschnitt RQ 11 für Straßen der EKL 3, Abmessungen in [m] (RAL, 2012)

Nach dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS, Nr. 08/2013) und nach den RAL (2012) selbst, kann die Fahrstreifenbreite in begründeten Ausnahmefällen bei Straßen der EKL 3 bei geringer Schwerverkehrsstärke (bis zu 300 Fz/24 h) reduziert werden, jedoch maximal bis zu einer Fahrstreifenbreite von 3,00 m bei niedrigen Verkehrsstärken (maximal 4.000 Kfz/24 h) und unter der Voraussetzung geeigneter Umleitungsstrecken bei der Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen.

Die Art der Radverkehrsführung wird – sofern ein regelmäßiger Bedarf für die abschnittsweise Nutzung einer Landstraße der EKL 3 als Radverkehrsverbindung besteht – nach den RAL (2012) von verschiedenen verkehrlichen und baulichen bzw. geometrischen Parametern abhängig gemacht. Hierzu zählen neben der Stärke und der Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs, dem SV-Anteil und der Übersichtlichkeit der Straße auch die Stärke des Radverkehrs und der Anteil schutzbedürftiger Radfahrer.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Anhaltswerte gehen dabei von einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs von 100 km/h, einem Schwerverkehrsanteil von etwa 10 %, einer gestreckten Linienführung und einem geringen Anteil an schutzbedürftigen Radfahrern und Fußgängern aus.

Demnach kommen gemeinsame Geh- und Radwege insbesondere bei hohen Rad- und Fußgängerverkehrsbelastungen von über 200 Radfahrern und Fußgängern am Tag in Betracht. Bei hohen Kfz-Verkehrsbelastungen über 10.000 Kfz/24 h ist Radverkehr auf der Fahrbahn aus Sicherheitsgründen regelmäßig nicht vertretbar.

In den ERA (2010) werden zu Straßen der EKL 3 weitere Hinweise zu den Einsatzgrenzen in Form

Durchschnittlicher täglicher Kfz-Verkehr [Kfz/24 h]	Tägliche Belastung im Rad- und Fußgängerverkehr [R und F/24 h]
2.500 - 4.000	> 200
4.000 - 7.000	> 100
7.000 - 10.000	> 50

Tab. 1: Anhaltswerte für die Zweckmäßigkeit eines gemeinsamen Geh- und Radwegs an Straßen der EKL 3 (RAL, 2012)

Durchschnittlicher täglicher Kfz-Verkehr [Kfz/24 h]	Zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]
> 2.500	100
> 4.000	70

Tab. 2: Anhaltswerte für die Zweckmäßigkeit fahrbahnbegleitender Radwege an Landstraßen der EKL 3 (ERA, 2010)

von zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Kfz-Verkehr gegeben (Tabelle 2).

Auch in den ERA (2010) wird darauf hingewiesen, dass die angegebenen Werte als Anhaltswerte zu verstehen sind. Insbesondere bei Schülerradverkehr, starkem Freizeitverkehr oder ungünstigen Randbedingungen (hohe Schwerverkehrsstärken, unübersichtliche Linienführung, Steigungen > 4 % oder ungünstige Fahrbahnbreiten) sind bezogen auf die Kfz-Verkehrsstärke niedrigere Werte anzusetzen. Ebenso können gemäß den ERA (2010) bei besonders niedrigen SV-Anteilen entsprechend höhere Einsatzgrenzen gelten. Radverkehr kann auf der Fahrbahn gegebenenfalls auch dann noch verträglich sein, wenn der Schwerverkehr zu Zeiten hohen Radverkehrsaufkommens gering ist.

Weiterhin geben die ERA (2010) Prioritäten für die Realisierung von Maßnahmen an. Ist eine Radverkehrsanlage erforderlich, so steigt die Zweckmäßigkeit ihrer Realisierung mit

- dem Auftreten besonderer schutzbedürftiger Verkehrsteilnehmer (z. B. Schüler),
- der Kfz-Verkehrsstärke,
- der Stärke des Schwerverkehrs,
- der Radverkehrsstärke,
- der Kurvigkeit der Straße,
- dem Auftreten ungünstiger Fahrbahnbreiten,

- der Netzkategorie der Radverkehrsverbindung nach den RIN (2008) sowie
- der Bedeutung der Radverkehrsverbindung im Freizeitverkehr.

Unabhängig von diesen Prioritäten besteht an Straßen, die im Unfallgeschehen auffällig sind, Handlungsbedarf.

Ferner können nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) außerhalb geschlossener Ortschaften Geschwindigkeitsbeschränkungen erforderlich sein, wenn aufgrund unangemessener Geschwindigkeiten häufig geschwindigkeitsbedingte Unfälle aufgetreten sind oder häufig gefährliche Verkehrssituationen festgestellt werden. Auf Abschnitten, wo Fußgänger oder Radfahrer im Längs- oder Querverkehr in besonderer Weise gefährdet sind, soll die zulässige Höchstgeschwindigkeit in der Regel 70 km/h nicht übersteigen. Letztendlich wäre bei einer entsprechenden Gefährdung aber auch die Anlage eines fahrbahnbegleitenden Radwegs bzw. gemeinsamen Geh- und Radwegs zu prüfen, weil die zulässige Höchstgeschwindigkeit außerorts in der Regel 100 km/h beträgt und eine Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h nicht zwangsläufig zur gewünschten Erhöhung der Verkehrssicherheit führt.

Die Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr ist nach den Hinweisen zum Radverkehr außerhalb städtischer Gebiete (H RaS, 2002) ebenfalls sehr wichtig in Verbindung mit dem Auftreten von Kindern/Jugendlichen und älteren Menschen als Alltagsradfahrer und mit dem Auftreten von Radtouristen.

Aber auch im Ausland wurde und wird die Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr auf Straßen mit hohen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten diskutiert. Zusammenfassend ist dabei festzustellen, dass auch hier im Wesentlichen die Kfz-Verkehrsstärke und/oder die gefahrenen Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr (beispielsweise die V_{85}) bzw. die zulässige Höchstgeschwindigkeit zur Bestimmung der Zweckmäßigkeit einer gesonderten Radverkehrsanlage herangezogen werden.

GARDNER (2012) nennt Einsatzgrenzen, die auf verschiedenen Untersuchungen aus dem Ausland beruhen, für Stadtstraßen und nicht für Landstraßen. Demnach sollten bei gefahrenen Geschwindigkeiten (V_{85}) im Kraftfahrzeugverkehr von

60 km/h und mehr und bei Verkehrsstärken ab 5.000 Kfz/24 h Radverkehrsanlagen angelegt werden. Die Führung im Mischverkehr wird erst ab Geschwindigkeiten unterhalb von 60 km/h (V_{85}) bei geringer Verkehrsbelastung empfohlen.

In den Niederlanden stellen Schutzstreifen auch an Landstraßen bereits in vielen Regionen eine Standardlösung dar. In Deutschland gibt es hierfür bislang keine gesetzliche Grundlage. Mangels vorhandener Erkenntnisse werden Schutzstreifen an Landstraßen aus Verkehrssicherheitsgründen ausgeschlossen. Aktuell wird zu dieser Thematik von ALRUTZ/BRÜNINK (2012) ein NRVP-Projekt als Modellversuch zur Abmarkierung von Schutzstreifen außerorts und zur Untersuchung der Auswirkungen auf die Sicherheit und Attraktivität im Radverkehrsnetz durchgeführt, welches nähere Erkenntnisse liefern soll. Nach ALRUTZ/BRÜNINK (2012) können Markierungslösungen insbesondere dort interessant sein, wo bauliche Lösungen (Radwege) nicht zwingend erforderlich sind. Schutzstreifen an Landstraßen können jedoch kein Ersatz für aus Verkehrssicherheitsgründen erforderliche Radwege sein. Vielmehr sollen diese Markierungslösungen für den Radverkehr flächendeckend geschlossene und bedarfsgerechte Basisnetze ermöglichen – Schutzstreifen außerorts sollen demnach hauptsächlich dem Lückenschluss im Radverkehrsnetz dienen – und den Grundanforderungen der Radfahrer in Hinblick auf die Verkehrssicherheit gerecht werden (ALRUTZ/BRÜNINK, 2012).

Neben der Kfz-Verkehrsstärke und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit spielt aber auch die Fahrbahnbreite eine wichtige Rolle bei der Entscheidung für oder gegen eine Trennung des Kfz-Verkehrs vom Radverkehr. Nach dem Deutschen Institut für Urbanistik (Difu, 2012) werden für Straßen der EKL 4 mit einer Planungsgeschwindigkeit von 70 km/h nach den RAL (2012) (der Radverkehr wird hier in der Regel auf der Fahrbahn geführt) ungünstige Fahrbahnbreiten von 6,00 m bis 7,00 m genannt, die bei Gegenverkehr zum Überholen des Radverkehrs ohne ausreichenden Sicherheitsabstand verleiten. Laut Difu (2012) sind diese Fahrbahnbreiten unsicherer als Breiten von 7,50 m (sicheres Überholen möglich) oder von 5,50 m (kein Überholen möglich). Diese Problematik kann auch auf Straßen der EKL 3 übertragen werden, wobei es hier in Abhängigkeit der höheren Planungsgeschwindigkeit (90 km/h nach RAL, 2012) und der in der Regel höheren Kfz-Verkehrsstärke sowie der hiermit einhergehenden höheren Anzahl von Be-

gegnungsfällen zwischen Schwerverkehrsfahrzeugen gegenüber denen auf Straßen der EKL 4 ein breiteres Spektrum ungünstiger Fahrbahnbreiten geben kann.

Die Fahrstreifen bei Straßen der EKL 3 werden durch eine einfache Leitlinie (Zeichen 340 nach der Straßenverkehrs-Ordnung, StVO) voneinander getrennt. Überholvorgänge von Fahrzeugen sind so unter Mitbenutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens bei ausreichenden Sichtweiten und unter Ausschluss einer Behinderung oder Gefährdung des Gegenverkehrs zugelassen. Wo das Überholen bzw. ein Befahren der Gegenfahrbahn unterbunden werden soll, werden die Fahrstreifen durch eine einfache Fahrstreifenbegrenzung (Zeichen 295 StVO) voneinander getrennt.

Nach der StVO muss beim Überholen ein ausreichender Seitenabstand zu anderen Verkehrsteilnehmern, insbesondere zu Fußgängern und Radfahrern, eingehalten werden. Überholvorgänge – die sich im Sinne der StVO in erster Linie auf das Überholen von anderen Kraftfahrzeugen beziehen – dürfen dabei außerhalb geschlossener Ortschaften durch kurze Schall- oder Leuchtzeichen angekündigt werden. Ist jedoch eine durchgehende Linie (Zeichen 295 StVO) zur Abtrennung des Fahrbahnteils für den Gegenverkehr vorhanden, darf diese nach der StVO auch nicht teilweise von Fahrzeugen überfahren werden.

Überholverbote, die mit Zeichen 276 StVO (Überholverbot für Kraftfahrzeuge aller Art) gekennzeichnet werden, verbieten Kraftfahrzeugen das Überholen von mehrspurigen Kraftfahrzeugen und Kraftködern mit Beiwagen. Fahrräder dürfen somit überholt werden.

Hinsichtlich des Seitenabstands beim Überholen von Radfahrern nennt GARDNER (2012) mit zunehmender Geschwindigkeit im Kfz-Verkehr ansteigende Seitenabstände. Insbesondere bei Schwerverkehrsfahrzeugen kommt es bei höheren Geschwindigkeiten zu unangenehmen Luftwirbelungen für Radfahrer. Der wünschenswerte Mindestabstand bei Überholvorgängen zwischen Schwerverkehrsfahrzeugen und Radfahrern sollte nach GARDNER (2012) deshalb bei 60 km/h 1,00 m, bei 80 km/h 1,50 m und bei 100 km/h 2,00 m betragen.

Die oben genannten Einflussfaktoren auf die Verkehrssicherheit des Radverkehrs werden auch in den H RaS (2002) genannt. Nach den H RaS (2002)

wird die Verkehrssicherheit des Radverkehrs bei der Führung im Mischverkehr insbesondere durch das Zusammenwirken von drei Einflussfaktoren gefährdet:

- zu geringer Seitenabstand durch Kraftfahrzeuge beim Überholen bzw. Vorbeifahren, besonders durch breite Lkw und Busse,
- zu hohe Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Radfahrern und Kraftfahrzeugen und
- falsches Verhalten, z. B. durch Fehleinschätzung oder Unvermögen.

Hinsichtlich der Dringlichkeit der Netzplanung geben die H RaS (2002) insbesondere vier Beurteilungskriterien an, aus denen sich eine Prioritätenreihung ableiten lässt:

1. die Verbindungsbedeutung des Streckenabschnitts,
2. das Radverkehrspotenzial auf der entsprechenden Relation,
3. die Gefährdung des Radverkehrs, ergänzt durch den Fahrkomfort-Aspekt, und
4. die Netzwirksamkeit der Maßnahme auf dem entsprechenden Abschnitt (Netzschlussaspekte oder Attraktivität der Route im Vergleich zu Parallelrouten).

Aufbauend auf den vorgenannten Erkenntnissen werden in der bundesdeutschen Praxis hinsichtlich der Zweckmäßigkeit und Priorität straßenbegleitender Radverkehrsanlagen länderspezifische Kriterienkataloge/Bewertungsverfahren herangezogen, über die – über eine Gewichtung von Einzelkriterien – eine Priorisierung von Baumaßnahmen erfolgt. In die Bewertung fließt neben der Verkehrsstärke im Kfz- und Radverkehr und deren Zusammensetzung (SV-Anteil, Schülerverkehr, touristischer Verkehr usw.) auch die Netzbedeutung ein. Des Weiteren werden Kriterien zur Streckencharakteristik (Kurvigkeit, Fahrbahnbreiten und Steigungen) und zur Machbarkeit bzw. zu den Kosten pro Kilometer als wesentliche Entscheidungsgrundlage herangezogen. Unfalldaten werden weniger berücksichtigt, weil außerörtliche Radverkehrsunfälle vergleichsweise seltene Ereignisse sind.

2.3 Fahrbahnbegleitende Geh- und Radwege

Bei straßenbegleitenden einseitigen Geh- und Radwegen, die im Zweirichtungsverkehr betrieben werden, ist nach den VwV-StVO darauf zu achten, dass sich am Anfang und am Ende einer solchen Anordnung eine sichere Überquerungsmöglichkeit der Fahrbahn befindet bzw. geschaffen wird.

Die lichte Breite von gemeinsamen Geh- und Radwegen einschließlich der seitlichen Sicherheitsräume soll nach den VwV-StVO dabei außerorts in der Regel durchgehend 2,40 m, mindestens jedoch 2,00 m betragen. In den RAL (2012) und den ERA (2010) wird für außerörtliche gemeinsame Geh- und Radwege ein Regemaß von 2,50 m als bauliche Breite (einschließlich Sicherheitsräume 3,50 m) empfohlen; die Abtrennung von der Fahrbahn soll dabei mindestens über einen 1,75 m breiten Sicherheitstrennstreifen bei Landstraßen erfolgen (Bild 5).

Außerhalb geschlossener Ortschaften dürfen Radwege nach der StVO auch von Mofas benutzt werden. Elektrofahräder mit einer Tretunterstützung bis 25 km/h und nicht mehr als 250 Watt Motor-Nennleistung, die nach den Bestimmungen der Richtlinie 2002/24/EG als Fahrräder mit Trethilfe eingestuft werden, sind verkehrsrechtlich normalen Fahrrädern gleichgestellt.²

2.4 Radverkehrsführung an Knotenpunkten

An außerörtlichen Knotenpunkten besteht für den Radverkehr ein besonderes Gefährdungspotenzial. Einerseits hängt dies mit den hohen gefahrenen Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr und andererseits mit der Führung des Radverkehrs – meist sind einseitige Radverkehrsanlagen im Zweirichtungsbetrieb vorhanden, bei der insbesondere der linksfahrende Radverkehr durch rechtsabbiegende Kfz

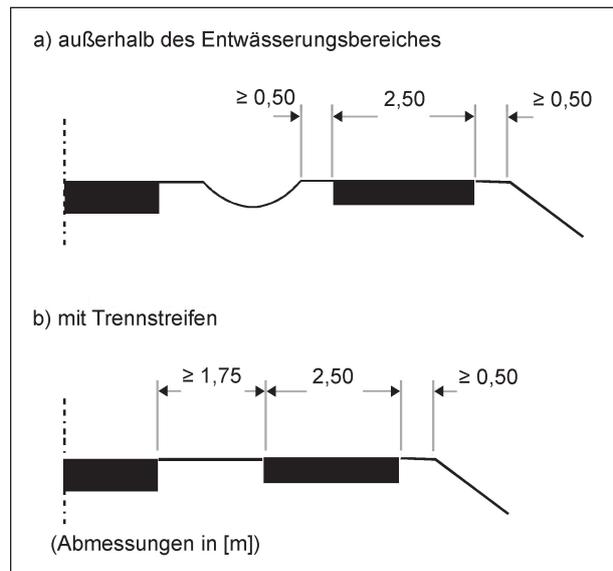


Bild 5: Lage und Maße eines gemeinsamen Geh- und Radwegs (RAL, 2012)

in die untergeordnete Straße gefährdet wird – zusammen. Gefährdungen können aber insbesondere auch bei ungesicherter Überquerung vorfahrtberechtigter Straßen mit hohen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Kfz-Verkehr auftreten. Eine eindeutige Führung des Radverkehrs, begreifbare Vorrangregelungen und gute Sichtverhältnisse sind deshalb besonders wichtig (H RaS, 2002). Dies ist auch so in der VwV-StVO verankert, wonach die Radwegeführung auch für Ortsfremde eindeutig erkennbar, im Verlauf stetig und sicher zu gestalten ist. Neben ausreichenden Sichtverhältnissen ist es notwendig, den Radverkehr bereits rechtzeitig vor dem Knotenpunkt im Sichtfeld des Kraftfahrzeugverkehrs zu führen.

An Einmündungen und Kreuzungen mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen sollte nach den RAL (2012) der parallel zur übergeordneten Straße geführte Radverkehr in der Regel wartepflichtig über die untergeordnete Straße geführt werden. Die Querung der untergeordneten Zufahrt soll nach den RAL (2012) abgesetzt von der vorfahrtberechtigten Fahrbahn in einem Abstand von in der Regel mindestens 6,00 m über einen Fahrbahnteiler erfolgen. Die Aufstellfläche im Bereich des Fahrbahnteilers ist in der Regel 2,50 m breit. Die Wartepflicht ist durch Verkehrszeichen zu verdeutlichen (RAL, 2012).

Bei einer entsprechend hohen Bedeutung der Radverkehrsverbindung oder einer geringen Verkehrsbelastung der einmündenden Straße kann eine Bevorrechtigung des Radverkehrs über die un-

² Es handelt sich nach der Richtlinie 2002/24/EG (die durch den § 1 Absatz 3 des Straßenverkehrsgesetzes in nationales Recht umgesetzt wird) hierbei um Elektrofahräder, „die mit einem elektromotorischen Hilfsantrieb mit einer maximalen Nenndauerleistung von 0,25 KW ausgestattet sind, dessen Unterstützung sich mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringert und beim Erreichen einer Geschwindigkeit von 25 km/h oder früher, wenn der Fahrer im Treten einhält, unterbrochen wird“.

tergeordnete Zufahrt aus Gründen der Verkehrsqualität des Radverkehrs aber auch erfolgen. In diesem Fall soll die Querung nach den RAL (2012) nah zur übergeordneten Fahrbahn in einem Abstand von in der Regel bis zu 4,00 m über den Fahrbahnteiler erfolgen. Die Furt, mit einer Regelbreite von 2,50 m, wird zur Verdeutlichung der Vorfahrt des Radverkehrs markiert und sollte aus Sicherheitsgründen rot eingefärbt werden (RAL, 2012).

Nach den ERA (2010) soll der wartepflichtige Radverkehr etwa 6,00 m abgesetzt vom Rand der übergeordneten Straße über den Fahrbahnteiler geführt werden. Bei vorfahrtberechtigter Radverkehrsführung soll nach den ERA (2010) die Furt möglichst nur 2,00 m, keinesfalls weiter als 4,00 m vom Rand der übergeordneten Straße abgesetzt werden. In letzterem Fall soll der Radweg auf beiden Seiten weit vor dem Knotenpunkt (> 20 m) an die Fahrbahn herangeschwenkt werden.

Auf Dreiecksinseln sollte in untergeordneten Zufahrten, über die der Radverkehr geführt wird, verzichtet werden (H Ras, 2002).

Linksabbiegender nicht motorisierter Verkehr soll nach den RAL (2012) bei Führung auf einem gemeinsamen Geh- und Radweg indirekt geführt werden. Zur Überquerung der übergeordneten Straße sind Mittelinseln (mit Aufstellflächen von 2,50 m Tiefe und 4,00 m Breite) zweckmäßig, die in die dem Linksabbiegestreifen gegenüberliegende Sperrfläche (an Einmündungen) integriert werden.

An Kreuzungen kann eine sichere Radverkehrsführung über die übergeordnete Straße nur durch eine Lichtsignalanlage gewährleistet werden. Andernfalls ist eine andere Knotenpunktart zu wählen (RAL, 2012). Nach den H RaS (2002) ist an Kreuzungen aber auch die Anlage einer Mittelinsel als Überquerungshilfe in der Verziehung des Linksabbiegestreifens in der übergeordneten Straße möglich (Bild 6).

Detaillierte Entwurfshinweise sowie Musterlösungen zur Geh- und Radwegführung an Knotenpunkten in Abhängigkeit der Entwurfsklasse sind in den RAL (2012) angegeben.

Nach den RAL (2012) sind Einmündungen ohne Lichtsignalanlage hinsichtlich der Verkehrssicherheit allgemein vorteilhafter als Kreuzungen. Deshalb sollte geprüft werden, ob statt einer Kreuzung ein Rechtsversatz ausgebildet werden kann.

Nach dem Fact Sheet zum Radverkehr des SWOV (2010) sind nach CROW (2006) in Hinblick auf die Radverkehrsführung ebenfalls zwei versetzte Einmündungen einer Kreuzung vorzuziehen. Hierdurch wird verhindert, dass der Radverkehr den Hauptverkehrsstrom auf der übergeordneten Straße in einem Zug rechtwinklig queren muss. Im Gegensatz zu den RAL (2012) wird allerdings ein Linksversatz empfohlen, weil kreuzende Radfahrer aus dem Hauptstrom nicht mehr links abbiegen müssen (Bild 7).

Des Weiteren nennt das Fact Sheet zum Radverkehr des SWOV (2010) eine Untersuchung von SCHEPERS/VOORHAM (2010), in der sich gegen einen Versatz ausgesprochen wird. SCHEPERS/VOORHAM (2010) sind demnach der Auffassung, dass Radfahrer an zwei Einmündungen einem höheren Risiko ausgesetzt sind als an einer vier-armigen Kreuzung.

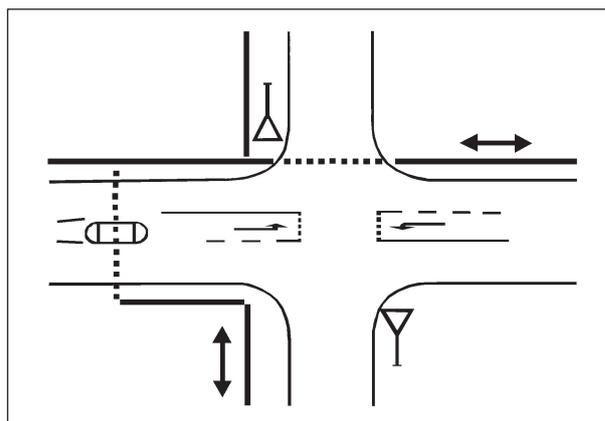


Bild 6: Lage einer Mittelinsel als Überquerungshilfe in der Verziehung des Linksabbiegestreifens in der übergeordneten Straße (H RaS, 2002)

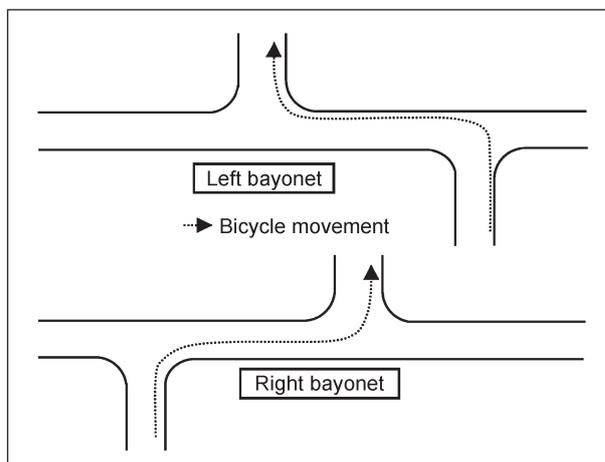


Bild 7: Beispiel für einen Links- und Rechtsversatz (SWOV, 2010)

Unabhängig von diesen unterschiedlichen Auffassungen wird letztendlich die Frage der sichersten Radverkehrsführung auf der Fahrbahn in der Praxis nicht zur Entscheidung für oder gegen einen Versatz beitragen. Hier stehen die Anforderungen für den Kfz-Verkehr und infrastrukturelle Randbedingungen im Vordergrund.

An Einmündungen und Kreuzungen mit Lichtsignalanlage soll der Rad- und Fußgängerverkehr gemäß den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA, 2010) in die Signalsteuerung einbezogen werden (RAL, 2012).

An Kreisverkehren soll der Radverkehr laut den RAL (2012) außerhalb der Kreisfahrbahn auf einem gemeinsamen Geh- und Radweg geführt werden, sofern in mindestens einer Knotenpunktzufahrt ein fahrbahnbegleitender gemeinsamer Geh- und Radweg angelegt ist. Bei Querungen der Kreiszufahrten soll der Radverkehr wartepflichtig über den Fahrbahnteiler geführt werden.

Nach ANGENENDT et al. (2001) geschehen auf Außerortsstraßen mit Geh- und Radwegen, die in der Regel einseitig im Zweirichtungsverkehr betrieben werden, etwa zwei Drittel bis drei Viertel der außerörtlichen Radverkehrsunfälle an Knotenpunkten.

In ihrer Untersuchung zur Fußgänger- und Radverkehrsführung an Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete wurden deshalb verschiedene, in der Praxis vorkommende Radverkehrsführungen an Knotenpunkten in Hinblick auf die Verkehrssicherheit analysiert. ANGENENDT et al. (2001) haben hierzu Analysen an insgesamt 387 Untersuchungsfallbeispielen durchgeführt.

Im Ergebnis wird deutlich, dass die mit Abstand meisten Radverkehrsunfälle (2 von 3 Unfällen) auf nicht bzw. leicht abgesetzte vorfahrtberechtigte Führungen bei der Querung der untergeordneten Fahrbahn zurückfallen. Insgesamt entfallen auf vorfahrtberechtigte Radverkehrsführungen 52 von 66 Unfällen, was rund 80 % entspricht. Von den verbleibenden 14 Unfällen stehen 10 Unfälle im Zusammenhang mit der Überquerung der übergeordneten Fahrbahn und Querungsstellen auf der freien Strecke. Auf wartepflichtige, weit abgesetzte Radverkehrsführungen über die untergeordnete Fahrbahn entfallen trotz der relativ großen Anzahl von 58 Fallbeispielen lediglich 4 Unfälle (Tabelle 3).

Der bei den Radverkehrsunfällen mit deutlichem Abstand am häufigsten vorkommende Unfalltyp ist nach ANGENENDT et al. (2001) der Typ 342, ein Unfall zwischen einem einbiegenden wartepflichtigen Fahrzeug und einem vorfahrtberechtigten Radfahrer von rechts (Bild 8).

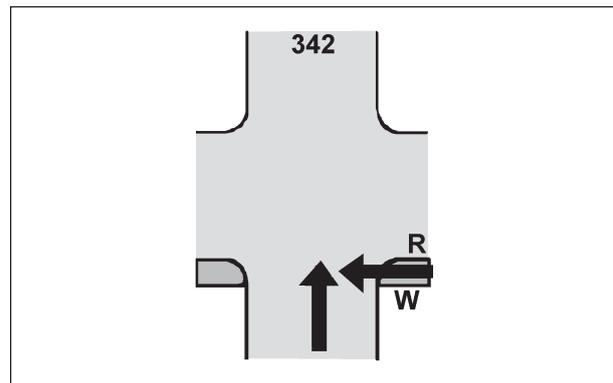


Bild 8: Unfalltyp 342 „bevorrechtigtes Fahrzeug vom Radweg“ nach dem Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko, 2012)

Typ		Anzahl der UFB	Anzahl der UFB mit Rad-/Fg-Unfällen	Anzahl der Radfahrerunfälle	Anzahl der Fußgängerunfälle
Querung übergeordnete Fahrbahn					
E/K I	keine bauliche Querungshilfe (Insel)	48	3	3	0
E/K II	Insel im Rückverziehungsbereich eines Linksabbiegestreifens	44	4	4	2
E/K III	Insel neben dem Linksabbiegestreifen	1	0	0	0
E/K IV	Insel am Beginn des Verziehungsbereichs eines Linksabbiegestreifens	20	2	1	1

Tab. 3: Belegung der Untersuchungsfallbeispiele mit Radfahrer-/Fußgänger-Unfällen auf Basis bundesweiter und regionaler Analysen (ANGENENDT et al., 2001)

Typ		Anzahl der UFB	Anzahl der UFB mit Rad-/Fg-Unfällen	Anzahl der Radfahrerunfälle	Anzahl der Fußgängerunfälle
Querung untergeordnete Fahrbahn					
1	Furt nicht bzw. leicht (max. 2 – 5 m) abgesetzt; Vorrang Radverkehr	103	22	44 ¹	0
2	Furt weit abgesetzt (≥ 5,00 m); Vorrang Radverkehr	22	1	2	0
3	Furt weit abgesetzt (≥ 5,00 m); Vorrang Kfz-Verkehr	58	3	4	0
Querung Rechtsabbiege- bzw. Rechtseinbiegefahrbahn					
a (A)	Furt nicht bzw. nur gering abgesetzt; Vorrang Radverkehr	9	0	0	0
a (E)		2	2	5	1
b (A)	Furt weit abgesetzt; Vorrang Radverkehr	27	0	0	0
b (E)		2	1	1	0
c (A)	Furt weit abgesetzt; Vorrang Kfz-Verkehr	17	0	0	0
Querungsstellen auf der freien Strecke					
S0	keine bauliche Querungshilfe (Insel)	15	2	2	2
S1	Querungsstelle mit Mittelinsel	19	2	0	2 ²
Summe		387	42	66¹	8²
¹ davon 1 Mofaunfall ² davon 1 Skaterunfall (A) Abbiegespur (E) Einbiegespur					

Tab. 3: Fortsetzung

2.5 Überquerungshilfen außerhalb von Knotenpunkten

Vom Grundsatz her sind Radfahrer und Fußgänger auf Sonderwegen beim Queren von Fahrbahnen sicher zu führen. Sind außerhalb von Knotenpunkten Überquerungsstellen erforderlich, können nach den RAL (2012) abhängig von der Kfz-Verkehrsstärke, der Schwerverkehrsstärke sowie der Stärke und Zusammensetzung des Rad- und Fußgängerverkehrs bauliche und/oder technische Sicherungen zweckmäßig sein.

Die Überquerungsstelle muss aus Sicht der Kraftfahrer frühzeitig erkennbar sein, sodass sie sich noch rechtzeitig auf querende Radfahrer und Fußgänger einstellen können. Aus Sicht der querenden Radfahrer und Fußgänger sind für eine sichere Querung die erforderlichen Sichtfelder freizuhalten.

Der Rad- und Fußgängerverkehr ist in jedem Fall wartepflichtig zu führen (RAL, 2012).

Stellen außerhalb von Knotenpunkten, an denen Fahrradfahrer die Fahrbahn überqueren oder auf sie geführt werden, können nach der StVO, soweit dies für den Kraftfahrzeugverkehr nicht ohne Weiteres erkennbar ist, mit dem allgemeinen Gefahrzeichen 138 StVO (Radverkehr) versehen werden (Bild 9).

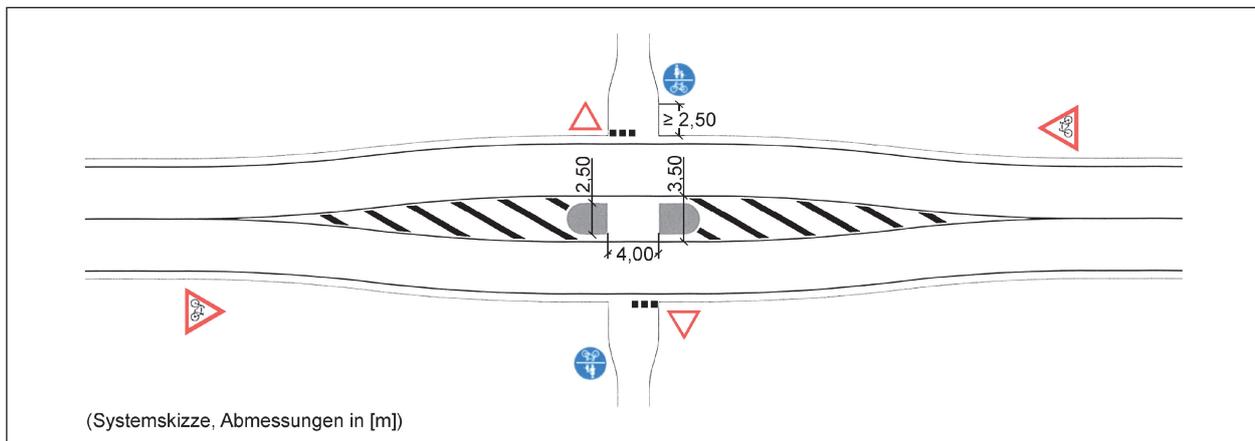


Bild 9: Mittelinsel als Querungshilfe für Rad- und Fußgängerverkehr (RAL, 2012)

2.6 Bau- und Finanzierungsgrundsätze

Für die Anlage von Geh- und Radwegen sind die „Grundsätze für Bau und Finanzierung von Radwegen an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes“ vom 17. Oktober 2008 maßgebend. Diese Grundsätze verfolgen in erster Linie eine Verbesserung der Verkehrssicherheit durch

- Verminderung der Unfallzahlen, insbesondere bei Kindern durch Trennung der Verkehrsarten und
- Verflüssigung des Verkehrs und Verhinderung von Stausituationen.

Zur Verbesserung der Verkehrssicherheit sollten gemäß den Bau- und Finanzierungsgrundsätzen Radwege insbesondere dort angelegt werden, wo

- Radverkehr nicht nur in geringem Umfang regelmäßig zu berücksichtigen ist oder
- mit einem erheblichen Aufkommen an Radfahrern im Freizeit-, Wochenend- und Erholungsverkehr zu rechnen ist und keine oder nur unzureichende Alternativwege vorhanden sind oder
- besonders schutzbedürftige Verkehrsteilnehmer auftreten.

Darüber hinaus ist gemäß den Bau- und Finanzierungsgrundsätzen die Entflechtung insbesondere dort wichtig, wo hohe Differenzgeschwindigkeiten zwischen Kraftfahrzeug- und Radverkehr auftreten sowie auf Straßen mit hohen Verkehrsstärken und geringen Fahrbahnbreiten.

Hinsichtlich der netzstrukturellen Entwicklung verfolgen die Bau- und Finanzierungsgrundsätze als Zielsetzung nicht zwangsläufig ein geschlossenes Radwegenetz entlang der Bundesstraßen. Vielmehr sind Radwege entlang der Bundesfernstraßen als sinnvolle Netzergänzungen regionaler Netze zu integrieren. Der Bau von Radwegen an Bundesstraßen kann aber auch der Erweiterung vorhandener Radverkehrsnetze – einschließlich sinnvoller Lückenschlüsse – dienen.

Um zu klären, welche Grundsätze bzgl. Bau und Finanzierung von Radverkehrsanlagen von den Straßenbauverwaltungen der Länder für Straßen in ihrer Baulast zu Grund gelegt werden, wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) eine Umfrage bei den zuständigen Landesstraßenbauverwaltungen durchgeführt. Insgesamt haben 10 Flächenländer und 2 Stadtstaaten geantwortet. Die beiden Stadtstaaten (Berlin und Bremen) haben dabei angegeben, dass in ihrer Baulast keine Landstraßen liegen, sodass hier kein Handlungsbedarf besteht.

Die vorliegenden Antworten der 10 Flächenländer zur Umsetzung von Grundsätzen für Radverkehrsanlagen an Straßen in der Baulast der Länder sind nachfolgend zusammengefasst.

In Bayern, Hessen und Thüringen werden die „Grundsätze für Bau und Finanzierung von Radwegen an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes“ analog auch für Straßen in der Baulast des jeweiligen Landes angewendet.

In Brandenburg, Niedersachsen, im Saarland sowie in Sachsen und Schleswig-Holstein gibt es landes-

spezifische Radwegekonzepte, in denen der Bedarf an Radverkehrsanlagen im Zuge von Straßen in der Baulast des jeweiligen Landes ermittelt, bewertet und festgeschrieben ist.³ Dabei werden unterschiedliche Kriterien zugrunde gelegt: In Brandenburg wurde der Bedarf auf Basis einer Nutzen-Kosten-Analyse bestimmt, in Niedersachsen, Sachsen und Schleswig-Holstein beispielsweise anhand einer (jeweils unterschiedlichen) Multikriterienanalyse.

In Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt kommen über die geltenden technischen Regelwerke – genannt werden die ERA (2010) und die RAL (2012) – hinaus keine weiteren Grundsätze für Radverkehrsanlagen an Straßen in ihrer Baulast zur Anwendung.

2.7 Urteile zum Fahrverhalten

In Hinblick auf die Fragestellung, ab wann eine Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr auf Landstraßen erforderlich oder eine gemeinsame Führung auf der Fahrbahn vertretbar ist, ist auch die Rechtsprechung von Interesse.

So haben nach dem Urteil des Oberlandesgerichts Hamm vom 10. November 1992 (Az. 9 U 66/92) Autofahrer beim Überholen von Radfahrern einen Seitenabstand von mindestens 1,5 m einzuhalten; bei Geschwindigkeiten von 90 km/h sogar von 2 m.

Da an Steigungen bei Radfahrern mit größeren Schwankungen zu rechnen ist, ist laut dem Oberlandesgericht Frankfurt/Main mit Urteil vom 30. September 1980 (Az. 2 Ss 478/80) an Steigungen ein Abstand von mindestens 2 m beim Überholen von Radfahrern einzuhalten.

Einen Seitenabstand von 2 m hält auch das Oberlandesgericht Karlsruhe mit Urteil vom 25. November 1988 (Az. 10 U 102/88) für erforderlich, wenn ein Lkw eine Radfahrerin überholt, die ein Kindergartenkind auf dem Fahrrad mit sich führt. Ein Seitenabstand von einem Meter wird als fahrlässig angesehen.

³ Diese Radwegekonzepte werden teilweise unterschiedlich bezeichnet: In Brandenburg ist es z. B. die Radwegebedarfsliste, im Saarland der Radverkehrsplan und in Sachsen die Radverkehrskonzeption.

Entsprechend einem Urteil des Oberlandesgerichts Saarbrücken vom 27. April 1979 (Az. 3 U 186/77) darf ein Radfahrer bei Dunkelheit und Regen auf stark befahrener Straße nicht weiter als 1 m vom rechten Fahrbahnrand fahren.

3 Makroskopische Unfallanalyse

Die makroskopische Unfallanalyse erfolgte auf Grundlage des bundesweiten Unfallgeschehens der Jahre 2008 – 2012. Da die veröffentlichte Straßenverkehrsunfallstatistik keine differenzierten Aussagen zu Unfällen mit Radfahrereteiligung – im Weiteren als Radverkehrsunfälle bezeichnet – auf Landstraßen (alle Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften, ohne Autobahnen) erlaubt, wurde zunächst eine Sonderauswertung durch die BASt durchgeführt. Diese Auswertung ermöglicht die nachfolgende Betrachtung aller Radverkehrsunfälle auf Landstraßen.

Der Entwicklung der Unfallbeteiligung nach Verkehrsmitteln bei Unfällen mit Personenschaden vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2012 auf Landstraßen ist zunächst zu entnehmen, dass im Mittel über die Jahre gut 5 % der Unfallbeteiligten Radfahrer waren. Zudem ist festzustellen, dass die abnehmende Tendenz, die über alle Verkehrsmittel -34 % beträgt, bei der Beteiligung von Radfahrern mit -14 % mit Abstand am geringsten ausfällt (Bild 10).

Die Ursache hierfür kann durchaus im angestiegenen Radverkehrsaufkommen vermutet werden. Betrachtet man die Entwicklung in den Jahren 2008 bis 2012 differenziert nach Straßenklassen, so ist festzustellen, dass 54 % der unfallbeteiligten

Radfahrer auf Kreis- und sonstigen Straßen zu Schaden kamen und auf Bundes- und Landstraßen die verbleibenden 46 %, wobei letztere den größten Rückgang (-9 %) verzeichnen (Bild 11).

Dies – aber auch andere ausgewertete Merkmale, wie z. B. die Unfalltypenstruktur – zeigt, dass es zweckmäßig ist, die weiteren Auswertungen auf die Bundes- und Landesstraßen (mit insgesamt 15.904 Radverkehrsunfällen im 5-Jahres-Zeitraum 2008 – 2012) zu fokussieren, denen die in diesem Forschungsprojekt behandelten Straßen der EKL 3 zuzuordnen sind.

Auffällig ist darüber hinaus der starke Rückgang der Radfahrereteiligung an den betrachteten Unfällen

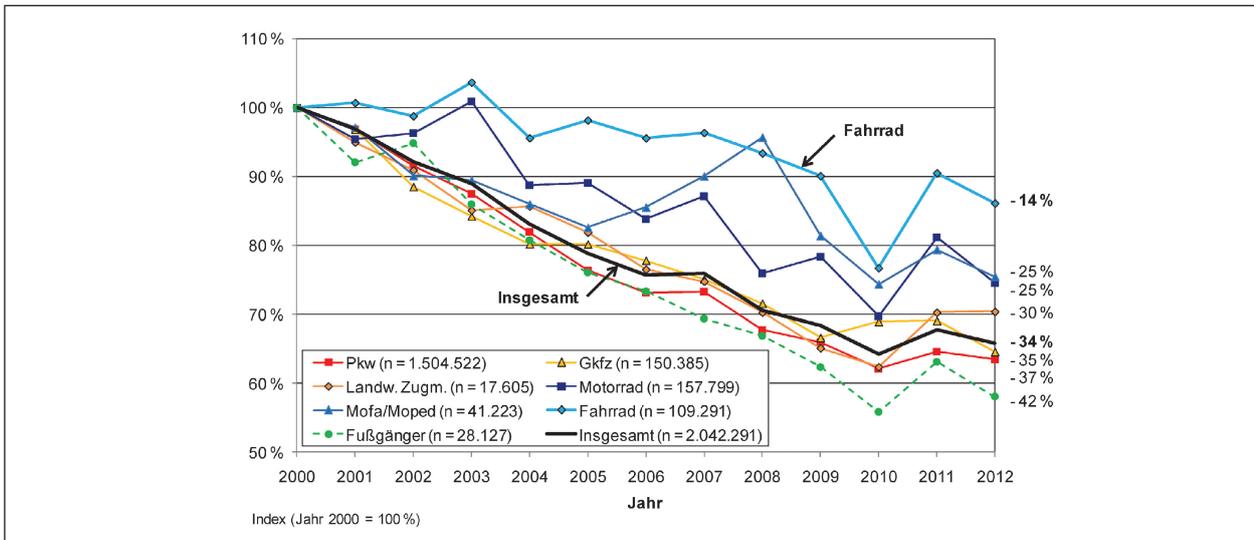


Bild 10: Unfallbeteiligte nach Art der Verkehrsbeteiligung auf Landstraßen (2000 – 2012; U-Kat. 1-3; n = 2.042.291)

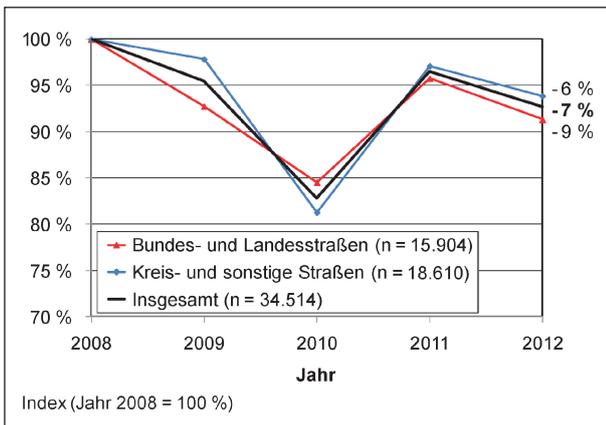


Bild 11: Unfallbeteiligte Radfahrer auf Landstraßen (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 34.514)

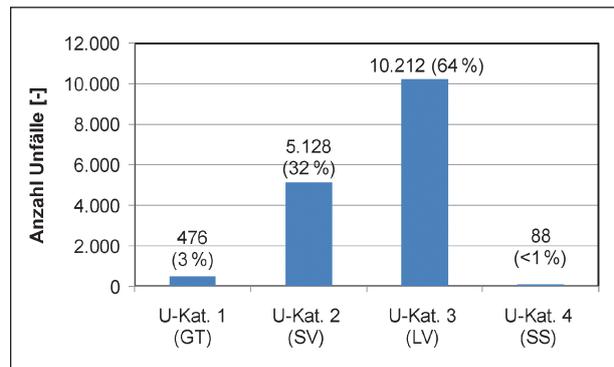


Bild 13: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfalltyp (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

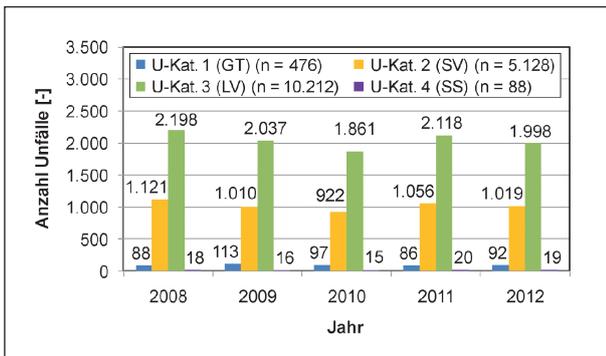


Bild 12: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfallkategorie und zeitlicher Entwicklung (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

im Jahr 2010, was möglicherweise mit der witterungsbedingten geringeren Radnutzung in diesem Jahr zusammenhängt. Im Gesamtunfallgeschehen ist im Jahr 2010 ebenfalls ein Rückgang erkennbar, der aber nicht so ausgeprägt ist.

Der Rückgang im Jahr 2010 zeigt sich vor allem in der Anzahl der Radverkehrsunfälle mit Leicht- und Schwerverletzten, während diese in den Jahren 2008 und 2009 sowie 2011 und 2012 relativ gleichbleibend sind (Bild 12).

Festzustellen ist darüber hinaus, dass der Anteil von Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden (U-Kat. 4) bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen mit unter 1 % verschwindend gering ist (Bild 13).

Im Mittel verunglückten ca. ein Drittel schwer und zwei Drittel leicht. Im Durchschnitt sind 1,03 verunglückte Radfahrer je Unfall zu verzeichnen, d. h. bei den Unfällen mit Personenschaden verunglückt im Wesentlichen nur ein Radfahrer.

Die jahreszeitliche Verteilung der Radverkehrsunfälle auf Bundes- und Landesstraßen weist in den betrachteten fünf Jahren einen ähnlichen Verlauf

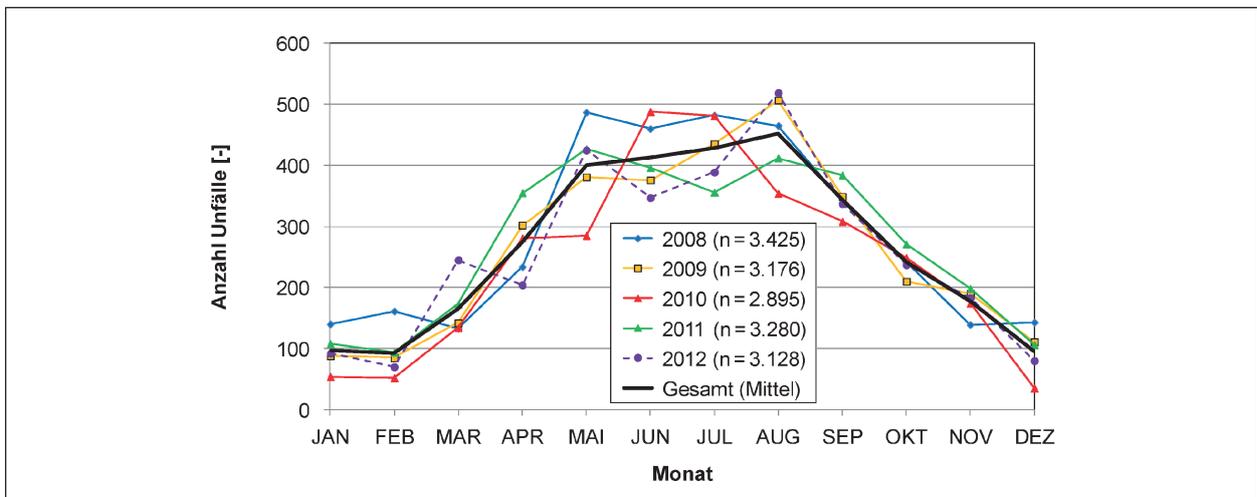


Bild 14: Jahreszeitliche Verteilung der Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

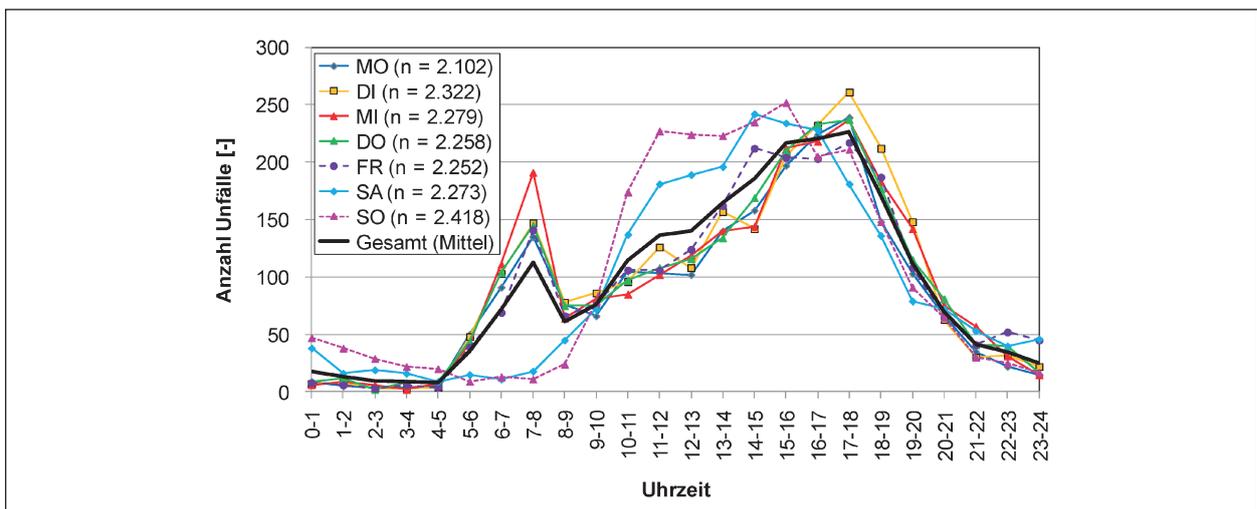


Bild 15: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Uhrzeit und Wochentag (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

auf, bei dem die höchsten Werte in den Monaten Mai bis September auftreten (Bild 14). Dies ist ein Hinweis auf das Aufkommen im Freizeitradverkehr, der in diesen Monaten stark ausgeprägt ist.

Die Bedeutung des Freizeitradverkehrs für das Unfallgeschehen zeigt sich auch in der Verteilung auf die Wochentage und Tageszeiten (Bild 15).

Samstags und sonntags finden bis zum späten Vormittag wenige Radverkehrsunfälle auf Bundes- und Landesstraßen statt, mittags bzw. nachmittags ist dem gegenüber ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen. An den Werktagen Montag bis Freitag ist eine morgendliche Spitze zwischen 6 und 9 Uhr zu erkennen, die auf die Beteiligung von Schüler- bzw. Berufsverkehr hinweist. Die nachmittägliche Spitze zwischen 15 und 19 Uhr ist erkennbar breiter und

höher, was auch auf einen höheren Anteil an Freizeitradverkehr hinweist.

Betrachtet man die Unfalltypenstruktur der Radverkehrsunfälle auf Bundes- und Landesstraßen, so dominieren die Einbiegen/Kreuzen-Unfälle vor den Unfällen im Längsverkehr und den Fahrnfällen (Bild 16).

Die Differenzierung der Unfalltypenstruktur nach Straßenklassen macht deutlich, dass über die Hälfte der Fahrnfälle nicht Bundes- und Landesstraßen sondern Kreis- und sonstigen Straßen zuzuordnen sind. Diese zeigen auch bei den Abbiege-, Einbiegen/Kreuzen- und sonstigen Unfalltypen deutlich andere Ausprägungen als die in diesem Forschungsprojekt behandelten Bundes- und Landesstraßen.

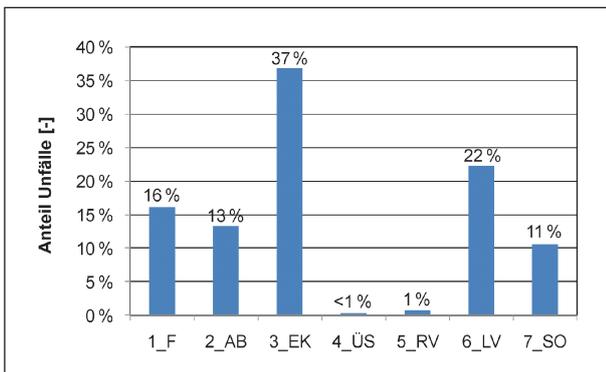


Bild 16: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfalltyp (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

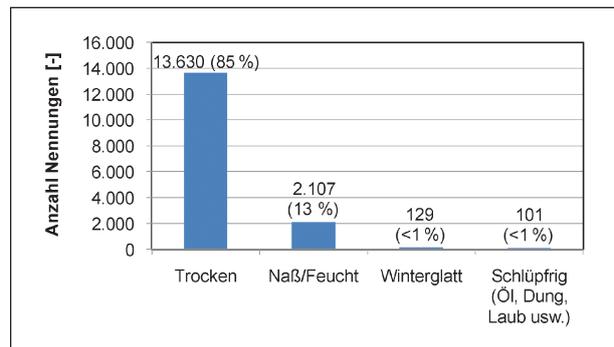


Bild 18: Genannter Straßenzustand bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) mit Mehrfachnennungen (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.967)

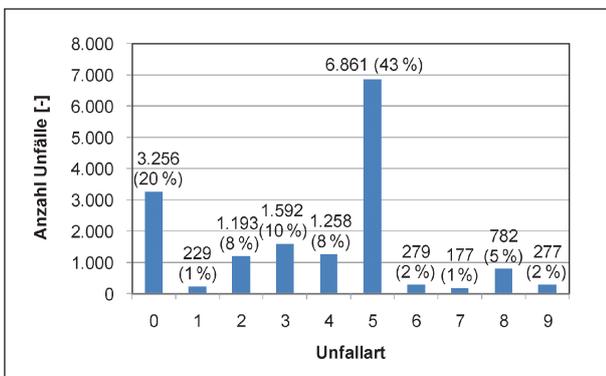


Bild 17: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfallart (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

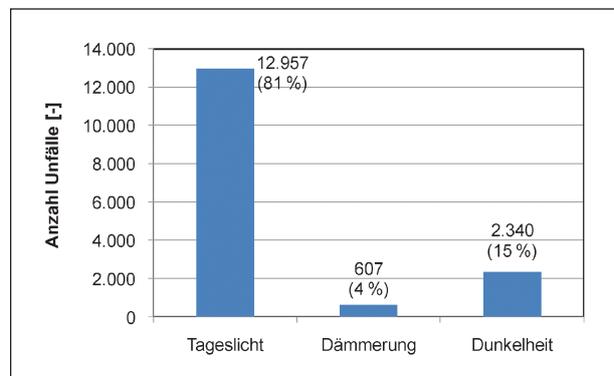


Bild 19: Genannte Lichtverhältnisse bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Die Dominanz des Unfalltyps Einbiegen/Kreuzen spiegelt sich folgerichtig auch im hohen Anteil der Unfallart 5 (Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt) wider (Bild 17).

Die Betrachtung der Unfallumstände der Radverkehrsunfälle auf Bundes- und Landesstraßen zeigt eindeutig, dass die weit überwiegende Zahl der Unfälle bei insgesamt günstigen Witterungsverhältnissen stattfinden: 85 % bei trockener Fahrbahn (Bild 18) und 81 % bei Tageslicht (Bild 19).⁴ Auch dieser Befund korrespondiert mit der großen Bedeutung des Freizeitverkehrs für das Unfallgeschehen.

Angaben zur Charakteristik der Unfallstelle werden nur dann gemacht, wenn der Unfall mit einem entsprechenden Charakteristikum zusammenhängt. In Übereinstimmung mit dem großen Anteil an Abbiege- und Einbiegen/Kreuzen-Unfällen (vergleiche Bild 16) werden bei ca. der Hälfte der Unfälle Angaben zur Knotenpunktform (Kreuzungen, Einmündungen sowie Ein- und Ausfahrten an Grundstücken) als Charakteristik der Unfallstelle gemacht, mit dem höchsten Anteil für Einmündungen

(Bild 20), wobei diese Dominanz auch bei Betrachtung der Unfälle mit schwerem Personenschaden erhalten bleibt.⁵

Für deutlich weniger Unfälle werden Angaben zur Trassierung (Steigung, Gefälle und Kurve) als Charakteristik der Unfallstelle gemacht. Bei den angegebenen Besonderheiten der Trassierung werden bei den Unfällen der Kategorie 1 bis 4 Gefällestrecken dreimal häufiger als Charakteristikum der Unfallstelle genannt als Steigungsstrecken. Die zweitgrößte Bedeutung haben Kurven (Bild 21). Diese Verteilung findet sich auch bei den Unfällen mit schwerem Personenschaden (U-Kat. 1-2) wieder.

⁴ Während bei den Angaben zu den Lichtverhältnissen eindeutige Zuordnungen erfolgen und daher die Anzahl der Nennungen der Anzahl der Unfälle entspricht, sind bei den Angaben zum Straßenzustand in geringem Umfang Mehrfachnennungen möglich, z. B. „Nass/Feucht“ und „Schlüpfrig (Öl, ..., Laub usw.)“.

⁵ Die Knotenpunktform „Kreisverkehr“ wurde bislang nicht als Charakteristikum der Unfallstelle erfasst.

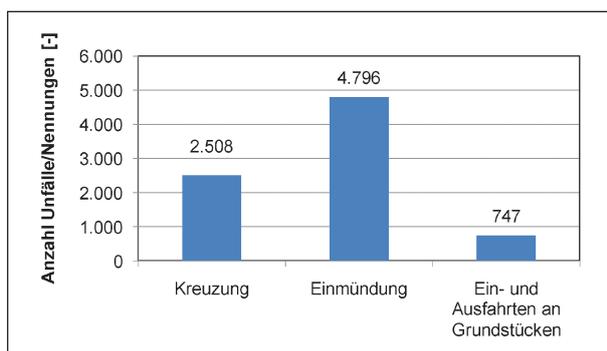


Bild 20: Charakteristik der Unfallstelle nach genannten Knotenpunktformen bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 8.051)

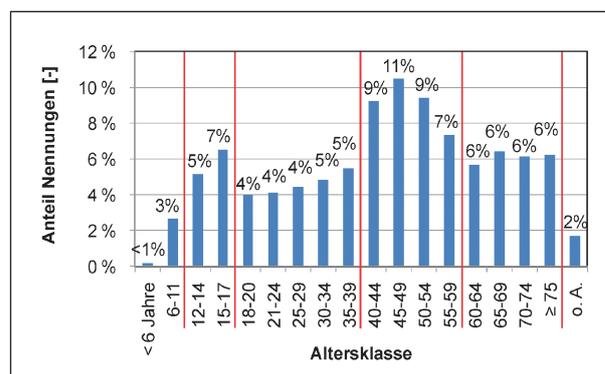


Bild 22: Genannte Altersklassen bei Unfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; 17.786 Nennungen bei 15.904 U)

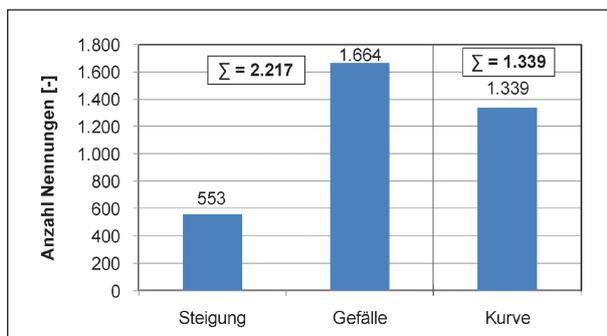


Bild 21: Charakteristik der Unfallstelle nach genannten Trassierungsmerkmalen bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 3.556)

Alleinunfälle	Unfälle mit zwei Beteiligten	Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten	Summe
3.202	11.886	816	15.904

Tab. 4: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) mit Anzahl Beteiligter (U-Kat. 1-4, 2008 – 2012)

An Dreiviertel aller Radverkehrsunfälle auf Bundes- und Landesstraßen sind zwei Verkehrsteilnehmer beteiligt. Im merhin 20 % der polizeilich erfassten Radverkehrsunfälle sind Alleinunfälle und mehr als zwei Verkehrsteilnehmer sind an 5 % der Radverkehrsunfälle beteiligt (Tabelle 4).

Da der Anteil der Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden an allen hier betrachteten Radverkehrsunfällen verschwindend gering ist (vergleiche Bild 12), gilt diese Verteilung nahezu unverändert auch für die Unfälle mit Personenschaden (U-Kat. 1-3).

Die am häufigsten bei den Radverkehrsunfällen auf Bundes- und Landesstraßen genannten Altersklas-

sen betreffen die 40- bis 59-jährigen Radfahrer mit 36 %, gefolgt von den Altersklassen der über 60-jährigen mit 24 % und den Altersklassen der 18- bis 39-jährigen Radfahrern mit 22 %. Schulkinder im Alter von 12 bis 17 Jahren sind mit 12 % am Unfallgeschehen beteiligt (Bild 22).

In dieser Altersverteilung spiegelt sich zum einen die unterschiedliche Fahrradnutzung nach Lebenszyklus allgemein, zum anderen auch die Reisezwecke des Fahrradverkehrs wider.

Unter Einbeziehung der Alleinunfälle sind an 28 % der Radverkehrsunfälle (bei Unfällen mit einem und zwei Beteiligten) auf Bundes- und Landesstraßen nur Radfahrer beteiligt. Allerdings sind bei über der Hälfte (53 %) der Unfälle Pkw die Unfallgegner. Die übrigen Beteiligtenpaare weisen Anteile von deutlich unter 10 % auf (Bild 23).

Blendet man die Alleinunfälle aus, so sind mit 51 % Pkw-Fahrer und mit 37 % Radfahrer als Hauptverursacher genannt.

Da der Straßenverkehrsunfallstatistik keine Angaben über die Form der Radverkehrsführung zu entnehmen sind, wird über die Analyse der Zusammensetzung der Unfallbeteiligten und des zugehörigen Unfalltyps eine Näherungsbetrachtung durchgeführt (Tabelle 5).

Während die Fahr- und Längsverkehrsunfälle mit Beteiligung von Radfahrern untereinander sowie mit Beteiligung von Radfahrern und Fußgängern (etwa 1.200 Unfälle oder 7 %) wahrscheinlich überwiegend auf Radwegen bzw. gemeinsamen Geh- und Radwegen geschehen sind, kann nur vermutet werden, dass sich dort auch die Alleinunfälle zu einem überwiegenden Teil und weniger auf der Fahr-

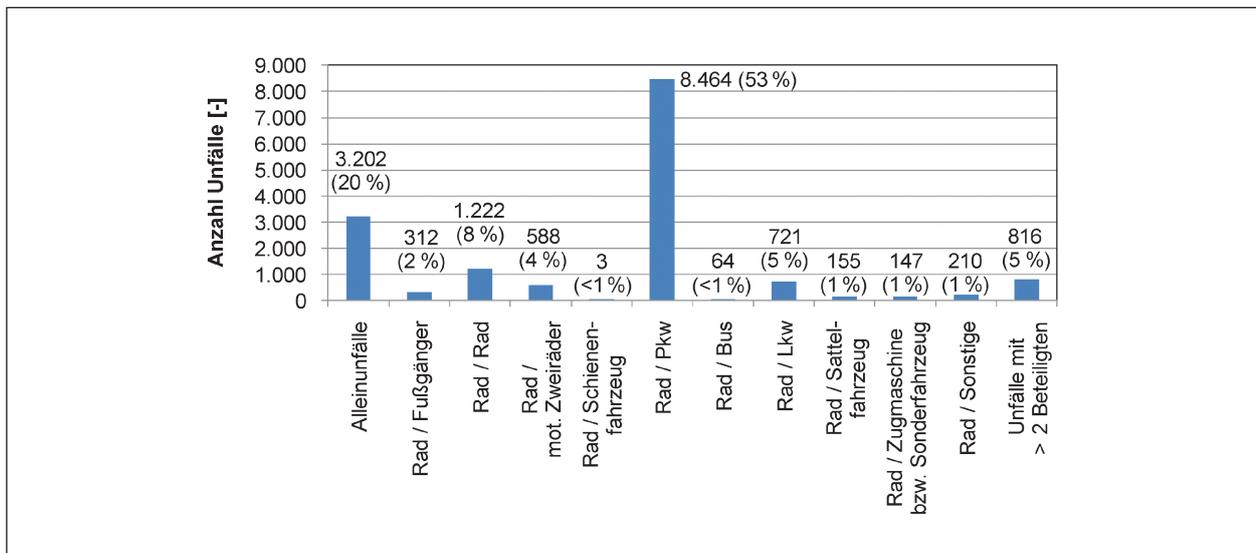


Bild 23: Beteiligtenstruktur bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Unfalltypen \ Beteiligte	Rad (Alleinunfälle)	Rad/Kfz und Rad/sonstige Fahrzeuge	Rad/Rad und Rad/Fußgänger
1 F	2.080	291	118
2 AB	4	1.960	63
3 EK	10	5.573	94
4 ÜS	0	0	40
5 RV	2	102	2
6 LV	50	2.035	1.042
7 SO	1.056	391	175
Summe	3.202	10.352	1.534

Tab. 5: Unfallbeteiligtenpaare nach Unfalltypen bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen, Unfälle mit einem und zwei Beteiligten) (U-Kat. 1-4, 2008 – 2012)

bahn ereignet haben. Ebenfalls liegt die Wahrscheinlichkeit nahe, dass die Fahr- und Längsverkehrsunfälle mit Rad- und Kfz- bzw. sonstige Fahrzeuge-Beteiligung (etwa 2.300 Unfälle oder 14 %) zum überwiegendem Teil der Fahrbahn zuzuordnen sind.

Nur über die Unfallanalyse der Knotenpunkte ist die Frage zu beantworten, ob die rund 7.500 Abbiege- und Einbiege/Kreuzen-Unfälle (etwa 50 % aller Unfälle) an Knotenpunkten mit Radverkehrsführung auf der Fahrbahn oder im Zuge von Radwegen geschehen sind.

Die mit Abstand meisten Radverkehrsunfälle auf Bundes- und Landesstraßen geschehen in Nordrhein-Westfalen, gefolgt von Bayern, Niedersach-

sen und Baden-Württemberg, insgesamt gut zwei Drittel aller Unfälle. Das verbleibende Drittel verteilt sich auf die übrigen 12 Bundesländer (Bild 24).

Die geeignete Kenngröße diese Absolutzahlen vergleichend zu bewerten wäre die Unfallrate bezogen auf die Fahrleistung im Radverkehr je Bundesland, über die aber keine Angaben verfügbar sind.

Die ersatzweise herangezogene Kenngröße „Unfalldichte“ berücksichtigt die Netzlängen der Bundes- und Landesstraßen je Bundesland. Auch hier entfallen auf die Länder Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen – gemeinsam mit dem Saarland, das allerdings die mit Abstand geringste Netzlänge unter den Flächenländern aufweist – die höchsten Werte (Bild 25).

Die Kenngröße, die das Radverkehrsaufkommen am ehesten implizit berücksichtigt, scheint die Unfallbelastung je 100.000 Einwohner zu sein.

Danach ergibt sich eine andere als die zuvor aufgezeigte Reihung, wobei die Länder Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein zu Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern aufschließen, was mit dem dortigen – zahlenmäßig nicht erfassten – Radverkehrsaufkommen im Fremdenverkehr begründet sein kann (Bild 26).

Die wesentlichen Erkenntnisse der durchgeführten Analyse des bundesweiten Unfallgeschehens mit Radfahrern der Kategorien 1-4 auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) der Jahre 2008 – 2012 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

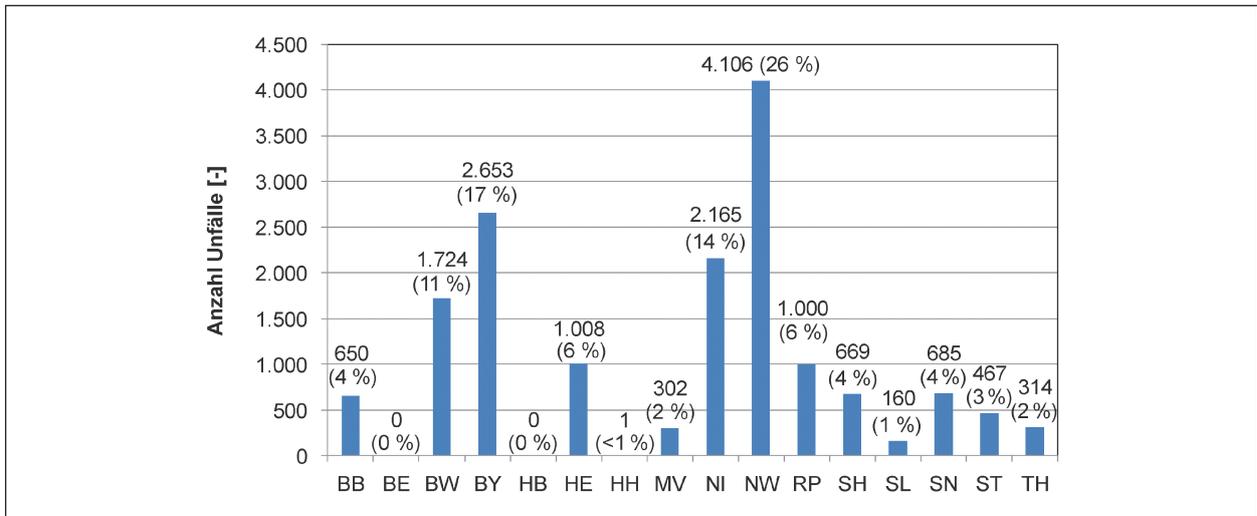


Bild 24: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Bundesländern (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

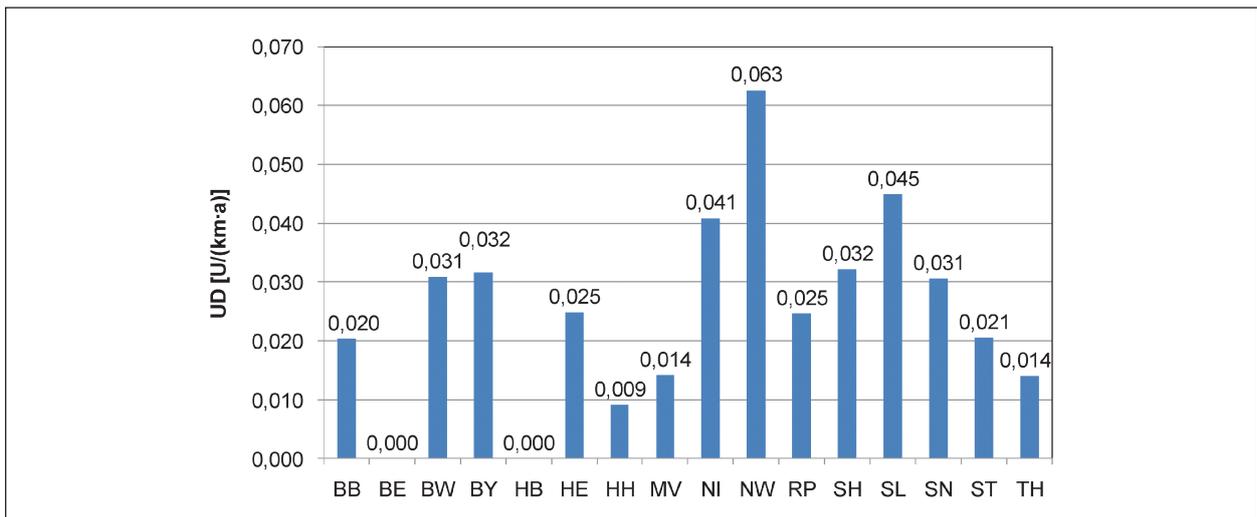


Bild 25: Unfalldichte auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Bundesländern (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

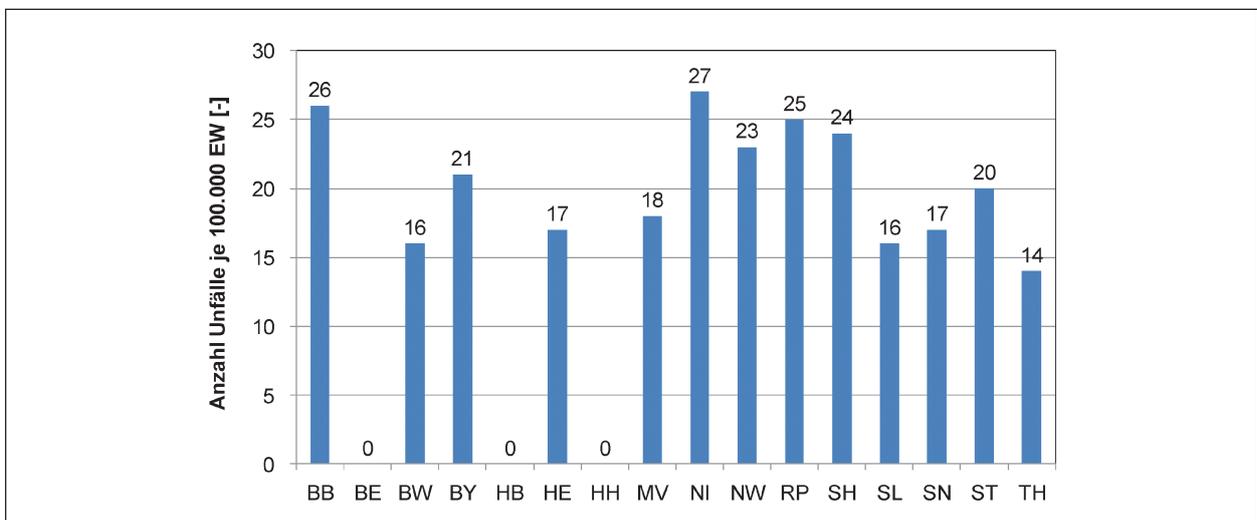


Bild 26: Unfallbelastung (Radverkehrsunfälle) auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) je 100.000 Einwohner nach Bundesländern (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

- Der Rückgang der Unfallbeteiligten Radfahrer ist deutlich geringer als der Rückgang der Unfallbeteiligten anderer Verkehrsmittel, was durchaus auf das angestiegene Radverkehrsaufkommen zurückgeführt werden kann.
- Etwa 64 % der Radverkehrsunfälle sind Unfälle mit Leichtverletzten, 32 % sind Unfälle mit Schwerverletzten und 3 % Unfälle mit Getöteten; der Anteil von Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden i. e. S. ist mit weniger als 1 % verschwindend gering.
- Während die Radverkehrsunfälle mit Leicht- und Schwerverletzten jeweils um etwa 9 % zurückgegangen sind, bleibt die Anzahl der Unfälle mit Getöteten weitgehend konstant.
- Die jahreszeitliche Verteilung der Radverkehrsunfälle sowie die Verteilung auf die Wochentage und Uhrzeiten verdeutlicht die Bedeutung des Freizeitradverkehrs im Hinblick auf das Unfallgeschehen auf Landstraßen.
- Die überwiegende Zahl der Unfälle passiert bei günstigen Witterungsverhältnissen (85 % bei trockener Fahrbahn und 81 % bei Tageslicht), was ebenfalls die Bedeutung des Freizeitradverkehrs auf das Unfallgeschehen verdeutlicht.
- Etwa die Hälfte der Radverkehrsunfälle passieren an Knotenpunkten (bezogen auf alle Unfälle sind 37 % Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle und 13 % Abbiegeunfälle).
- Auf Gefällestrecken passieren dreimal so viele Unfälle wie an Steigungen; auch Kurven sind im Hinblick auf das Unfallgeschehen bedeutsam.
- Etwa 20 % der Radverkehrsunfälle sind Alleinunfälle, 75 % sind Unfälle mit zwei Beteiligten und 5 % sogar Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten.
- Bei 53 % aller Radverkehrsunfälle sind Pkw als Unfallgegner beteiligt.
- Etwa 36% der beteiligten Radfahrer sind zwischen 40 und 59 Jahre alt, 24% über 60 Jahre, 22 % zwischen 18 und 39 Jahre; Kinder und Jugendliche bis 17 Jahre sind mit 15 % am Unfallgeschehen beteiligt.

4 Auswahl geeigneter Untersuchungsstrecken und -knotenpunkte

Bei der Auswahl geeigneter Untersuchungsstrecken und -knotenpunkte standen für die nachfolgenden empirischen Untersuchungen und mikroskopischen Unfallanalysen

- zweistreifige Landstraßen (Bundes- und Landes-/Staatsstraßen) mit Radverkehrsführung auf der Fahrbahn sowie
- Einmündungen oder Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage mit unterschiedlichen Radverkehrsführungen (auf der Fahrbahn, nicht abgesetzt mit Furt, abgesetzt mit Furt und abgesetzt mit Wartepflicht)⁶

im Fokus.

4.1 Recherche geeigneter Fallbeispiele

In einem ersten Schritt wurde eine Recherche nach geeigneten Fallbeispielen durchgeführt. Hierbei wurde eine 3-Wege-Strategie angewendet. Neben einer Länderbefragung über persönlich bekannte Ansprechpartner in den zuständigen Ministerien und Straßenbauverwaltungen erfolgte eine Internetrecherche zu Radwegebauprogrammen/-bedarfslisten der Länder und als dritter Baustein wurden elektronische Unfalltypenkarten (UTK) in Hinblick auf das Unfallgeschehen im Radverkehr ausgewertet.

Über die Länderbefragung erfolgte eine gezielte Abfrage nach zweistreifigen Landstraßen, an denen im Zuge von Radrouten bereits ein Teilausbau in Form von fahrbahnbegleitenden Radwegen erfolgt

⁶ Ursprünglich sollten die Untersuchungen an Knotenpunkten an Landstraßen ohne Beschränkung auf bestimmte Knotenpunktarten durchgeführt werden. Neben Einmündungen oder Kreuzungen mit und ohne Lichtsignalanlage bzw. Kreisverkehr sollte hinsichtlich der vorfahrtrechtlichen Regelung des auf einem fahrbahnbegleitenden Geh- und Radweg geführten Radverkehrs unterschieden werden (siehe hierzu auch Kapitel 4.2.2).

ist. Bei solchen Straßen ist davon auszugehen, dass eine gewisse Nachfrage im Radverkehr vorhanden ist oder die Trennung des Radverkehrs vom Kfz-Verkehr aufgrund des Unfallgeschehens mit Radfahrerbeteiligung erfolgt. Darüber hinaus wurden aber auch Strecken angefragt, die aus Sicht des Unfallgeschehens im Radverkehr, des Radverkehrsaufkommens, der Verkehrsstärke im Kfz-Verkehr oder aufgrund der Streckencharakteristik interessant erscheinen.

Die Internetrecherche erfolgte hinsichtlich veröffentlichter Radwegeausbauplanungen, Bauprogrammen und Bedarfslisten der Länder für Radwege an bestehenden Landstraßen. Derartige Listen liegen unter anderem in den Ländern Brandenburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen vor, wobei der Stand und Umfang zum Teil sehr unterschiedlich ist. Einerseits war dieses Vorgehen gut geeignet, da die veröffentlichten Listen neben einer Priorisierung von Maßnahmen auch teilweise Angaben für den Grund (z. B. Lückenschluss oder ungünstige Topografie), aber auch Angaben zur Streckenlänge und zur Verkehrsstärke (DTV) enthalten. Andererseits war mit diesem Vorgehen ein großer Aufwand verbunden, weil die Listen für Bundes- und Landes-/Staatsstraßen überwiegend nicht nach der Ortslage differenziert sind – es geht also nicht unbedingt hervor, ob es sich um eine außer- oder innerörtliche Maßnahme handelt. Die Eignung der Strecken (z. B. hinsichtlich Lage und Querschnitt) musste deshalb zunächst über Luftbilder recherchiert werden.

Über die Auswertung von elektronischen Unfalltypenkarten (mit georeferenzierten Unfällen), die unter anderem für die Bundesländer

- Baden-Württemberg (2007 – 2011),
- Hessen (2006 – 2011),
- Sachsen (2006 – 2011),
- Sachsen-Anhalt (2006 – 2011) und
- Thüringen (2008 – 2010)

vorliegen, erfolgte eine Recherche unfallauffälliger Strecken und Knotenpunkte für die späteren Unfallanalysen. Die Recherche von unfallunauffälligen Strecken und Knotenpunkten (z. B. für einen Vergleich zwischen diesen beiden Kollektiven) hat sich

als nicht zielführend herausgestellt, da außerörtliche Radverkehrsunfälle vergleichsweise seltene Ereignisse sind. Dies hat sich bei der Analyse der oben genannten Unfalltypenkarten für Unfälle mit Personenschaden U(P) in den genannten Zeiträumen von drei bis sechs Jahren gezeigt, die mit dem Programm EUSka der PTV AG durchgeführt wurde.⁷

Zusätzlich wurde zu einem späteren Zeitpunkt in der Bearbeitung für das Bundesland Nordrhein-Westfalen seitens des Landesbetriebs Straßenbau NRW eine analoge Auswertung der dort vorliegenden Unfalltypenkarten nach unfallauffälligen Knotenpunkten durchgeführt. So konnte ein in Hinblick auf den Radverkehr bedeutendes Bundesland mit in die Betrachtung einbezogen werden.

Zur Auswahl von unfallauffälligen Strecken und Knotenpunkten ist die Herausarbeitung von Unfallhäufungsstellen bzw. -linien gemäß dem Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko, 2012) aufgrund der dort aufgeführten Grenzwerte und der hier ausschließlich zu untersuchenden Radverkehrsunfälle jedoch nicht zielführend. Deshalb wurden für Strecken und Knotenpunkte mit Radverkehrsunfällen spezifische Grenzwerte festgelegt.

In den Mehr-Jahres-Zeiträumen liegen an außerörtlichen Strecken nur einzelne Unfälle mit Radfahrerbeteiligung vor. Deswegen wurde zur Auswahl von unfallauffälligen Strecken ein Grenzwert von in der Regel drei Radverkehrsunfällen mit Personenschaden in fünf oder mehr Jahren und von zwei Unfällen in drei Jahren in einem Suchraster von etwa 3 km x 3 km festgelegt. Über diese Suche konnten einzelne Strecken identifiziert werden.

Mehr Unfälle haben sich an Knotenpunkten außerhalb von Ortschaften ereignet, aber auch hier nur selten in größerer ($> 1 U(P)/a$) Anzahl. Die Grenzwerte an Knotenpunkten wurden iterativ, zunächst ausgehend von einem Radverkehrsunfall mit Personenschaden pro Jahr in einem Suchraster von 100 m x 100 m, definiert, bis die Suche nach unfall-

⁷ Die Unfalltypenkarten und das Programm EUSka wurden im Rahmen dieses Forschungsprojekts von der Unfallforschung der Versicherer (UDV) im Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) zur Verfügung gestellt.

auffälligen Knotenpunkten eine handhabbare Größenordnung von etwa 15 Knotenpunktnennungen in einem Bundesland ergab.

Da aus den untersuchten Unfalltypenkarten aber nicht hervorgeht, ob es sich um Straßen mit oder ohne fahrbahnbegleitenden Radweg handelt und ob die Strecke vom Querschnitt her geeignet ist (z. B. hinsichtlich Anzahl Richtungsfahrstreifen und vorhandener Seitenstreifen), erfolgte hier, wie bereits bei der Auswertung der Bedarfslisten für Radwege, eine ergänzende Recherche über Luftbilder. Gleiches ist auch für Knotenpunkte dahingehend durchgeführt worden um festzustellen, ob es sich um Knotenpunkte mit oder ohne Lichtsignalanlage handelt. Die Luftbildanalyse hat dabei ergeben, dass die Strecken größtenteils bereits mit einem fahrbahnbegleitenden Radweg ausgestattet und daher für die weiteren Untersuchungen nicht geeignet sind. Bei den Knotenpunkten ist in einigen Fällen eine Lichtsignalanlage vorhanden. Diese Fälle wurden somit ebenfalls nicht weiter untersucht.

Für die so identifizierten Strecken wurden in einem nächsten Schritt die relevanten Infrastruktur- und Verkehrsdaten recherchiert (bei der Länderbefragung erfolgte dies bereits parallel zur Streckenabfrage). Die Verkehrsdaten (wie DTV und SV-Anteil) wurden aus vorliegenden Straßenverkehrszählungen des Bundes und/oder der Länder übernommen. Infrastrukturseitig ist neben der Anzahl der Fahrstreifen (betrachtet werden sollen ausschließlich Strecken zweistreifiger Straßen) und der Radverkehrsführung auf der Fahrbahn, die Fahrbahnbreite relevant. Letztere wurde – soweit möglich – über öffentlich zugängliche Straßendatenbanken der Länder (z. B. die Straßeninformationsdatenbank Nordrhein-Westfalen NWSIB oder das Bayerische Straßeninformationssystem BAYSIS) recherchiert, andernfalls erfolgte eine Abfrage bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder bzw. den die Straßendatenbanken verwaltenden Stellen.

4.2 Vorauswahl nach maßgebenden Parameterkombinationen

Aufbauend auf der vorangegangenen Recherche von Strecken und Knotenpunkten erfolgte eine Vorauswahl von Fallbeispielen nach maßgebenden Parameterkombinationen, um die Auswahl der endgültigen Untersuchungsstecken und -knotenpunkte zielgerichtet zuschärfen zu können.

Hierzu wurden aufbauend auf der Literaturanalyse maßgebende Parameterkombinationen (infrastrukturelle und verkehrliche Randbedingungen) abgeleitet, die einen Einfluss auf das Unfallgeschehen und somit auch auf die später festzulegenden Einsatzkriterien haben können.

4.2.1 Streckenparameter

Für die im Fokus der Untersuchung stehenden zweistreifigen Landstraßen der EKL 3 nach den RAL (2012) mit Radverkehrsführung auf der Fahrbahn wurden vier Kriterien mit weiteren Differenzierungen festgelegt:

- Geländetyp:
flach (< 10 Hm/km)/hügelig (\geq 10 Hm/km),
- Fahrbahnbreite:
6,50 – 7,00 m / > 7,00 – 8,00 m,
- DTV [Kfz/24 h]:
2.500 – 4.000 / 4.000 – 7.000 / 7.000 – 10.000,
- V_{zul} [km/h]: 70/100.

Bei dem Geländetyp wurde eine Unterscheidung zwischen flach und hügelig getroffen. Nach Begutachtung zahlreicher Höhenprofile (z. B. von Google Earth oder dem Radroutenplaner komoot) für Landstraßen in verschiedenen Bundesländern und einem Abgleich über persönlich bekannte Radrouten erscheint ein Grenzwert von 10 Höhenmetern sinnvoll zu sein. Für flache Strecken wurde daher ein Grenzwert von kleiner 10 Höhenmetern je Kilometer und für hügelige Strecken von größer oder gleich 10 Höhenmetern je Kilometer festgelegt.

Der grundsätzliche Ansatz zur Differenzierung des Geländetyps geht auch mit der Topografie des Bundesgebiets einher, welches zu knapp der Hälfte in Tiefland und zum anderen Teil in Mittelgebirge, Alpenvorland und Alpen unterteilt werden kann (Bild 27).

Insbesondere in Hinblick auf das Fahrverhalten erscheint diese Unterscheidung interessant zu sein, da an Steigungen bei Fahrradfahrern mit größeren Schwankungen als in flachen Abschnitten zu rechnen ist. Darüber hinaus nimmt mit zunehmender Steigung aller Voraussicht nach auch die Kurvigkeit der Strecke zu (da die Straßenführung in der Regel an das Gelände angepasst wird), wodurch es auch zu einer Zunahme von Streckenabschnitten mit eingeschränkten Sichtweiten kommen kann.

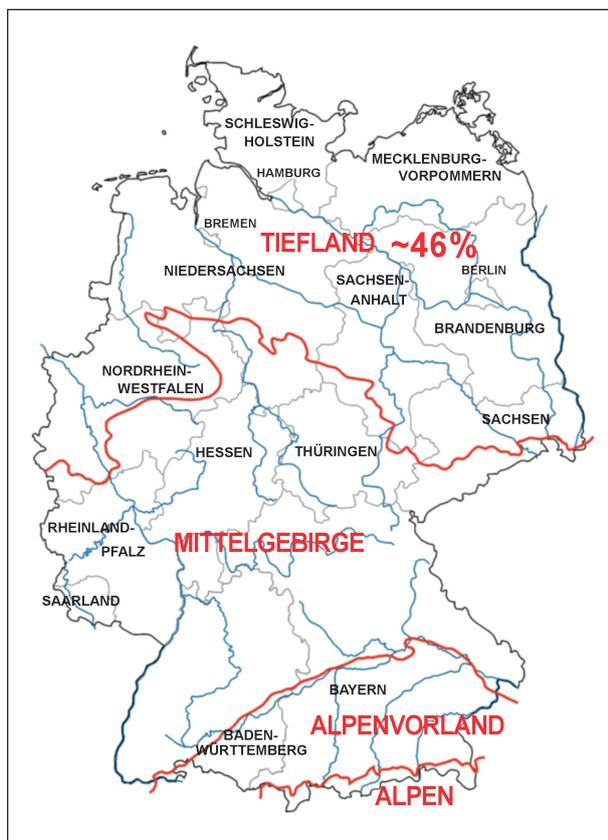


Bild 27: Topografie in der Bundesrepublik

Die Fahrbahnbreite wurde in Klassen von 6,50 m bis 7,00 m und größer 7,00 m bis 8,00 m in Hinblick auf die empirischen Untersuchungen mit möglichst vielen Fallzahlen in den jeweiligen Kategorien zusammengefasst. Fahrbahnen von 8,00 m Breite entsprechen dabei dem RQ 11 der RAL (2012); die geringeren Fahrbahnbreiten können dessen Vorgängerquerschnitten zugeordnet werden (vergleiche Kapitel 2.2). Auch wenn die schmalere Fahrbahnen nicht mehr bei Straßen der EKL 3 angewendet werden sollen, gibt es sie heute noch vielfach ohne fahrbahnbegleitenden Radweg. Fahrbahnbreiten unter 6,50 m werden nicht einbezogen, da keine Empfehlungen für Straßen der EKL 3 mit Fahrbahnbreiten unter 6,50 m gemacht werden sollen.

Welche Auswirkungen die Fahrbahnbreite an Landstraßen auf die Überholvorgänge von Radfahrern durch Kraftfahrzeuge hat, wird sich nach der Auswertung der empirischen Erhebungen zeigen.

Hinsichtlich der Differenzierung der Verkehrsstärke wurde sich auf die Anhaltswerte der RAL (2012) für die Zweckmäßigkeit eines gemeinsamen Geh- und Radwegs an Straßen der EKL 3 (vergleiche Tabelle 1) bezogen.

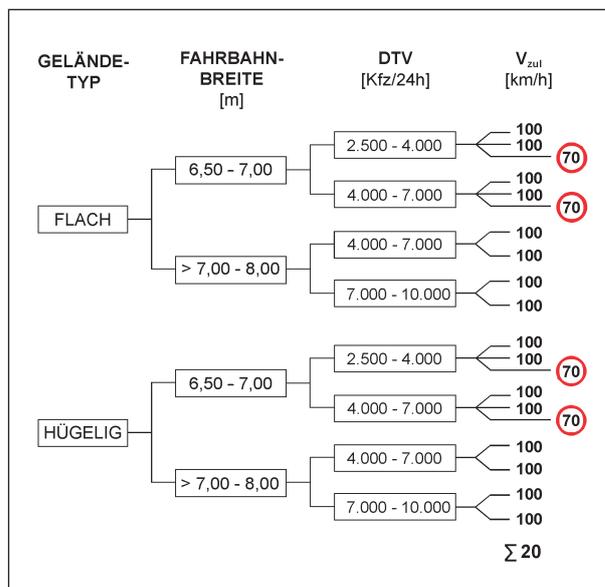


Bild 28: Typisierungsstruktur für die Streckenauswahl

Ähnliches ist auch bei der Unterscheidung nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erfolgt. Hier wurden die Anhaltswerte der ERA (2010) (vergleiche Tabelle 2) mit aufgenommen. Allerdings wird die Einbeziehung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h als schwierig erachtet, da sie auf längeren Strecken in der Praxis selten angeordnet wird. Ersatzweise werden Strecken mit relativ dichter Knotenpunktfolge mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h bzw. weitere Strecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h untersucht.

Verknüpft man die einzelnen Kriterien in Hinblick auf die empirischen Erhebungen miteinander – die an bis zu 20 Strecken durchgeführt werden sollen –, so kann eine Typisierungsstruktur mit mindestens zwei Fallbeispielen je Kategorie gebildet werden (Bild 28).

4.2.2 Knotenpunktparameter

In der Auswahl der Knotenpunkte sollten ursprünglich alle Knotenpunktarten (Einmündungen oder Kreuzungen mit und ohne Lichtsignalanlage bzw. Kreisverkehre) berücksichtigt werden. Lediglich in Hinblick auf die Radverkehrsführung sollte sich auf diejenigen mit fahrbahnbegleitender Radverkehrsführung beschränkt werden.

Anders als dies vorgesehen war, wurde die Auswahl der Knotenpunkte aber auch auf diejenigen mit Radverkehrsführung auf der Fahrbahn ausgeweitet. Im Gegensatz dazu wurde sich hinsichtlich

der Knotenpunktart aber auf Einmündungen oder Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage beschränkt, nicht zuletzt, um gezieltere Aussagen in Hinblick auf die Verkehrssicherheit der unterschiedlichen Führungsformen des Radverkehrs ableiten zu können.

Demzufolge werden Einmündungen und Kreuzungen mit Lichtsignalanlage nicht untersucht. Einerseits können die Lichtsignalprogramme dieser Knotenpunkte in Bezug auf die Signalisierung des Rad- und Kfz-Verkehrs unterschiedlich sein und tageszeitlich wechseln, wodurch differenzierte Unterscheidungen getroffen werden müssten. Die wesentliche Entscheidung für den Ausschluss der Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage ist aber die signalisierte Radverkehrsführung, die vom Grundsatz her als sicherste Führungsmöglichkeit des Radverkehrs an außerörtlichen Knotenpunkten gilt. Darüber hinaus werden Kreisverkehre ebenfalls nicht weiter untersucht, weil es hier im Prinzip nur eine Führungsform des Radverkehrs (abgesetzt mit Wartepflicht) gibt.

Bei den weiter zu untersuchenden Einmündungen oder Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage werden die Radverkehrsführungen

- auf der Fahrbahn,
- nicht abgesetzt mit Furt,
- abgesetzt mit Furt und
- abgesetzt mit Wartepflicht

unterschieden. Hiervon abweichende Sonderformen der Radverkehrsführung werden nicht untersucht, da diese Führungsformen eher Einzelfälle darstellen und nicht dem geltenden Regelwerk entsprechen.

4.3 Ausgewählte Strecken und Knotenpunkte

Insgesamt sollten bis zu 20 Strecken im Zuge von zweistreifigen Landstraßen für die empirischen Untersuchungen festgelegt werden. Die genaue Anzahl war davon abhängig, ob eine Strecke einmal (z. B. an einem Werktag oder an einem Sonn-/Feiertag) oder zweimal (z. B. an einem Werktag und an einem Sonn-/Feiertag) betrachtet werden sollte. Insgesamt vorgesehen waren 20 Messeinheiten. Denkbar war somit die Betrachtung von 20 Stre-

cken oder beispielsweise auch von 15 Strecken, von denen 5 zu zwei unterschiedlichen Zeiträumen betrachtet werden.

Die Festlegung der Strecken erfolgte auf Basis der Typisierungsstruktur (vergleiche Bild 28). Auf die Einbeziehung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wurde aber an dieser Stelle verzichtet, um den Rechercheaufwand bei den Behörden gering zu halten. Zudem wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit als nachrangiges Auswahlkriterium angesehen, da Landstraßen üblicherweise keine Geschwindigkeitsbeschränkungen über längere Abschnitte haben; eine Erfassung erfolgte im Rahmen der empirischen Erhebungen.

Die Auswahl der Strecken erfolgte dabei dahingehend, dass ein möglichst ausgewogenes Spektrum in Hinblick auf die Streckenparameter über alle Klassen abgedeckt wird und auch verschiedene Bundesländer einbezogen werden, um gegebenenfalls unterschiedliche gebietsbezogene Verhaltensmuster der Verkehrsteilnehmer abzudecken.

Nach der Typisierungsstruktur differenziert ergibt sich so die folgende Verteilung der Strecken für die empirischen Erhebungen mit Bezug auf die jeweiligen Merkmale (Tabelle 6).

Es wurden 17 Strecken ausgewählt, an denen insgesamt 20 Messeinheiten durchgeführt wurden (3 Strecken wurden sowohl an einem Sonntag als auch an einem Montag untersucht).

In Hinblick auf aussagekräftige Ergebnisse bei der mikroskopischen Unfallanalyse an Knotenpunkten sollten möglichst viele, also alle bei der Analyse der Unfalltypenkarten infrage kommenden unfallauffälligen Knotenpunkte, herangezogen werden.

Darüber hinaus wurden in Ergänzung zu den unfallauffälligen Knotenpunkten die unmittelbar (ohne zwischenliegende Ortschaften) benachbarten Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (ohne Kreisverkehre) mit einbezogen, um Unterschiede in der Führungsform bzw. im Unfallgeschehen vergleichend analysieren zu können, da diese in Hinblick auf die Zusammensetzung des Radverkehrs vergleichbar erscheinen.

Insgesamt wurden so 61 Knotenpunkte, davon 37 unfallauffällige Knotenpunkte und 24 Nachbarknotenpunkte, für die mikroskopische Unfallanalyse ausgewählt (siehe hierzu auch Kapitel 7.2).

Streckenparameter			ausgewählte Strecken			Streckenprofil			Anzahl Mess- einheiten	
Gelände- typ	Fahrbahn- breite [m]	DTV Kfz/24h]	B-Land/ BSV-ID	Fahrbahn- breite [m]	DTV (SVZ 2010) [Kfz/24h]	Länge (A – B) [km]	Höhenmeter			
							hoch [Hm _h] ↑	runter [Hm _r] ↓		hin + rück [Hm/km]
flach < 10 Hm/km	6,50 – 7,00	2.500 – 4.000	NI 019	6,50	2.600	3,95	10	10	2,5	1
			BB 013	6,80	3.549	3,17	10	20	4,7	1
		> 4.000 – 7.000	BB 028	6,50	4.420	5,58	20	40	5,4	1
			HE 005	6,50	7.808	3,14	0	30	4,8	1
	> 7,00 – 8,00	> 4.000 – 7.000	NI 033	7,50	5.200	3,15	20	0	3,2	1
			NI 018	7,00 – 7,50	6.900	3,80	10	10	2,6	2
			MV 005	7,50	6.966	2,93	10	20	5,1	1
		> 7.000 – 10.000	MV 003	7,50	7.138	4,10	50	10	7,3	1
			ST 004	8,00	9.672	3,44	20	20	5,8	2
hügelig ≥ 10 Hm/km	6,50 – 7,00	2.500 – 4.000	BY 011	6,50	2.984	1,73	0	40	11,6	2
			HE 006	6,50	3.307	3,10	60	60	19,4	1
		> 4.000 – 7.000	NW 026	7,00	4.991	2,42	50	0	10,3	1
			TH 116	6,00 – 7,50	6.579	7,27	120	100	15,1	1
	> 7,00 – 8,00	> 4.000 – 7.000	BY 008	7,50	~ 5.700	2,61	20	40	11,5	1
			TH 073	7,00 – 7,30	5.873	8,21	140	60	12,2	1
		> 7.000 – 10.000	NW 045	7,70	7.901	2,76	0	80	14,5	1
			BY 009	7,50	8.360	1,10	0	30	13,6	1
Summe									20	

Tab. 6: Typisierungsstruktur der ausgewählten Strecken auf Basis der recherchierten Streckenparameter mit Anzahl Messeinheiten für die empirischen Erhebungen

5 Empirische Untersuchungen zum Verkehrsablauf

5.1 Methodik

Die empirischen Untersuchungen an den ausgewählten Strecken (vergleiche Kapitel 4.3) wurden methodisch entsprechend der zu ermittelnden Parameter zum einen über momentane Erhebungen und zum anderen über lokale Erhebungen bzw. Beobachtungen durchgeführt. Auf den Strecken erfolgten in erster Linie momentane Erhebungen, die durch lokale Erhebungen ergänzt wurden.

Die momentanen Erhebungen auf Strecken mit Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn erfolgten durch Fahrten als radfahrender Verkehrsteilnehmer über einen Zeitraum von jeweils vier bis fünf Stunden je Messeinheit. Für die Messfahrten wurde ein Elektrofahrrad der Forschungsstelle mit

entsprechend fest installiertem Messequipment ausgestattet. Der Einsatz eines Elektrofahrrads gewährleistet zum einen Fahrkomfort und -sicherheit für das Messpersonal, zum anderen auch die Möglichkeit unterschiedlicher konstanter Radfahrgeschwindigkeiten (durch Fahrten mit und ohne Unterstützung des Elektroantriebs) (Bild 29).

Die Aufnahme sämtlicher Parameter erfolgte dabei über eine zeitsynchrone GPS-/Video-Aufzeichnung (mit einer DriftBox der Firma LEITSPEED). Das System beinhaltet ein 10 Hz GPS-Datarecording zur Bestimmung der Zeit, der Position auf der Strecke und der Fahrtrichtung, und hieraus der jeweils gefahrenen Geschwindigkeiten, aber auch zur Ermittlung von Streckenprofilen (mit Höhe und Kurvenradien). Mit den integrierten Videokameras (2 Stück) wurde der Umgebungsverkehr während der Fahrt vor und hinter dem Elektrofahrrad aufgenommen (Bild 30 und Bild 31).



Bild 29: Elektrofahrzeug mit fest installiertem Messequipment

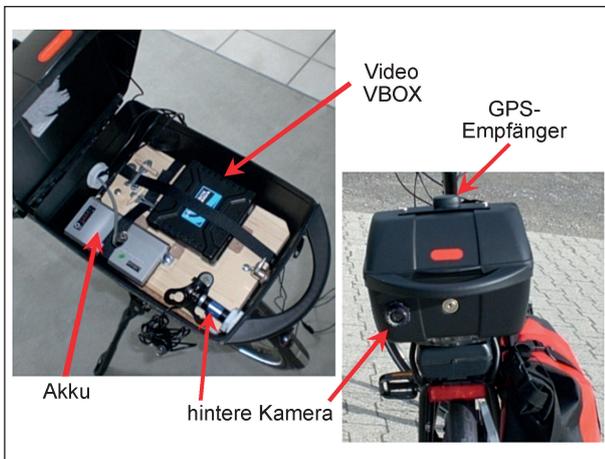


Bild 30: Equipmentbox mit hinterer Kamera

Bei der Auswertung der GPS-Aufzeichnungen in Überlagerung (Overlay) mit den Videoaufnahmen lassen sich Überhol- und Begegnungsvorgänge über den gesamten Messzeitraum nach differenzierten Kenngrößen quantifizieren. Für jede Untersuchungsstrecke kann so unter anderem die Häufigkeit von Überhol- und Begegnungsvorgängen ermittelt werden. Es ist davon auszugehen, dass durch diese Erhebungsmethode über alle vorgesehenen 20 Messeinheiten hinweg insgesamt mehrere Tausend Überholvorgänge von Radfahrern durch Kraftfahrzeuge aufgenommen werden. Eine hohe aufzunehmende Anzahl von Überholvorgängen ist insbesondere vor dem Hintergrund der weiteren Differenzierung und Kategorisierung sowie der Belastbarkeit der späteren Analysen des Gefährdungspotenzials notwendig. Die Überholvorgänge können weitergehend nach Fahrzeugart des Überholenden (z. B. Pkw oder Lkw) und nach Überholungen mit und ohne Gegenverkehr (ebenfalls differenziert nach Fahrzeugart) ausgewertet werden.

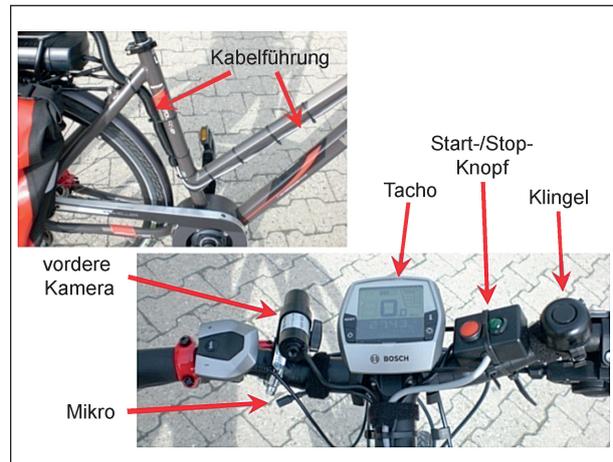


Bild 31: Verkabelung und Lenker mit Bedieneinheit und vorderer Kamera

Über die Implementierung eines geometrischen Rasters mit definierter Maschenweite in das aufgenommene Videobild lassen sich durch die zeitsynchrone Aufnahme der GPS- und Video-Daten weiterhin jeweils Start und Ende eines Überholvorgangs, die Überholdauer und Länge des Überholwegs, die Überholgeschwindigkeit der Kfz, die Radfahrgeschwindigkeit, die Differenzgeschwindigkeit, der seitliche Abstand des Kraftfahrzeugs zum Fahrrad beim Überholen und der Abstand des Fahrrads zum Fahrbahnrand ermitteln.⁸ Sämtliche während eines Überholvorgangs ermittelten verkehrlichen Kenngrößen können durch die GPS-/Video-Daten lokalisiert und plausibilisiert werden. In den weiteren Analysen können diese der entsprechenden Streckencharakteristik (wie Fahrbahnbreite, Steigung und Geschwindigkeitsbeschränkung) zugeordnet und im Zusammenhang mit dieser bewertet werden (Bild 32).

⁸ Mit der verwendeten Messmethode können in den meisten Fällen Überholvorgänge von Kraftfahrzeugen nicht im vollen Umfang von Anfang bis Ende (also z. B. in welchem Abstand der Überholer die Mittelmarkierung beim Aus- und anschließenden Einscheren überfährt) analysiert werden. Dies liegt insbesondere an den hohen gefahrenen Geschwindigkeiten der Überholenden und dem damit schon frühzeitig eingeleiteten Überholvorgang. Aus dem Videobild lassen sich die Zeitpunkte des Aus- und Einscherens zum einen nicht genau erkennen und zum anderen lassen sich die Abstände nur unzureichend über das geometrische Raster, welches für den Nahbereich bis etwa 10 m ausgelegt ist, bestimmen. Deshalb wurden für die Auswertung der Überholvorgänge individuell definierte Start- und Endpunkte im Nahbereich des Pedelecs bestimmt.

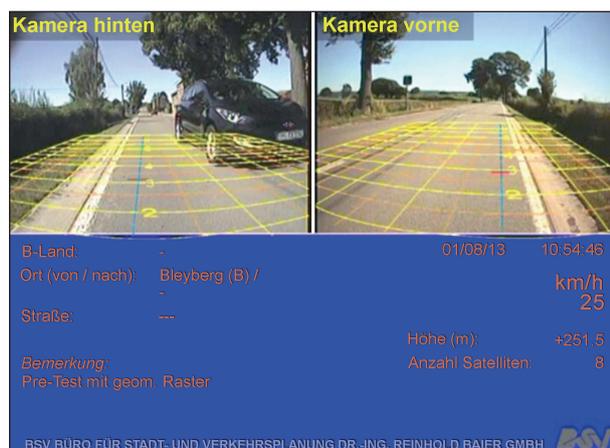


Bild 32: Videobild mit Kameraperspektiven und geometrischem Raster

Neben diesen objektiv ermittelten quantitativen Kenngrößen wurden auch subjektive Einschätzungen des Messpersonals während der Fahrten, insbesondere bei Überholvorgängen, zeitsynchron zu den GPS- und Video-Aufzeichnungen per Mikrofon aufgenommen. So können z. B. dem Messpersonal auffällige oder als kritisch eingeschätzte Situationen gezielt einer vertieften Analyse unterzogen werden.

Die Untersuchungsmethodik (Messanordnung und Auswertung) wurde vor Durchführung der empirischen Untersuchungen in einem Pre-Test im realen Verkehr erprobt. In diesem Zusammenhang erfolgte auch eine entsprechende Verhaltensschulung für das Messpersonal.

Da die Verhaltensweisen des Messpersonals (wie gefahrene Geschwindigkeit, Abstand zum Fahrbahnrand und Verhalten bei Überholvorgängen) individuell bedingt sind und es keine Untersuchungen zu üblichen Fahrpositionen und Verhaltensweisen von Radfahrern auf Landstraßen gibt, wurden die Erhebungen mit mehreren Personen durchgeführt. Hierdurch wird gewährleistet, dass nicht nur Verhaltensweisen eines Einzelnen mit in die Untersuchung einfließen, sondern unterschiedliche Verhaltensweisen mehrerer Personen berücksichtigt werden.

Zur Datenkontrolle und zur Erhebung des allgemeinen Geschwindigkeitsniveaus während einer Messeinheit wurden zusätzlich mittels Seitenradar jeweils lokal an einem repräsentativen Querschnitt der Untersuchungsstrecke die richtungstrennten Verkehrsmengen (differenziert nach Fahrzeugarten) und die Kfz-Geschwindigkeiten aufgenommen und ausgewertet.

Bei den Messfahrten wurden keine personenbezogenen Daten erfasst. Die eingesetzten Fingerkameras am Rad haben nur eine begrenzte Aufnahmequalität, wodurch sich weder Kfz-Kennzeichen ablesen noch Gesichter erkennen lassen.

Neben den durchgeführten Messfahrten wurden im Rahmen der Ortsbegehung Fahrbahnbreiten an ausgewählten Querschnitten aufgemessen, die Beschilderung aufgenommen und der Streckenverlauf fotodokumentiert.

5.2 Pre-Test

Die Untersuchungsmethodik (Messanordnung und Auswertung der Pedelec Messfahrten) wurde im Vorfeld der empirischen Erhebungen im Rahmen eines Pre-Tests hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit untersucht. Hierzu wurden im Mai 2013 erste Testfahrten durchgeführt und ausgewertet. Auf dieser Basis sind anschließend noch Optimierungen hinsichtlich Kamerabefestigung und Verfeinerung des geometrischen Rasters im Nahbereich erfolgt.

Im August 2013 fand dann der eigentliche Pre-Test statt. Hierbei wurden insgesamt 100 Überholvorgänge auf Landstraßen mit unterschiedlichen Streckencharakteristika aufgezeichnet. Es wurden zu etwa gleicher Anzahl Überholvorgänge

- auf gradlinigen Streckenabschnitten in der Ebene,
- auf gradlinigen und deutlich ansteigenden Streckenabschnitten,
- auf kurvigen und deutlich ansteigenden Streckenabschnitten sowie
- auf kurvigen Gefällestrecken

durchgeführt. Um die Qualität der Ergebnisse der späteren Auswertung beurteilen zu können (insbesondere was die Geschwindigkeit des überholenden Fahrzeugs betrifft), erfolgten die Überholvorgänge mit einem Pkw, der ebenfalls (wie das Pedelec) mit einem GPS Logger ausgestattet war.

Die Vergleichbarkeit beider Systeme (GPS Logger der DriftBox am Pedelec gegenüber dem GPS Columbus V-900 Data Logger im Pkw) wurde mit einer separaten Messfahrt geprüft. Hierbei wurden beide GPS-Systeme zur gleichen Zeit in einem Pkw mitgeführt und unter verschiedenen gefahrenen

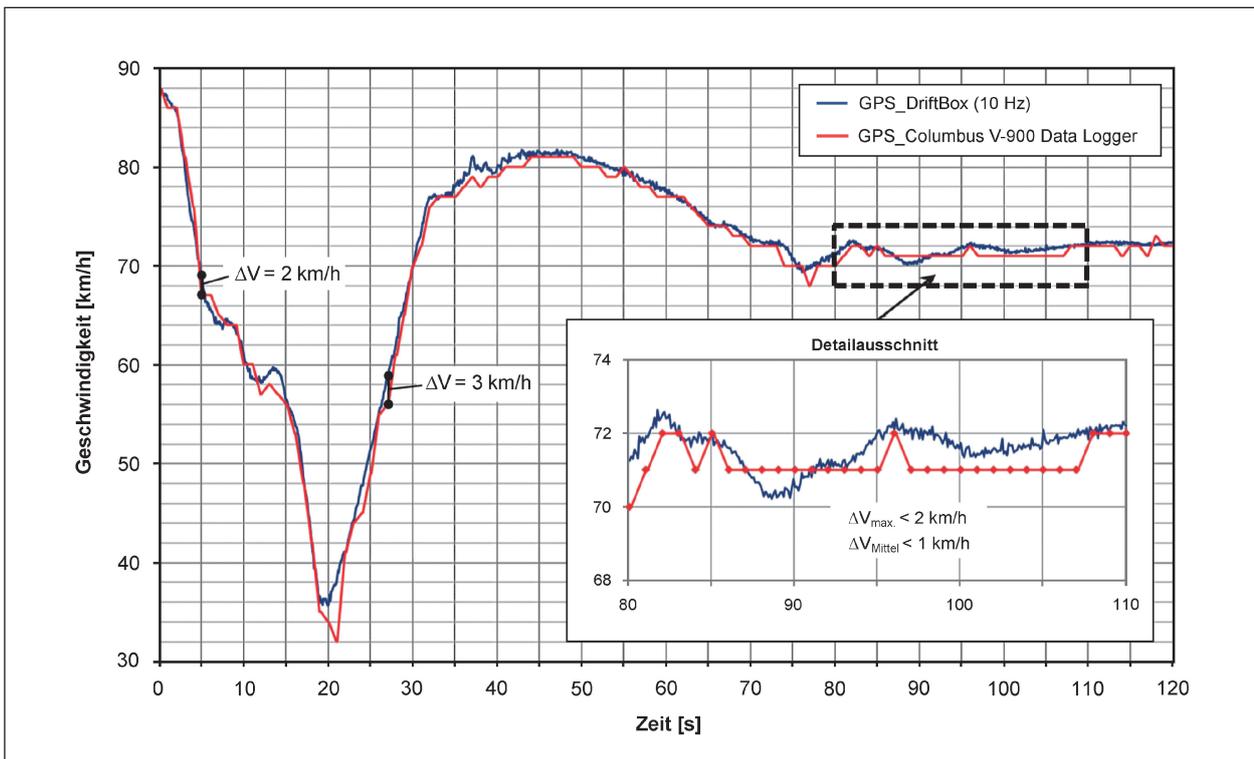


Bild 33: Vergleich der gemessenen Geschwindigkeiten von DriftBox und Columbus V-900 Data Logger

Geschwindigkeiten und Fahrverhaltenszuständen (verzögern und beschleunigen) getestet. Im Ergebnis ist in Bild 33 zu erkennen, dass beide Systeme generell miteinander vergleichbar sind. Es werden zur gleichen Zeit nahezu gleiche Geschwindigkeiten erfasst. Lediglich beim Verzögern überschätzt und beim Beschleunigen unterschätzt der Columbus Data Logger zeitweise die aufgenommene Geschwindigkeit der DriftBox. Dies ist aber in erster Linie auf die Aufzeichnungsrate und die -genauigkeit der Daten zurückzuführen, die bei der DriftBox höher ist als beim Columbus Data Logger. Aus diesem Grund wurden die Überholvorgänge des Pkw mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit durchgeführt.

Hinsichtlich weiterer möglicher Fehlereinflüsse ist zu erwähnen, dass das Pedelec – wie mittlerweile nahezu jedes höherwertige Fahrrad – über eine Federgabel verfügt. Je nach Gewicht des Radfahrers ist die Federgabel dabei mehr oder weniger eingedrückt; sie hat somit auch einen Einfluss auf die am Fahrrad angebrachten Kameras und das geometrische Raster. Sinkt das Fahrrad vorne ein, werden über das hintere Raster kürzere und über das vordere Raster längere Distanzen gegenüber den realen Entfernungen ermittelt. Bei einem Gewichtsunterschied des Radfahrers von 40 kg (Radfahrer mit 100 kg gegenüber Radfahrer mit 60 kg) sinkt die

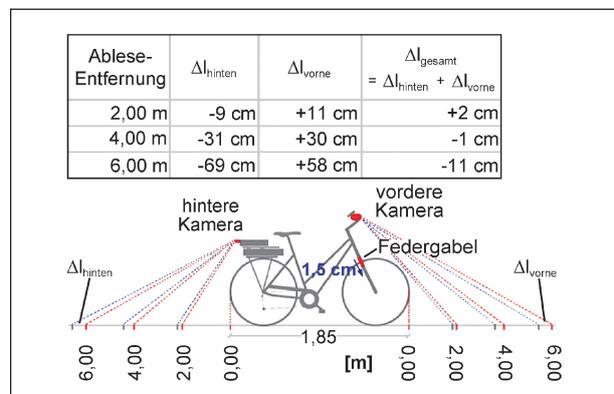


Bild 34: Ablesefehler beim Einsinken der Federgabel um 1,5 cm

Federgabel um 1,5 cm ein. Um die hieraus resultierenden Ablesefehler in der Entfernung der Kraftfahrzeuge zu minimieren, sollten je Überholvorgang entfernungsmaßig in etwa gleiche Fahrzeugabstände in beiden Rastern (hinten und vorne) gewählt werden. Hierdurch wird der Fehler auf den Überholweg des Kraftfahrzeugs auf wenige Zentimeter reduziert (Bild 34).

Durch die Tretbewegung an Steigungen kann zudem ein Wippen entstehen. Diesem Einfluss auf die Federgabel wird mit Zuschaltung bzw. Erhöhung der elektrischen Tretkraftunterstützung entgegengewirkt.

Darüber hinaus kann es einen Fehler durch eine seitliche Kippbewegung des Fahrrads während der Fahrt beim Treten oder auch durch Fahren von Schlangenlinien an Steigungen geben. Dieser Fehlereinfluss kann aber ohne aufwendige Analysen nicht genau spezifiziert werden. In Hinblick auf die Ergebnisse des Pre-Tests, die gute Übereinstimmungen der berechneten mit den gemessenen Pkw-Geschwindigkeiten aufweisen, ist der Fehler aber vertretbar.

Die Auswertung der erhobenen Überholvorgänge des Pre-Tests erfolgte in Hinblick auf die Vielzahl der zu analysierenden Überholvorgänge der empirischen Erhebungen mit einer speziell dafür entwickelten Software, die eine teilautomatische Datenerfassung erlaubt. Hierzu wurde das geometrische Raster digitalisiert und mit dem aufgezeichneten Videobild und dem GPS-Datensatz verknüpft. Mithilfe des entwickelten Programms können nun Abstände eines überholenden Kraftfahrzeugs über das digitalisierte Raster per Mausklick definiert werden. Als Bezugspunkt wurde hierfür der Berührungspunkt des rechten Vorderreifens des Kraftfahrzeugs mit der Fahrbahn festgelegt, über den sich die erforderlichen Seitenabstände (beispielsweise zum Fahrrad) und Strecken (Überholweg des Kraftfahrzeugs) bestimmen lassen. Darüber hinaus können über Auswahlfelder weitere Informationen (wie Kraftfahrzeugart des Überholenden und eventueller Gegenverkehr) vermerkt werden. Diese Informationen werden mit Daten aus dem GPS-Datensatz (wie geografische Koordinate und Uhrzeit) verknüpft und automatisiert exportiert (Bild 35).



Bild 35: Auswerte-Bildschirm der vorderen Kamera mit festgelegten Punkten für den rechten Vorderreifen (rotes Kreuz) und den Abstand zum Fahrbahnrand (gelbes Kreuz)

Im Ergebnis zeigt die Auswertung der 100 Überholvorgänge, dass die gewählte Messmethode insgesamt als zielführend anzusehen ist. Die ermittelte Regressionsgerade der gemessenen und berechneten Geschwindigkeiten des überholenden Pkw zeigt eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Die mittlere Abweichung liegt bei rund 3 km/h und die maximale Abweichung bei rund 12 km/h (Bild 36).

Die Geschwindigkeit des überholenden Kraftfahrzeugs lässt sich dabei nach Bild 37 und Gleichung 1 zu:

$$V_{\dot{U},Kfz} = \frac{l_{hi} + l_{Rad} + s_{Rad} + l_{vo}}{t_{\dot{U}}} \cdot 3,6 \text{ [km/h]} \quad \text{Gl. 1}$$

mit

$V_{\dot{U},Kfz}$ Überholgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs [km/h]

l_{hi} Abstand des Kraftfahrzeugs (des rechten Vorderreifens) hinter dem Fahrrad [m]

l_{Rad} Länge des Fahrrads = 1,85 m

s_{Rad} zurückgelegte Strecke des Fahrrads während des Überholvorgangs [m]

l_{vo} Abstand des Kraftfahrzeugs (des rechten Vorderreifens) vor dem Fahrrad [m]

$t_{\dot{U}}$ Überholdauer des Kraftfahrzeugs [s]

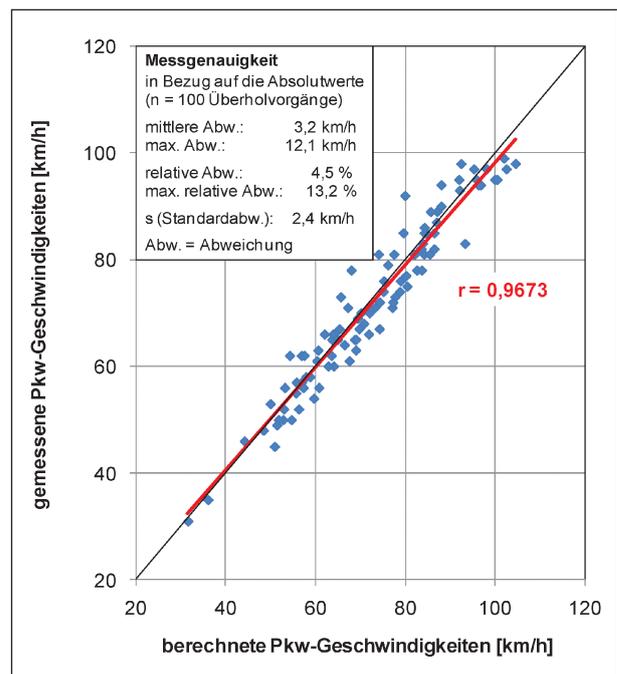


Bild 36: Vergleich der gemessenen und berechneten Geschwindigkeiten des überholenden Pkw

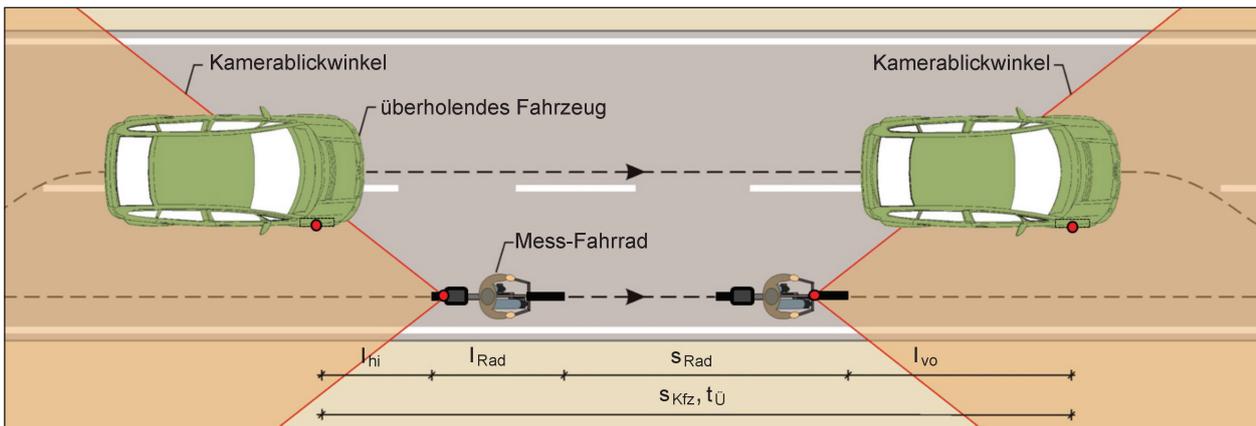


Bild 37: Definition des Überholwegs

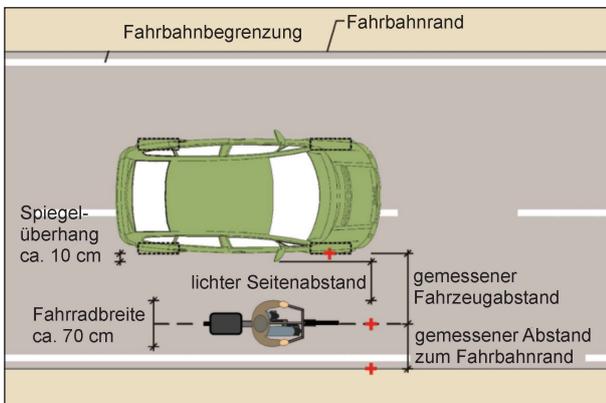


Bild 38: Definition der Seitenabstände im Überholvorgang

und die Geschwindigkeit des Fahrrads nach Bild 37 und Gleichung 2 zu:

$$V_{Rad,Ü} = \frac{s_{Rad}}{t_{Ü}} \cdot 3,6 \text{ [km/h]} \quad \text{Gl. 2}$$

mit

$V_{Rad,Ü}$ Geschwindigkeit des Fahrrads während des Überholvorgangs [km/h]

s_{Rad} zurückgelegte Strecke des Fahrrads während des Überholvorgangs [m]

$t_{Ü}$ Überholdauer des Kraftfahrzeugs [s]

bestimmen.

Der mittlere Seitenabstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand ergibt sich aus Bild 38 und Gleichung 3 zu:

$$b_{M,Rad-Fbrand} = \frac{b_{Rad-Fbrand,hi} + b_{Rad-Fbrand,vo}}{2} \text{ [m]} \quad \text{Gl. 3}$$

mit

$b_{M,Rad-Fbrand}$ mittlerer Abstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand während des Überholvorgangs [m]

$b_{Rad-Fbrand,hi}$ Abstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand, hinten [m]

$b_{Rad-Fbrand,vo}$ Abstand des Fahrrads vom Fahrbahnrand, vorne [m]

und der mittlere lichte Seitenabstand zwischen Fahrrad und überholenden Kraftfahrzeug nach Bild 38 und Gleichung 4 zu:

$$b_{M,li,Rad-Kfz} = \frac{b_{Rad-Kfz,hi} + b_{Rad-Kfz,vo}}{2} - \frac{b_{Rad}}{2} \quad \text{Gl. 4}$$

- $b_{s-überh}$ [m]

mit

$b_{M,li,Rad-Kfz}$ mittlerer lichter Seitenabstand des Fahrrads vom Kraftfahrzeug während des Überholvorgangs [m]

$b_{Rad-Kfz,hi}$ gemessener Seitenabstand des Fahrrads vom Kraftfahrzeug, hinten [m]

$b_{Rad-Kfz,vo}$ gemessener Seitenabstand des Fahrrads vom Kraftfahrzeug, vorne [m]

b_{Rad} Breite des Fahrrads = 0,70 m

$b_{s-überh}$ Überhang des Spiegels am Kraftfahrzeug gegenüber dem „Messpunkt“ am Reifen = 0,10 m

5.3 Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung und Analyse der empirisch gewonnenen Daten zum Verkehrsablauf konzentriert sich auf die detaillierte Betrachtung der Überholvorgänge, die Unfalluntersuchung auf den Strecken und an den Knotenpunkten erfolgte auf Grundlage der bei den Polizeidienststellen vorliegenden Unfalldaten.

5.3.1 Definition von Überholvorgängen

Die Auswertungen der Messfahrten auf den Streckenabschnitten erfolgten auf Basis festgelegter Auswerteschemata.

Bei den vom Rad aus aufgezeichneten Überholvorgängen wurden in Hinblick auf den Gegenverkehr folgende Fallunterscheidungen getroffen (siehe hierzu auch Bild 39):

- Fall 1: Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, bei dem auf längere Sicht kein Gegenverkehr vorhanden ist. → Überholvorgang ohne Gegenverkehr
- Fall 2: Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, bei dem der Gegenverkehr den Überholenden, aufgrund seiner Entfernung, gering in seinem Verhalten (hinsichtlich Geschwindigkeit, Seitenabstand zum Fahrrad, Fahrlinie) beeinflusst. → Überholvorgang mit geringer Beeinflussung
- Fall 3: Vorgesehener Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, der zunächst aufgrund des Gegenverkehrs nicht durchgeführt bzw. abgebrochen wurde. Dieser Fall trifft zu, wenn der Überholende sein Verhalten stark anpassen muss (z. B. durch eine Geschwindigkeitsänderung, um den Gegenverkehr passieren zu lassen. → Kein Überholvorgang bei Gegenverkehr
- Fall 4: Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, bei dem auf Höhe des Fahrrads Gegenverkehr vorhanden ist (drei Fahrzeuge nebeneinander im Querschnitt). → Überholvorgang bei Gegenverkehr
- Fall 5: Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, bei dem unmittelbar vor oder nach dem Überholen des Fahrrads Gegenverkehr vorhanden ist, der Überholende sein seitliches Abstandsverhalten aber bereits im Vorfeld hierauf ausgerichtet hat und während des Überholvorgangs beibehält. → Überholvorgang bei Gegenverkehr

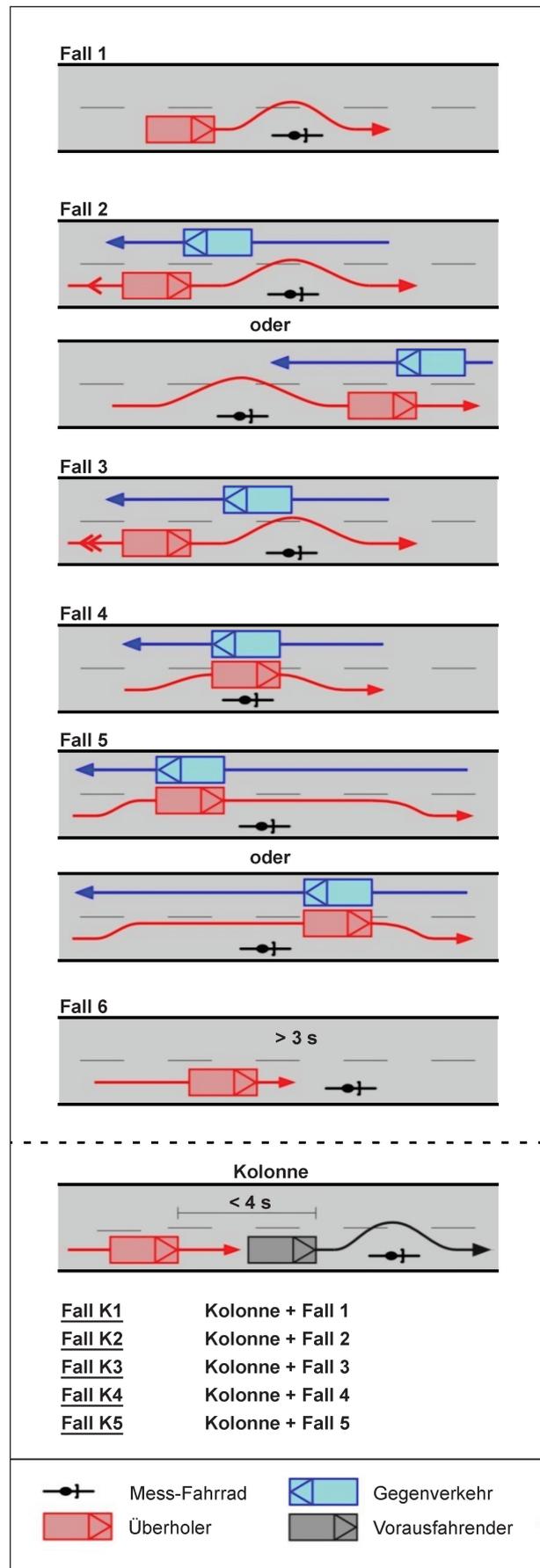


Bild 39: Fallunterscheidungen bei Überholvorgängen

- Fall 6: Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, bei dem, beispielsweise aufgrund einer engen unübersichtlichen Kurve, zunächst (für mindestens 3 s) dem Fahrrad gefolgt wurde, bis ausreichende Sichtverhältnisse gegeben sind. → Überholvorgang erst bei freier Sicht
- Fall K1, K2, K3, K4 und K5 (Kolonne): Überholvorgang eines Kraftfahrzeugs, welches sich in einer Fahrzeugkolonne an der zweiten oder einer dahinterliegenden Position befindet und durch den Vorausfahrenden beeinflusst wird (bei einem Fahrzeugfolgeabstand unter 4 s), bevor das Fahrrad überholt wird. Der Überholvorgang des Kraftfahrzeugs wird dann den Fallunterscheidungen 1 bis 5 zugeordnet und erhält den Zusatz „K“ für Kolonne. Auf den möglichen vorkommenden Fall K6 wird verzichtet, da es sich beim Fall 6 um sehr seltene Ereignisse handelt und eine weitere Differenzierung (mit und ohne Fahrzeugkolonne) nicht zielführend ist.

5.3.2 Analysen zum Verkehrsablauf

Insgesamt wurden 20 Messeinheiten auf Strecken durchgeführt, wobei insgesamt 13.424 Überholvorgänge den zuvor genannten Falluntersuchungen zugeordnet werden konnten (Tabelle 7 und Tabelle 8).

Wichtigstes Ergebnis ist dabei, dass im Mittel fast Dreiviertel der Überholvorgänge ohne Gegenverkehr stattfinden (Fall 1 + Fall K1) (Bild 40), wobei der geringste Anteil ca. 54 % und der höchste Anteil ca. 92 % beträgt (Tabelle 9).

Differenziert man diesen Befund nach Fahrbahnbreiten (Bild 41), so wird deutlich, dass die Anteile der Überholvorgänge ohne Gegenverkehr mit zunehmender Fahrbahnbreite abnehmen, nämlich von 84 % bei 6,50 m über 74 % bei 7,50 m zu 65 % bei 8,00 m. Der Anteil mit 66 % bei 7,00 m fällt dabei heraus; fasst man allerdings die beiden Strecken mit 7,00 m mit denen mit 6,50 m zusammen, so weist dieses Kollektiv einen Anteil von 76 % auf.

Strecke	Geländetyp	Fahrbahnbreite [m]	Tagesverkehr (24h-Zählung)		mittlere Verkehrsbelastung (Befahrung)		V ₈₅ [Kfz/h]	V _{med} [Kfz/h]	V _{zul} [Kfz/h]	Überholvorgänge n _{ÜV} insgesamt [-] (auf 2-streifiger Strecke)
			TV _{Kfz} [Kfz/24h]	b _{SV} [%]	q _{Kfz} [Kfz/h]	b _{SV} [%]				
NI 019	flach	6,00 bis 6,10	2.226	10 %	143	9 %	110	92	i. d. R. 100	263
BB 028	flach	6,50 bis 6,60	5.000	5 %	318	4 %	82	71	60, 80, 100	613
HE 005	flach	6,50 bis 6,90*	11.428	1 %	643	2 %	88	78	i. d. R. 60	1.084
MV 005	flach	7,40 bis 7,55	8.514	8 %	549	8 %	104	81	100	1.097
NI 018	flach	7,50 bis 7,60	6.675	8 %	431	9 %	99	86	70 und 100	540
NI 018_So	flach	7,50 bis 7,60	4.414	3 %	339	3 %	103	90	70 und 100	472
NI 033	flach	8,00 bis 8,10	5.492	22 %	345	22 %	110	86	i. d. R. 100	323
TH 073	flach	8,00 bis 8,20	6.186	13 %	411	13 %	119	95	i. d. R. 100	749
ST 004	flach	8,00 bis 8,20	9.960	11 %	655	11 %	103	85	i. d. R. 100	1.152
ST 004_So	flach	8,00 bis 8,20	7.396	2 %	546	1 %	100	85	i. d. R. 100	973
BY 011	hügelig	6,50	2.649	4 %	183	3 %	101	87	i. d. R. 100	339
BY 011_So	hügelig	6,50	1.845	1 %	205	2 %	101	85	i. d. R. 100	199
HE 006	hügelig	6,50 bis 6,65	3.686	4 %	255	4 %	116	100	i. d. R. 100	334
BB 013	hügelig	6,95 bis 7,00**	4.195	16 %	286	16 %	100	85	100	579
NW 026	hügelig	6,50 bis 6,60	5.221	5 %	387	5 %	98	83	i. d. R. 100	589
TH 116	hügelig	7,25 bis 7,55	6.007	12 %	369	12 %	113	92	i. d. R. 100	735
BY 008	hügelig	7,50 bis 7,70	5.365	6 %	356	6 %	110	98	70 und 100	789
MV 003	hügelig	7,75 bis 8,20	7.381	4 %	548	4 %	98	86	80 und 100	959
NW 045	hügelig	7,30 bis 7,90	8.868	5 %	651	5 %	108	90	70 und 100	978
BY 009	hügelig	7,55 bis 7,60	9.043	14 %	550	14 %	110	90	100	657
Gesamt										13.424
* Hauptstrecke (Gesamtstrecke liegt zwischen 5,85 m (Kurve) und 8,10 m)										
** Hauptstrecke (kurzer Abschnitt 7,20 m)										

Tab. 7: Übersicht der Untersuchungsstrecken mit erhobenen Streckeneigenschaften (20 Messeinheiten)

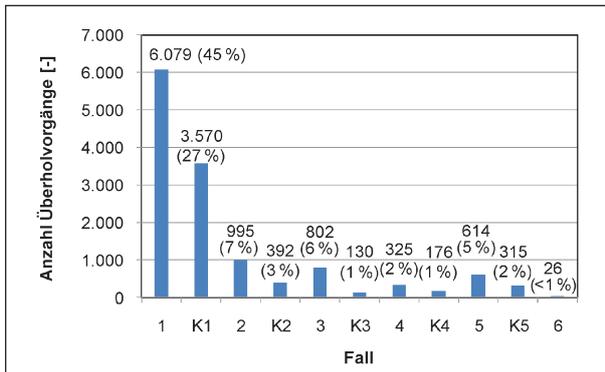


Bild 40: Überholvorgänge von Kraftfahrzeugen auf den Untersuchungsstrecken nach Fallunterscheidung (n = 13.424)

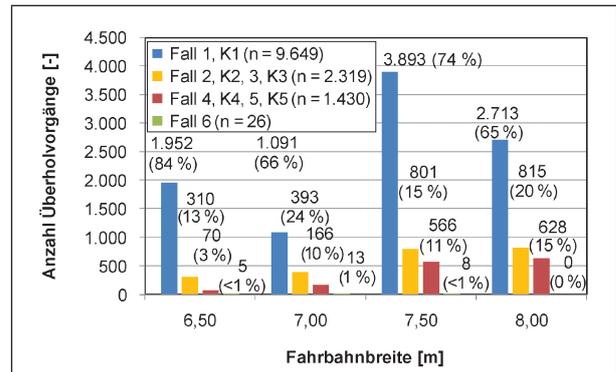


Bild 41: Überholvorgänge von Kraftfahrzeugen auf den Untersuchungsstrecken nach Fallunterscheidung und Fahrbahnbreiten (n = 13.424)

Strecke	Fall 1		Fall 2		Fall 3		Fall 4		Fall 5		Fall 6		Fall K1		Fall K2		Fall K3		Fall K4		Fall K5	
	n _{ÜV} [-]	Anteil [%]																				
NI 019	210	79,8	2	0,8	15	5,7	0	0,0	0	0,0	2	0,8	33	12,5	0	0,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
BB 028	352	57,4	32	5,2	47	7,7	4	0,7	13	2,1	3	0,5	148	24,1	4	0,7	6	1,0	0	0,0	4	0,7
HE 005	331	30,5	77	7,1	124	11,4	21	1,9	82	7,6	7	0,6	333	30,7	42	3,9	22	2,0	15	1,4	30	2,8
MV 005	336	30,6	156	14,2	27	2,5	43	3,9	66	6,0	2	0,2	315	28,7	65	5,9	4	0,4	36	3,3	47	4,3
NI 018	263	48,7	21	3,9	41	7,6	7	1,3	16	3,0	1	0,2	165	30,6	6	1,1	8	1,5	8	1,5	4	0,7
NI 018_So	288	61,0	8	1,7	23	4,9	4	0,8	20	4,2	0	0,0	122	25,8	0	0,0	2	0,4	3	0,6	2	0,4
NI 033	175	54,2	10	3,1	19	5,9	5	1,5	14	4,3	0	0,0	86	26,6	4	1,2	2	0,6	3	0,9	5	1,5
TH 073	373	49,8	57	7,6	37	4,9	13	1,7	41	5,5	0	0,0	187	25,0	16	2,1	3	0,4	10	1,3	12	1,6
ST 004	387	33,6	79	6,9	64	5,6	45	3,9	79	6,9	0	0,0	353	30,6	55	4,8	17	1,5	21	1,8	52	4,5
ST 004_So	358	36,8	93	9,6	45	4,6	40	4,1	50	5,1	0	0,0	279	28,7	43	4,4	7	0,7	21	2,2	37	3,8
BY 011	261	77,0	10	2,9	36	10,6	0	0,0	2	0,6	0	0,0	29	8,6	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
BY 011_So	158	79,4	4	2,0	12	6,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0	24	12,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
HE 006	230	68,9	17	5,1	27	8,1	2	0,6	7	2,1	0	0,0	47	14,1	1	0,3	3	0,9	0	0,0	0	0,0
BB 013	269	46,5	70	12,1	37	6,4	3	0,5	14	2,4	6	1,0	158	27,3	12	2,1	9	1,6	0	0,0	1	0,2
NW 026	321	54,5	25	4,2	46	7,8	6	1,0	26	4,4	0	0,0	139	23,6	5	0,8	16	2,7	0	0,0	5	0,8
TH 116	323	40,9	80	10,1	44	5,6	16	2,0	16	2,0	0	0,0	247	31,3	31	3,9	8	1,0	5	0,6	19	2,4
BY 008	426	58,0	31	4,2	28	3,8	12	1,6	21	2,9	0	0,0	191	26,0	4	0,5	9	1,2	4	0,5	9	1,2
MV 003	311	32,4	159	16,6	29	3,0	38	4,0	66	6,9	0	0,0	204	21,3	73	7,6	3	0,3	31	3,2	45	4,7
NW 045	394	40,3	39	4,0	68	7,0	44	4,5	48	4,9	5	0,5	301	30,8	24	2,5	10	1,0	15	1,5	30	3,1
BY 009	313	47,6	25	3,8	33	5,0	22	3,3	32	4,9	0	0,0	209	31,8	6	0,9	0	0,0	4	0,6	13	2,0
Gesamt	6.079	45,3	995	7,4	802	6,0	325	2,4	614	4,6	26	0,2	3.570	26,6	392	2,9	130	1,0	176	1,3	315	2,3

Tab. 8: Übersicht der Untersuchungsstrecken mit erfassten Überholvorgängen (20 Messeinheiten)

Strecke	mittlere Verkehrsbelastung (Befahrung) [Kfz/h]		Fall 1		Fall K1		Fall1 + Fall K1		Überholvorgänge n _{ÜV} insgesamt (alle Fälle)
	q _{Kfz}	q _{sv}	n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil	
NI 019	143	9 %	210	79,8 %	33	12,5 %	243	92,4 %	263
BB 028	318	4 %	352	57,4 %	148	24,1 %	500	81,6 %	613
HE 005	643	2 %	331	30,5 %	333	30,7 %	664	61,3 %	1.084

Tab. 9: Erfasste Überholvorgänge ohne Gegenverkehr (20 Messeinheiten)

Strecke	mittlere Verkehrsbelastung (Befahrung) [Kfz/h]		Fall 1		Fall K1		Fall1 + Fall K1		Überholvorgänge $n_{\text{ÜV}}$ insgesamt (alle Fälle)
	q_{Kfz}	q_{SV}	$n_{\text{ÜV}}$	Anteil	$n_{\text{ÜV}}$	Anteil	$n_{\text{ÜV}}$	Anteil	
MV 005	549	8 %	336	30,6 %	315	28,7 %	651	59,3 %	1.097
NI 018	431	9 %	263	48,7 %	165	30,6 %	428	79,3 %	540
NI 018_So	339	3 %	288	61,0 %	122	25,8 %	410	86,9 %	472
NI 033	345	22 %	175	54,2 %	86	26,6 %	261	80,8 %	323
TH 073	411	13 %	373	49,8 %	187	25,0 %	560	74,8 %	749
ST 004	655	11 %	387	33,6 %	353	30,6 %	740	64,2 %	1.152
ST 004_So	546	1 %	358	36,8 %	279	28,7 %	637	65,5 %	973
BY 011	183	3 %	261	77,0 %	29	8,6 %	290	85,5 %	339
BY 011_So	205	2 %	158	79,4 %	24	12,1 %	182	91,5 %	199
HE 006	255	4 %	230	68,9 %	47	14,1 %	277	82,9 %	334
BB 013	286	16 %	269	46,5 %	158	27,3 %	427	73,7 %	579
NW 026	387	5 %	321	54,5 %	139	23,6 %	460	78,1 %	589
TH 116	369	12 %	323	40,9 %	247	31,3 %	570	72,2 %	789
BY 008	356	6 %	426	58,0 %	191	26,0 %	617	83,9 %	735
MV 003	548	4 %	311	32,4 %	204	21,3 %	515	53,7 %	959
NW 045	651	5 %	394	40,3 %	301	30,8 %	695	71,1 %	978
BY 009	550	14 %	313	47,6 %	209	31,8 %	522	79,5 %	657
Gesamt			6.079	45,3 %	3.570	26,6 %	9.649	71,9 %	13.424

Tab. 9: Fortsetzung

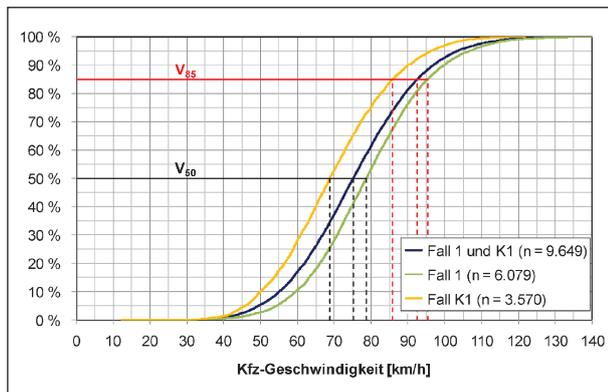


Bild 42: Relative Summenhäufigkeit der Kfz-Geschwindigkeit bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr

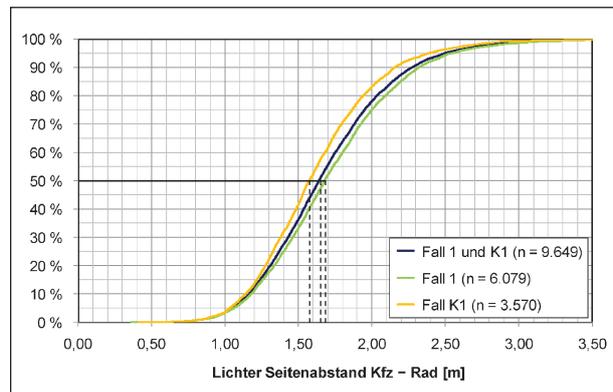


Bild 43: Relative Summenhäufigkeit des Seitenabstands Kfz - Rad bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr

Die dominanten Fälle 1 und K1 weisen allerdings untereinander Unterschiede hinsichtlich der Kfz-Geschwindigkeit und des Seitenabstands Kfz-Rad auf.

So beträgt etwa die V_{85} beim Überholen ohne Gegenverkehr aus der Kolonne heraus (Fall K1) mit 86 km/h deutlich weniger als die V_{85} aus der freien Fahrt (Fall 1) mit 95 km/h (Bild 42).

Bei Überholvorgängen aus der Kolonne heraus werden andererseits geringere Abstände eingehal-

ten. Es liegen mit 1,58 m Seitenabstand bei 50 % der Fälle um 10 cm geringere Seitenabstände vor als bei Überholvorgängen bei freier Fahrt mit 1,68 m Abstand (Bild 43).

Der lichte Seitenabstand zwischen den überholenden Kraftfahrzeugen und dem Fahrrad ist bei Überholvorgängen bei freier Fahrt und ohne Gegenverkehr (Fall 1) im Mittelwert mit 1,68 m deutlich größer als bei Überholvorgängen mit Beeinflussung

durch den Gegenverkehr (Fall 2+3; Seitenabstand 1,45 m). Der mit Abstand geringste Seitenabstand tritt bei Überholvorgängen bei Gegenverkehr (Fall 4+5) mit 1,12 m auf (Bild 44).

Bei Überholvorgängen aus der Kolonne heraus ergibt sich ein ähnliches Bild mit einem kleineren Spektrum. So liegt bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr der Seitenabstand zwischen Kraftfahrzeug und Fahrrad im Mittelwert bei 1,58 m, bei Überholvorgängen mit Beeinflussung bei 1,34 m und bei Überholvorgängen bei Gegenverkehr reduziert sich der Abstand auf 1,20 m. Letzterer liegt damit 8 cm über dem Abstand von Überholungen aus freier Fahrt, was ein Hinweis auf eingeschränkte Sichtverhältnisse des Überholenden auf den Radfahrer und sein Fahrverhalten in Verbindung mit einem möglicherweise stärkerem Sicherheitsbewusstsein in Hinblick auf den Radfahrer sein kann (Bild 45).

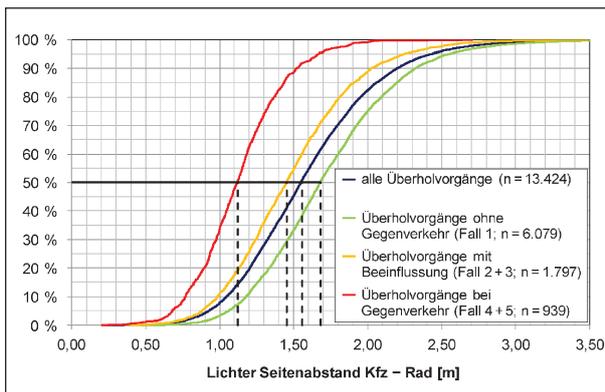


Bild 44: Relative Summenhäufigkeit des lichten Seitenabstands zwischen Kraftfahrzeug und Fahrrad während des Überholvorgangs bei freier Fahrt in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

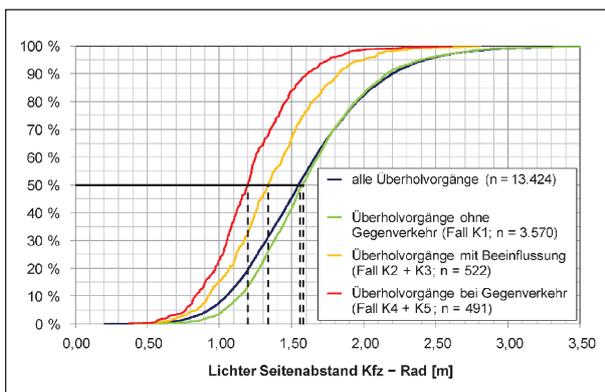


Bild 45: Relative Summenhäufigkeit des lichten Seitenabstands zwischen Kraftfahrzeug und Fahrrad während des Überholvorgangs aus der Kolonne heraus in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

Ein hierzu vergleichbares Bild ergibt sich bei differenzierter Betrachtung für überholende Pkw, auf die mit 12.197 Überholvorgängen rund 90 % aller erfassten Überholvorgänge entfallen.

Schwerverkehrsfahrzeuge überholen aus freier Fahrt heraus mit einem durchschnittlich 15 cm bis 20 cm größeren Seitenabstand als Pkw (Fall 1 und Fall 2+3). Bei Gegenverkehr (Fall 4+5) reduziert sich der Seitenabstand auf 1,15 m im Mittelwert. Bei Überholvorgängen aus der Kolonne liegen zum Teil nur geringe Fallzahlen vor, sodass hier auf eine Aussage zum Abstandsverhalten verzichtet wird.

Der Seitenabstand des Fahrrads (ausgehend vom Reifen) zum Fahrbahnrand betrug bei allen Überholvorgängen dabei durchschnittlich etwa 45 cm bis 50 cm; maximal rund einen Meter. Zwischen den einzelnen Fällen der Überholvorgänge bei freier Fahrt gibt es nur sehr geringe Unterschiede im Abstandsverhalten der Fahrradfahrer zum Fahrbahnrand, die im Zentimeterbereich liegen (Bild 46).

Bei Überholvorgängen aus der Kolonne heraus sind hingegen tendenzielle Unterschiede im Abstandsverhalten erkennbar. Während den Überholvorgängen von Kraftfahrzeugen bei Gegenverkehr (Fall K4+K5) oder mit Beeinflussung durch den Gegenverkehr (Fall K2+K3) wurden vom Fahrradfahrer durchschnittlich um 3 cm geringere Abstände zum Fahrbahnrand eingehalten als bei Überholvorgängen von Kraftfahrzeugen, die ohne Gegenverkehr (Fall K1) stattfanden (Bild 47).

Darüber hinaus lassen sich Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten der überholenden Kraftfahrzeuge bei den verschiedenen Fallunterscheidungen feststellen.

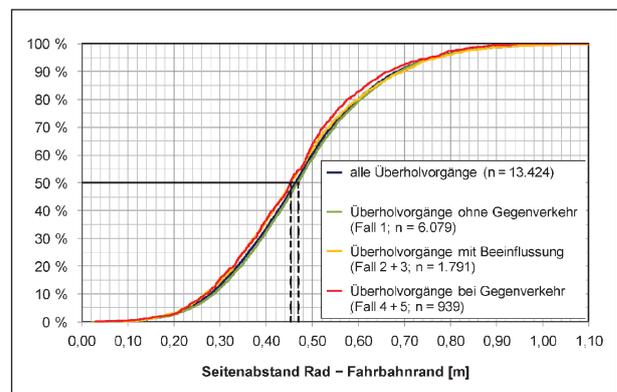


Bild 46: Relative Summenhäufigkeit des Seitenabstands zwischen Fahrrad und Fahrbahnrand während des Überholvorgangs eines Kraftfahrzeugs (Überholvorgang bei freier Fahrt) in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

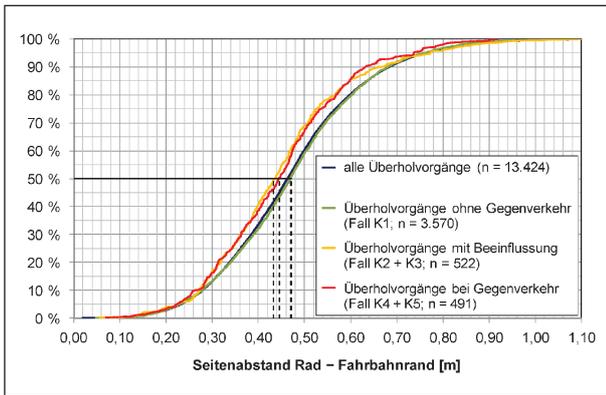


Bild 47: Relative Summenhäufigkeit des Seitenabstands zwischen Fahrrad und Fahrbahnrand während des Überholvorgangs eines Kraftfahrzeugs (Überholvorgänge aus der Kolonne heraus) in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

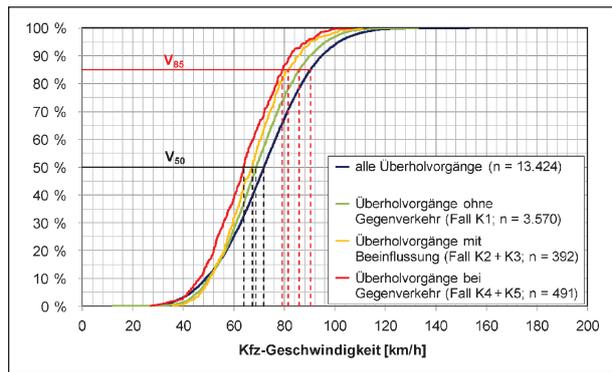


Bild 49: Relative Summenhäufigkeit der Kraftfahrzeuggeschwindigkeit während des Überholvorgangs aus der Kolonne heraus in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

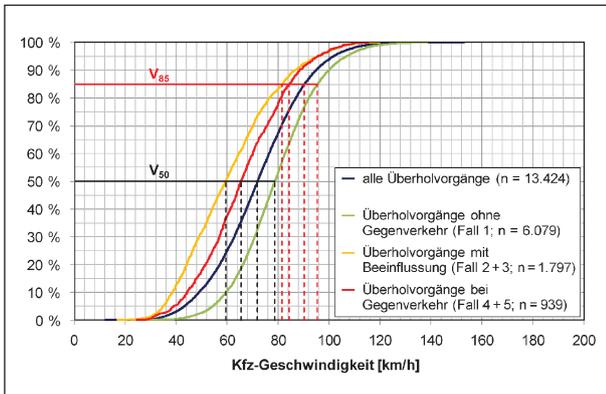


Bild 48: Relative Summenhäufigkeit der Kraftfahrzeuggeschwindigkeit während des Überholvorgangs bei freier Fahrt in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

Bei den Überholvorgängen bei freier Fahrt liegt die V_{50} bei knapp 80 km/h, wenn kein Gegenverkehr vorhanden ist (Fall 1). Mit Beeinflussung (Fall 2+3) sinkt sie um etwa 20 km/h auf rund 60 km/h. Die Überholvorgänge bei Gegenverkehr (Fall 2+3) wurden mit Geschwindigkeiten von rund 65 km/h (V_{50}) durchgeführt. Die V_{85} -Geschwindigkeiten liegen je nach Fall um 15 km/h bis 20 km/h höher zwischen rund 80 km/h bis 95 km/h (Bild 48).

Demgegenüber ist das Geschwindigkeitsspektrum zwischen den einzelnen Fällen bei Überholvorgängen aus der Kolonne heraus wesentlich geringer. Es treten sowohl bei der V_{50} als auch bei der V_{85} Geschwindigkeitsdifferenzen von maximal 5 km/h auf. Überholvorgänge bei Gegenverkehr weisen dabei das geringste Geschwindigkeitsniveau mit 64 km/h (V_{50}) auf; Überholvorgänge ohne Gegenverkehr wurden mit 69 km/h (V_{50}) durchgeführt. Die V_{85} -Geschwindigkeiten liegen je nach Fall zwischen rund 80 km/h bis 85 km/h (Bild 49).

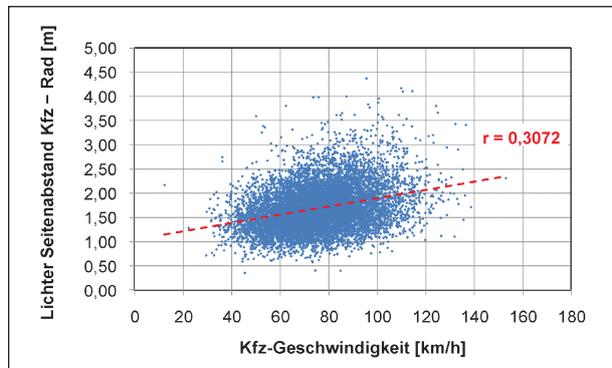


Bild 50: Seitenabstandsverhalten zwischen überholendem Kraftfahrzeug und Fahrrad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit im Kraftfahrzeugverkehr, ohne Gegenverkehr (n = 9.649 Überholvorgänge)

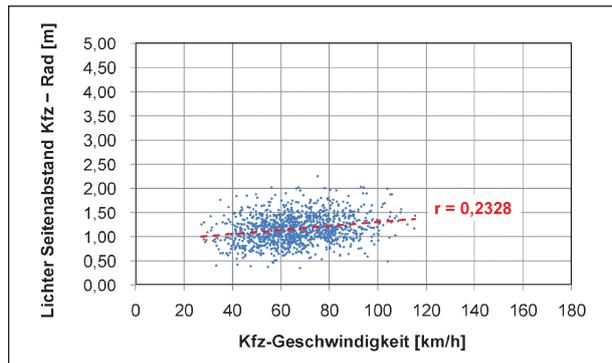


Bild 51: Seitenabstandsverhalten zwischen überholendem Kraftfahrzeug und Fahrrad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit im Kraftfahrzeugverkehr, Begegnungsfall Pkw/Pkw (Fall 4, K4, 5, K5; n = 1.210 Überholvorgänge)

Das seitliche Abstandsverhalten der überholenden Kraftfahrzeuge zum Fahrrad war nahezu geschwindigkeitsunabhängig. Dies galt sowohl für Überholvorgänge ohne Gegenverkehr (Fall 1+K1) als auch für Überholvorgänge, bei denen sich Pkw begegneten (Fall 4+K4 und Fall 5+K5) (Bild 50 und Bild 51).

Der seitliche Überholabstand der Kraftfahrzeuge stand in keinem direkten Zusammenhang zur Fahrposition bzw. zum Seitenabstand des Radfahrers vom Fahrbahnrand (Bild 52).

6 Gefährdungspotenzial von Radfahrern

Das Gefährdungspotenzial ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Abstand (lichter Seitenabstand zwischen Kraftfahrzeug und Fahrrad nach Bild 37) und Geschwindigkeit, wobei im Weiteren die Begriffe kritisch und unkritisch verwendet werden (Bild 53).

Die Grenzpunkte entsprechen den nach GARDNER (2012) wünschenswerten Mindestabständen bei Überholvorgängen von Schwerverkehrsfahrzeugen und der Untergrenze von einem Meter etwa dem lichten Abstand zwischen Fahrradfahrer und Kraftfahrzeug nach den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt, 2006) für den Raumbedarf beim Nebeneinanderfahren (Bild 54).

Eine erste Analyse bezog sich auf die Frage, ob der Geländetyp, unterschieden nach „flach“ und „hügelig“ einen Einfluss auf die Anteile kritischer Überholvorgänge haben könnte (Tabelle 10 und Tabelle 11).

Es zeigt sich, dass die Anteile unkritischer und kritischer Überholvorgänge weder bezogen auf alle Überholvorgänge, noch differenziert nach Überholfällen, noch nach überholender Kraftfahrzeugart signifikant differieren.

Bei Überholvorgängen durch Pkw ist der Anteil kritischer Überholvorgänge an allen Überholvorgängen bei schmalen und breiten Fahrbahnen ähnlich (Bild 55).

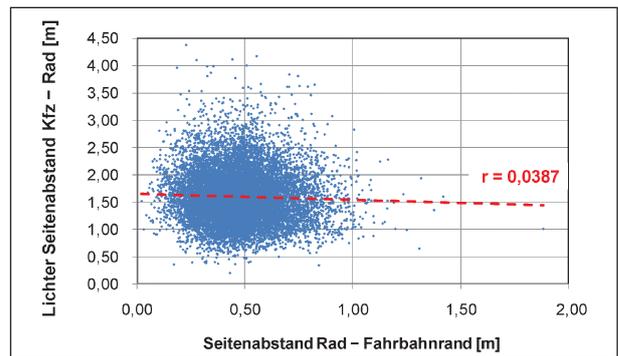


Bild 52: Seitenabstandsverhalten zwischen überholendem Kraftfahrzeug und Fahrrad in Abhängigkeit der Fahrposition des Radfahrers vom Fahrbahnrand, alle Überholvorgänge (n = 13.424 Überholvorgänge)

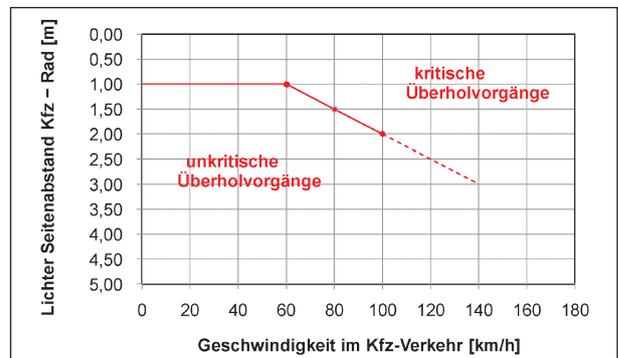


Bild 53: Gefährdungspotenzial Kfz - Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands

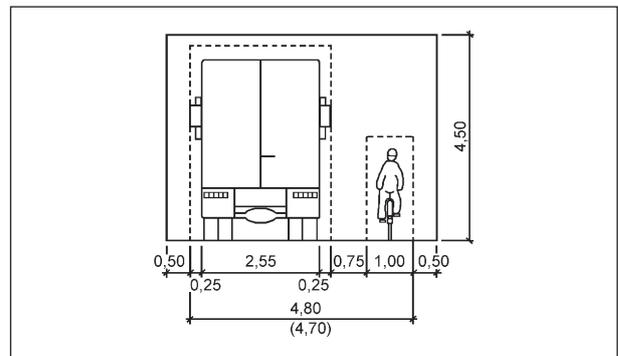


Bild 54: Verkehrsräume und lichte Räume beim Nebeneinanderfahren von Fahrrad und Kraftfahrzeug nach den RAST (2006)

Fälle	Geländetyp								Überholvorgänge gesamt
	flach				hügelig				
	unkritische Überholvorgänge		kritische Überholvorgänge		unkritische Überholvorgänge		kritische Überholvorgänge		
n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil		
alle	4.784	65,8 %	2.482	34,2 %	4.161	67,6 %	1.997	32,4 %	13.424
1 und K1	3.517	69,0 %	1.577	31,0 %	3.166	69,5 %	1.389	30,5 %	9.649
2, K2, 3, K3	897	69,9 %	387	30,1 %	744	71,9 %	291	28,1 %	2.319
4, K4, 5, K5	355	40,7 %	518	59,3 %	240	43,1 %	317	56,9 %	1.430

Tab. 10: Gefährdungspotenzial Kfz - Rad in Abhängigkeit des Gegenverkehrs und des Geländetyps

Überholvorgänge	Geländetyp								Überholvorgänge gesamt
	flach				hügelig				
	unkritische Überholvorgänge		kritische Überholvorgänge		unkritische Überholvorgänge		kritische Überholvorgänge		
n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil	n _{ÜV}	Anteil		
Pkw – Rad	4.354	65,7 %	2.276	34,3 %	3.784	68,0 %	1.783	32,0 %	12.197
Lkw – Rad	317	63,4 %	183	36,6 %	297	60,7 %	192	39,3 %	989
Sonstige – Rad	113	83,1 %	23	16,9 %	80	78,4 %	22	21,6 %	238

Tab. 11: Gefährdungspotenzial Kfz – Rad in Abhängigkeit der Fahrzeugart des überholenden Kraftfahrzeugs und des Geländetyps

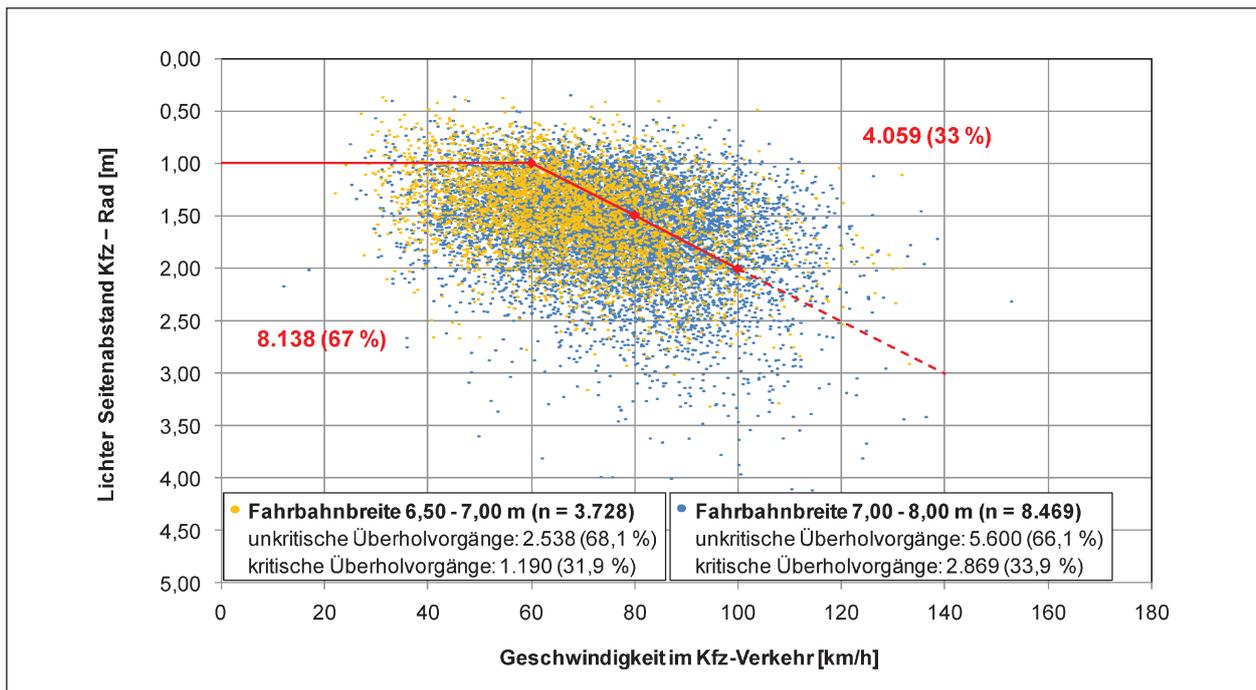


Bild 55: Gefährdungspotenzial Pkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands (n = 12.197 Überholvorgänge)

Ohne Gegenverkehr (Fall 1+K1) wird der Anteil kritischer Überholvorgänge etwas geringer (-3 %), der Rückgang ist bei schmalen und breiten Fahrbahnen fast identisch (Bild 56).

Bei Gegenverkehr (Fall 4+K4 und Fall 5+K5) überwiegt der Anteil kritischer Überholvorgänge (59 %). Bei schmalen Fahrbahnen liegt er sogar bei 71 % (Bild 57).

Bei Überholvorgängen durch Lkw sind mit den Festlegungen nach Bild 53 nur 12 % kritisch, wobei dieser Anteil unabhängig von der Fahrbahnbreite ist. Das daraus resultierende Gefährdungspotenzial erscheint angesichts der Fahrzeuggröße von Lkw und der von ihnen hervorgerufenen Sogwirkung beim Überholen zu gering. Daher wurde die Grenzlinie zwischen unkritischen und kritischen Überhol-

gängen für Lkw um einen um 0,50 cm erhöhten lichten Seitenabstand verschoben. Damit wurden nunmehr 38 % der Überholvorgänge von Lkw gegenüber dem Fahrrad als kritisch bewertet (Bild 58).

Bei Überholvorgängen durch Sonstige Fahrzeuge liegt der kritische Anteil bei nur 19 % .

Kritische Überholvorgänge ohne Gegenverkehr (Fall 1+K1) resultieren nicht aus geometrischen Zwängen, sondern sind eine Folge subjektiver Entscheidungen von Kraftfahrern, ohne Einschränkung von außen Radfahrer in unangemessenem Abstand und Geschwindigkeit zu überholen. Solche Entscheidungen sind durch planerische Maßnahmen nicht zu beeinflussen.

Kritische Überholvorgänge bei Gegenverkehr (Fall 4+K4 und Fall 5+K5) sind dagegen eine Folge der

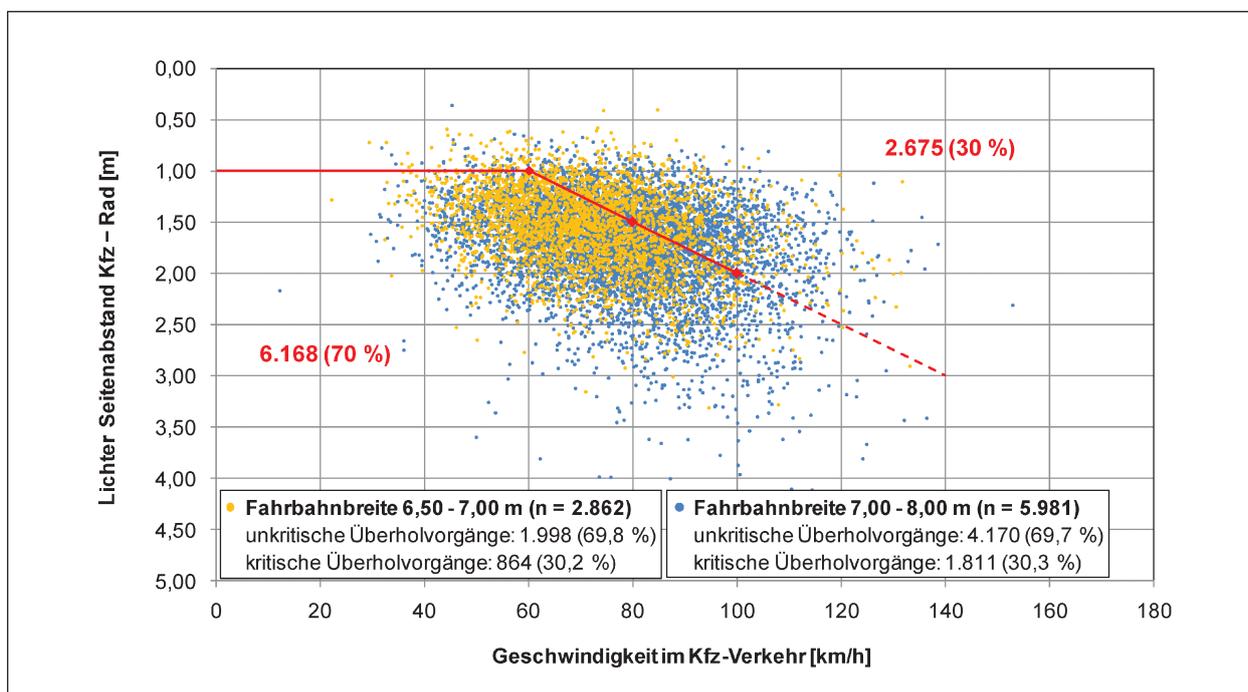


Bild 56: Gefährdungspotenzial Pkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr (Fall 1 und K1; n = 8.843 Überholvorgänge)

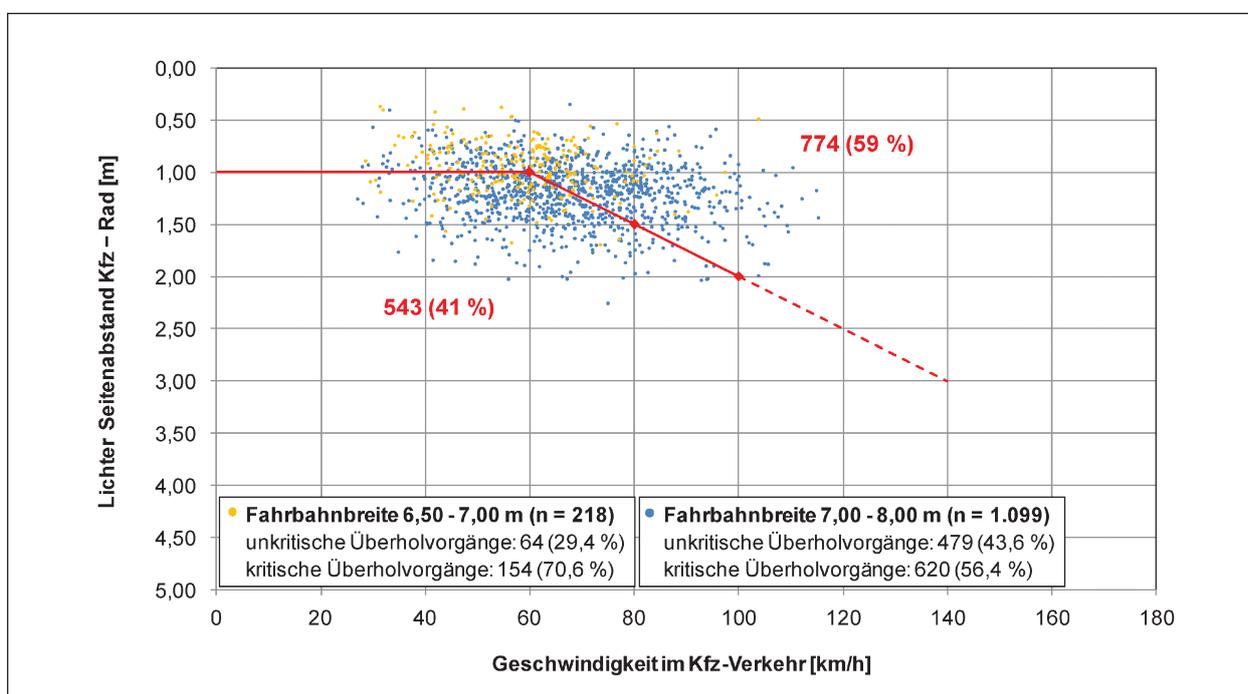


Bild 57: Gefährdungspotenzial Pkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands bei Überholvorgängen bei Gegenverkehr (Fall 4, K4, 5, und K5; n = 1.317 Überholvorgänge)

geometrischen (Fahrbahnbreite) und verkehrlichen (Stärke des Gegenverkehrs) Bedingungen. Sie sind grundsätzlich planerisch beeinflussbar.

Die weiteren Auswertungen konzentrieren sich deshalb auf die Anzahl kritischer Überholvorgänge bei

Gegenverkehr (Fall 4+K4 und Fall 5+K5) und deren Anteil an allen Überholvorgängen.

Die Anzahl kritischer Überholvorgänge steigt mit zunehmender Fahrbahnbreite, der Anteil an allen Überholvorgängen bei Gegenverkehr sinkt von

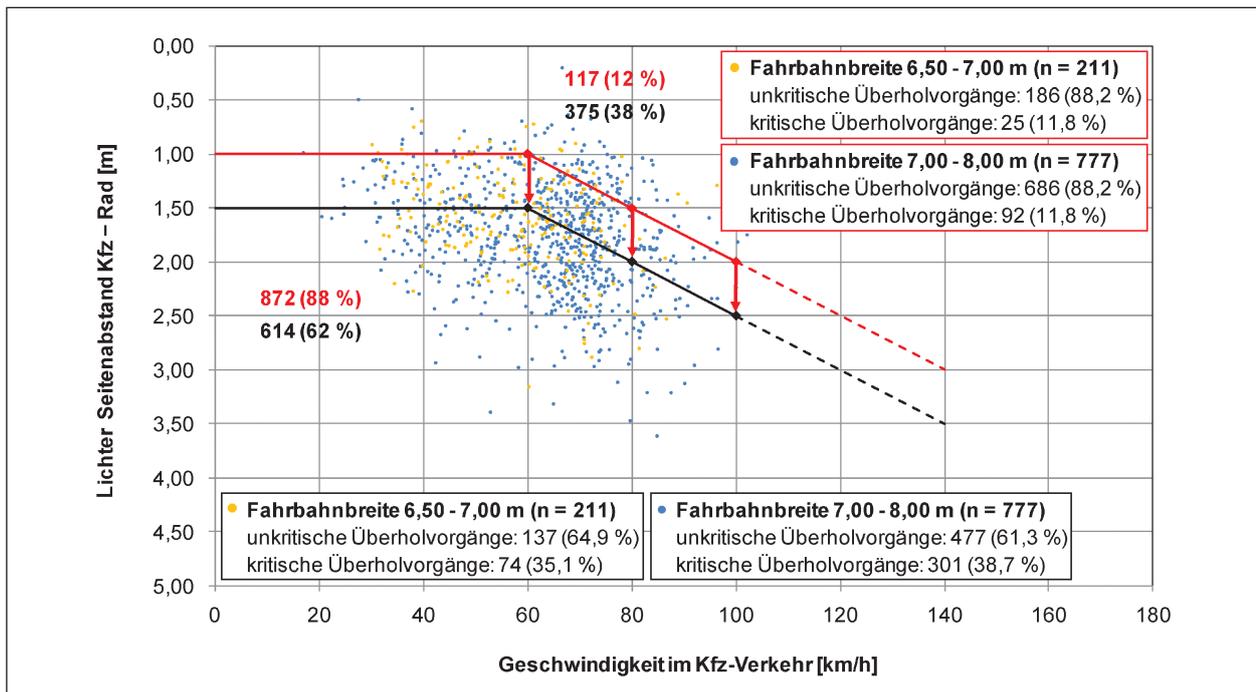


Bild 58: Gefährdungspotenzial Lkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands bei allen Überholvorgängen (n = 989 Überholvorgänge)

71 % auf 53 % (Bild 59), wobei sowohl Anzahl als auch Anteil auf den einzelnen Strecken⁹ innerhalb einer Fahrbahnbreitenklasse stark variieren (Bild 60).

Als Erklärungsgröße für den Anteil kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr kann die mittlere Gegenverkehrsstärke herangezogen werden. Zwischen beiden Größen besteht ein signifikanter Zusammenhang; mit zunehmender Gegenverkehrsstärke wächst der Anteil kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr linear an (Bild 61).

Die mittlere Gegenverkehrsstärke wird in Kfz/h angegeben. Sie ergibt sich als arithmetisches Mittel aus der dem Fahrrad während der Befahrung bzw. in der Befahrungszeit insgesamt entgegenkommenden Kfz auf einer Strecke; die Ermittlung erfolgt richtungsgetreunt (über die Anzahl entgegenkommender Kfz und der Befahrungsdauer in der betrachteten Richtung).

Differenziert man diesen Zusammenhang zwischen den Anteilen kritischer Überholvorgänge und der

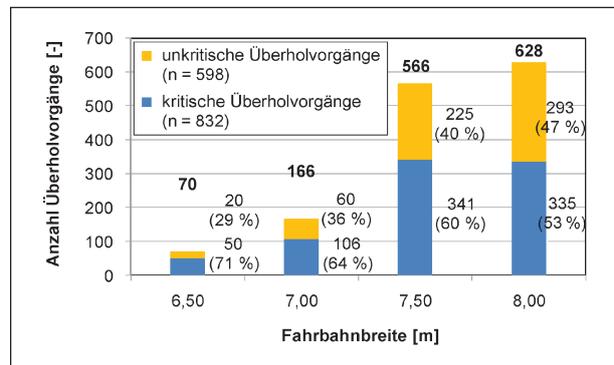


Bild 59: Anzahl/Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad an Überholvorgängen bei Gegenverkehr (Fall 4+K4 und Fall 5+K5) nach Fahrbahnbreite (n = 1.430)

Gegenverkehrsstärke nach Fahrbahnbreiten, so wird deutlich, dass z. B. bei Fahrbahnbreiten von 6,50 m nur Anteilswerte unter 5 % auftreten, während die Anteilswerte der breiteren Fahrbahnen von 2 % bis 11 % streuen (Bild 62). Zu beachten ist allerdings, dass bei den untersuchten Strecken mit Fahrbahnbreiten von 6,50 m keine Gegenverkehrsstärken von > 200 Kfz/h beobachtet wurden.

Der Anteil kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr lässt sich aber nicht nur mit der mittleren Gegenverkehrsstärke allein erklären, es besteht auch ein signifikanter Zusammenhang zum Tagesverkehr (Bild 63).

⁹ Im Folgenden entspricht die Begrifflichkeit „Anzahl der Strecken“ vereinfachend der Anzahl der durchgeführten Messeinheiten, die an 17 Strecken erfolgt sind, wovon drei an einem Sonntag und am darauffolgenden Montag betrachtet wurden.

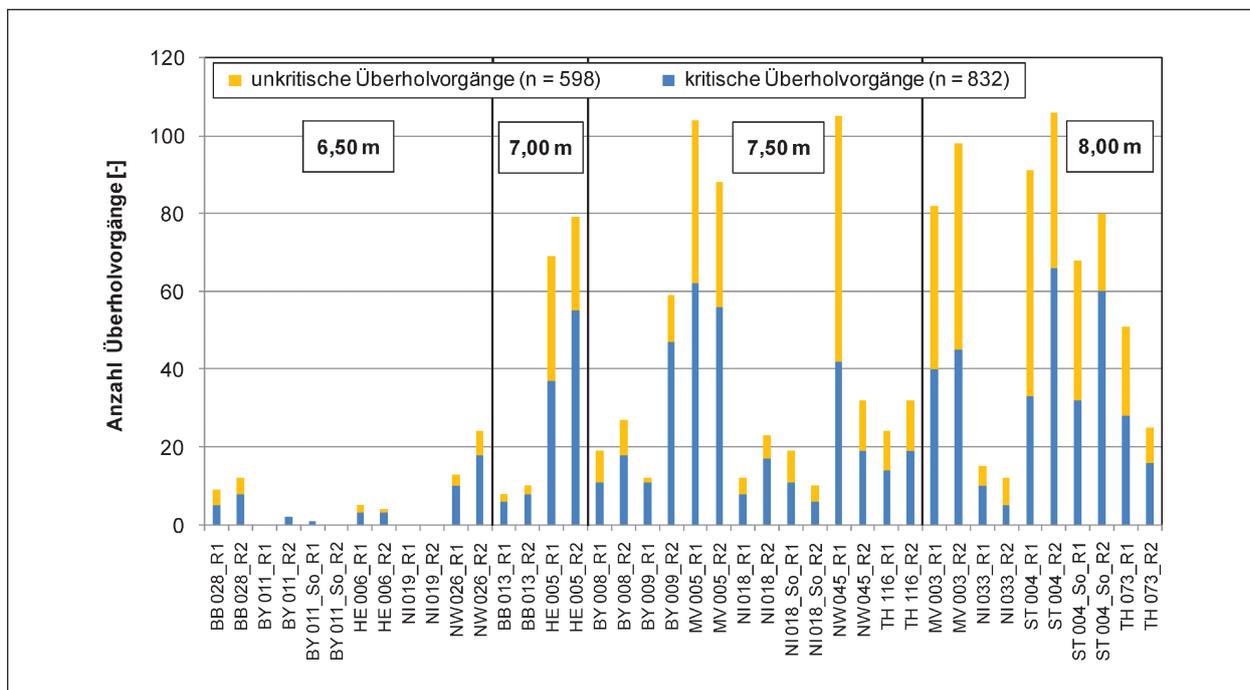


Bild 60: Anzahl kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad an Überholvorgängen bei Gegenverkehr je Strecke und Fahrtrichtung (n = 1.430)

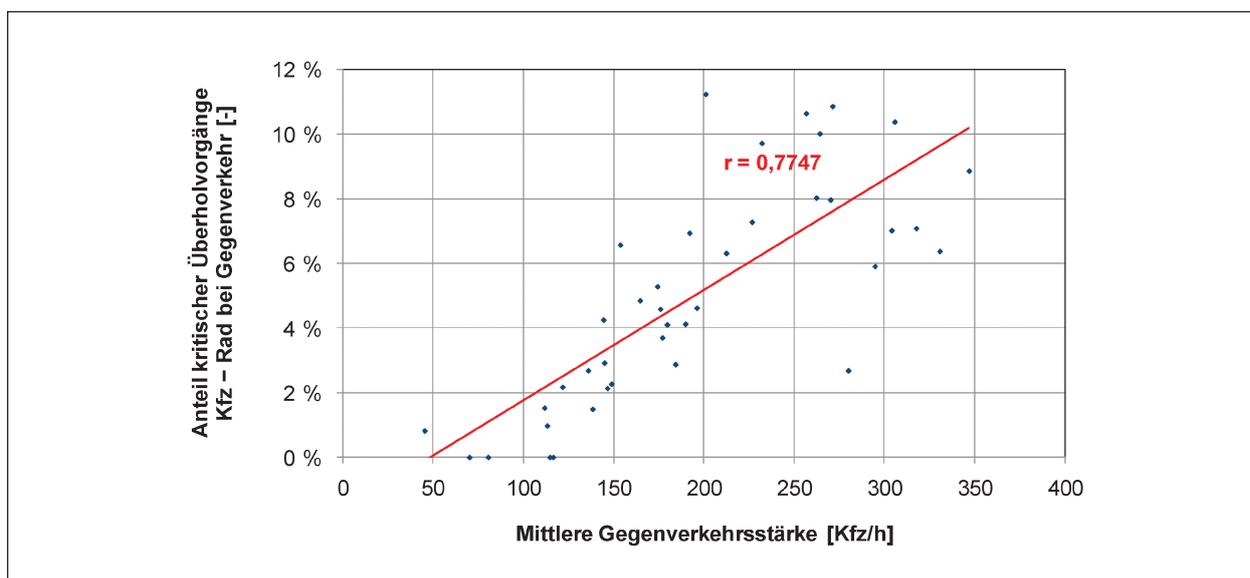


Bild 61: Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen in Abhängigkeit der mittleren Gegenverkehrsstärke (n = 832 Überholvorgänge auf 40 Richtungsstrecken)

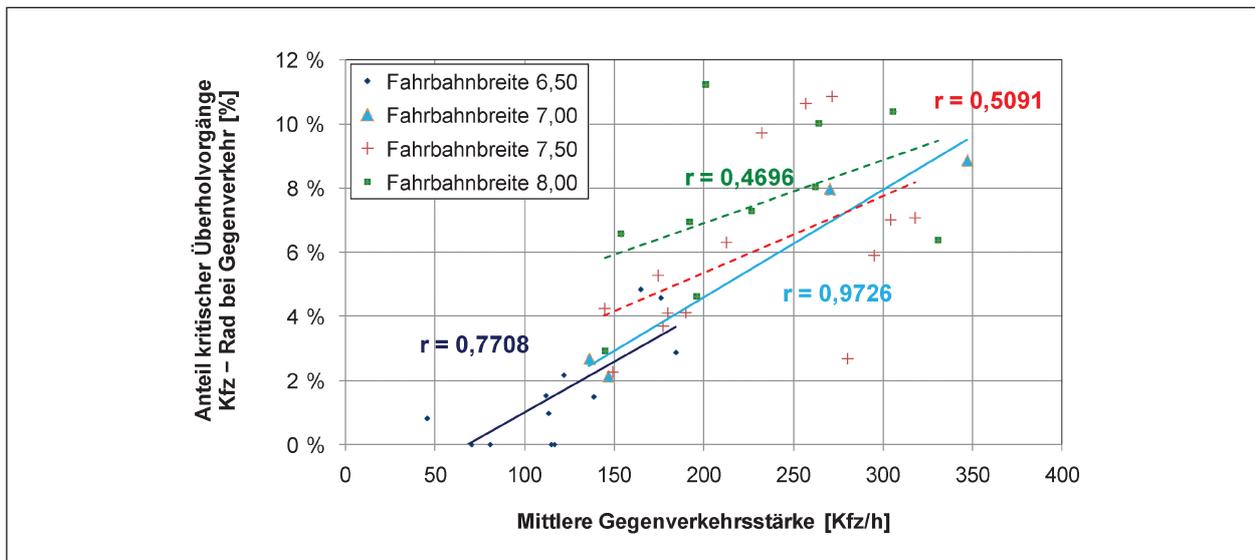


Bild 62: Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen in Abhängigkeit der mittleren Gegenverkehrsstärke nach Fahrbahnbreite (n = 832 Überholvorgänge auf 40 Richtungsstrecken)

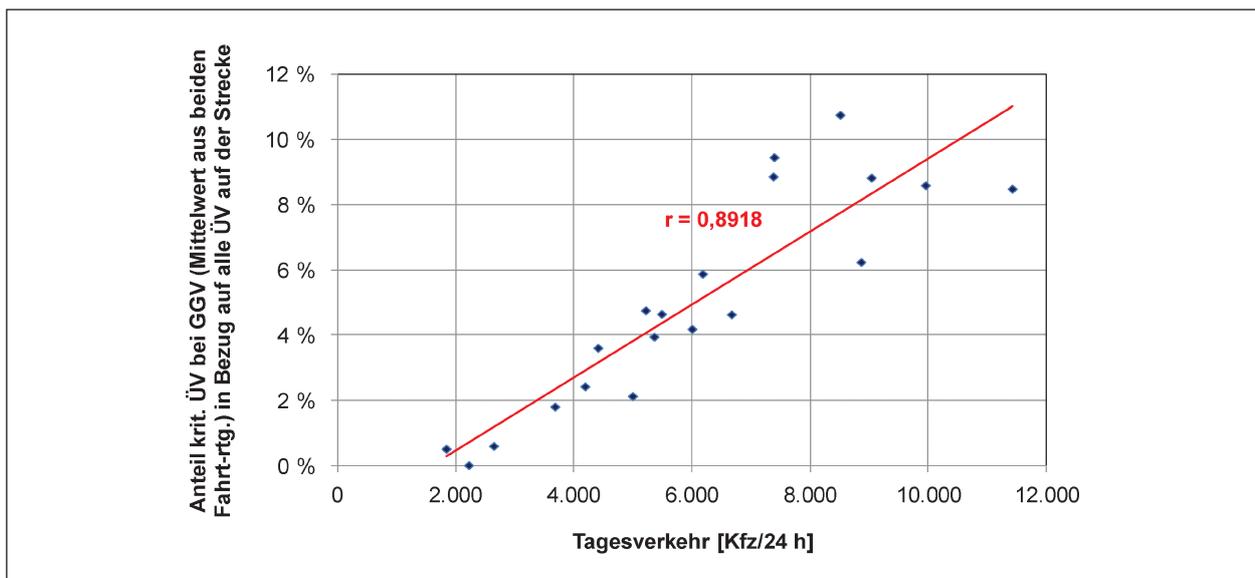


Bild 63: Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen auf der Strecke in Abhängigkeit des Tagesverkehrs (n = 832 Überholvorgänge auf 20 Strecken)

7 Mikroskopische Unfallanalyse

7.1 Unfallgeschehen auf den Untersuchungsstrecken

Das Unfallgeschehen auf den Untersuchungsstrecken wurde bei den zuständigen Polizeidienststellen für den Zeitraum 1. Januar 2008 bis 31. Dezember 2010 schriftlich abgefragt. Der vollständige Rücklauf ergab für alle 17 Strecken, dass im abgefragten Zeitraum auf 15 Strecken kein Unfall mit

Radfahrerbeteiligung polizeilich erfasst wurde. Auf den beiden verbleibenden Strecken waren ein Unfall bzw. zwei Unfälle zu verzeichnen. Dabei handelte es sich einmal um einen Unfall vom Typ 661, bei dem bei einem Überholvorgang zweier Kfz ein entgegenkommender Radfahrer übersehen wurde und in den Straßengraben auswich und stürzte. Auf der anderen Strecke ereignete sich ein Unfall vom Typ 601, bei dem bei einem Radrennen ein Radfahrer auf einen anderen auffuhr und ein Unfall vom Typ 651, bei dem ein Radfahrer beim Überholen durch

einen Lkw von dessen Spiegel erfasst wurde. Bei diesen drei Unfällen wurde der Radfahrer jeweils leicht verletzt (U-Kat. 3).

Dieses geringe Unfallgeschehen auf den Untersuchungsstrecken lässt sich mit deren geringem Radverkehrsaufkommen erklären: In einem ersten Untersuchungsansatz zur Ermittlung der Sicherheit an Knotenpunkten über die Analyse von Interaktionen und Konflikten, der später durch eine andere Methodik ersetzt wurde (siehe Kapitel 7.2), wurden an je einem Knotenpunkt von 9 Untersuchungsstrecken 11 Messeinheiten (2 Knotenpunkte wurden an 2 Tagen untersucht) mit je 12 Stunden mit Video- beobachtung durchgeführt. Die dabei erfassten Radverkehrsstärken im Zuge der Untersuchungsstrecken betragen im Mittel 8 Radfahrer in 12 Stunden im Querschnitt und maximal 32 Radfahrer in 12 Stunden.

Ob die Untersuchungsstrecken aus Gründen des subjektiven Sicherheitsempfindens von Radfahrern gemieden werden oder ob attraktive Alternativrouten vorhanden sind und genutzt werden, konnte nicht festgestellt werden.

Ursprünglich war eine Nutzen/Kosten-Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Radwegen auf Basis des Unfallgeschehens vorgesehen. Eine solche Betrachtung hätte zeigen sollen, ob und in welcher Höhe der volkswirtschaftliche Nutzen in Form vermeidbarer Unfallkosten den finanziellen Aufwand für Bau und Betrieb fahrbahnbegleitender Radwege übersteigt. Eine solche Betrachtung ist offensichtlich auf der vorliegenden Datenbasis nicht möglich. Die geringe Anzahl Unfälle erlaubt keine belastbare Berechnung der dazu notwendigen Kenngrößen wie Unfallkosten oder Unfallkostenraten.

Dass eine Nutzen/Kosten-Betrachtung für die hier vorliegende Fragestellung wenig hilfreich ist, zeigt zudem die folgende Abschätzung.

Ansatzweise kann ein Bezug zum bundesweiten Unfallgeschehen (makroskopische Unfallanalyse) hergestellt werden, indem man sich auf die Fahr- unfälle und die Unfälle im Längsverkehr konzentriert, die sich zwischen Radfahrern und Kfz bzw. zwischen Radfahrern und sonstigen Fahrzeugen auf Bundes- und Landesstraßen ereignet haben. Bei den 2.326 Unfällen (291 Fahr- unfälle und 2.035 Unfälle im Längsverkehr) der Unfallkategorien 1-4 im betrachteten 5-Jahres-Zeitraum (vgl. Tabelle 5) liegt die Vermutung nahe, dass sich diese auf der

Fahrbahn und nicht auf einem fahrbahnbegleitenden Radweg ereignet haben.

Das Straßennetz des überörtlichen Verkehrs umfasste im Jahr 2011 rund 39.700 km Streckenlänge für Bundesstraßen und 86.600 km für Landesstraßen. Mit den oben genannten Unfällen entspricht dies einer Unfalldichte von 0,004 [U/km • a]; also einem Unfall im Jahr auf etwa 270 km Streckenlänge.

Monetarisiert mit durchschnittlichen Unfallkostensätzen für Unfälle mit Personenschaden¹⁰ auf Landstraßen (99.578 € zum Preisstand 2010 nach LERNER/KRANZ/SCHEPERS, 2012) ergibt sich eine Unfallkostendichte von 0,37 [1.000 €/km • a] bzw. eine Größenordnung von 370 Euro pro Kilometer und Jahr an vermeidbaren Unfallkosten.

Demgegenüber stehen weitaus höhere Investitionskosten für den Bau eines straßenbegleitenden (Geh-/)Radwegs von etwa 150.000 € pro Kilometer ohne Grunderwerb, woraus sich unter Berücksichtigung der Abschreibung über 25 Jahre ein Betrag von rund 7.500 € pro Kilometer und Jahr ergäbe. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass für eine regelwerkskonforme volkswirtschaftliche Bewertung natürlich noch weitere Nutzen- und Kostenkomponenten zu berücksichtigen wären.

7.2 Verkehrssicherheit an Knotenpunkten

Im Rahmen des ersten Teils der empirischen Erhebungen wurden Videobeobachtungen an insgesamt neun Knotenpunkten an neun der 17 Untersuchungsstrecken mit unterschiedlichen Radverkehrsführungen durchgeführt. Zwei dieser Knotenpunkte wurden an einem Sonntag und am darauffolgenden Werktag (Montag) betrachtet. In der Summe entspricht dies elf Messeinheiten.

Über die so betrachteten 132 Stunden wurden insgesamt 205 Radfahrer vor Ort erfasst. Davon hat-

¹⁰ Die Unfallkostensätze beziehen sich auf die Unfälle mit Personenschaden. Das Unfallgeschehen liegt hingegen nur zusammengefasst für die Unfallkategorien 1-4 vor. Da der Anteil der Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden i. e. S. (Unfallkategorie 4) unter einem Prozent liegt, kann er bei dieser allgemeinen und überschlägigen Betrachtung vernachlässigt werden.

ten 79 (rund 40 %) eine Interaktion mit einem Kraftfahrzeug und bei lediglich fünf (etwa 2,5 %) wurde eine Situation als Konflikt eingestuft. Letztere standen vorwiegend (in vier von fünf Fällen) in Zusammenhang mit einer Überquerung der übergeordneten Straße über zwei Fahrstreifen und einen Abbiegestreifen. Der Radverkehr wird in diesen Fällen auf der Fahrbahn geführt.

Empfehlungen für oder gegen eine bestimmte Führungsform des Radverkehrs an Einmündungen oder Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage lassen sich allerdings aufgrund des geringen Radverkehrsaufkommens und der wenigen Konfliktsituationen mit Kraftfahrzeugen nicht ableiten.

Aus diesem Grund wurde eine neue Herangehensweise gewählt.

Aufbauend auf der Analyse der Unfalltypenkarten für fünf Bundesländer (Baden-Württemberg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) wurden die im Unfallgeschehen mit Radfahrerbeteiligung auffälligsten Knotenpunkte näher untersucht. Zusätzlich wurde in Nordrhein-Westfalen seitens des Landesbetriebs Straßenbau NRW eine analoge Auswertung der dort vorliegenden Unfalltypenkarten durchgeführt (vergleiche Kapitel 4.1).

In Ergänzung zu den unfallauffälligen Knotenpunkten wurden die unmittelbar (ohne zwischenliegende Ortschaften) benachbarten Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (ohne Kreisverkehre) mit erfasst, um Unterschiede in der Führungsform bzw. im Unfallgeschehen vergleichend analysieren zu können, da diese in Hinblick auf die Stärke und Zusammensetzung des Radverkehrs vergleichbar erscheinen. Zu jedem unfallauffälligen Knotenpunkt gibt es somit im Verlauf der betrachte-

ten übergeordneten Straße bzw. im Zuge der betrachteten Radverkehrsanlage entweder einen, zwei oder keinen Nachbarknotenpunkt.

Mit dieser Vorgehensweise liegen nunmehr Informationen zu insgesamt 37 unfallauffälligen Knotenpunkten mit 24 Nachbarknotenpunkten vor, die neben dieser Zuordnung beispielsweise Auskunft geben über:

- Lage des Knotenpunkts mit Klassifizierung,
- Knotenpunktart,
- Art der Radverkehrsführung in der übergeordneten und der untergeordneten Zufahrt,
- Vorhandensein von Linksabbiegestreifen,
- Ausbauzustand,
- Vorhandensein von Dreiecksinseln,
- Anzahl Aufstellstreifen und
- Unfallgeschehen nach Gesamtzahl und Unfalltypen.

Sowohl bei den unfallauffälligen Knotenpunkten als auch bei den Nachbarknotenpunkten überwiegt die vorfahrtberechtigte Führung auf einer nicht abgesetzten Furt mit oder ohne Roteinfärbung mit einem Anteil von 72 % deutlich (Tabelle 12).

Darüber hinaus ist erkennbar, dass es bei den unfallauffälligen Knotenpunkten keine wartepflichtigen Radverkehrsführungen über die untergeordnete Zufahrt gibt. Bei den Nachbarknotenpunkten ist diese Führungsform immerhin in vier Fällen vertreten.

Insgesamt sind an den betrachteten 61 Knotenpunkten 267 Radverkehrsunfälle mit Personen-

Radverkehrsführung Knotenpunkte	über untergeordnete Zufahrt				wartepflichtig abgesetzt (> 4 m)	über Haupt- richtung	auf der Fahrbahn	Gesamt
	vorfahrtberechtigt							
	nicht abgesetzt (≤ 4 m) mit Furt		abgesetzt (> 4 m) mit Furt					
	Roteinfärbung mit		Roteinfärbung ohne					
unfallauffällige Knotenpunkte	13	16	1	3	0	2	2	37
Nachbarknotenpunkte	3	12	3	1	4	1	0	24
Gesamt	16	28	4	4	4	3	2	61

Tab. 12: Anzahl unfallauffälliger Knotenpunkte und deren Nachbarknotenpunkte differenziert nach Radverkehrsführungsformen

schaden geschehen, die über räumliche Abgrenzungen dem jeweiligen Knotenpunkt zugeordnet wurden. Für die Auswertung standen, wegen der Betrachtung von 6 Bundesländern, unterschiedliche Zeiträume von 3 bis 6 Jahren zur Verfügung, die bewusst nicht vereinheitlicht wurden, um eine möglichst große Anzahl von Unfällen in Hinblick auf ihre Charakteristik analysieren zu können.

Die Einbiegen/Kreuzen-Unfälle dominieren das Unfallgeschehen eindeutig (69 %) gegenüber den Abbiege- (14 %) und sonstigen Unfällen (17 %). An allen Unfällen ist der Typ 342 mit vorfahrberechtigtem Radfahrer von rechts mit 50 % vertreten und damit der mit Abstand häufigste Unfalltyp (Bild 64).

Darüber hinaus haben sich mindestens 3 von 4 Unfällen (202 Unfälle bzw. 76 %) zwischen vorfahrberechtigten Radfahrern auf Furten über die untergeordnete Straße und Kraftfahrzeugen ereignet.

Betrachtet man das Unfallgeschehen differenziert nach den unfallauffälligen Knotenpunkten und den Nachbarknotenpunkten, so ist zunächst festzustellen, dass sich die Anzahl der Unfälle deutlich unterscheidet. An den 37 unfallauffälligen Knotenpunkten sind insgesamt 239 Unfälle, an den 24 Nachbar-

knotenpunkten hingegen nur 28 Unfälle zu verzeichnen (Bild 65 und Bild 66).

Nahezu identisch zeigt sich jedoch die Struktur der Unfalltypen: in beiden Fällen überwiegen die Einbiegen/Kreuzen-Unfälle deutlich (70 % bzw. 71 %) ebenso wie bei den 3-stelligen-Unfalltypen der Unfalltyp 342 (50 % bzw. 54 %)

Ein Vergleich der unfallauffälligen Knotenpunkte und der Nachbarknotenpunkte mit derselben Führungsform „nicht abgesetzt mit Furt“ zeigt neben der wiederum ähnlichen Typenstruktur erneut die deutlichen Unterschiede im Unfallaufkommen. Das heißt, trotz identischer Führungsform weisen die Nachbarknotenpunkte mit 21 Unfällen gegenüber 209 Unfällen deutlich weniger Unfälle als die unfallauffälligen Knotenpunkte auf (Bild 67 und Bild 68).

Da sich die Kollektive der unfallauffälligen Knotenpunkte und der Nachbarknotenpunkte allerdings hinsichtlich Anzahl Knotenpunkte (vergleiche Tabelle 11) und den zugrunde liegenden unterschiedlichen Unfallzeiträumen (drei bis sechs Jahre) zum Teil deutlich voneinander unterscheiden, wurde eine ergänzende Betrachtung der Unfalldichten (Radverkehrsunfälle mit Personenschaden je Knotenpunkt und Jahr) herangezogen.

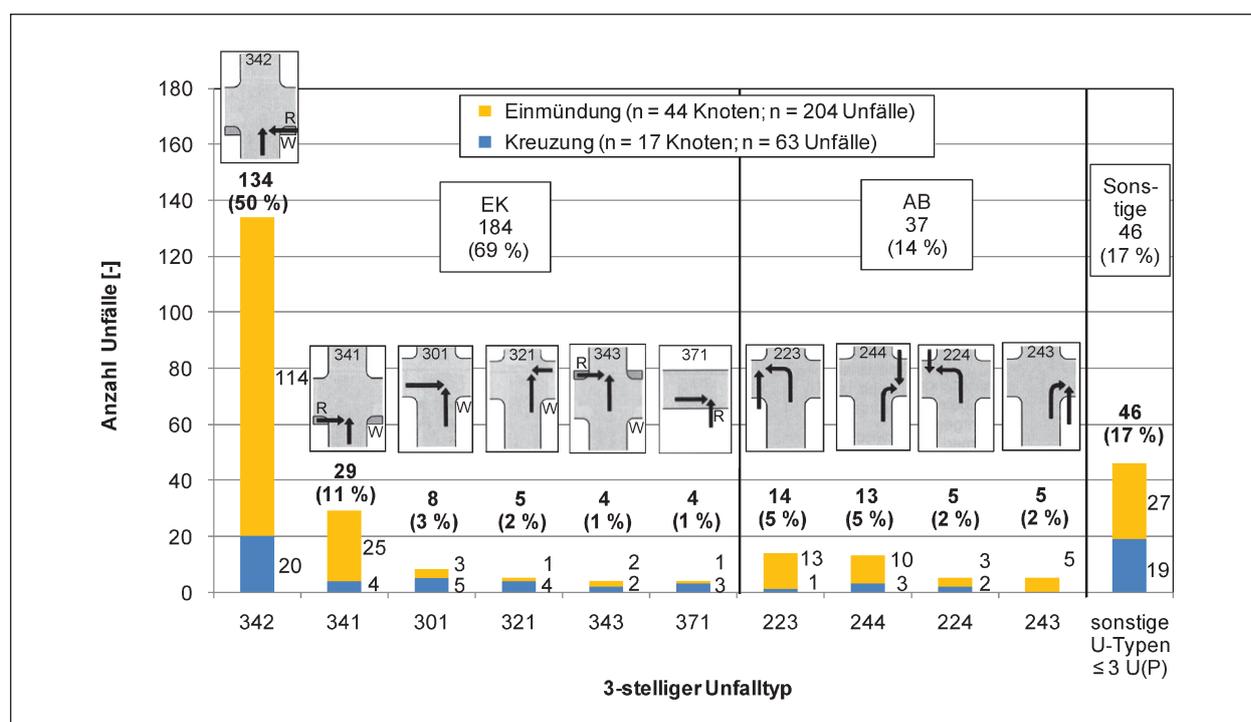


Bild 64: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 37 unfallauffälligen Knotenpunkten und deren 24 Nachbarknotenpunkte in BW, HE, NW, SN, ST und TH (n = 267 Unfälle)

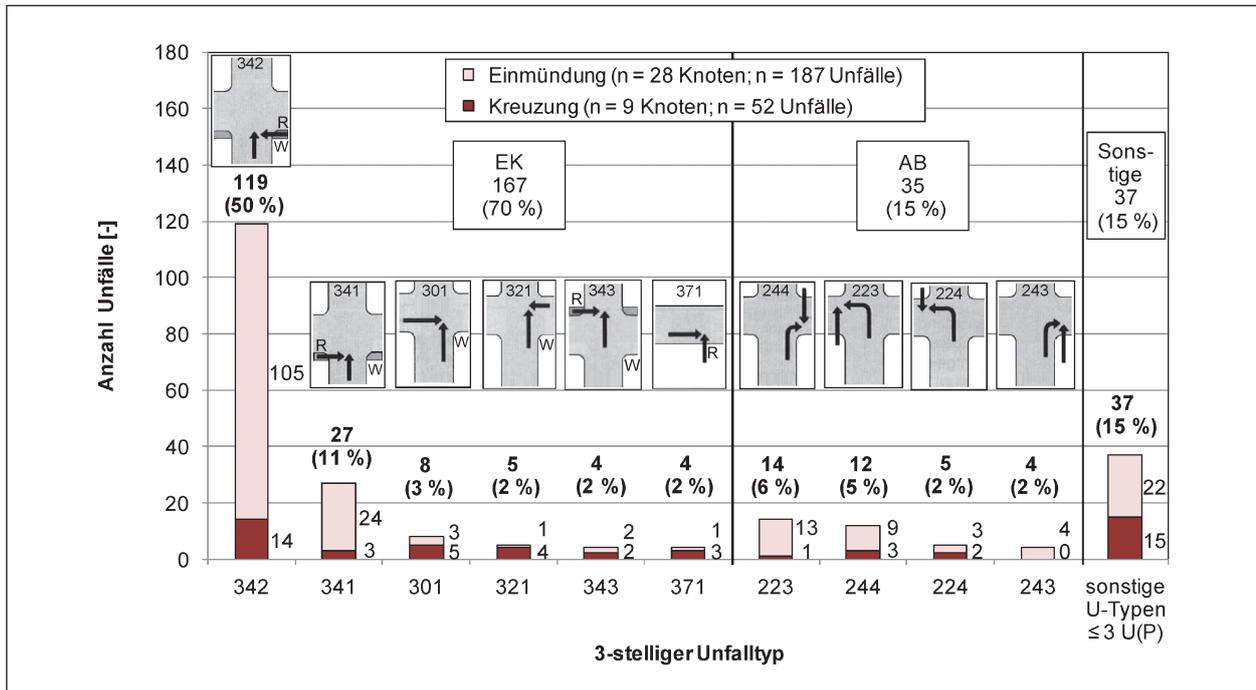


Bild 65: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 37 unfallauffälligen Knotenpunkten in BW, HE, NW, SN, ST und TH (n = 239 Unfälle)

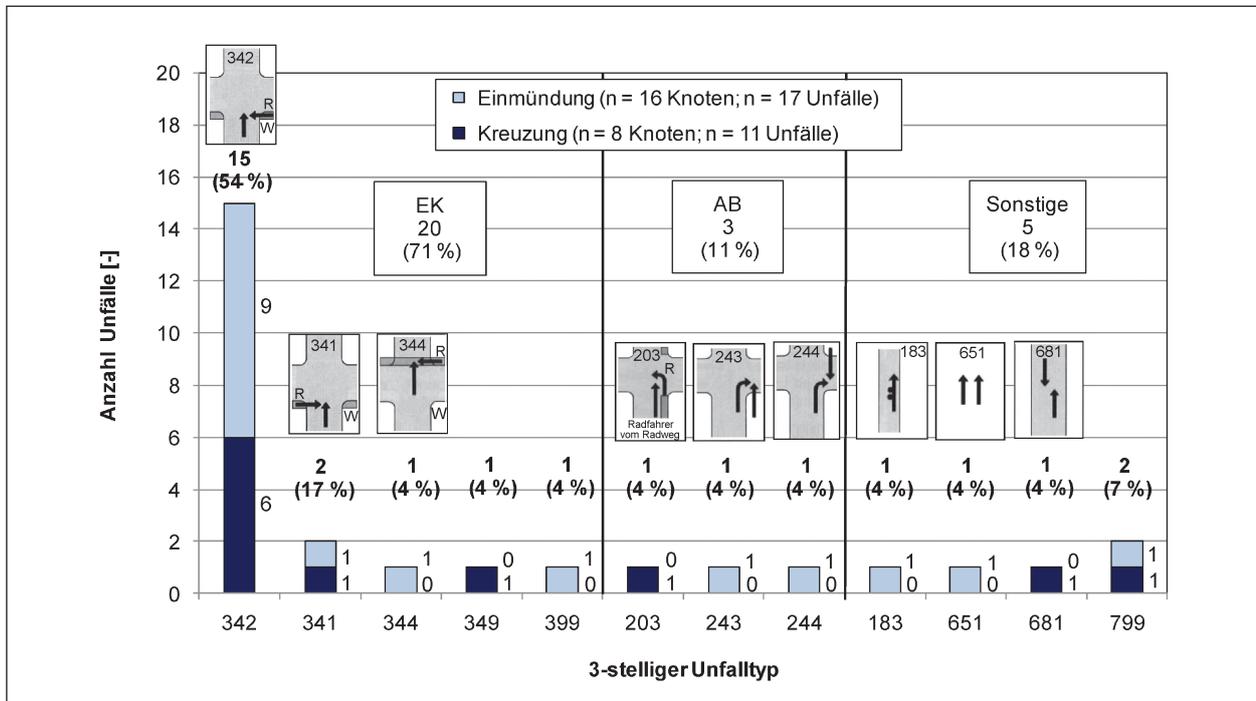


Bild 66: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 24 Nachbarknotenpunkten von unfallauffälligen Knotenpunkten in BW, HE, NW, SN, ST und TH (n = 28 Unfälle)

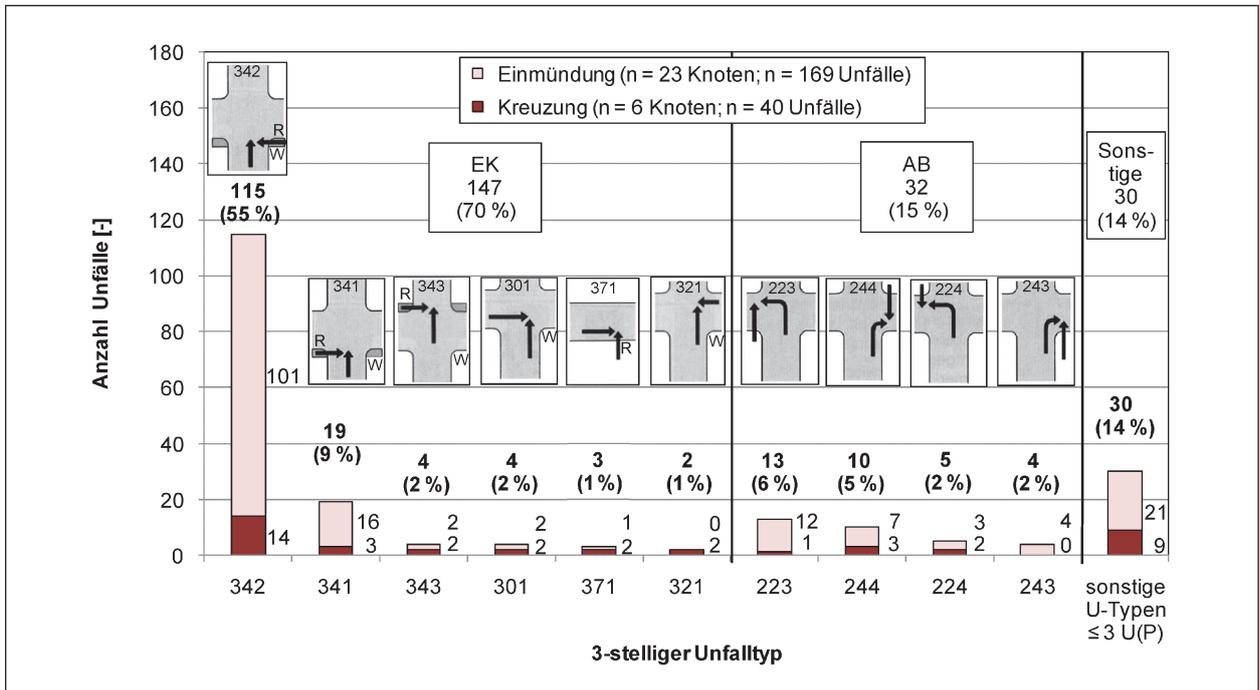


Bild 67: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 29 unfallauffälligen Knotenpunkten mit der Radverkehrsführung „nicht abgesetzt mit Furt“ (n = 209 Unfälle)

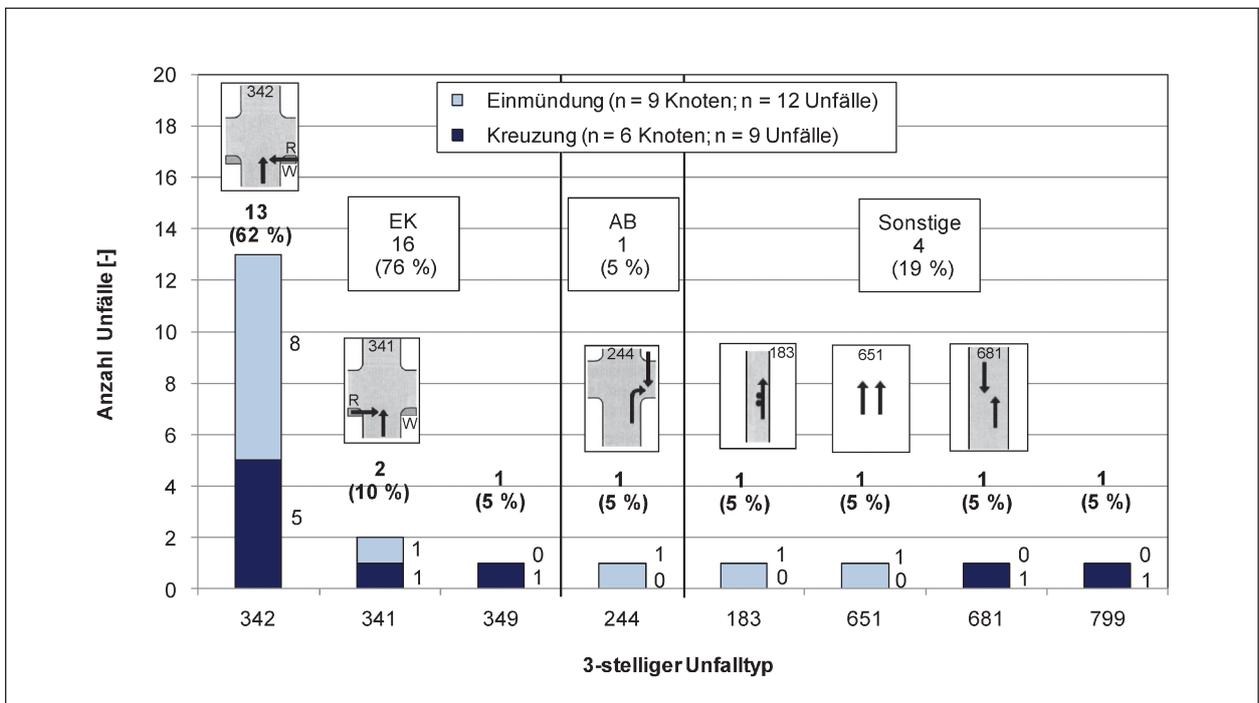


Bild 68: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 15 Nachbarknotenpunkten von unfallauffälligen Knotenpunkten mit der Radverkehrsführung „nicht abgesetzt mit Furt“ (n = 21 Unfälle)

Radverkehrs- führung	über Nebenrichtung, vorfahrtberechtigt, nicht abgesetzt (≤ 4 m) mit Furt	sonstige Führungen
Knotenpunkte		
unfallauffällige Knoten- punkte	1,25	0,70
Nachbarknotenpunkte	0,24	0,13

Tab. 13: Unfalldichten $[U(P)/(K \cdot a)]$ an unfallauffälligen Knotenpunkten und deren Nachbarknotenpunkten differenziert nach Radverkehrsführungsformen

Auffällig sind hierbei ebenfalls die unfallauffälligen Knotenpunkte mit vorfahrtberechtigten Radverkehrsführungen auf nicht abgesetzten Furten, die die mit Abstand höchsten Unfalldichten aufweisen (Tabelle 13).

Zur Erklärung der deutlichen Unterschiede im Unfallgeschehen bei übereinstimmender Führungsform wird der entscheidende Einflussfaktor in der Verkehrsstärke der untergeordneten Straße bzw. im Belastungsverhältnis zu suchen sein.

In Ermangelung der Kenntnisse zu den tatsächlichen Verkehrsstärken der betrachteten Knotenpunkte soll ersatzweise die Verkehrsbedeutung der jeweils untergeordneten Straße als Indikator herangezogen werden. Hierbei wird danach unterschieden, ob die untergeordnete Straße bezogen auf die Straßenkategorie gleichrangig oder nachrangig ist. Da der Gegenstand dieser Untersuchung Landstraßen der EKL 3 sind, wird angenommen, dass es sich bei angebundenen Bundes- und Landesstraßen um gleichrangige und bei angebundenen Kreisstraßen und Sonstigen Straßen um nachrangige Verknüpfungen handelt.

Bei den unfallauffälligen Knotenpunkten beträgt der Anteil der gleichrangigen Verknüpfungen 51 %, bei den Nachbarknotenpunkten nur 17 %. Entsprechend betragen die Anteile bei den nachrangigen Verknüpfungen 49 % bzw. 83 % (Tabelle 14).

Am Gesamtunfallgeschehen sind die Knotenpunkte mit gleichrangigen Verknüpfungen zu 58 % beteiligt, die Knotenpunkte mit einer nachrangigen Verknüpfung zu 42 %.

Aus der Unfalldichte geht die große Bedeutung der gleichrangigen Verknüpfungen für das Unfallgeschehen aber deutlicher hervor, wonach sich mehr als doppelt so viele Radverkehrsunfälle pro Jahr (Dichte) an Knotenpunkten mit gleichrangiger Ver-

Knotenpunkte	unfallauffällige Knotenpunkte (n = 37)	Nachbarknoten- punkte (n = 24)
Verkehrs- bedeutung		
gleichrangig	19	4
nachrangig	18	20

Tab. 14: Anzahl von unfallauffälligen Knotenpunkten und Nachbarknotenpunkten differenziert nach der Verkehrsbedeutung der untergeordneten Straße

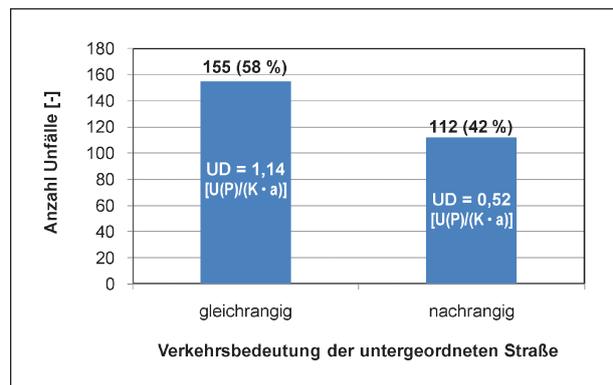


Bild 69: Unfälle und Unfalldichten an Knotenpunkten differenziert nach der Verkehrsbedeutung der untergeordneten Straße (n = 61 Knotenpunkte; U-Kat. 1-3; n = 267 Unfälle)

knüpfung gegenüber denen mit nachrangiger Verknüpfung ereignet haben (Bild 69).

Aus diesen Befunden lässt sich zumindest die Tendenz aussagen, dass die Verkehrsstärke eines Knotenpunkts, die bei gleichrangigen Verknüpfungen als höher angenommen werden kann als bei nachrangigen, einen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat, zumal die Dominanz der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle ein hohes Maß an Einbiege- und Kreuzvorgängen voraussetzt.

Zur weiteren Stützung dieser Tendenzaussage müssten allerdings Unfalluntersuchungen auf Basis von Knotenstromanalysen durchgeführt werden, die im Rahmen dieses Projekts nicht vorgenommen werden können.

Weitere Hinweise in diese Richtung gibt die Betrachtung der Knotenpunktgeometrie: Unter den 6 unfallträchtigsten Knotenpunkten (mit 10 oder mehr Unfällen) befinden sich 4 Knotenpunkte, bei denen die angebundene Straße eine Rampe eines teilplanfreien oder -gleichen Knotenpunkts zu einer anderen Bundes- oder Landesstraße darstellt, über die der Radverkehr geführt wird. In den beiden anderen Fällen sind Landesstraßen angebunden

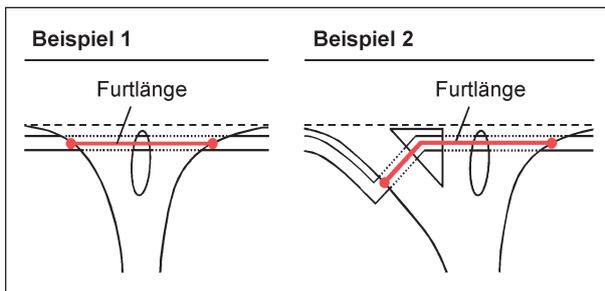


Bild 70: Prinzipischnen zur Ermittlung der Länge der Radfurt

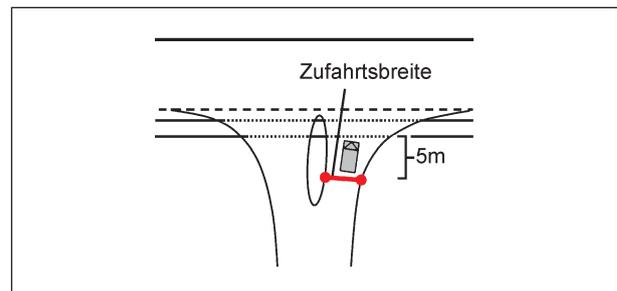


Bild 72: Prinzipischnen zur Ermittlung der Zufahrtsbreite vor der Radfurt

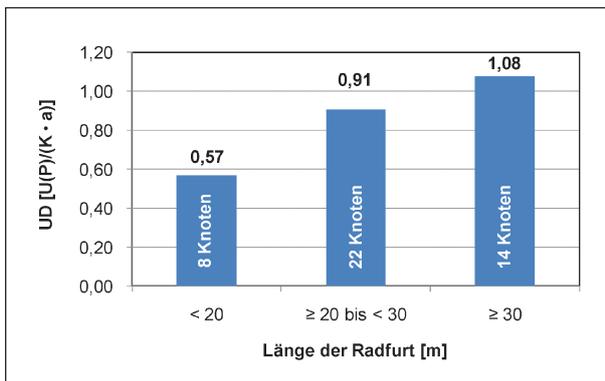


Bild 71: Unfalldichte an Knotenpunkten mit vorfahrtberechtigten, nicht abgesetzten Furten differenziert nach der Länge der Radfurt (n = 44 Knotenpunkte; U.-Kat 1-3; n = 230 Unfälle)

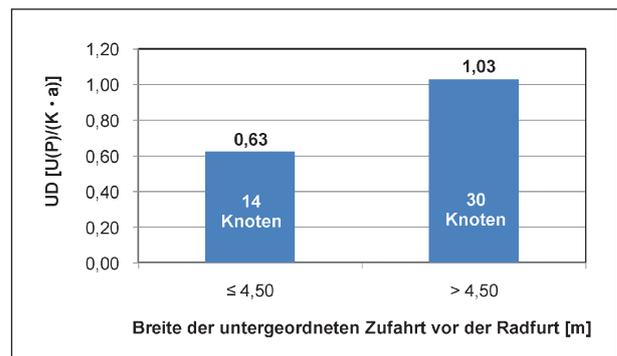


Bild 73: Unfalldichte an Knotenpunkten mit vorfahrtberechtigten, nicht abgesetzten Furten differenziert nach der Breite der untergeordneten Zufahrt vor der Radfurt (n = 44 Knotenpunkte; U.-Kat 1-3; n = 230 Unfälle)

(plangleich), die in der untergeordneten Knotenpunktzufahrt über zwei markierte Fahrstreifen verfügen. In diesen Fällen ist eine hohe Verkehrsbelastung der angebotenen Straßen wahrscheinlich und bekräftigt die Tendenzaussagen zum Einfluss der Verkehrsstärke.

Zudem kann sich die Komplexität eines Knotenpunkts auf das Unfallgeschehen auswirken, die in der Regel mit zunehmender Verkehrsbedeutung des Knotenpunkts ebenfalls ansteigt. Da sich die Knotenpunkte untereinander zum Teil deutlich hinsichtlich Fahrstreifenanzahl und Ausbildung bzw. Vorhandensein von Fahrbahnteilern und Dreiecksinseln unterscheiden, wird vereinfachend die Länge der Radfurt als Maß für die Komplexität des Knotenpunkts herangezogen (Bild 70).

Bei Knotenpunkten mit vorfahrtberechtigter Radverkehrsführung über nicht abgesetzte Furten ist ein Anstieg der Unfalldichte mit zunehmender Länge der Radfurt erkennbar, was den oben genannten Einfluss auf das Unfallgeschehen bestätigt (Bild 71).

Darüber hinaus haben offenbar auch untergeordnete Knotenpunktzufahrten von über 4,50 m Breite,

gemessen im Abstand von 5,00 m vor der Radfurt, einen negativen Einfluss auf das Unfallgeschehen, da sich Fahrzeuge nebeneinander aufstellen können und es zu Sichtbehinderungen auf den Radverkehr kommen kann (Bild 72 und Bild 73).

Neben diesen Merkmalen können weitere Randbedingungen, wie z. B. die Heranführung des Kfz-Verkehrs an den Knotenpunkt (hinsichtlich zulässiger Höchstgeschwindigkeit und Sichtverhältnissen auf den Radverkehr), einen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben. Weitergehende Analysen sind allerdings aufgrund der hierzu nicht vorliegenden Daten nicht möglich oder nicht zielführend, da sich die einzelnen Knotenpunkte in ihren jeweiligen Merkmalen zum Teil stark voneinander unterscheiden und somit zu viele Unterscheidungen getroffen werden müssten.

Insgesamt kann jedoch auf Basis des analysierten Unfallgeschehens die Empfehlung ausgesprochen werden, bei gleichrangigen Verknüpfungen mit relativ geringen Unterschieden in den Verkehrsstärken der straßenverkehrsrechtlich vorfahrtberechtigten und der untergeordneten Straße auf die vorfahrtberechtigte Führung des Radverkehrs über die unter-

geordnete Straße zu verzichten und den Radverkehr abgesetzt und wartepflichtig zu führen. Über eher schwächer bzw. schwach belastete Knotenpunktarme kann eine vorfahrtberechtigte Führung durchaus zweckmäßig und sicher sein, sofern ausreichende Sichtfelder auf den Radverkehr gegeben sind und es sich von den Abmessungen herum kleinräumige Knotenpunkte handelt, die über eine geringe Länge der Radfurt und eine geringe Breite der Zufahrt der untergeordneten Straße, die ein Nebeneinanderaufstellen von Fahrzeugen nicht erlaubt, verfügen.

Zu den Radverkehrsführungsformen über die übergeordnete Straße sowie zur Führung auf der Fahrbahn können nur insofern Aussagen gemacht werden, als dass diese im Unfallgeschehen nicht besonders auffällig sind, da nur einzelne Fallbeispiele vorliegen.

8 Bewertung der Zweckmäßigkeit fahrbahnbegleitender Radwege

Ziel des Projektes war es, Anhaltswerte zur Entscheidung der Zweckmäßigkeit eines fahrbahnbegleitenden Radwegs bzw. gemeinsamen Geh- und Radwegs an Straßen der EKL 3 (RAL, 2012) bereitzustellen. Aufgrund der sehr geringen Radverkehrsstärken auf den Untersuchungsstrecken und der fehlenden Variation, kann im Rahmen dieser Untersuchung auf Basis von Radverkehrsstärken keine Zweckmäßigkeit ermittelt werden.

Aufgrund der zuvor durchgeführten Analysen (vergleiche Kapitel 6) liegt es nahe, die Einsatzgrenzen für die Anlage von fahrbahnbegleitenden Radwegen an Landstraßen von der Häufigkeit abhängig zu machen, mit der Radfahrer auf der Fahrbahn in einen kritischen Überholvorgang verwickelt wurden. Bei einem solchen Ansatz gilt es, Grenzwerte in Abhängigkeit des Gefährdungspotenzials auf Grundlage des Seitenabstands und der Überholgeschwindigkeit Kfz/Rad bei Überholvorgängen (vergleiche Kapitel 6) zu bestimmen.

Da das Gefährdungspotenzial von Radfahrern nicht den Radverkehrsunfällen auf den Untersuchungsstrecken zugeordnet bzw. diesen gegenübergestellt werden kann, weil sich lediglich auf 2 von 17 Untersuchungsstrecken Unfälle mit Radfahrerbeteiligung ereignet haben (vergleiche Kapitel 7.1), müssen andere Bezugsgrößen für die Gefährdung gewählt werden.

Im vorliegenden Fall werden dazu die bei den Befahrungen ermittelten Anteile kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen herangezogen.

Eine Möglichkeit ergibt sich durch die Aufsummierung der erfassten kritischen Überholvorgänge bei Gegenverkehr auf den betrachteten Strecken mit Bezug zur Tagesverkehrsbelastung, woraus sich eine s-förmige Werteverteilung ergibt. Hiernach hat sich die Hälfte der kritischen Überholvorgänge bei Gegenverkehr auf 5 der 20 Untersuchungsstrecken ereignet, die mit rund 7.800 Kfz/24 h oder mehr belastet sind. Mit der Anlage eines fahrbahnbegleitenden Radwegs ab dieser Belastungsgrenze ließen sich 50 % der kritischen Überholvorgänge bei Gegenverkehr vermeiden.

80 % der kritischen Überholvorgänge bei Gegenverkehr ließen sich beispielsweise demgegenüber vermeiden, wenn an allen Strecken mit über 6.000 Kfz/24 h ein Radweg angelegt würde (Bild 74).

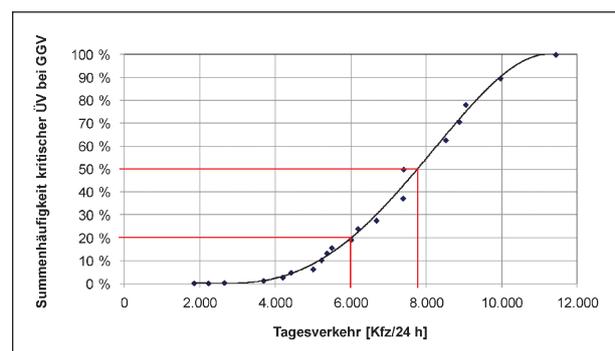


Bild 74: Summenhäufigkeit kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr in Abhängigkeit des Tagesverkehrs auf den Untersuchungsstrecken (n = 832 Überholvorgänge auf 20 Strecken)

9 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

9.1 Makroskopische Unfallanalyse

Bei der Analyse des bundesweiten Unfallgeschehens mit Radfahrerbeteiligung in den Jahren 2008 bis 2012 auf Landstraßen hat es sich sowohl wegen des unterschiedlichen Unfallaufkommens und dessen Entwicklung als auch der unterschiedlichen Unfalltypenstruktur als zweckmäßig erwiesen, die Auswertungen auf Bundes- und Landesstraßen zu fokussieren, die in diesem Zeitraum ca. 16.000 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung zu verzeichnen hatten. Diese Anzahl Unfälle entspricht einem Anteil von knapp weniger als einem Prozent am bundesweiten Gesamtunfallgeschehen und etwa 4 % am bundesweiten Unfallgeschehen mit Radfahrerbeteiligung der Unfallkategorien 1 bis 4.

Knapp zwei Drittel dieser Radverkehrsunfälle waren Unfälle mit Leichtverletzten, etwa ein Drittel waren Unfälle mit Schwerverletzten und drei Prozent Unfälle mit Getöteten; der Anteil von Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden war verschwindend gering.

Diese Zusammensetzung zeigt deutlich, dass die Analyse der Kategorien 1 bis 4 das gesamte Unfallgeschehen mit Radfahrerbeteiligung auf Bundes- und Landesstraßen hinreichend abdeckt.

Die jahreszeitliche Verteilung der Radverkehrsunfälle sowie die Verteilung auf die Wochentage und Uhrzeiten verdeutlicht die Bedeutung des Freizeitradverkehrs im Hinblick auf das Unfallgeschehen auf Bundes- und Landesstraßen, was sich auch darin zeigt, dass die überwiegende Zahl der Unfälle bei günstigen Witterungsverhältnissen (trockene Fahrbahn und Tageslicht) geschehen ist.

Etwa die Hälfte der Radverkehrsunfälle ereignete sich an Knotenpunkten mit einem dominanten Anteil von Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen.

Gefällestrecken wurden dreimal so häufig als Unfallstelle wie Steigungen genannt; auch Kurven sind im Hinblick auf das Unfallgeschehen bedeutsam.

Etwa ein Fünftel der Radverkehrsunfälle waren Alleinunfälle, drei Viertel waren Unfälle mit zwei Beteiligten und der Rest sogar Unfälle mit mehr als zwei Beteiligten, wobei in ca. zwei Drittel aller Fälle Kraftfahrzeuge als Unfallgegner beteiligt waren.

Mehr als ein Drittel der beteiligten Radfahrer waren zwischen 40 und 59 Jahre alt, knapp ein Viertel über 60 Jahre, gut ein Fünftel zwischen 18 und 39 Jahre; Kinder und Jugendliche bis 17 Jahre waren am wenigsten am Unfallgeschehen beteiligt.

Die räumliche Verteilung des analysierten Unfallgeschehens mit Radfahrerbeteiligung auf Bundes- und Landesstraßen auf die Bundesländer zeigt sowohl bezüglich der Absolutwerte als auch der Unfalldichte und Unfallbelastung große Unterschiede und in Abhängigkeit des betrachteten Kennwerts abweichende Rangfolgen. Eine belastbare vergleichende Bewertung ließe sich jedoch nur über die Unfallrate bezogen auf die Fahrleistung im Radverkehr je Bundesland, über die aber keine Angaben verfügbar sind, durchführen.

9.2 Empirische Untersuchungen zum Verkehrsablauf und Gefährdungspotenzial von Radfahrern

Die auf Grundlage der mehrgleisigen Recherche ausgewählten Untersuchungsstrecken decken das Merkmalsspektrum aus Geländetyp, Fahrbahnbreite, Kfz-Belastung und zulässige Höchstgeschwindigkeit hinreichend ab. Da von den 17 Untersuchungsstrecken drei Strecken sowohl werktags als auch sonntags mit dem Rad befahren wurden (20 Messeinheiten), konnten insgesamt über 13.400 Überholvorgänge erzeugt und mit dem eigens entwickelten Messequipment erfasst und später ausgewertet werden. Die getroffenen Fallunterscheidungen der Überholvorgänge in Fälle bei und ohne Gegenverkehr bzw. mit und ohne Beeinflussung durch Gegenverkehr sowie Überholungen aus der Kolonne haben sich als zielführend erwiesen.

Die Detailanalysen der Überholvorgänge ergaben als wesentliche Erklärungsgrößen des Gefährdungspotenzials von Radfahrern bei Überholvorgängen den Seitenabstand Kfz/Rad und die Überholgeschwindigkeit, die im Zusammenwirken kritische und unkritische Überholvorgänge unterscheiden lassen. Mit der aus vorliegenden Untersuchungen und Regelwerken abgeleiteten Grenzlinie, die für Überholvorgänge durch Lkw modifiziert wurde, ergab sich der größte Anteil kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr, die damit als Maß für das Gefährdungspotenzial angesehen werden können. Ihr Anteil an allen Überholvorgängen auf den Untersuchungsstrecken ist stark mit deren mittleren Ge-

genverkehrsstärke [Kfz/h] und Tagesverkehr [Kfz/24 h] korreliert:

Mit zunehmender Gegenverkehrsstärke und zunehmendem Tagesverkehr wächst der Anteil kritischer Überholvorgänge auf den Untersuchungsstrecken linear an.

9.3 Mikroskopische Unfallanalyse

Die ursprünglich verfolgte Absicht, das mithilfe der Messfahrten analysierte Gefährdungspotenzial durch einen Abgleich mit dem Unfallgeschehen zu validieren, konnte aufgrund fehlender Unfallzahlen nicht umgesetzt werden. Auf 15 der 17 Untersuchungsstrecken wurden in drei Jahren keine und auf zwei Strecken ein bzw. zwei Radverkehrsunfälle polizeilich erfasst.

Wegen dieses zu geringen Unfallgeschehens konnte auch keine Nutzen/Kosten-Betrachtung durchgeführt werden, deren Nutzenkomponente durch „vermeidbare Unfallkosten bei Radverkehrsunfällen“ zu quantifizieren gewesen wäre.

Wenn man sich – u. a. im Sinne von Angebotsplanung – zur Anlage eines fahrbahnbegleitenden Radwegs entscheidet, so muss man der Führung des Radverkehrs an Knotenpunkten bezüglich der Verkehrssicherheit besondere Beachtung schenken.

Durch die gezielte Recherche über Unfalltypenkarten nach unfallauffälligen Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (ohne Kreisverkehre) konnten 37 solcher Knotenpunkte in verschiedenen Bundesländern mit 24 Nachbarknotenpunkten identifiziert werden, die mit rund 270 Unfällen auch nach notwendiger Differenzierung, z. B. nach Knotenpunktform und Art der Radverkehrsführung, noch auswertbare Kollektive aufwiesen. Zunächst war auffällig, dass bei allen betrachteten Knotenpunkten die vorfahrtberechtigte Radverkehrsführung über z. T. roteingefärbte nicht abgesetzte Furten deutlich überwog und es bei den unfallauffälligen Knotenpunkten keine Fälle mit abgesetzter wartepflichtiger Radverkehrsführung gab.

Allerdings war festzustellen, dass sich die Anzahl der Unfälle an den unfallauffälligen Knotenpunkten und den Nachbarknotenpunkten deutlich unterschied. Nahezu identisch zeigte sich jedoch die Struktur der Unfalltypen: in beiden Fällen überwogen die Einbiege/Kreuzen-Unfälle deutlich.

Ein Vergleich der unfallauffälligen Knotenpunkte und der Nachbarknotenpunkte mit derselben Führungsform des Radverkehrs zeigt erneut große Unterschiede in der Anzahl der Unfälle. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Führungsform des Radverkehrs nicht die entscheidende Ursache für diese Unterschiede im Unfallgeschehen darstellt.

Stattdessen ist anzunehmen, dass der Unterschied im Unfallgeschehen im Wesentlichen in der Verkehrsstärke der untergeordneten Zufahrt bzw. im Belastungsverhältnis zwischen übergeordneter Straße und untergeordneter Zufahrt zu suchen sein wird.

In Ermangelung der Kenntnis der tatsächlichen Verkehrsstärken der betrachteten Knotenpunkte wurde ersatzweise die Verkehrsbedeutung der jeweils untergeordneten Zufahrt als Indikator herangezogen, wobei danach unterschieden wurde, ob die untergeordnete Straße bezogen auf die Straßenkategorie gleichrangig oder nachrangig war. Dahinter steht die Erkenntnis, dass die Belastungen der untergeordneten Zufahrten bei gleichrangigen Verknüpfungen in der Regel deutlich höher sind als bei nachrangigen Verknüpfungen. Bei den unfallauffälligen Knotenpunkten betrug der Anteil der gleichrangigen Verknüpfungen etwa die Hälfte, bei den Nachbarknotenpunkten nur ein Fünftel.

Am Gesamtunfallgeschehen waren die Knotenpunkte mit gleichrangigen Verknüpfungen deutlich stärker beteiligt als die Knotenpunkte mit nachrangigen Verknüpfungen. Die Unfalldichten betragen an Knotenpunkten mit gleichrangigen Verknüpfungen mehr als das Doppelte des Wertes an Knotenpunkten mit nachrangigen Verknüpfungen.

Aus diesen Befunden lässt sich zumindest die Tendenzaussage ableiten, dass die Verkehrsstärke eines Knotenpunkts, die bei gleichrangigen Verknüpfungen als höher angenommen werden kann als bei nachrangigen, einen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat, zumal die Dominanz der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle ein hohes Maß an Einbiege- und Kreuzenvorgängen voraussetzt.

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass auch die Länge der Radfurt und die Breite der Knotenpunktzufahrt für den Kfz-Verkehr in der untergeordneten Zufahrt, die im Zusammenhang mit der Komplexität und Übersichtlichkeit des Knotenpunkts stehen, einen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben: in beiden Fällen nimmt die Unfalldichte mit zunehmender Länge bzw. Breite zu.

Es wird empfohlen, zumindest bei gleichrangigen Verknüpfungen auf eine vorfahrtberechtigte Radverkehrsführung über eine fahrbahnahe Furt zu verzichten. Dies korrespondiert mit den grundsätzlichen Aussagen der RAL (2012), wonach der Radverkehr in der Regel wartepflichtig über die untergeordnete Zufahrt geführt werden soll und nur bei geringer Verkehrsbelastung der einmündenden Straße vorfahrtberechtigt geführt werden soll.

9.4 Bewertung der Zweckmäßigkeit fahrbahnbegleitender Radwege

Aufgrund der Erkenntnisse aus den empirischen Untersuchungen zum Verkehrsablauf und zum Gefährdungspotenzial von Radfahrern lag es nahe, die Einsatzgrenzen für die Anlage von fahrbahnbegleitenden Radwegen an Landstraßen von der Häufigkeit abhängig zu machen, mit der Radfahrer auf der Fahrbahn in einen kritischen Überholvorgang verwickelt werden. Bei einem solchen Ansatz gilt es, Grenzwerte in Abhängigkeit des Gefährdungspotenzials auf Grundlage des Seitenabstands und der Überholgeschwindigkeit Kfz/Rad bei Überholvorgängen zu bestimmen.

Eine Möglichkeit ergibt sich durch die Aufsummierung der kritischen Überholvorgänge bei Gegenverkehr auf den Untersuchungsstrecken mit Bezug zur Tagesverkehrsbelastung, womit sich das Vermeidungspotenzial kritischer Überholvorgänge bei Gegenverkehr in Abhängigkeit von der Tagesverkehrsbelastung [Kfz/24 h] bestimmen lässt.

Die in diesem Projekt durchgeführten Videoanalysen an 9 Knotenpunkten von Bundes- und Landstraßen mit 11 Messeinheiten ergaben im Gegenteil verschwindend geringe Radverkehrsbelastungen mit maximalen Querschnittsbelastungen in den Knotenpunktarmen von im Mittel 8 Radfahrern in 12 Stunden bis zu höchstens 32 Radfahrern in 12 Stunden.

Aufgrund dieses sehr geringen Radverkehrsaufkommens wurde geprüft, ob die für die Messung des Annäherungsverhaltens beim Passieren selbst erzeugten Radverkehrsstärken ersatzweise als Bezugsgröße für den nicht beobachtbaren Radverkehr herangezogen werden konnten. Nach sorgfältiger Abwägung wurde jedoch aus methodischen Gründen von einem solchen Ansatz Abstand genommen.

9.5 Weiterer Forschungsbedarf

Zur Stützung der Aussage zum Einfluss der Verkehrsstärke auf die Verkehrssicherheit des Radverkehrs in Knotenpunkten müssten allerdings Unfalluntersuchungen auf Basis von Knotenstromanalysen durchgeführt werden, womit zugleich eine der weiterführenden Forschungsfragen angesprochen ist.

Darüber hinaus sind die empirischen Kenntnisse bezüglich des Verkehrsaufkommens im Radverkehr – nicht nur auf Bundes- und Landesstraßen – sehr gering. Da sie im Rahmen eines einzelnen Forschungsprojektes immer nur begrenzt gewonnen werden können, wäre die systematische Schaffung einer belastbaren Datenbasis, z. B. im Rahmen der Straßenverkehrszählung SVZ wünschenswert.

Die im ersten Teil der Untersuchung für einige Knotenpunkte durchgeführten videogestützten Interaktions- und Konfliktbeobachtungen haben sich aufgrund der geringen Radverkehrsstärken und der damit wenigen beobachtbaren Interaktionen als nicht zielführend erwiesen. Hier fehlt ein geeignetes Abschätzungsverfahren, ab welchen Interaktions- bzw. Konfliktverkehrsstärken sich der Einsatz dieses an sich ausgereiften, aber aufwendigen Beobachtungsverfahrens lohnt.

Literatur

- Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 08/2013: Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Ausgabe 2012. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, den 16. Mai 2013
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) vom 22. Oktober 1998 in der Fassung vom 17. Juli 2009
- ALRUTZ, D.; BRÜNINK, N.: Schutzstreifen außerorts – Modellversuch zur Abmarkierung von Schutzstreifen außerorts und zur Untersuchung der Auswirkungen auf die Sicherheit und Attraktivität im Radverkehrsnetz. NRVP-Projekt im Auftrag des Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern, Phase I, Hannover 2012
- ANGENENDT, W.; BLASE, A.; BRÄUER, D.; DRAEGER, W.: Fußgänger und Radfahrer an

- Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete. FE 02.179/1998/KGB im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (ehemals BMVBS), Bonn 2001 (unveröffentlicht)
- Auto Club Europa (ACE): Fahrrad-Unfälle – eine Studie des ACE Auto Club Europa. Stuttgart 2010
- BAIER, R.; GÖBBELS, A.; KLEMP-S-KOHNEN, A.: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V 228, Bergisch Gladbach 2013
- CROW: Ontwerprijzer fietsverkeer, Publicatie 230, Ede (Niederlande) 2006
- Deutsches Institut für Urbanistik (Difu): Radverkehrsanlagen außerorts. Forschung Radverkehr – Infrastruktur, Ausgabe I-8/2012, Berlin 2012
- Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Ausgabe 2010. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2010
- GARDNER, E.: Cycling on Higher Speed Roads. Austroads Research Report (AP-R410-12), Sydney (Australien) 2012
- Grundsätze für Bau- und Finanzierung von Radwegen im Zuge von Bundesstraßen in der Baulast des Bundes (10. Schreiben, Az. S 11/7123.10/6-1-891608). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, den 17. Oktober 2008
- HEINRICH, S.; PÖPPEL-DECKER, M.; SCHÖNEBECK, S.; ULITZSCH, M.: Unfallgeschehen auf Landstraßen, eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Mensch und Sicherheit, Heft M 209, Bergisch Gladbach 2010
- Hinweise zum Radverkehr außerhalb städtischer Gebiete (H RaS), Ausgabe 2002. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2002
- LERNER, M.; KRANZ, T.; SCHEPERS, A.: Bewertung der Straßenverkehrsunfälle. Entwicklung der Unfallkosten in Deutschland 2005 bis 2010 – Unfallkostensätze 2010. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, Ausgabe 4/2012, Seiten 188-191
- Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko), Ausgabe 2012. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2012
- Richtlinie 2002/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. März 2002 über die Typgenehmigung für zweirädrige oder dreirädrige Kraftfahrzeuge, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 9. Mai 2002
- Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), Ausgabe 2012. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2012
- Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Ausgabe 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2006
- Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfa-den für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N), Ausgabe 1988. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1988
- Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q), Ausgabe 1982. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1982
- Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q), Ausgabe 1996. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1996
- Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN), Ausgabe 2008. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA), Ausgabe 2010. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2010
- ROSÉN, E.; SANDER, U.: Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. Accident Analyses and Prevention, Volume 41, pp. 536-542, Vårgårda (Schweden) 2009
- SCHEPERS, J. P.; VOORHAM, J.: Oversteekongevallen met fietsers, het effect van infrastructuurkenmerken op voorrangsiintersections. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), Delft (Niederlande) 2010

Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle 2013. Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden 2014

Straßenverkehrsgesetz (StVG) vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 2. März 2015 (BGBl. I S. 186)

Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367) in der in Kraft getretenen Neufassung vom 1. April 2013

SWOV Institute for Road Safety Research: Fact sheet – Bicycle facilities on distributor roads, Leidschendam (Niederlande) 2010

Unfallforschung der Versicherer (UDV): Unfallforschung kompakt. Neues Risiko Pedelec? In: Forschungsbericht Nr. 46. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin 2014

Bilder

Bild 1: Untersuchungsablauf

Bild 2: Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden auf Landstraßen nach Art der Verkehrsbeteiligung 2000 bis 2007 (HEINRICH et al., 2010)

Bild 3: Wahrscheinlichkeit, als Fußgänger in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit tödlich zu verunglücken (GARDNER, 2012)

Bild 4: Regelquerschnitt RQ 11 für Straßen der EKL 3, Abmessungen in [m] (RAL, 2012)

Bild 5: Lage und Maße eines gemeinsamen Geh- und Radwegs (RAL, 2012)

Bild 6: Lage einer Mittelinsel als Überquerungshilfe in der Verziehung des Linksabbiegestreifens in der übergeordneten Straße (H RaS, 2002)

Bild 7: Beispiel für einen Links- und Rechtsversatz (SWOV, 2010)

Bild 8: Unfalltyp 342 „bevorrechtigtes Fahrzeug vom Radweg“ nach dem Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko, 2012)

Bild 9: Mittelinsel als Querungshilfe für Rad- und Fußgängerverkehr (RAL, 2012)

Bild 10: Unfallbeteiligte nach Art der Verkehrsbeteiligung auf Landstraßen (2000 – 2012; U-Kat. 1-3; n = 2.042.291)

Bild 11: Unfallbeteiligte Radfahrer auf Landstraßen (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 34.514)

Bild 12: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfallkategorie und zeitlicher Entwicklung (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 13: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfalltyp (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 14: Jahreszeitliche Verteilung der Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 15: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Uhrzeit und Wochentag (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 16: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfalltyp (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 17: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Unfallart (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 18: Genannter Straßenzustand bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) mit Mehrfachnennungen (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.967)

Bild 19: Genannte Lichtverhältnisse bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)

Bild 20: Charakteristik der Unfallstelle nach genannten Knotenpunktformen bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 8.051)

- Bild 21: Charakteristik der Unfallstelle nach genannten Trassierungsmerkmalen bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 3.556)
- Bild 22: Genannte Altersklassen bei Unfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; 17.786 Nennungen bei 15.904 U)
- Bild 23: Beteiligtenstruktur bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)
- Bild 24: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Bundesländern (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)
- Bild 25: Unfalldichte auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) nach Bundesländern (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)
- Bild 26: Unfallbelastung (Radverkehrsunfälle) auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) je 100.000 Einwohner nach Bundesländern (2008 – 2012; U-Kat. 1-4; n = 15.904)
- Bild 27: Topografie in der Bundesrepublik
- Bild 28: Typisierungsstruktur für die Streckenauswahl
- Bild 29: Elektrofahrrad mit fest installiertem Mess-equipment
- Bild 30: Equipmentbox mit hinterer Kamera
- Bild 31: Verkabelung und Lenker mit Bedieneinheit und vorderer Kamera
- Bild 32: Videobild mit Kameraperspektiven und geometrischem Raster
- Bild 33: Vergleich der gemessenen Geschwindigkeiten von DriftBox und Columbus V-900 Data Logger
- Bild 34: Ablesefehler beim Einsinken der Feder-gabel um 1,5 cm
- Bild 35: Auswerte-Bildschirm der vorderen Kamera mit festgelegten Punkten für den rechten Vorderreifen (rotes Kreuz) und den Abstand zum Fahrbahnrand (gelbes Kreuz)
- Bild 36: Vergleich der gemessenen und berechneten Geschwindigkeiten des überholenden Pkw
- Bild 37: Definition des Überholwegs
- Bild 38: Definition der Seitenabstände im Überholvorgang
- Bild 39: Fallunterscheidungen bei Überholvorgängen
- Bild 40: Überholvorgänge von Kraftfahrzeugen auf den Untersuchungsstrecken nach Fallunterscheidung (n = 13.424)
- Bild 41: Überholvorgänge von Kraftfahrzeugen auf den Untersuchungsstrecken nach Fallunterscheidung und Fahrbahnbreiten (n = 13.424)
- Bild 42: Relative Summenhäufigkeit der Kfz-Geschwindigkeit bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr
- Bild 43: Relative Summenhäufigkeit des Seitenabstands Kfz – Rad bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr
- Bild 44: Relative Summenhäufigkeit des lichten Seitenabstands zwischen Kraftfahrzeug und Fahrrad während des Überholvorgangs bei freier Fahrt in Abhängigkeit des Gegenverkehrs
- Bild 45: Relative Summenhäufigkeit des lichten Seitenabstands zwischen Kraftfahrzeug und Fahrrad während des Überholvorgangs aus der Kolonne heraus in Abhängigkeit des Gegenverkehrs
- Bild 46: Relative Summenhäufigkeit des Seitenabstands zwischen Fahrrad und Fahrbahnrand während des Überholvorgangs eines Kraftfahrzeugs (Überholvorgang bei freier Fahrt) in Abhängigkeit des Gegenverkehrs
- Bild 47: Relative Summenhäufigkeit des Seitenabstands zwischen Fahrrad und Fahrbahnrand während des Überholvorgangs eines Kraftfahrzeugs (Überholvorgänge aus der Kolonne heraus) in Abhängigkeit des Gegenverkehrs

- Bild 48: Relative Summenhäufigkeit der Kraftfahrzeuggeschwindigkeit während des Überholvorgangs bei freier Fahrt in Abhängigkeit des Gegenverkehrs
- Bild 49: Relative Summenhäufigkeit der Kraftfahrzeuggeschwindigkeit während des Überholvorgangs aus der Kolonne heraus in Abhängigkeit des Gegenverkehrs
- Bild 50: Seitenabstandsverhalten zwischen überholendem Kraftfahrzeug und Fahrrad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit im Kraftfahrzeugverkehr, ohne Gegenverkehr (n = 9.649 Überholvorgänge)
- Bild 51: Seitenabstandsverhalten zwischen überholendem Kraftfahrzeug und Fahrrad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit im Kraftfahrzeugverkehr, Begegnungsfall Pkw/Pkw (Fall 4, K4, 5, K5; n = 1.210 Überholvorgänge)
- Bild 52: Seitenabstandsverhalten zwischen überholendem Kraftfahrzeug und Fahrrad in Abhängigkeit der Fahrposition des Radfahrers vom Fahrbahnrand, alle Überholvorgänge (n = 13.424 Überholvorgänge)
- Bild 53: Gefährdungspotenzial Kfz – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands
- Bild 54: Verkehrsräume und lichte Räume beim Nebeneinanderfahren von Fahrrad und Kraftfahrzeug nach den RAST (2006)
- Bild 55: Gefährdungspotenzial Pkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands (n = 12.197 Überholvorgänge)
- Bild 56: Gefährdungspotenzial Pkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands bei Überholvorgängen ohne Gegenverkehr (Fall 1 und K1; n = 8.843 Überholvorgänge)
- Bild 57: Gefährdungspotenzial Pkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands bei Überholvorgängen bei Gegenverkehr (Fall 4, K4, 5, und K5; n = 1.317 Überholvorgänge)
- Bild 58: Gefährdungspotenzial Lkw – Rad in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Seitenabstands bei allen Überholvorgängen (n = 989 Überholvorgänge)
- Bild 59: Anzahl/Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad an Überholvorgängen bei Gegenverkehr (Fall 4+K4 und Fall 5+K5) nach Fahrbahnbreite (n = 1.430)
- Bild 60: Anzahl kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad an Überholvorgängen bei Gegenverkehr je Strecke und Fahrtrichtung (n = 1.430)
- Bild 61: Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen in Abhängigkeit der mittleren Gegenverkehrsstärke (n = 832 Überholvorgänge auf 40 Richtungsstrecken)
- Bild 62: Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen in Abhängigkeit der mittleren Gegenverkehrsstärke nach Fahrbahnbreite (n = 832 Überholvorgänge auf 40 Richtungsstrecken)
- Bild 63: Anteil kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr an allen Überholvorgängen auf der Strecke in Abhängigkeit des Tagesverkehrs (n = 832 Überholvorgänge auf 20 Strecken)
- Bild 64: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 37 unfallauffälligen Knotenpunkten und deren 24 Nachbarknotenpunkte in BW, HE, NW, SN, ST und TH (n = 267 Unfälle)
- Bild 65: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 37 unfallauffälligen Knotenpunkten in BW, HE, NW, SN, ST und TH (n = 239 Unfälle)
- Bild 66: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 24 Nachbarknotenpunkten von unfallauffälligen Knotenpunkten in BW, HE, NW, SN, ST und TH (n = 28 Unfälle)
- Bild 67: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 29 unfallauffälligen Knotenpunkten mit der Radverkehrsführung „nicht abgesetzt mit Furt“ (n = 209 Unfälle)
- Bild 68: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden nach 3-stelligem Unfalltyp an 15 Nachbar-

- knotenpunkten von unfallauffälligen Knotenpunkten mit der Radverkehrsführung „nicht abgesetzt mit Furt“ (n = 21 Unfälle)
- Bild 69: Unfälle und Unfalldichten an Knotenpunkten differenziert nach der Verkehrsbedeutung der untergeordneten Straße (n = 61 Knotenpunkte; U-Kat. 1-3; n = 267 Unfälle)
- Bild 70: Prinzipskizzen zur Ermittlung der Länge der Radfurt
- Bild 71: Unfalldichte an Knotenpunkten mit vorfahrtberechtigten, nicht abgesetzten Furtten differenziert nach der Länge der Radfurt (n = 44 Knotenpunkte; U.-Kat 1-3; n = 230 Unfälle)
- Bild 72: Prinzipskizze zur Ermittlung der Zufahrtsbreite vor der Radfurt
- Bild 73: Unfalldichte an Knotenpunkten mit vorfahrtberechtigten, nicht abgesetzten Furtten differenziert nach der Breite der untergeordneten Zufahrt vor der Radfurt (n = 44 Knotenpunkte; U.-Kat 1-3; n = 230 Unfälle)
- Bild 74: Summenhäufigkeit kritischer Überholvorgänge Kfz – Rad bei Gegenverkehr in Abhängigkeit des Tagesverkehrs auf den Untersuchungsstrecken (n = 832 Überholvorgänge auf 20 Strecken)
- Tab. 5: Unfallbeteiligtenpaare nach Unfalltypen bei Radverkehrsunfällen auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen, Unfälle mit einem und zwei Beteiligten) (U-Kat. 1-4, 2008 – 2012)
- Tab. 6: Typisierungsstruktur der ausgewählten Strecken auf Basis der recherchierten Streckenparameter mit Anzahl Messeinheiten für die empirischen Erhebungen
- Tab. 7: Übersicht der Untersuchungsstrecken mit erhobenen Streckeneigenschaften (20 Messeinheiten)
- Tab. 8: Übersicht der Untersuchungsstrecken mit erfassten Überholvorgängen (20 Messeinheiten)
- Tab. 9: Erfasste Überholvorgänge ohne Gegenverkehr (20 Messeinheiten)
- Tab. 10: Gefährdungspotenzial Kfz – Rad in Abhängigkeit des Gegenverkehrs und des Geländetyps
- Tab. 11: Gefährdungspotenzial Kfz – Rad in Abhängigkeit der Fahrzeugart des überholenden Kraftfahrzeugs und des Geländetyps
- Tab. 12: Anzahl unfallauffälliger Knotenpunkte und deren Nachbarknotenpunkte differenziert nach Radverkehrsführungsformen
- Tab. 13: Unfalldichten $[U(P)/(K \cdot a)]$ an unfallauffälligen Knotenpunkten und deren Nachbarknotenpunkten differenziert nach Radverkehrsführungsformen
- Tab. 14: Anzahl von unfallauffälligen Knotenpunkten und Nachbarknotenpunkten differenziert nach der Verkehrsbedeutung der untergeordneten Straße

Tabellen

- Tab. 1: Anhaltswerte für die Zweckmäßigkeit eines gemeinsamen Geh- und Radwegs an Straßen der EKL 3 (RAL, 2012)
- Tab. 2: Anhaltswerte für die Zweckmäßigkeit fahrbahnbegleitender Radwege an Landstraßen der EKL 3 (ERA, 2010)
- Tab. 3: Belegung der Untersuchungsfallbeispiele mit Radfahrer-/Fußgänger-Unfällen auf Basis bundesweiter und regionaler Analysen (ANGENENDT et al., 2001)
- Tab. 4: Radverkehrsunfälle auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) mit Anzahl Beteiligter (U-Kat. 1-4, 2008 – 2012)

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2016

V 275: Modellversuch für ein effizientes Störfallmanagement auf Bundesautobahnen

Grahl, Skottke

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 276: Psychologische Wirkung von Arbeitsstellen auf die Verkehrsteilnehmer

Petzoldt, Mair, Krems, Roßner, Bullinger € 30,50

V 277: Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen

Kathmann, Roggendorf, Scotti

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 278: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2014

Fitschen, Nordmann € 30,50

V 279: HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen

Geistefeldt, Giuliani, Busch, Schendzielorz, Haug,

Vortisch, Leyn, Trapp € 23,00

2017

V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien

Pollack, Schulz-Ruckriegel € 15,50

V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren

Maier, Berger, Kollmus € 17,50

V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen

Lippold, Vettors, Steinert € 19,50

V 283: Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten

Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50

V 284: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten

Geistefeldt, Sievers

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 285: Praxisgerechte Anforderungen an Tausalz

Kamptner, Thümmeler, Ohmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 286: Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung

Kleine, Lehmann € 16,50

V 287: Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle

Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50

V 288: Überholungen von Lang-Lkw – Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf

Roos, Zimmermann, Köhler

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 289: Verkehrsqualität an verkehrsunabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen

Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00

V 290: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00

V 291: Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50

V 292: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw

Burg, Schrempp, Röhling, Klaas-Wissing, Schreiner

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 293: Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen

Geistefeldt, Hohmann, Estel Unterauftragnehmer: Manz € 17,50

V 294: Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB

Maibach, Tacke, Kießig € 15,50

V 295: Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss

Grotehusmann, Lambert, Fuchs, Graf € 16,50

V 296: Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße

Lippold, Schemmel, Kathmann, Schroeder

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 297: Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plangleicher Knotenpunkte an Landstraßen

Zimmermann, Beeh, Schulz, Roos

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 298: Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysesysteme

Balck, Schüller, Balmberger, Rossol

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 299: Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen

Schwietering, Neumann, Volkenhoff, Fazekas, Jakobs, Oeser

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

2018

V 300: Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoffrückhalt und Standfestigkeit von Banketten

Werkenthin, Kluge, Wessolek

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 301: Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung

Kemper, Sümmermann, Baier, Klemps-Kohnen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 302: Entwicklung einer Fahrstreifenreduktionsbeeinflussungsanlage für Baustellen auf BAB

Heinrich, Maier, Papageorgiou, Papamichail, Schober, Stamatakis

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 303: **Psychologische Wirkungen von Arbeitsstellenlängen, -staffelung und -gestaltung auf die Verkehrsteilnehmer**
Scotti, Kemper, Oeser, Haberstroh, Welter, Jeschke, Skottke € 19,50

V 304: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015**
Fitschen, Nordmann € 31,00
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: www.schuenemann-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,00

V 305: **Pilotversuche zur Behandlung der Abwässer von PWC-Anlagen**
Hartmann, Londong € 16,00

V 306: **Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest**
Lippold, Wittig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 307: **Evaluation des Sicherheitsaudits von Straßen in der Planung**
Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Bark, Beaulieu, Theis € 17,50

V 308: **Überarbeitung und Aktualisierung des Merkblattes für die Ausstattung von Verkehrsrechner- und Unterzentralen (MARZ 1999)**
Gerstenberger, Hösch, Listl, Schwietering
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 309: **Photokatalytische Oberflächen zur Minderung von Stickoxidbelastungen an Straßen – TiO₂-Pilotstudie Lärm-schutzwand**
Baum, Lipke, Löffler, Metzger, Sauer € 16,50

V 310: **Umweltfreundlicher Straßenbelag – photokatalytischer Stickstoffdioxidabbau unter Nutzung der Nanotechnologie**
Wang, Oeser, Steinauer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 311: **Feldversuch mit Lang-Lkw**
Irzik, Kranz, Bühne, Glaeser, Limbeck, Gail, Bartolomaeus, Wolf, Sistenich, Kaundinya, Jungfeld, Ellmers, Kübler, Holte, Kaschner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 312: **Sicherheitswirkung, Dauerhaftigkeit und Lärmemission von eingefrästen Rüttelstreifen**
Hegewald, Vesper, Irzik, Krautscheid, Sander, Lorenzen, Löffler, Ripke, Bommert
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

2019

V 313: **Tausalzverdünnung und -rückhalt bei verschiedenen Entwässerungsmethoden – Modellberechnungen**
Braun, Klute, Reuter, Rubbert € 18,50

V 314: **Übergreifende verkehrstechnische Bewertung von Autobahnstrecken und -knotenpunkten**
Hartmann, Vortisch, Vieten, Chatzipanagiotidou, Haug, Spangler € 18,50

V 315: **Telematisch gesteuertes Kompaktparken für das Lkw-Parkraummanagement auf Rastanlagen an BAB – Anforderungen und Praxiserprobung**
Kappich, Westermann, Holst € 15,50

V 316: **Akustische Wirksamkeit alter Lärmschutzwände**
Lindner, Hartmann, Schulze, Hübelt € 18,50

V 317: **Wahrnehmungspsychologische Aspekte (Human Factors) und deren Einfluss auf die Gestaltung von Landstraßen**
Schlag, Anke, Lippold, Wittig, Walther € 22,00

V 318: **Unfallkommissionsarbeit – Unterstützung durch einen webbasierten Maßnahmenkatalog zur Beseitigung von Unfallhäufungen**
Wolf, Berger, Bärwolff € 15,50

V 319: **Vermeidung von abflussschwachen Zonen in Verwindungsbereichen – Vergleich und Bewertung von baulichen Lösungen**
Lippold, Vettors, Ressel, Alber
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 320: **Einsatzbereiche und Entwurfselemente von Rad-schnellverbindungen**
Malik, Lange, Andriesse, Gwiasda, Erler, Stein, Thiemann-Linden € 18,00

V 322: **Automatisch gesteuerte Streustoffausbringung durch Nutzung neuer mobiler Sensoren**
Hausmann € 18,00

V 323: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2016**
Fitschen, Nordmann € 31,50
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: www.schuenemann-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,00

2020

V 321: **Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement**
Diegmann, Wurstthorn, 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 [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://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
In Vorbereitung

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**
Linda Meisel, Balzer-Hebborn, Ellmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://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 [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://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

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.