

Forschungsbericht Nr. 59

Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen

Thomas Richter
Oliver Beyer
Jörg Ortlepp
Marcel Schreiber

Forschungsbericht Nr. 59

Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen

Bearbeitet durch:

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Straßenplanung und Straßenbetrieb
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter
Oliver Beyer M.Sc.



Bei der UDV betreut von:

Dipl.-Ing. Jörg Ortlepp
Dipl.-Ing. Marcel Schreiber

Impressum

Herausgeber

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Unfallforschung der Versicherer

Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin
Tel. 030 / 20 20 – 50 00, Fax 030 / 20 20 – 60 00

E-Mail: unfallforschung@gdv.de
Internet: www.udv.de
Facebook: www.facebook.com/unfallforschung
Twitter: [@unfallforschung](https://twitter.com/unfallforschung)
YouTube: www.youtube.com/unfallforschung

Redaktion

Dipl.-Ing. Marcel Schreiber

Bildnachweise

UDV und siehe Quellenangaben

Erschienen

5/2019

ISBN-Nr.

978-3-939163-89-3

Kurzfassung

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die in deutschen Kommunen verbreitete Radverkehrsführung auf der Fahrbahn mittels Radfahrstreifen und Schutzstreifen näher zu untersuchen. Nach der Literaturanalyse bestand diesbezüglich weiterer Forschungsbedarf. Dies galt einerseits im Hinblick auf die differenzierte Betrachtung von Kontenpunktbereichen und homogenen Streckenabschnitten und andererseits hinsichtlich eines umfassenden Untersuchungsansatzes, der neben einer detaillierten Analyse des Unfallgeschehens auch Verhaltes- und Konfliktanalysen, Befragungen von Kommunen und Radfahrern sowie Messungen eingehaltener Seitenabstände zwischen Kfz- und Radverkehr auf den untersuchten Führungsformen beinhaltet.

Die eingangs durchgeführte Literaturanalyse ergab, dass Radfahrstreifen international ebenfalls gebräuchlich sind. Führungsformen wie der deutsche Schutzstreifen sind außerhalb Europas hingegen nicht vorgesehen. Die Einsatzgrenzen der Fahrbahnführung sind dabei international meist strenger als in Deutschland, Dimensionierung und Markierung ähneln sich jedoch.

Nach der durchgeführten Online-Befragung von 141 deutschen Kommunen sind Schutzstreifen verbreiteter als Radfahrstreifen. Bei der Dimensionierung und Markierung neuer Anlagen werden die Vorgaben der Regelwerke aufgegriffen, Altanlagen im Bestand weisen jedoch Defizite auf und entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Die kommunalen Wahrnehmungen beider Führungsformen waren positiv, auch wenn einzelne Aspekte wie die Akzeptanz von Schutzstreifen teils kritisch gesehen wurden. Von Nutzerseite wurden vor allem Sicherheitsbedenken und Behinderungen (z.B. durch ruhende Kfz) auf den markierten Streifen an die Kommunen herangetragen.

Die Analyse von 644 Radverkehrsunfällen mit Personenschaden umfasste 143 Anlagen mit einer Länge von 106 km. Für jede Führungsform konnte dabei ein charakteristisches Unfallbild ermittelt werden. Als maßgebender Einflussfaktor für Radfahr- und Schutzstreifen wurden angrenzende Parkstände identifiziert. Das von ihnen ausgehende Gefahrenpotential zeigte sich sowohl in den Unfalltypen und -ursachen als auch in den Kenngrößen. Ein weiterer Einflussfaktor war die Breite der Anlagen, auf schmalen Streifen war das individuelle Unfallrisiko deutlich höher als auf Breiten.

Die Verhaltens- und Konfliktanalyse an 86 Untersuchungstrecken mit 32 km Länge umfasste fast 700 Stunden Videomaterial. Dabei fiel vor allem auf, dass beide Führungsformen auf der Fahrbahn regelwidrig durch den Kfz-Verkehr genutzt werden - sowohl ruhend als auch fahrend. Diese regelwidrige Nutzung führte in den Beobachtungszeiträumen immer wieder zu Gefahrensituationen.

Die auf 20 Strecken in Berlin durchgeführte Seitenabstandsmessung (7.688 Messwerte) zeigte, dass auch regelbreite Radverkehrsinfrastruktur das Auftreten zu geringer Seitenabstände nicht verhindern konnte, da überholende Kfz die eigene Position oft nur in dem für sie markierten Streifen anpassten, aber keinen Fahrstreifenwechsel vollzogen. Fast jedes zweite Kfz unterschritt in Folge den von Seiten der Rechtsprechung geforderten Seitenabstand von 1,50 m zum Radfahrer.

Über die Befragung von 1.370 Radfahrern an den Untersuchungstrecken konnte ferner ermittelt werden, dass vor allem der geringe Abstand überholender Kfz auf schmalen Anlagen und die Fehlnutzung der markierten Streifen durch den Kfz-Verkehr die subjektive Wahrnehmung beeinflussten. Die betroffenen Führungen werden von den Nutzern eher gemieden.

Die durchgeführten Untersuchungen mündeten vor allem in der Empfehlung, die Sicherheitsabstände zum ruhenden Verkehr am Fahrbahnrand und dem fließenden Verkehr auf den Kfz-Fahrstreifen zu vergrößern und somit sowohl die objektive Sicherheitslage auf den linienhaft markierten Führungsformen als auch die subjektive Wahrnehmung positiv zu beeinflussen. Auf diesem Weg lässt sich ferner die Akzeptanz und Nutzung der Fahrbahnführung verbessern.

Abstract

The main goal of this research project was the in-depth evaluation of the widely used mandatory and advisory bicycle lanes in German municipalities. The literature showed a significant need for research on the topic. A differentiated analysis of intersections and homogenous sections between intersections for both types of bicycle lanes was missing as well as a comprehensive approach involving accident data analysis, online- and on-site surveys, behavior and conflict analysis as well as distance measurements between cyclists and overtaking vehicles.

The initially conducted literature analysis showed that mandatory bicycle lanes are widely used internationally while advisory bicycle lanes appear to be limited to European countries. The application limits of on-road bicycle infrastructure are stricter internationally than they are in Germany, the dimensions and markings however are similar.

According to the online survey of 141 German municipalities, advisory bicycle lanes are more widely spread than mandatory ones. If new bike lanes are implemented, aspects like width and markings required by law as well as available guidelines are taken into account. However, old lanes are often not up to the same standard. The opinion regarding both types of marked lanes in the municipalities was generally positive even if individual aspects like the acceptance of advisory bike lanes by cyclists were seen as problematic. The main issue brought up to the municipalities by cyclists was the misuse of the marked lanes by motorized traffic.

The analysis of 644 bicycle accidents resulting in personal injuries included 143 lanes with a total length of 106 km. For every type of marked bicycle lane, a unique pattern could be identified. A major common influence on the safety on all marked lanes was the presence of parked vehicles next to the bicycle lanes. The negative effects of those were visible in the types and causes of the analyzed accidents as well as the characteristic values like the accident densities and rates. The dimension of the lanes further influenced the safety, the individual accident risk (described by the accident rate) was significantly higher on narrow lanes than on wider ones.

The behavior and conflict analysis on 86 lanes with a total length of 32 km encompassed nearly 700 hours of video material. It could be shown that both types of marked bicycle lanes are widely used illegally by motorized traffic, either driving or parking on the bicycle lanes. That illegal usage again and again resulted in dangerous conflicts during the observation periods.

The distance measurements (7.688 readings) between cyclists and overtaking vehicles on 20 bicycle lanes in Berlin proved that not even lanes of standard width according to applicable guidelines were able to avoid narrow overtaking maneuvers. The main reason was, that drivers of motorized vehicles only changed the position of their vehicle within the boundaries of the vehicle lane before overtaking but did not change lanes itself. Because of that nearly every second vehicle overtook the measuring bicycle with less than the 1,50 m required by German court rulings.

The on-site questioning of 1.370 cyclists confirmed the problematic issues of the marked bicycle lanes. Especially the close overtaking maneuvers on narrow bicycle lanes as well as the misuse of the marked lanes by motorized traffic impacted the subjective perception negatively. Those lanes are more likely to be avoided by the potential users.

The most important conclusion of the research project is, that the safety margins between the bicycle traffic on marked bicycle lanes and parked vehicles on the right as well as moving vehicles on the left needs be increased. This will have a positive effect on the objective safety as well as the subjective perception leading to a higher acceptance of both types of bicycle lanes.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Literaturanalyse	2
2.1	Radfahrstreifen	2
2.1.1	Deutschland	2
2.1.2	International	3
2.2	Schutzstreifen	6
2.2.1	Deutschland	6
2.2.2	International	7
2.3	Freigegebene Bussonderfahrstreifen	9
2.3.1	Deutschland	9
2.3.2	International	10
2.4	Aktueller Stand der Forschung	11
2.4.1	Unfallgeschehen und Verkehrssicherheit	11
2.4.2	Flächennutzung und Verkehrsverhalten	13
2.5	Alternative Ansätze	15
2.5.1	Radfahrstreifen mit breitem Sicherheitstrennstreifen	15
2.5.2	Radfahrstreifen mit vertikalem Schutz („Protected Bike Lanes“)	16
2.5.3	Radfahrstreifen in Fahrbahnmitte	18
2.5.4	Radfahrstreifen auf Zwischenniveau	19
2.6	Zwischenfazit der Literaturanalyse	20
3	Kommunale Befragung	22
3.1	Befragungsdurchführung	22
3.2	Anwendung von markierten Radverkehrsführungen (erster Teil)	22
3.2.1	Radverkehrsanteile und Verbreitung der verschiedenen Führungsformen	22
3.2.2	Verwendete Gestaltungselemente der markierten Radverkehrsführungen	23
3.2.3	Beschwerden der Verkehrsteilnehmer und Erfahrungen der Kommunen	25
3.2.4	Verbreitung, Wirkung und Gestaltung von Radfahrstreifen	27
3.2.5	Verbreitung, Wirkung und Gestaltung von Schutzstreifen	31
3.2.6	Dimensionierung und zeitliche Beschränkung freigegebener Bussonderfahrstreifen	35
3.2.7	Gründe gegen den Einsatz linienhaft markierter Radverkehrsführungen	36
3.3	Zwischenfazit der kommunalen Befragung (erster Teil)	36
3.4	Nennung potentieller Untersuchungsstrecken (zweiter Teil)	37
3.5	Clusterung	37
4	Unfallanalyse	39
4.1	Datengrundlage	39
4.2	Makroskopische Analyse	39
4.2.1	Ort des Unfalls	40
4.2.2	Anzahl der Unfallbeteiligten	40
4.2.3	Schwere des Unfalls	41

4.2.4	Art der Verkehrsbeteiligung	42
4.2.5	Geschlecht und Alter	43
4.2.6	Unfalltypen	43
4.2.7	Unfallursachen	48
4.3	Mikroskopische Analyse	50
4.4	Unfallkenngrößen	51
4.4.1	Unfalldichten und -kostendichten	51
4.4.2	Unfallraten und -kostenraten	54
4.4.3	Auswirkungen eines hohen Radverkehrsaufkommens	56
4.5	Zusammenfassung und Fazit der Unfallanalyse	57
5	Verhaltens- und Konfliktanalyse	61
5.1	Verhalten des Radverkehrs	61
5.2	Verhalten des Kfz-Verkehrs	62
5.3	Konfliktgeschehen	64
5.4	Zwischenfazit der Verhaltens- und Konfliktanalyse	65
6	Seitenabstandsmessung	66
6.1	Abstände überholender Fahrzeuge	66
6.2	Verhalten überholender Kfz	67
6.3	Verhalten überholender Radfahrer	68
6.4	Zwischenfazit der Seitenabstandsmessung	69
7	Befragung von Radfahrern	70
7.1	Verkehrsverhalten	70
7.2	Subjektive Wahrnehmung der Sicherheit	71
7.3	Erlebte Gefahrensituationen und Behinderungen	72
7.4	Zwischenfazit der Vor-Ort-Befragung	73
8	Zusammenfassung der Befunde	74
8.1	Literaturanalyse	74
8.2	Kommunale Befragung	74
8.3	Unfallanalyse	74
8.4	Verhaltens- und Konfliktanalyse	75
8.5	Seitenabstandsmessung	76
8.6	Befragung von Radfahrern	77
9	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	79
10	Literaturverzeichnis	83
Anhang A	Fragenkomplex der kommunalen Befragung (Onlineumfrage)	89
Anhang B	Unfalldichten und -raten der homogenen Streckenabschnitte der einzelnen Cluster	105
Anhang C	Kostenansatz für die Unfallkostendichten und Unfallkostenraten	106
Anhang D	Unfallkostendichten	107
Anhang E	Unfallkostenraten	109

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Blickwinkel des Radfahrers im Hafentunnel in Frankfurt am Main (Deutschland) [ADFC Frankfurt am Main e.V. / Peter Sauer]	16
Abbildung 2: Protected Bike Lane in Austin (USA) [Adam Coppola Photography]	17
Abbildung 3: Radfahrstreifen in Fahrbahnmitte in San Sebastián (Spanien) [TU Berlin]	18
Abbildung 4: Zweirichtungs-Radfahrstreifen auf Zwischenniveau (Einbahnstraße) in Göteborg (Schweden) [TU Berlin]	19
Abbildung 5: Radverkehrsanteil in den befragten Kommunen	23
Abbildung 6: Verbreitung markierter Radverkehrsführungen	23
Abbildung 7: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente in Knotenpunktbereichen	24
Abbildung 8: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente an Engstellen	24
Abbildung 9: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente an ÖPNV-Haltestellen	25
Abbildung 10: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente bei Längsneigung	25
Abbildung 11: Anmerkungen von Seiten der Nutzer	26
Abbildung 12: Beobachtete Auffälligkeiten von Seiten der Kommune	26
Abbildung 13: Anzahl der Straßen mit Radfahrstreifen in den Kommunen	27
Abbildung 14: Beurteilung von Radfahrstreifen in den Kommunen	28
Abbildung 15: Breiten der Radfahrstreifen in den Kommunen	28
Abbildung 16: Trennung zwischen Radfahrstreifen und Parkstreifen in den Kommunen	29
Abbildung 17: Markierungsformen von Radfahrstreifen in den Kommunen	30
Abbildung 18: Einfärbung von Radfahrstreifen	30
Abbildung 19: Gründe für die Demarkierung von Radfahrstreifen	31
Abbildung 20: Anzahl der Straßen mit Schutzstreifen in den Kommunen	31
Abbildung 21: Beurteilung von Schutzstreifen in den Kommunen	32
Abbildung 22: Breiten der Schutzstreifen in den Kommunen	32
Abbildung 23: Trennung zwischen Schutzstreifen und Parkstreifen in den Kommunen	33
Abbildung 24: Markierungsformen von Schutzstreifen in den Kommunen	34
Abbildung 25: Gründe für die Demarkierung von Schutzstreifen	35
Abbildung 26: Dimensionierung freigegebener Bussonderfahrstreifen	35
Abbildung 27: Gründe gegen den Einsatz von markierten Radverkehrsführungen	36
Abbildung 28: Unfallschwere der Radverkehrsunfälle mit mehreren Beteiligten	41
Abbildung 29: Verkehrsbeteiligung des Hauptverursachers (mehrere Beteiligte)	42
Abbildung 30: Unfalltyp (mehrere Beteiligte und Alleinunfälle, alle Hauptverursacher)	44
Abbildung 31: Unfalltyp (mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war kein Radfahrer)	45
Abbildung 32: Unfalltyp (mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war Radfahrer)	46

Abbildung 33: Unfalltyp im Vergleich zur Mischverkehrsführung (mehrere Beteiligte und Alleinunfälle, alle Hauptverursacher)	47
Abbildung 34: Unfalltyp im Vergleich zu Radwegen im Seitenraum ohne Benutzungspflicht (mehrere Beteiligte und Alleinunfälle, alle Hauptverursacher)	47
Abbildung 35: Unfallursachen des Hauptverursachers (mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war kein Radfahrer)	48
Abbildung 36: Unfallursachen des Hauptverursachers (mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war Radfahrer)	49
Abbildung 37: Unfalldichten (Streckenabschnitte und Knotenpunktbereiche) im Vergleich	51
Abbildung 38: Unfalldichte der Knotenpunktbereiche	52
Abbildung 39: Unfalldichte der homogenen Streckenabschnitte	52
Abbildung 40: Unfalldichten der homogenen Streckenabschnitte nach Parksituation	53
Abbildung 41: Unfalldichten der homogenen Streckenabschnitte nach Anlagenbreite	53
Abbildung 42: Unfallraten der homogenen Streckenabschnitte im Vergleich	54
Abbildung 43: Unfallraten der homogenen Streckenabschnitte nach Parksituation	55
Abbildung 44: Unfallraten der Streckenabschnitte nach Parken und Anlagenbreite	55
Abbildung 45: DTV-Rad vs. Unfalldichte der homogenen Streckenabschnitte	56
Abbildung 46: DTV-Rad vs. Unfallrate der homogenen Streckenabschnitte	56
Abbildung 47: Unfalldichten und -raten der Streckenabschnitte nach Radverkehrsaufkommen	57
Abbildung 48: Flächennutzung der Radfahrer nach Breite der Anlage	62
Abbildung 49: Abstand der Radfahrer zur linken (Kfz-seitigen) Markierung	62
Abbildung 50: Seitenabstand überholender Kfz nach verkehrlicher Situation	67
Abbildung 51: Seitenabstand überholender Kfz nach Position des Messfahrrades	68
Abbildung 52: Seitenabstand überholender Radfahrer nach Position des Messfahrrades	69
Abbildung 53: Akzeptanz und regelmäßige Nutzung der markierten Radverkehrsführungen	70
Abbildung 54: Gründe für die Meidung von markierten Führungsformen auf der Fahrbahn	70

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Radfahrstreifen im internationalen Vergleich	5
Tabelle 2: Schutzstreifen im internationalen Vergleich	8
Tabelle 3: Clusterung der Untersuchungsstrecken	38
Tabelle 4: Charakteristik der Unfallstelle (Mehrfachnennung möglich)	40
Tabelle 5: Nutzung der Radverkehrsführung durch ruhende Kfz	63
Tabelle 6: Nutzung der Radverkehrsführung durch fahrende Kfz	63
Tabelle 7: Ursache der aufgetretenen Konflikte (Konfliktentstehung)	64
Tabelle 8: Kennwerte der Seitenabstandsmessung auf Radfahrstreifen	66
Tabelle 9: Kennwerte der Seitenabstandsmessung auf Schutzstreifen	67
Tabelle 10: Subjektive Sicherheitsbewertung der Fahrbahnführungen nach der Anlagenbreite	71

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DTV	-	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
ERA	-	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
Fg	-	Fußgänger
FGSV	-	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Kfz	-	Kraftfahrzeug
LSA	-	Lichtsignalanlage
PBL	-	„Protected Bike Lane“
RASt	-	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
Rf	-	Radfahrer
RFS	-	Radfahrstreifen
RMS	-	Richtlinie für die Markierung von Straßen
RV		Radverkehr
RWoB		Radwege im Seitenraum ohne Benutzungspflicht
StVO	-	Straßenverkehrs-Ordnung
SSF	-	Schutzstreifen
U(P)		Unfall mit Personenschaden
U(LV)		Unfall mit Leichtverletzten
U(SP)		Unfall mit schwerem Personenschaden
VwV-StVO	-	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung

1 Einleitung

In deutschen Kommunen sowie europa- und weltweit werden sehr unterschiedliche Führungsformen für den Radverkehr eingesetzt. In Deutschland erfolgt die Führung häufig auf Radwegen im Seitenraum. Ist dies nicht möglich, werden linienhaft markierte Radverkehrsführungen eingesetzt. Dazu gehören Radfahrstreifen, die nicht Teil der Fahrbahn sind, sowie Schutzstreifen als bei Bedarf durch den Kfz-Verkehr überfahrbaren Teil der Fahrbahn. Auch das Halten ist auf Schutzstreifen im Gegensatz zu Radfahrstreifen erlaubt, das Parken dagegen nicht. Für den Radverkehr freigegebene Bussonderfahrstreifen können ebenfalls als linienhaft markierte Führung für den Radverkehr betrachtet werden.

Diese linienhaft markierten Radverkehrsführungen sind in Deutschland oft relativ schmal, während im Ausland mitunter sehr großzügig dimensionierte Radverkehrsanlagen Anwendung finden. Bisher durchgeführte Untersuchungen weisen auf Diskrepanzen zwischen dem objektiven Sicherheitsniveau und der subjektiven Einschätzung der Radfahrer (u.a. [Alrutz et al. 2009]) hin. Besonders die Akzeptanz von Schutzstreifen durch den Radverkehr leidet unter dieser subjektiven Einschätzung. Vor allem bei höheren Verkehrsbelastungen wechseln Radfahrer zunehmend in den Seitenraum, da das Fahren auf der Fahrbahn in diesen Situationen als unsicher empfunden wird. Die Nutzung der Schutzstreifen durch andere Verkehrsteilnehmer - sei es durch haltende oder regelwidrig parkende Fahrzeuge - begünstigt ebenfalls das Ausweichen des Radverkehrs in den Seitenraum. Die Nutzbarkeit und Akzeptanz sowie die objektive und subjektive Sicherheit von linienhaft markierten Radverkehrsführungen in Abhängigkeit von den Kfz-Verkehrsstärken und anderen Randbedingungen wie bestehenden Hindernissen auf den markierten Streifen wurde bisher noch nicht detailliert untersucht.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es daher, die Sicherheit und Nutzbarkeit von Radfahrstreifen und Schutzstreifen sowie die Verbreitung von für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen genauer zu untersuchen, die bisher bestehenden Erkenntnisse zu ergänzen und Empfehlungen für den Einsatz und die Gestaltung von Radfahrstreifen und Schutzstreifen zu erarbeiten.

Nach der Analyse deutscher und ausländischer Literatur zur Thematik erfolgte zu Projektbeginn eine Befragung der deutschen Kommunen mit mehr als 20.000 Einwohnern. Dabei wurden Einsatz und Gestaltung der genannten Führungsformen sowie die Erfahrungen mit selbigen in den Kommunen erhoben. Auf Basis des Befragungsrücklaufes wurden Untersuchungstrecken mit Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen für die folgenden Untersuchungen ausgewählt.

Nachfolgende Untersuchungen der Strecken umfassten die Analyse vorliegender Unfalldaten, die Beobachtung und Auswertung des Verkehrsverhaltens auf diesen Strecken sowie die Befragung der Radfahrer vor Ort. Auch wurden umfangreiche Messungen zum Seitenabstand beim Überholen und Vorbeifahren an Radfahrern durchgeführt. Auf Basis dieser Daten wurden Aussagen darüber getroffen, welche Situationen sich negativ bzw. positiv auf die Verkehrssicherheit und die Akzeptanz der markierten Radverkehrsführungen auswirken. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurden abschließend Empfehlungen hinsichtlich der Einsatzgrenzen von Radfahrstreifen und Schutzstreifen erarbeitet und Hinweise zu deren Gestaltung gegeben.

2 Literaturanalyse

Im Rahmen der Literaturanalyse wurden die bestehenden Erkenntnisse zum Einsatz und zur Gestaltung von linienhaft markierten Führungsformen aus den einschlägigen deutschen Richtlinien zusammengetragen und ausgewertet. Der Vergleich zwischen der deutschen und der ausländischen Situation basiert auf der Auswertung verfügbarer und aus sprachlicher Sicht verwendbarer Quellen. Dazu gehören neben den deutschen Regelwerken ergänzende kommunale Regelungen aus Berlin und Hamburg. Darüber hinaus konnten Quellen aus zwölf Ländern ausgewertet werden. Ferner wurden bereits durchgeführte Forschungsvorhaben und alternative Ansätze einbezogen.

2.1 Radfahrstreifen

2.1.1 Deutschland

Einsatzbereich

In der VwV-StVO wird seit der Novelle von 2009 auf die Angabe von Einsatzgrenzen verzichtet. Für Radfahrstreifen wird lediglich darauf verwiesen, dass der Einsatz des benutzungspflichtigen und mit Zeichen 237 StVO (Benutzungspflicht) markierten sowie durch Zeichen 295 (Fahrstreifenbegrenzung) abgetrennten Sonderweges [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 10] voraussetzt, dass die Verkehrsbelastung und -struktur auf der Fahrbahn sowie die örtlichen Nutzungsansprüche im Umfeld (z.B. ruhender Verkehr) der Kennzeichnung nicht entgegenstehen [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 27]. Die nicht mehr in der VwV-StVO enthaltenen Angaben zu den Einsatzbereichen finden sich jedoch in den FGSV-Richtlinien. Nach den RAST 06 (Kategorie R1) werden ab Kfz-Stärken von über 1.000 Kfz/h vorwiegend Radfahrstreifen oder Radwege eingesetzt [RASt 06, S. 35]. Das Verfahren zur Auswahl einer geeigneten Führungsform nach den ERA 2010 (Kategorie R2) orientiert sich an der Verkehrsbelastung der werktäglichen Spitzenstunde und den Geschwindigkeiten des Kfz-Verkehrs (zulässige Höchstgeschwindigkeit v_{zul} bzw. ausnahmsweise die Quantilgeschwindigkeit v_{85}). Die ERA 2010 definiert dazu vier Belastungsbereiche. In den Bereichen I und II ist die Fahrbahnführung vertretbar, wobei im Bereich II Angebote wie Schutzstreifen umgesetzt werden sollten. Im Bereich III kann eine Trennung von Rad- und Kfz-Verkehr erforderlich werden, im Bereich IV ist sie geboten [ERA 2010, S. 18 ff]. Die Belastungsbereiche dienen als Orientierung, welche Führungsform auf Basis der verkehrlichen Situation zum Einsatz kommen sollte. Für den Fall einer innerstädtischen, zweistreifigen Straße mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h lässt sich so die Einsatzgrenze von ca. 1.800 Fahrzeugen in der Spitzenstunde ableiten.

Darüber hinaus gibt es mitunter kommunale Regelungen. So verweist die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung in Berlin darauf, dass auf Hauptverkehrsstraßen bereits ab einer Verkehrsstärke von 10.000 Kfz/Tag (unabhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit) und auf Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit ab 60 km/h eine Trennung mit Hilfe von Radfahrstreifen (oder Radwegen) anzustreben ist. Bei starkem Schwerlast- bzw. Busverkehr sind diese auch bei geringeren Verkehrsstärken in Betracht zu ziehen. Die Führung auf der Fahrbahn ist darüber hinaus bei einer dichten Abfolge einmündender Straßen mit Abständen von etwa 100 m und stark frequentierten Einfahrten wegen der besseren Sichtbeziehungen gegenüber Radwegen zu bevorzugen [SenStadtUm 2013, S. 6]. Nach dem unveröffentlichten Regelplan 310 der Verkehrslenkung Berlin werden Radfahrstreifen nur markiert, wenn keine Parkstände angrenzen würden.

Breite

Die VwV-StVO gibt an, dass Radfahrstreifen in der Regel eine Breite von 1,85 m aufweisen sollen, mindestens jedoch 1,50 m [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 19]. Diese Breiten beziehen sich jedoch

nicht auf den Entwurf, sondern sind die Voraussetzung für die Ausweisung der Benutzungspflicht. Konkrete Angaben zum Entwurf macht die VwV-StVO nicht, es wird aber betont, dass bei starkem Kfz-Verkehr ein breiter Radfahrstreifen bzw. ein zusätzlicher Sicherheitsraum zum fließenden Verkehr erforderlich ist [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 10].

Angaben für den Entwurf machen die Werke der FGSV. Die RAST 06 und die ERA 2010 geben für Radfahrstreifen eine Mindestbreite von 1,85 m inklusive Breitstrich an. Entlang von Parkstreifen sind zusätzliche Sicherheitstrennstreifen von 0,50 m bis 0,75 m Breite notwendig [RASt 06, S. 84 / ERA 2010, S. 23 f]. Beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit mehr als 50 km/h oder treten gehäuft Fahrräder mit Anhängern auf, sollte der Radfahrstreifen nach den ERA 2010 mindestens 2,00 m breit sein [ERA 2010, S. 24]. Nach den RAST 06 und den ERA 2010 sind Radfahrstreifen bei starkem Gefälle (> 5 %) ebenfalls breiter als das Regemaß auszuführen [RASt 06, S. 86 / ERA 2010, S. 29]. Nach den RAST 06 ist auch sicherzustellen, dass die frei von Entwässerungsrinnen und Abläufen nutzbare Mindestbreite 1,00 m betragen muss [RASt 06, S. 84]. Nach den ERA 2010 sollen an Radfahrstreifen angrenzende Kfz-Fahrstreifen mindestens 2,75 m breit sein, die Kombination von Mindestbreiten für Kfz-, Rad- und Parkstreifen ist zu vermeiden [ERA 2010, S. 24].

Auch hinsichtlich der Breite gibt es mitunter kommunale Ergänzungen. So erlaubt Berlin für Radfahrstreifen auf kurzen Abschnitten eine Mindestbreite von 1,50 m inklusive Breitstrichmarkierung [SenStadtUm 2013, S. 6 f], die Freie und Hansestadt Hamburg fordert hingegen Regelbreiten von 2,25 m inklusive Breitstrichmarkierung [Freie und Hansestadt Hamburg 2017, S.22].

Markierung

Für die Kennzeichnung von Radfahrstreifen geben die VwV-StVO und die RAST 06 an, dass diese durch das Aufbringen von Zeichen 295 (Fahrstreifenbegrenzung bzw. Fahrbahnbegrenzung) von der Fahrbahn abgetrennt sowie durch die Ausweisung der Benutzungspflicht mit Zeichen 237 gekennzeichnet werden. Das Zeichen 295 ist dabei in der Regel als Breitstrich (25 cm) auszuführen. Zur besseren Erkennbarkeit kann das Zeichen 237 zusätzlich in regelmäßigen Abständen auf den Radfahrstreifen aufgebracht werden [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 10 / RAST 06, S. 84].

Nach der RMS Teil 1 besteht die Möglichkeit, statt dem Breitstreich einen Schmalstrich zu markieren, wenn Fahrbahn und Radfahrstreifen aus unterschiedlichen Materialien bestehen [RMS-1 1993, Ziffer 3.2.4]. Dabei ist anzumerken, dass sich zum Zeitpunkt des Forschungsprojekts eine Neufassung der RMS in Ausarbeitung befindet.

Die ERA 2010 sehen die Abtrennung von der Fahrbahn mit dem als Breitstrich ausgeführten Zeichen 295 immer vor und empfehlen darüber hinaus die Verdeutlichung der Zweckbestimmung mit Hilfe der Markierung des Sinnbildes „Fahrrad“ auf der Fahrbahn. Wo die Verdeutlichung der Benutzungspflicht notwendig ist, kann ebenfalls Zeichen 237 markiert werden. In Problembereichen wird empfohlen, Radfahrstreifen (in der Regel rot) einzufärben [ERA 2010, S. 24].

Geringe Unterschiede bei den Regelungen gibt es hinsichtlich der Markierung von Radfahrerfurten (z.B. im Bereich von Einmündungen). Nach der RMS Teil 1 und den ERA 2010 sind sie mit 0,50 m Strich- und 0,20 m Lückenlänge zu markieren [RMS-1 1993, Ziffer 4.8.2 / ERA 2010, S. 24], die RAST 06 gibt für Furt-Markierungen 0,50 m Strich- und 0,25 m Lückenlänge an [RASt 06, S. 84].

2.1.2 International

Einsatzbereich

Radfahrstreifen sind international verbreitet und finden sich in fast allen Ländern des Vergleichs. Norwegen setzt sie als einzige Ausnahme nicht ein. Eine Übersicht der Einsatzgrenzen, Breiten

und Markierungen kann Tabelle 1 entnommen werden. Der Vergleich basiert auf der innerörtlichen Situation einer zweistreifigen Straße mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Die Einsatzgrenzen für Radfahrstreifen orientieren sich international ebenfalls hauptsächlich am Verkehrsaufkommen des motorisierten Verkehrs in Verbindung mit der gefahrenen Geschwindigkeit (zulässige Höchstgeschwindigkeit bzw. Quantilgeschwindigkeit v_{85}). Die Einsatzgrenzen sind international jedoch meist strenger als in Deutschland, lediglich in Österreich werden Radfahrstreifen bis zu ähnlich hohen Verkehrsstärken eingesetzt. Die Niederlande verweisen hingegen auf eine Verkehrsbelastung von 4.000 PCU/Tag¹, ab der in Abhängigkeit von der Bedeutung der Radverkehrsverbindung und der Kfz-Geschwindigkeit spätestens eine Seitenraumführung anzustreben ist. Ein bestimmtes Schwerverkehrsaufkommen ist nur in den wenigsten Ländern ein Kriterium, lediglich Kanada und die Schweiz weisen ein solches aus. Kanada verweist zusätzlich darauf, dass eine bestimmte Radverkehrsnachfrage für die Anlage von Radfahrstreifen existieren sollte. Eine weitere Besonderheit zeigt sich in Neuseeland, wo Radfahrstreifen mit ununterbrochener Linie nur in Gegenrichtung zu Einbahnstraßen (so genannte „contra-flow cycle lanes“) eingesetzt werden.

Breite

Bei den Breiten ähneln sich die Werte der Länder (siehe Tabelle 1), fast überall werden Regelbreiten im Bereich von 1,50 m bis 2,00 m inklusive Markierung eingesetzt. Die Ähnlichkeit der Angaben ist dadurch zu erklären, dass die Werte das Resultat gleicher Überlegungen sind - ein Radfahrstreifen muss so breit sein, dass er das Überholen von Radfahrern untereinander im Streifen ermöglicht. Unterschiede zeigen sich auch hier bei den Niederlanden, wo für Radfahrstreifen inklusive Markierung bis zu 2,50 m vorgegeben werden. In fast allen Ländern sind bei der Markierung von Radfahrstreifen neben Parkstreifen zusätzliche Sicherheitstrennstreifen vorgesehen. Diese sind 0,50 m bis 0,75 m breit.

Ausnahmen stellen Kanada und Österreich dar, wo abweichend von den Angaben in Tabelle 1 ein schmalerer Radfahrstreifen (1,50 m Breite) und breiter Sicherheitstrennstreifen (1,00 m Breite) eingesetzt [MTO 2013, S. 61] bzw. die in Tabelle 1 angegebene Breite neben Längsparkstreifen um 0,25 m verbreitert wird [FSV 2014, S. 25].

Markierung

Die Markierung erfolgt international größtenteils auf gleiche Weise (siehe Tabelle 1). So ist es üblich, Radfahrstreifen mit Hilfe einer ununterbrochenen Linie vom Rest der Fahrbahn abzutrennen. Im Bereich von Knotenpunkten oder anderen Stellen mit Querungsbedarf durch Kraftfahrzeuge wird auf unterbrochene Linien zurückgegriffen, um die Überfahrbarkeit zu signalisieren. Die Breite der Linie variiert dabei im Bereich von 10 cm bis 30 cm, wobei Deutschland mit der Verwendung von 25 cm am oberen Ende des Spektrums liegt. In allen Ländern, mit der Ausnahme von Spanien, werden darüber hinaus Radfahrstreifen mit Hilfe von Fahrradsymbolen markiert. In Spanien finden Fahrradsymbole bei Radfahrstreifen auf der Fahrbahn keine Verwendung.

Unterschiede gibt es bei der Einfärbung von Radfahrstreifen. Fast alle Länder färben selbige in Konfliktbereichen wie Knotenpunkten bei Bedarf ein, um die Aufmerksamkeit auf diese Bereiche zu lenken. Die Niederlande sind das einzige Land, dass die Einfärbung auf voller Länge empfiehlt [CROW 2007, S. 166 ff]. In Kanada, Spanien und den USA werden Radfahrstreifen nach den ausgewerteten Quellen nicht eingefärbt. Die Farbwahl ist unterschiedlich, eingesetzt werden meist entweder das auch in Deutschland verwendete Rot oder das international verbreitetere Grün.

¹ PCU = Passenger Car Unit; 1 Kfz = 1,0 PCU ; 1 Krad = 0,5 PCU ; 1 Lkw = 3,0 bis 4,0 PCU

Tabelle 1: Radfahrstreifen im internationalen Vergleich

Land	Einsatzbereich	Breite	Markierung	Quelle
Deutschland	1.000 - 1.800 Kfz/h	1,85 m	ununterbrochene Linie (25 cm Breite)	RASt 06, ERA 2010
			Sinnbild „Fahrrad“	
			Einfärbung bei besonderer Gefährdung	
			Zeichen 237 StVO	
Europa				
Dänemark	bis zu mittlerer Verkehrsstärke	1,70 m	ununterbrochene Linie (30 cm Breite)	Andersen et al. 2012
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
Großbritannien	bis über 10.000 Kfz/Tag	2,00 m	ununterbrochene Linie (10 - 15 cm Breite)	DFT 2003, DFT 2008
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
Irland	bis zu 5.000 Kfz/Tag	2,00 m	ununterbrochene Linie	NTA 2011
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung an Beginn und Ende	
Niederlande	2.000 - 4.000 PCU/Tag	1,50 m	ununterbrochene Linie (10 - 15 cm Breite)	CROW 2007
		-	Fahrradsymbole	
		2,50 m	Einfärbung generell	
Norwegen	wird nicht angewendet			SV 2014
Österreich	bis zu 18.000 Kfz/Tag	1,50 m	ununterbrochene Linie (10 cm Breite)	FSV 2014
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
Schweiz	bis zu 10.000 Kfz/Tag	1,50 m	ununterbrochene Linie	TKB 2015
	bis 6 % SV bzw. 400 Lkw/Tag		Fahrradsymbole	
	über 100 Rf/Tag		Einfärbung in Konfliktbereichen	
Spanien	keine Angaben	1,50 m - 2,00 m	ununterbrochene Linie (10 cm Breite)	CFV 2013, PTOP 2008
übrige Kontinente				
Australien	3.000 - 8.000 Kfz/Tag	1,50 m	ununterbrochene Linie	Austroads 2014
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
Kanada	2.500 - 15.000 Kfz/Tag	1,80 m	ununterbrochene Linie (10 cm Breite)	MTO 2013
	bis zu 30 Lkw/h	-		
	über 50 Rf/h	2,00 m	Fahrradsymbole	
Neuseeland (contra-flow cycle lane)	2.500 - 7.500 Kfz/Tag	1,80 m	ununterbrochene Linie	CCC 2013, LTSA 2004
		-	Fahrradsymbole	
		2,00 m	Einfärbung in Konfliktbereichen	
USA	von 3.000 Kfz/Tag bis zu hohem Verkehrsaufkommen	1,50 m	ununterbrochene Linie (10 - 20 cm Breite)	AASHTO 1999, NACTO 2014
		- 1,80 m	Fahrradsymbole	

2.2 Schutzstreifen

2.2.1 Deutschland

Einsatzbereich

Die VwV-StVO enthält seit der StVO-Novelle von 2009 keine konkreten Einsatzgrenzen für Schutzstreifen mehr. Es wird lediglich darauf verwiesen, dass Schutzstreifen dann angelegt werden können, wenn Radfahrstreifen nicht verwirklichtbar sind [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 11] und die Verkehrszusammensetzung eine Mitbenutzung des Schutzstreifens durch den Kraftfahrzeugverkehr nur in seltenen Fällen erfordert [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 12]. Die RAST 06 weist darauf hin, dass das Verkehrsaufkommen von Lkw und Bussen weniger als 1000 Kfz/Tag betragen sollte [RASt 06, S. 83 f]. Ferner lässt sich aus den in Kapitel 2.1.1 angesprochenen Belastungsbereichen der ERA 2010 für den innerstädtischen Fall einer zweistreifigen Straße mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h die Einsatzgrenze für Schutzstreifen von ca. 1.000 Fahrzeugen in der Spitzenstunde ableiten.

Als kommunale Ergänzung verweist die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin zu den genannten Regelungen auf den Einsatz von Schutzstreifen am Ende von Radwegen auf Straßenabschnitten außerhalb von Knotenpunkten. An das Radwegende soll auf 10 bis 20 m Länge noch ein Radfahrstreifen oder Schutzstreifen angefügt werden [SenStadtUm 2013, S. 8 sowie Anlage 8]. Nach den unveröffentlichten Regelplänen der Verkehrslenkung Berlin werden entlang von Parkständen lediglich so genannte Angebotsstreifen markiert, klassische Schutzstreifen hingegen nicht. Bei Angebotsstreifen handelt es sich um eine Form von Schutzstreifen mit einer abweichenden Markierungsweise, auf die im entsprechenden Abschnitt eingegangen wird. Der Regelplan 313 weist ferner einen Schwerverkehrsanteil von unter 5 % als Einsatzgrenze für Schutzstreifen aus.

Breite

Die VwV-StVO macht keine konkreten Angaben zu den Breiten von Schutzstreifen, sondern gibt lediglich an, dass sie so dimensioniert sein müssen, dass einschließlich des Sicherheitsraumes ein hinreichender Bewegungsraum für den Radfahrer geboten wird. Darüber hinaus muss der verbleibende Fahrbahnteil so breit sein, dass sich zwei Pkw gefahrlos begegnen können [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 12].

Angaben für den Entwurf von Schutzstreifen machen erneut die Werke der FGSV. Nach den RAST 06 und den ERA 2010 sollen Schutzstreifen inkl. halber Markierung eine Breite von 1,50 m aufweisen, mindestens jedoch 1,25m. Darüber hinaus muss die Breite der zwischen den markierten Schutzstreifen verbleibenden Restfahrbahn - bei geringen Verkehrsstärken und wenig Schwerverkehr - mindestens 4,50 m betragen, um den Begegnungsfall Pkw-Pkw ohne Überfahren des Schutzstreifens zu ermöglichen. Bei relevantem Schwerverkehrsaufkommen sind breitere Kernfahrbahnen und Fahrstreifen erforderlich. Der Einsatz von Schutzstreifen erfordert somit mindestens eine Fahrbahnbreite von 7,00 m (1,25 m + 4,50 m + 1,25 m). Bei einstreifigen Richtungsfahrbahnen (z.B. an Mittelinseln) darf die Breite der Restfahrbahn 2,25 m nicht unterschreiten [RASt 06, S. 83 f / ERA 2010, S. 22 f]. Nach den RAST 06 sind Schutzstreifen bei starkem Gefälle (> 5 %) breiter als das Regelmaß auszuführen [RASt 06, S. 86]. Grenzen Schutzstreifen an Parkstreifen, soll nach den RAST 06 die für den Radverkehr verfügbare Fläche inklusive Sicherheitsabstand zu parkenden Fahrzeugen 1,75 m betragen, was in der Regel mit einem Schutzstreifen von 1,50 m Breite neben 2,00 m breiten Parkständen gewährleistet ist [RASt 06, S. 83], da der Sicherheitsabstand in der Kombination beider Breiten bereits enthalten ist. Dies ergibt sich aus dem Verkehrsraum eines Fahrrades (1,00 m) einem Sicherheitsabstand von 0,75 m und dem Grundmaß eines

haltenden bzw. parkenden Pkw (1,75 m) [RASt 06, S. 27 f]. Um den von den RAST 06 gewollten Sicherheitsabstand zu erreichen, müsste der Radfahrer bei dieser Markierungsweise jedoch links auf dem Schutzstreifen fahren und der parkende Pkw rechts auf dem Längsparkstreifen parken.

Nach den ERA 2010 sollen entlang von Parkstreifen bei häufigen Parkvorgängen Sicherheits-trennstreifen mit einer Breite von 0,50 m (0,75 m bei Schrägparken) angelegt werden. Bei wenigen Parkvorgängen und beengten Verhältnissen genügt es, wenn der Schutzstreifen einschließlich nicht markiertem Sicherheitsraum 1,50 m breit ist. An vierstreifigen Straßen sollten Schutzstreifen eine Breite von 1,50 m aufweisen [ERA 2010, S. 23].

Die unveröffentlichten Regelpläne 311, 312 und 313 der Verkehrslenkung Berlin weisen als kommunale Ergänzung abweichend von den ERA 2010 eine Regelbreite von 1,60 m aus. Die Mindestbreite beträgt in Übereinstimmung mit den ERA 2010 1,25 m.

Markierung

Für die Kennzeichnung von Schutzstreifen fordern die VwV-StVO, die RAST 06 und die ERA 2010 übereinstimmend die Markierung von Zeichen 340 (Leitlinie) mit einem Strich-Lücke-Verhältnis von 1,00 m zu 1,00 m sowie die Verdeutlichung der Zweckbestimmung mittels der Markierung von Fahrradsymbolen in regelmäßigen Abständen. Diesbezüglich variieren allerdings die verwendeten Formulierungen. So bezeichnet die VwV-StVO diese als Sinnbild „Fahrräder“, die ERA 2010 als Sinnbild „Fahrrad“ und die RAST 06 direkt als Radfahrerpiktogramme. Auf die Markierung einer Leitlinie in Fahrbahnmitte ist zu verzichten, wenn der abzüglich der Schutzstreifen verbleibende Fahrbahnanteil schmäler als 5,50 m ist [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 12 und Zu Zeichen 340 Ziffer 3 / RAST 06, S. 83 f / ERA 2010, S. 22 f].

Die RMS Teil 1 macht, bedingt durch das Alter der Richtlinie, keine Angaben zur Markierung von Schutzstreifen. Sie definiert jedoch die Leitlinie als einen ununterbrochenen Schmalstrich mit einer Breite von 0,12 m [RMS-1 1993, Ziffer 2.1.1 und 2.1.2]. Zum Zeitpunkt des Forschungsprojekts befindet sich eine Neufassung der RMS in Ausarbeitung.

Als kommunale Ergänzung weisen die unveröffentlichten Regelpläne 311 und 312 der Verkehrslenkung Berlin die Möglichkeit aus, so genannte Angebotsstreifen zu markieren. Bei dieser Form des Schutzstreifens erfolgt die Markierung mittels unterbrochenem Breitstrich (Strich-Lücke-Verhältnis von 50 cm zu 50 cm). Da diese Markierung weder in gesetzlichen Vorgaben noch in den Regelwerken der FGSV zur Abtrennung von Schutzstreifen angedacht ist, besteht Verwechslungsgefahr. Es ist trotz markierten Fahrrad-Piktogrammen bzw. Sinnbildern für Kraftfahrer nicht direkt ersichtlich, um welche Führungsform es sich handelt und ob der Streifen überfahren werden darf. Bei Radfahrstreifen, die normalerweise mittels Breitstrich abgetrennt werden, wäre das im Regelfall nach der StVO nicht zulässig.

2.2.2 International

Einsatzbereich

Äquivalente zum Schutzstreifen sind international weniger verbreitet als Radfahrstreifen. In außer-europäischen Ländern sind sie mit Ausnahme von Neuseeland auf Basis der ausgewerteten Quellen nicht vorgesehen. Aber auch in Europa finden sich Länder wie Dänemark und Spanien, die keine solche Führung einsetzen. Eine Übersicht der Einsatzgrenzen, Breiten und Markierungen im Vergleich zu Deutschland kann Tabelle 2 entnommen werden. Der Vergleich bezieht sich auf die innerörtliche Situation einer zweistreifigen Straße mit einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Die Einsatzgrenzen von Schutzstreifen sind international strenger als in Deutschland. Nur in Norwegen sind Schutzstreifen bis zu einer höheren Verkehrsbelastung möglich. Am anderen Ende des Spektrums empfehlen die Niederlande auch bei Schutzstreifen bereits bei relativ geringen Verkehrsstärken den Wechsel in den Seitenraum. Die deutschsprachigen Länder weisen zudem ein bestimmtes Schwerverkehrsaufkommen als zusätzliche Einsatzgrenze für die Markierung von Schutzstreifen aus. In Österreich und der Schweiz liegt dieses auf dem Schwerverkehr basierende Kriterium allerdings deutlich niedriger als in Deutschland. In der Schweiz wird darüber hinaus im Zusammenhang mit der Gestaltung von Schutzstreifen und Kernfahrbahnen ohne Leitlinie in Fahrbahnmitte eine mindestens erforderliche Radverkehrsnachfrage angegeben.

Tabelle 2: Schutzstreifen im internationalen Vergleich

Land	Einsatzbereich	Breite	Markierung	Quelle
Deutschland	400 - 1.000 Kfz/h	1,50 m	unterbrochene Linie (12 cm Breite)	RASt 06, ERA 2010
	bis zu 1.000 Lkw/Tag		Fahrradsymbole	
Europa				
Dänemark	wird nicht angewendet			Andersen et al. 2012
Großbritannien	bis über 10.000 Kfz/Tag	2,00 m	unterbrochene Linie (10 - 15 cm Breite)	DFT 2003, DFT 2008
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
Irland	bis zu 5.000 Kfz/Tag	2,00 m	unterbrochene Linie	NTA 2011
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung an Beginn und Ende	
Niederlande	2.000 - 4.000 PCU/Tag	1,50 m	unterbrochene Linie (10 - 15 cm Breite)	CROW 2007
	nicht bei Parken			
Norwegen	4.000 - 15.000 Kfz/Tag	1,50 m	unterbrochene Linie	SV 2014
			Fahrradsymbole	
Österreich	bis zu 10.000 Kfz/Tag	1,50 m	unterbrochene Linie (10 cm Breite)	FSV 2014
	bis zu 50 Lkw/h		Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
Schweiz	bis zu 10.000 Kfz/Tag	1,50 m	unterbrochene Linie	TKB 2015
	bis 6 % SV bzw. 400 Lkw/Tag		Fahrradsymbole	
	(über 100 Rf/Tag)		Einfärbung in Konfliktbereichen	
Spanien	wird nicht angewendet			CFV 2013, PTOP 2008
übrige Kontinente				
Australien	wird nicht angewendet			Austroads 2014
Kanada	wird nicht angewendet			MTO 2013
Neuseeland	2.500 - 7.500 Kfz/Tag	1,80 m - 2,00 m	unterbrochene Linie	CCC 2013, LTSA 2004
			Fahrradsymbole	
			Einfärbung in Konfliktbereichen	
USA	wird nicht angewendet			AASHTO 1999, NACTO 2014

Breite

Hinsichtlich der Breiten finden international Regellmaße zwischen 1,50 m und 2,00 m Anwendung (siehe Tabelle 2). Hier liegt Deutschland mit einer Regelbreite von 1,50 m am unteren Ende des Spektrums. Werden Schutzstreifen neben Parkstreifen markiert, wird in den meisten Ländern auf zusätzliche Sicherheitstrennstreifen von 0,50 m bis 0,75 m Breite zurückgegriffen.

Bei Verkehrsstärken von über 8.000 Kfz/Tag sind Schutzstreifen in Norwegen gegenüber der in Tabelle 2 angegebenen Breite um 0,30 m auf 1,80 m zu verbreitern [SV 2014, S. 28]. In Österreich wird die in Tabelle 2 angegebene Breite von Mehrzweckstreifen neben Längsparkstreifen um 0,25 m verbreitert [FSV 2014, S. 26].

Markierung

In allen Ländern, die schutzstreifenähnliche Führungsformen auf der Fahrbahn einsetzen, werden diese ähnlich markiert wie in Deutschland (siehe Tabelle 2). Es werden stets unterbrochene Linien markiert, um einerseits die Abgrenzung des für den Radverkehr gedachten Fahrbahnteils als auch seine Überfahrbarkeit im Bedarfsfall zu signalisieren. Die Verwendung einer breiten Linie für Radfahrstreifen und einer schmalen Linie für Schutzstreifen findet sich in dieser Form hingegen nur in Deutschland. International werden normalerweise gleich breite Linien verwendet, die Differenzierung zwischen den Radfahrstreifen und den Schutzstreifen beschränkt sich auf die Markierung von durchgezogenen vs. unterbrochenen Linien. Das Strich-Lücke-Verhältnis auf homogenen Streckenabschnitten entspricht international dem aus Deutschland bekannten Verhältnis von 1:1.

In fast allen Ländern sind Fahrradsymbole auf den Schutzstreifen üblich, um einerseits den Radverkehr auf die für ihn gedachte Verkehrsfläche auf der Fahrbahn hinzuweisen als auch die Aufmerksamkeit des Kraftfahrzeugverkehrs auf selbige zu lenken.

Im Hinblick auf die Einfärbung von Schutzstreifen zeigen sich deutlichere Unterschiede. In den deutschen Entwurfsrichtlinien ist sie für Schutzstreifen nicht explizit vorgesehen und auch in den Niederlanden und in Norwegen gibt es sie nicht. In anderen Ländern erfolgt teils die Einfärbung.

Die Niederlande weisen sogar ausdrücklich darauf hin, dass auf Schutzstreifen eine Einfärbung nicht zum Einsatz kommen sollte, um die maximal mögliche Unterscheidbarkeit zwischen Radfahrstreifen und Schutzstreifen zu gewährleisten und die Einfärbung im Kontext der Radfahrstreifen nicht abzuwerten. In den Niederlanden ist ferner das Fahrradsymbol auf Schutzstreifen nicht zulässig [CROW 2007, S. 119 und 171].

2.3 Freigegebene Bussonderfahrstreifen

2.3.1 Deutschland

Einsatzbereiche

Nach der VwV-StVO sollte der Radverkehr im Benehmen mit den Verkehrsunternehmen auf Bussonderfahrstreifen zugelassen werden, wenn er nicht auf baulichen Radwegen oder Radfahrstreifen geführt werden kann. Ist die Radverkehrsführung auf Radwegen oder Radfahrstreifen nicht realisierbar und die Freigabe des Bussonderfahrstreifens für den Radverkehr wegen besonderer Bedürfnisse des Linienverkehrs ebenfalls nicht möglich, ist vom Einsatz von Bussonderfahrstreifen abzusehen [VwV-StVO 2017, Zu Zeichen 245 Ziffer 6].

Nach den RAST 06 ist die Freigabe und Mitbenutzung von Bussonderfahrstreifen durch den Radverkehr zu vermeiden, aber im Benehmen mit den Verkehrsunternehmen möglich, wenn die Breitenvorgaben (s. u.) erfüllt, die Haltestellen- oder Knotenpunktabstände 300 m nicht wesentlich

überschreiten, die zulässige Höchstgeschwindigkeit maximal 50 km/h beträgt und an signalisierten Knotenpunkten Regelungen getroffen werden, die den Radverkehr sicher und ohne Behinderungen des Linienverkehrs führen. Ferner darf sich abgesehen vom Sortierbereich von Knotenpunkten rechts vom freizugebenden Bussonderfahrstreifen kein Kfz-Fahrstreifen befinden [RASt 06, S. 98].

Die Angaben der ERA 2010 im Hinblick auf den Einsatz von Bussonderfahrstreifen entsprechen denen der RAST 06. Für schmale Ausführungen wird ergänzend empfohlen, diese nicht an Steigungsstrecken anzulegen und zusätzliche, nicht benutzungspflichtige Radverkehrsführungen (z.B. „Gehweg, Radfahrer frei“) anzubieten [ERA 2010, S. 29 f].

Breite

Die Regelbreite von Bussonderfahrstreifen hat nach den RAST 06 prinzipiell 3,50 m zu betragen, bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit sind Breiten bis zu 3,00 m zulässig [RASt 06, S. 96]. Soll der Bussonderfahrstreifen jedoch für den Radverkehr freigegeben werden, ist eine Breite von 4,75 m erforderlich, um ein gefahrloses Überholen von Radfahrern zu ermöglichen. Lediglich bei geringer Radverkehrsstärke von weniger als 150 bis 200 Rf/h sind die zuvor genannten Breiten von 3,00 m bis 3,50 m (ohne Überholmöglichkeit) zulässig [RASt 06, S. 98 / ERA 2010, S. 29]. Breiten für freigegebene Bussonderfahrstreifen sollten entweder so schmal ausfallen, dass Überholvorgänge innerhalb des Bussonderfahrstreifens mit geringem seitlichem Abstand vermieden werden, oder so breit, dass Überholen mit ausreichendem Abstand möglich ist.

Markierung

Die Markierung von Bussonderfahrstreifen - ob für den Radverkehr freigegeben oder nicht - erfolgt nach der VwV-StVO sowie der RMS Teil 1 mit Zeichen 295 (Fahrstreifen- und Fahrbahnbegrenzung). Bei zeitlicher Einschränkung der Freigabe erfolgt sie jedoch nach der VwV-StVO mit Zeichen 340 (Leitlinie), nach der RMS Teil 1 ist die Schmalstrichmarkierung bei beengten Verhältnissen zulässig [VwV-StVO 2017, Zu Zeichen 245 Ziffer 16 / RMS-1 1993, Ziffer 3.3.2].

Nach den ERA 2010 werden zwei Möglichkeiten der Beschilderung und Markierung empfohlen. So hat die Beschilderung primär mit Zeichen 245 (Bussonderfahrstreifen) und Zeichen 1022-10 (Radfahrer frei) zu erfolgen. Bei sehr hohen Radverkehrsstärken ist alternativ die Beschilderung mit Zeichen 237 (Radweg) und Zeichen 1026-32 (Linienverkehr frei) möglich. Im ersten Fall soll die Zulassung des Radverkehrs durch die Markierung des Sinnbildes „Fahrrad“ verdeutlicht werden, im zweiten kann die angestrebte Lösung zusätzlich zur radverkehrsspezifischen Markierung durch die Markierung „BUS“ verdeutlicht werden [ERA 2010, S. 30].

2.3.2 International

Einsatzbereiche

International sind für den Radverkehr freigegebene Bussonderfahrstreifen weniger verbreitet. Lediglich Australien, Großbritannien, Irland, Neuseeland und die USA sehen solche Führungen vor.

Konkrete Einsatzempfehlungen und -grenzen gibt es in den USA, wo die Radverkehrsführung auf freigegebenen Bussonderfahrstreifen auf Straßen mit Kfz-Geschwindigkeiten bis zu 20 mph (ca. 32 km/h) und Abständen im Busverkehr von mindestens vier Minuten als Option angegeben wird. Für den Radverkehr freigegebene Bussonderfahrstreifen sollen sich dabei nur in Seitenlage neben dem Bord bzw. Parkstreifen befinden. Durch die ähnlichen Durchschnittsgeschwindigkeiten von Rad- und Busverkehr, die aus diesen Einsatzkriterien resultieren, werden Konflikte minimiert [NACTO 2016].

Breite

Die international angewendeten Breiten ähneln denen in Deutschland und sollen gewährleisten, dass Überholvorgänge innerhalb des Streifens mit geringem seitlichem Abstand vermieden werden oder ob ausreichende Breite unproblematisch sind. Zur Anwendung kommen Breiten unter 3,50 m oder deutlich über 4,00 m. In den USA werden Breiten von 10 bis 12 ft (3,05 m bis 3,66 m) empfohlen. Der Breitenbereich zwischen 13 und 15 ft (3,96 m bis 4,57 m) sollte vermieden werden, um problematische Überholvorgänge auszuschließen [NACTO 2016].

Markierung

Die Markierung von für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen erfolgt international wie in Deutschland durch Fahrradsymbole auf dem Sonderfahrstreifen. In den USA ist so z.B. die Markierung von „bicycle shared lane markings“ (MUTCD § 9C-9) vorgesehen. Eine entsprechende Beschilderung („BUSES-BIKES ONLY“) soll die Fahrbahnmarkierung ergänzen [NACTO 2016].

2.4 Aktueller Stand der Forschung

Nachfolgend wird eine Auswahl aktueller Forschungsarbeiten und Berichte mit Themenbezug zusammengetragen und ausgewertet.

2.4.1 Unfallgeschehen und Verkehrssicherheit

Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern

[Alrutz et al. 2009] zeigten, dass die mittleren Unfalldichten und Unfallraten (bezogen auf die Radverkehrsstärken) auf Straßen mit markierten Radverkehrsführungen niedriger liegen als auf Straßen mit baulichen Radwegen im Seitenraum. Die Unfallkennwerte streuen allerdings bei jedem Anlagentyp stark. Bei den Unfallkostendichten und Unfallkostenraten (bezogen auf die Radverkehrsstärken) fallen Schutzstreifen besonders positiv auf. So ist die Unfallkostendichte auf Straßen mit Schutzstreifen nur halb so hoch wie auf Straßen mit Radfahrstreifen. Radwege liegen ebenfalls auf einem deutlich höheren Niveau. Die Unfallkostenrate auf Straßen mit Schutzstreifen ist sogar nur ein Drittel so hoch wie auf Straßen mit Radfahrstreifen, wird jedoch auch durch einen besonders geringen Anteil an regelwidrig links fahrenden Radfahrern positiv beeinflusst. Radfahrstreifen sind besonders auffällig, da mit ihnen die höchste Unfallkostenrate aller untersuchten Führungsformen verbunden ist. Der Anteil regelwidrig links fahrender Radfahrer liegt hier zudem nur geringfügig höher als auf Schutzstreifen und niedriger als auf Radwegen. Bei den Unfalltypen sind Unfälle mit dem ruhenden Verkehr auf Straßen mit Schutzstreifen besonders häufig vertreten, auf Straßen mit Radfahrstreifen dominieren Unfälle beim Einbiegen bzw. Kreuzen. Basierend auf den Ergebnissen wird empfohlen, Radfahrstreifen und Schutzstreifen als gleichrangige Lösung im Spektrum der Radverkehrsführungen zu behandeln. Vor allem Schutzstreifen können auch bei höheren Verkehrsbelastungen eine verkehrssichere Lösung sein [Alrutz et al. 2009].

Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen

[Ohm et al. 2015] stellten fest, dass eine höhere Nutzungsintensität des Straßenumfeldes auf Strecken mit und ohne Schutzstreifen eine höhere Unfalldichte der Radverkehrsunfälle zur Folge hat. Zweistreifige Straßen mit markiertem Schutzstreifen weisen eine höhere Unfalldichte auf als vergleichbare Straßen mit reinem Mischverkehr. Auf vierstreifigen Straßen besteht ein ähnlicher Zusammenhang nicht. Bei den Unfallkostendichten ergeben sich grundsätzlich die gleichen Aussagen wie bei den Unfalldichten. So weisen zweistreifige Querschnitte mit Schutzstreifen bei Unfällen mit Personenschäden höhere Werte auf als vergleichbare Querschnitte mit reinem Mischverkehr. Bei vierstreifigen Querschnitten liegen die Unfallkostendichten hingegen bei reinem Mischverkehr

deutlich höher. Insgesamt weisen die Untersuchungsstrecken mit Schutzstreifen - sowohl zwei- als auch vierstreifige - eine geringere Unfallschwere auf als jene mit reinem Mischverkehr [Ohm et al. 2015]. Im Hinblick auf die ermittelten Dichten ist zu beachten, dass ein alleiniger Vergleich dieser Kennwerte nur eine eingeschränkte Aussagekraft besitzt, da das Verkehrsaufkommen im Kfz- sowie Radverkehr bei den Unfall(kosten)dichten keine Berücksichtigung findet.

Gutachten zum Einsatz und zur Wirkung von einseitigen, alternierenden und beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerorts

[Kaulen et al. 2013] konnten zeigen, dass beidseitige Schutzstreifen auch bei schmalen Kernfahrbahnbreiten ab einer Breite von 4,10 m positiv auf die Verkehrssicherheit wirken. Die Analyse stütze sich insgesamt auf zehn Streckenabschnitte mit einer Gesamtlänge von 5,5 km. Auf drei dieser Abschnitte (1,7 km) wurden beidseitig Schutzstreifen markiert, auf einem einseitig (0,2 km) und auf sechs Abschnitten alternierend (3,6 km). Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wird der Einsatz beidseitige Schutzstreifen auch bei schmalen Kernfahrbahnbreiten bis zu einer Verkehrsstärke von 12.000 Kfz/Tag empfohlen. Der positive Effekt resultiert vor allem aus einer reduzierten Fahrgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs. Dieser Effekt (reduzierte Kfz-Geschwindigkeiten) wurde umso deutlicher, je schmaler die Kernfahrbahn dimensioniert ist. So konnte bei einer Kehr-fahrbahnbreite von 4,10 m eine Reduktion der mittleren Fahrgeschwindigkeit um 11,2 km/h gegenüber der vorher bestehenden Mischverkehrslösung beobachtet werden. Der positive Effekt geht ebenfalls auf geringfügig größere seitliche Überholabstände zurück, da sich überholende Fahrzeuge nach der Markierung von beidseitigen Schutzstreifen und Demarkierung der Leitlinie in Fahrbahnmitte nicht mehr an der Leitlinie orientieren können. Konflikte und gefährliche Situationen traten sowohl vor als auch nach der Markierung der Schutzstreifen auf, waren jedoch mehrheitlich in der regelwidrigen Nutzung des Seitenraums durch Radfahrer begründet. Alternierende oder einseitige Schutzstreifen werden für den generellen Einsatz nicht empfohlen [Kaulen et al. 2013]. Die von erzielten Ergebnisse sollten vor dem Hintergrund der kleinen Stichprobe durch umfangreichere Untersuchungen bestätigt werden, um die Empfehlungen entsprechend abzusichern.

Bfu-Sicherheitsdossier Nr. 08 - Fahrradverkehr (Schweiz)

Im Hinblick auf die Radverkehrsführung innerorts wird von der Schweizer Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) festgehalten, dass bauliche Radwege oft nur eine „falsche“ Sicherheit vermitteln. Grund dafür ist, dass von der Knotenpunktdichte und hohen Zahl privater Ausfahrten und den damit oft verbundenen, mangelhaften Sichtverhältnissen trotz subjektivem hohen Sicherheitsgefühl ein Gefahrenpotential ausgeht. Andererseits führt auch die Markierung von Radstreifen oft zu einem „falschen Sicherheitsgefühl“, wenn Rad- und Kfz-Streifen zu schmal markiert werden und sich die Raumprofile überlappen. Bei der Auswertung der Unfalldaten zeigte sich, dass im Vergleich mit Radwegen im Seitenraum auf Radstreifen Kollisionen mit schweren Personenschäden gegenüber Alleinunfällen anteilmäßig übervertreten sind. Für eine sichere Radverkehrsführung wird empfohlen, eine möglichst homogene Führung mit wenigen Wechsels der Führungsform anzustreben. Auf Fahrbahnquerschnitten, die zu schmal sind, um Kfz-Fahrstreifen und Radstreifen ausreichend breit zu markieren, sollte eine Kernfahrbahn ohne markierte Leitlinie in Fahrbahnmitte eingesetzt werden. Radstreifen sollten generell nur bei ausreichend breiter Fahrbahn markiert werden, da sie anderenfalls die Sicherheit negativ beeinflussen. In kritischen Bereichen (z.B. an Knotenpunkten) lenkt eine Einfärbung der Radstreifen die Aufmerksamkeit der Kraftfahrer auf den bevorrechtigten Radstreifen. Die Freigabe von Busspuren (Bussonderfahrstreifen) stellt bei beengten Verhältnissen eine Lösung dar, wenn Längsneigung und Breite der Busspur dies zulassen [Walter et al. 2012].

Abbiegeunfälle Pkw/Lkw und Fahrrad

Auch [Kolrep-Rometsch et al. 2013] konnten Sicherheitsrisiken für Radfahrer insbesondere dann nachweisen, wenn abbiegende Kfz in ihrer Sicht auf geradeausfahrende Radfahrer eingeschränkt sind. Sie empfehlen daher unter anderem Führungsformen für den Radverkehr auf der Fahrbahn und weisen darauf hin, Knotenpunktzufahrten im Bereich des Sichtfeldes für den Schulterblick frei von Sichthindernissen zu halten [Kolrep-Rometsch et al. 2013].

2.4.2 Flächennutzung und Verkehrsverhalten

Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern

Die von [Alrutz et al. 2009] durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass Radfahrstreifen von den Nutzern subjektiv sicherer empfunden werden als Schutzstreifen. Davon unabhängig werden beide Führungsformen von den Radfahrern überwiegend genutzt und es wird nur relativ selten (weniger als 10 % der Radfahrer) im Seitenraum gefahren. Das Befahren nicht vorgesehener Fahrbahnflächen wie angrenzende Kfz-Fahrstreifen tritt vor allem bei Schutzstreifen auf und ist in den meisten Fällen durch auf den Schutzstreifen parkende Fahrzeuge induziert. Ein häufiges Verlassen der markierten Streifen tritt jedoch auch in Verbindung mit Überholvorgängen untereinander und schmalen Sicherheitstrennstreifen entlang von Parkstreifen bzw. schmalen Anlagenbreiten auf, um ausreichend Seitenabstand zu ruhenden Fahrzeugen zu schaffen. Die Rate an Behinderungen durch regelwidrig in zweiter Reihe haltende oder parkende Kfz ist nach den erhobenen Daten auf Schutzstreifen etwa doppelt so hoch wie auf Radfahrstreifen. Zur Reduzierung dieser Fehl-nutzung ist sowohl die regelmäßige Überwachung als auch ein ausreichendes Flächenangebot für ruhende Fahrzeuge notwendig [Alrutz et al. 2009].

Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen

[Ohm et al. 2015] stellten fest, dass Schutzstreifen im Vergleich zum klassischen Mischverkehr einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz der Fahrbahnführung haben. Sowohl auf zwei- als auch auf vierstreifigen Straßen sinkt durch sie der Anteil der Radfahrer, die den Gehweg befahren. Aus der Gehwegnutzung entstehende Konfliktpotentiale können folglich durch die Markierung von Schutzstreifen verringert werden. Im Rahmen der Untersuchung wurde ebenfalls festgestellt, dass Schutzstreifen zwar nicht generell zu geringeren seitlichen Überholabständen führen, beim Überholen von Radfahrern ohne Gegenverkehr allerdings Tendenzen zu reduzierten seitlichen Abständen zu beobachten sind [Ohm et al. 2015].

Gutachten zum Einsatz und zur Wirkung von einseitigen, alternierenden und beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerorts

[Kaulen et al. 2013] konnten mit einer Untersuchung auf zehn Strecken (Länge 5,5 km) zeigen, dass auf Schutzstreifen mit der nach den ERA 2010 zulässigen Mindestbreite von 1,25 m weiter links gefahren wird und sich auf diese Weise der Abstand zum motorisierten Verkehr verringert. Hohe Kfz-Geschwindigkeiten führen hingegen dazu, dass weiter rechts auf den Schutzstreifen gefahren wird. Bei einseitig markierten Schutzstreifen - egal, ob alternierend oder durchgehend auf einer Seite - waren im Schnitt geringere Quoten der Fahrbahnnutzung zu beobachten als bei beidseitigen Schutzstreifen. Die Akzeptanz der Fahrbahnführung wird somit vor allem durch die beidseitige Markierung positiv beeinflusst. Einseitige oder alternierende Schutzstreifen wirken sich hingegen eher negativ auf die Akzeptanz aus. Für Schutzstreifen wird eine Mindestbreite von 1,40 m empfohlen, da diese von den Radfahrern mittig befahren wird und so ein ausreichender Sicherheitsabstand zum motorisierten Verkehr bzw. Bord gewährleistet wird. Einseitige Schutzstreifen sollten vermieden werden, da sie keine selbsterklärende Führungsform darstellen und den positi-

ven Effekten negative Begleiterscheinungen gegenüberstehen. Beidseitige Schutzstreifen mit schmalen Kernfahrbahnen sind als Lösung empfehlenswert, wenn andere Maßnahmen (z.B. eine reduzierte Parkstreifenbreite oder zulässige Höchstgeschwindigkeit) nicht umsetzbar sind. Es werden ferner verschiedene Breitenkonstellationen für diverse Kombinationen aus Fahrbahnbreiten und Parksituation empfohlen [Kaulen et al. 2013]. Es sollte angestrebt werden, die auf Basis einer kleinen Stichprobe gewonnen Erkenntnisse durch umfangreichere Untersuchungen zu bestätigen, um die gegebenen Empfehlungen entsprechend abzusichern.

Lessons from the Green Lanes: Evaluating Protected Bike Lanes in the U.S. (USA)

[Monsere et al. 2014] wiesen nach, dass Protected Bike Lanes gegenüber vorher existierenden Mischverkehrslösungen deutliche Steigerungen des Radverkehrsaufkommens mit Zuwächsen von bis zu 171 % zur Folge haben. Die durchgeführten Befragungen konnten zeigen, dass 10 % der Radfahrer von anderen Verkehrsträgern auf das Fahrrad wechseln, wenn sie Protected Bike Lanes nutzen können. Die befragten Nutzer gaben an, wegen der schützenden Radfahrstreifen das Fahrrad generell häufiger als bevorzugtes Verkehrsmittel zu wählen. Die Befragung der Nutzer konnte ferner zeigen, dass die Wahl der vertikalen Trennmaßnahme (z.B. Poller oder Blumenkübel) nur von sekundärer Bedeutung ist. Zwar wurden Maßnahmen mit größerer Separation besser bewertet, aber jede vertikale Maßnahme führte zu einer deutlich positiveren Wahrnehmung des Radfahrstreifens gegenüber einer bloßen Markierung. Die Befragung von Kraftfahrern wies ebenfalls auf die positive Wirkung hin. So gaben 53 % an, dass sich die verkehrliche Situation durch die Protected Bike Lanes verbessert, da Verhalten und Lokalisation des Radverkehrs vorhersehbarer werden. Negative oder positive Auswirkungen auf die Sicherheit waren auf Basis des ausgewerteten Videomaterials (144 h, 12.900 Radfahrer) trotz starkem Anstieg des Radverkehrsaufkommens nicht ableitbar. So wurden keine Unfälle oder Beinahe-Unfälle und lediglich sechs leichte Konflikte beobachtet. Im Hinblick auf die Knotenpunktgestaltung wiesen Turning Zones² eine geringere Konfliktrate als Mixing Zones³ auf [Monsere et al. 2014]. Ein Vergleich mit reinen Markierungslösungen ohne den Schutz durch Poller o.ä. fand nicht statt.

Recommended Bicycle Lane Widths for Various Roadway Characteristics (USA)

[Torbic et al. 2014] beobachteten, dass Radfahrer den markierten Radfahrstreifen tendenziell mittig befahren. Aufgrund angrenzender Parkstreifen reduziert sich aber die effektive Breite der Radfahrstreifen, da der Bereich sich öffnender Türen zu berücksichtigen ist. Ein hohes Verkehrsaufkommen bzw. ein hoher Schwerverkehrsanteil bewirkte bei den beobachteten Radfahrern ein Ausweichen weg vom fließenden Verkehr in Richtung des ruhenden Verkehrs, so dass sich die Radfahrer mitunter außerhalb der effektiven Breite und im Gefahrenbereich sich öffnender Türen bewegten. In beiden Situationen haben schmalere Radfahrstreifen bei gleichzeitiger Markierung von Sicherheitstrennstreifen auf beiden Seiten der Radfahrstreifen Vorteile, da hier die markierte Breite des Radfahrstreifens der effektiven Breite entspricht und die Ausweichbewegungen der Radfahrer zum Fahrbahnrand - und damit in den angesprochenen Gefahrenbereich - geringer ausfallen. [Torbic et al. 2014] empfehlen anhängig von der straßenräumlichen und verkehrlichen Situation entlang von Parkstreifen Mindestbreiten von 4 ft (ca. 1,2 m) sowie nach Möglichkeit Sicherheitstrennstreifen

² Unterbrechung der vertikalen Maßnahme und Führung des Radverkehrs zwischen dem abbiegenden und dem geradeausfahrenden Kraftfahrzeugverkehr ähnlich den in Deutschland zu findenden Radfahrstreifen in Mittelallee

³ Unterbrechung der vertikalen Maßnahme und Führung des Radverkehrs und des abbiegenden Kraftfahrzeugverkehrs auf Kombinationsfahrstreifen

von 3 ft (ca. 0,9 m) zum ruhenden sowie 2 ft (ca. 0,6 m) zum fließenden Verkehr. Letzteres gilt vor allem bei hohen Verkehrsstärken und Schwerverkehrsanteilen. Auf Straßen ohne Parkstreifen sollten für Radfahrstreifen Mindestbreiten von 4 ft (ca. 1,2 m) bzw. 5 ft (ca. 1,5 m) bei hohen Verkehrsstärken oder Schwerverkehrsanteilen Anwendung finden [Torbic et al. 2014].

The effect of cycle lanes on the proximity between motor traffic and cycle traffic (Großbritannien)

[Parkin / Meyers 2009] zeigten, dass überholende Kraftfahrzeuge bei markierten Radfahrstreifen im Vergleich zum Mischverkehr zu geringeren Seitenabständen neigen. So reduzierte sich der seitliche Abstand auf Streckenabschnitten mit markierten Radfahrstreifen in bestimmten Konstellationen deutlich. Der Abstand überholender Pkw sank teilweise von 1,70 m im Mischverkehr auf 1,52 m bei Radfahrstreifen, der von Lkw und Bussen teils auf 1,22 m gegenüber 1,75 m im Mischverkehr. Radfahrstreifen resultieren demnach nicht generell in einem verbesserten Platzangebot für den Radverkehr und einer höheren Sicherheit, sondern können in bestimmten Konstellationen aus Breite des Streifens, zulässiger Höchstgeschwindigkeit und Typ des überholenden Fahrzeugs auch negative Auswirkungen auf die seitlichen Überholabstände haben [Parkin / Meyers 2009].

2.5 Alternative Ansätze

Insbesondere international gibt es über die Entwurfsregelwerke hinausgehende Ansätze, die darauf abzielen, den Radverkehr auf der Fahrbahn noch besser zu schützen und seine Attraktivität zu verbessern. Diese Lösungen sind oft nicht wissenschaftlich untersucht und werden erfahrungsbasiert in ähnlichen Situationen eingesetzt. Trotz umfangreicher Recherche wurden nur wenige alternative Ansätze gefunden. Nachfolgenden werden vier Ansätze vorgestellt.

2.5.1 Radfahrstreifen mit breitem Sicherheitstrennstreifen

Erste Untersuchungen wie von [Torbic et al. 2014] zeigen, dass Radfahrer tendenziell mittig auf den markierten Streifen fahren und bei einem höheren Kfz-Aufkommen bzw. Schwerverkehrsanteil zum rechten Rand ausweichen (siehe auch Kapitel 2.4.2), wo sie sich im Gefahrenbereich des ruhenden Verkehrs befinden. Bei gleichem Platzeinsatz lässt sich der Radverkehr durch breitere Sicherheitstrennstreifen eher aus Gefahrenbereichen leiten als es durch breitere Radfahrstreifen.

Ein Beispiel findet sich in Frankfurt am Main, wo die östliche Fahrbahn des Hafentunnels (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h) derart ummarkiert wurde (siehe Abbildung 1). Dabei sollte ein attraktives Angebot geschaffen werden, dass das vorher zu beobachtende Fahren in falscher Richtung auf der gegenüberliegenden Straßenseite reduziert. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die verwendeten Breiten und die Markierungen gelegt. So wurde der neu markierte Radfahrstreifen mit einer Breite von 2,00 m bewusst schmaler als möglich gestaltet, um auszuschließen, dass er für eine Bussonderfahrstreifen gehalten werden könnte. Der Sicherheitstrennstreifen von 1,25 m Breite soll stattdessen das subjektive Sicherheitsgefühl stärken. Er ermöglicht ferner auch unter widrigen Lichtbedingungen die deutlich wahrnehmbare Flächentrennung. Eine Demarkierung war nicht nötig, da die bestehende Markierung unter der neuen verschwand. Die alte Flächenaufteilung ist bei Bedarf (z.B. bei Wartungsarbeiten) mittels Gelbmarkierung reaktivierbar.



Abbildung 1: Blickwinkel des Radfahrers im Hafentunnel in Frankfurt am Main (Deutschland)
[ADFC Frankfurt am Main e.V. / Peter Sauer]

Bei der Markierung der Sicherheitstrennstreifen und Sperrflächen wurde besonders darauf geachtet, auch einbiegenden Verkehrsteilnehmern am vorgelagerten Knotenpunkt die neue Situation im Tunnel frühzeitig begreifbar zu machen. So greifen die in Knotenpunktzufahrten markierten Sperrflächen die Fahrstreifen- und Breitenverhältnisse im Tunnel auf und sollen auf diese Weise verhindern, dass versehentlich auf den ehemals vorhandenen äußeren Fahrstreifen eingebogen wird.

Zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung lagen keine Erkenntnisse vor, die positive Auswirkungen auf die Sicherheit über offizielle Unfallzahlen und Vorher-Nachher-Analysen belegen, aber die ersten Reaktionen von Seiten der Nutzer und deren Interessenvertretungen sind positiv [ADFC 2016].

Im Hinblick auf den Einsatz von breiten Sicherheitstrennstreifen sollte beachtet werden, dass die Gesamtbreite aus Radfahrstreifen und Sicherheitstrennstreifen die eines Radweges im Seitenraum übersteigt. Daher ist der Ansatz dann praktikabel, wenn bestehende Fahrstreifen des Kraftfahrzeugverkehrs zugunsten des Radverkehrs ummarkiert werden sollen und die Verkehrsbelastung damit vereinbar ist. Die Vorteile liegen in der kostengünstigen und schnellen Umsetzbarkeit.

2.5.2 Radfahrstreifen mit vertikalem Schutz („Protected Bike Lanes“)

Über die Markierung von Sicherheitstrennstreifen hinaus sind vertikale Schutzmaßnahmen möglich, die bei beengten Verhältnissen auch statt breiten Sicherheitstrennstreifen eingesetzt werden können. Zu finden sind die so genannten „Protected Bike Lanes“ (PBL) in englischsprachigen Ländern und Spanien. Eingesetzt werden sie als uni- sowie bidirektionale Radfahrstreifen. Die bidirektionale Ausführung ist dabei wegen des Konfliktpotentials an Knotenpunkten nicht unproblematisch. Radverkehr aus beiden Richtungen ist für den Kraftfahrzeugverkehr ungewohnt und unfallanfällig. Die vertikalen Maßnahmen reichen von Pollern (siehe Abbildung 2) über Blumenkübel bis zu massiven Barrieren aus Beton. Allen gemein ist das dem Radverkehr vermittelte subjektive Sicherheitsgefühl. Ausschlaggebend für den Einsatz der einen oder anderen Variante sind ökonomische Aspekte, die Notwendigkeit der Erreichbarkeit des Seitenraumes oder die Gestaltung der Entwässerung.



Abbildung 2: Protected Bike Lane in Austin (USA) [Adam Coppola Photography]

Ein relativ gut untersuchtes Beispiel für einen solchen Radfahrstreifen findet sich in New York City. Im Zusammenhang mit der Umgestaltung des Prospect Park West wurde die Fahrstreifenanzahl reduziert und ein einseitiger Radfahrstreifen mit Zweirichtungsbetrieb angelegt. Als vertikaler Schutz kamen bei dieser Umgestaltung Poller und Längsparkstreifen zum Einsatz. Letzteres kann insofern problematisch sein, da ggf. mehr Konflikte zwischen Radverkehr und ruhendem Kfz-Verkehr induziert werden können, da die Ausweichmöglichkeiten von Radfahrern zwischen ruhenden Kfz und Bord im Falle von geöffneten Türen begrenzt sind. Ferner kann eine hohe Dichte von Einmündungen wegen der problematischen Sichtbeziehungen zu erhöhten Konfliktraten führen.

Während das Kraftfahrzeugaufkommen relativ konstant blieb, verdreifachte sich das Radverkehrsaufkommen durch die Umgestaltung teilweise. Die Sicherheitswirkung wurde positiv bewertet, da die Zahl der Radverkehrsunfälle um 16 % und die der Verletzten um 63 % gesenkt werden konnte. Durch die Fahrstreifenreduktion war ebenfalls eine Homogenisierung der Kfz-Geschwindigkeiten zu beobachten [DOT 2012]. Bei der Interpretation der Ergebnisse der Studie ist zu beachten, dass hier lediglich absolute Unfallzahlen weniger Halbjahre verglichen wurden und sich der Vergleich nur auf den Mischverkehr bezieht. Ein Vergleich mit anderen Radverkehrsführungen oder die Ermittlung von Unfallraten fand nicht statt. Der Konflikt zwischen bidirektionalem Radverkehr und abbiegenden Kraftfahrzeugen entstand nicht, da der Radfahrstreifen auf Seite eines Parks angelegt wurde, wo abbiegende Kraftfahrzeuge nicht auftreten. Generell konnten [Monsere et al. 2014] für die Führung des Abbiegeverkehrs zeigen, dass Turning Zones⁴ eine geringere Konfliktrate als Mixing Zones⁵ aufweisen [Monsere et al. 2014].

⁴ Unterbrechung der vertikalen Maßnahme und Führung des Radverkehrs zwischen dem abbiegenden und dem geradeausfahrenden Kraftfahrzeugverkehr ähnlich den in Deutschland zu findenden Radfahrstreifen in Mittelallee

⁵ Unterbrechung der vertikalen Maßnahme und Führung des Radverkehrs und des abbiegenden Kraftfahrzeugverkehrs auf Kombinationsfahrstreifen

An einem Ende mündet der Zweirichtungs-Radfahstreifen in einem Platz, so dass keine Probleme bei der Auflösung der Verkehrsströme auftreten. Das andere Ende des Radfahstreifens hingegen mündet in einem Kreisverkehr, ohne weiteres Führungsangebot für Radfahrer, was vor allem für den Radverkehrsstrom entgegen der Kreisverkehrsrichtung problematisch ist. Genauere Erkenntnisse zu den Sicherheitsauswirkungen dieser Einmündung in den Kreisverkehr liegen nicht vor.

Die Vorteile der vertikalen Schutzmaßnahmen und der entstehenden Protected Bike Lanes liegen vor allem in der vermittelten subjektiven Sicherheit. Darüber hinaus sind für Kommunen kostengünstiger und schneller zu implementieren als baulich getrennte Radwege. Durch die vertikalen Schutzmaßnahmen sind derartige Lösungen ggf. auch in Situationen einsetzbar, die eigentlich gegen Radfahstreifen sprechen würden (z.B. hohe Verkehrsstärken oder hohe Geschwindigkeiten). Eine abschließende Aussage hierzu ist auf Basis des Forschungsstandes jedoch nicht möglich.

2.5.3 Radfahstreifen in Fahrbahnmitte

Neben der Führung von Radfahstreifen am Fahrbahnrand finden sich in den USA und in Spanien auch Ansätze, selbige in Fahrbahnmitte zu führen (siehe Abbildung 3). Diese Gestaltung hat den Vorteil, dass die Konflikte zwischen Rad- und Kraftfahrzeugverkehr am Fahrbahnrand vermieden werden. Dazu gehören Konflikte mit dem ruhenden Verkehr und dem öffentlichen Busnahverkehr. Konflikte mit abbiegenden Kraftfahrzeugen treten durch diese Gestaltung immer noch, allerdings in veränderter Form auf. Konflikte mit rechtsabbiegenden Fahrzeugen werden zwar vermieden, dafür treten Konflikte mit zwei linksabbiegenden Fahrzeugströmen auf. Diese Führungsform erschwert dem Radverkehr außerdem den Zugang zum Seitenraum und eignet sich daher vor allem für Situationen, in denen der Radverkehr zügig über längere Streckenabschnitte geführt werden soll und der Zugang zum Seitenraum nicht von hoher Priorität ist. Dies kann z.B. bei Radschnellwegen der Fall sein. Ebenfalls nicht unproblematisch ist die Führung des abbiegenden Radverkehrs aus der Mittellage, die bisher kaum untersucht wurde.



Abbildung 3: Radfahstreifen in Fahrbahnmitte in San Sebastián (Spanien) [TU Berlin]

Ein Beispiel eines solchen Radfahrstreifens in Fahrbahnmitte findet sich auf der Pennsylvania Avenue in Washington D.C., wo der Radverkehr auf diese Weise entlang einer der verkehrlichen Hauptachsen der Stadt geführt wird. Vertikale Schutzmaßnahmen in Form von Pollern werden nur in den Knotenpunktbereichen eingesetzt, ansonsten wird auf beidseitige Sicherheitstrennstreifen von ca. 90 cm (3 Fuß) Breite zurückgegriffen. Ähnlich der beschriebenen Umgestaltung in New York City resultierte auch jene in Washington D.C. in einem starken Anstieg des Radverkehrsaufkommens. Während sich dieses ebenfalls verdreifachte, ging die Kraftverkehrsbelastung zeitgleich um 15 - 20 % zurück. Hier wird vermutet, dass der Kraftfahrzeugverkehr nun andere Routen wählt, da die Umgestaltung Abbiegebeschränkungen mit sich brachte. Die Auswirkungen auf die Sicherheit sind auf Basis der verfügbaren Untersuchung vorerst negativ zu bewerten. 16 Radverkehrsunfällen in 14 Monaten nach der Markierung standen neun Unfällen in vier Jahren vorher gegenüber. Auch hier muss allerdings angemerkt werden, dass nur absolute Unfallzahlen verglichen und keine Unfallraten ermittelt wurden. Über die Entwicklung bei den Verletzungen wurde ebenfalls keine Aussage getroffen. Auffällig ist hingegen, dass fast 80 % der Unfälle auf regelwidrige Wendemaneöver über den Radfahrstreifen abseits der Knotenpunkte zurückgingen. Die Akzeptanz der Lichtsignalanlagen durch die Radfahrer war ferner relativ gering. In Beobachtungen ignorierten 42 % das Rotlicht an Knotenpunkten [Goodno et al. 2013].

2.5.4 Radfahrstreifen auf Zwischenniveau

Ein weiterer Ansatz im Hinblick auf die Gestaltung von Radfahrstreifen ist die Führung auf einem Zwischenniveau zwischen Fahrbahn und Gehweg mit flachen Borden auf beiden Seiten. Lösungen derart sind vor allem in einigen europäischen Ländern gebräuchlich und finden sich z.B. in Dänemark und Schweden (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4: Zweirichtungs-Radfahrstreifen auf Zwischenniveau
(Einbahnstraße) in Göteborg (Schweden) [TU Berlin]**

Nach den ausgewerteten Quellen wird diese Gestaltungsform nicht in Verbindung mit Parkstreifen eingesetzt. Die baulich getrennten Radfahrstreifen sind - zumindest in Dänemark - 2,00 bis 2,50 m breit [Jensen 2007, S. 3] und liegen auf einem Zwischenniveau von 7 bis 12 cm über der Fahrbahn

[Agerholm et al. 2008, S. 5]. Genauere Aussagen (z.B. zu nötigen Sicherheitsräumen) lassen sich auf Basis der auswertbaren Quellen nicht treffen. Der Vorteil gegenüber anderen Lösungen liegt im reduzierten Platzbedarf, da selbst der geringe Platz, der für den Einsatz vertikaler Schutzmaßnahmen erforderlich ist, nicht anfällt. Anders als beim Einsatz von Pollern oder anderen vertikalen Maßnahmen bleibt die Überfahrbarkeit für den Bedarfsfall erhalten. Negativ zu beurteilen ist der bauliche Aufwand und die geringen Seitenabstände zwischen Rad- und Kfz-Verkehr.

Detaillierte Analysen einzelner Maßnahmen waren nicht verfügbar. Die auswertbaren Studien beschränken sich auf den Vergleich absoluter Unfallzahlen mit der Führung des Radverkehrs im Mischverkehr. Die Untersuchung von [Jensen 2007] zeigte, dass die in Dänemark baulich abgetrennten Radfahrstreifen eine im Vergleich zum Mischverkehr um 10 % erhöhte Unfall- und Verletztetenzahl zur Folge haben. Eine geringe Reduktion auf homogenen Streckenabschnitten zwischen Knotenpunkten wird durch einen starken Anstieg in Knotenpunktbereichen überlagert. Die Verkehrssicherheit von Radfahrern, Mopedfahrern - sie dürfen in Dänemark ebenfalls auf Radfahrstreifen fahren - und Fußgängern ist auf diesen Anlagen deutlich beeinträchtigt. Es wurde ferner gezeigt, dass auch markierte Radfahrstreifen eine negative Sicherheitswirkung und einen Anstieg der Unfallzahlen um 5 % bzw. der Verletztetenzahlen um 15 % zur Folge haben. Die Sicherheit verschlechtert sich durch sie sowohl auf homogenen Streckenabschnitten als auch in Knotenpunktbereichen. Sowohl baulich getrennte Radfahrstreifen auf Zwischenniveau als auch markierte Lösungen wirken auf das Radverkehrsaufkommen. So resultieren baulich getrennte Radfahrstreifen in einem 20 % höherem Radverkehrsaufkommen und einer Reduktion des motorisierten Verkehrs um 10 %. Markierte Radfahrstreifen haben ein um 5 % erhöhtes Radverkehrsaufkommen und ein 1 % geringeres Aufkommen des motorisierten Verkehrs zur Folge [Jensen 2007]. Es ist zu beachten, dass zumindest ein Teil erhöhten Unfall- und Verletztetenzahlen allein auf das gestiegene Radverkehrsaufkommen zurückzuführen ist. Ohne auf das Radverkehrsaufkommen bezogene Unfallraten kann dieser Zusammenhang nicht vollends geklärt werden.

Durch [Agerholm et al. 2008] wurde gezeigt, dass sich baulich getrennte Radfahrstreifen auf Zwischenniveau in Dänemark generell negativ auf die Verkehrssicherheit auswirken. So lässt sich zwar eine geringfügig verbesserte Sicherheit auf homogenen Abschnitten zwischen den Knotenpunkten beobachten, da durch die Separation Unfälle im Längsverkehr seltener auftreten. An Knotenpunkten zeigen sich allerdings mehr Unfälle. Insgesamt haben baulich getrennte Radfahrstreifen in Dänemark nach den untersuchten Daten eine um 14 % erhöhte Unfallzahl, eine um 6 % erhöhte Verletztetenzahl und eine um 14 % erhöhte Schwerverletzten- und Getötetenzahl zur Folge. Die Anstiege konzentrieren sich dabei auf die Knotenpunktbereiche und betreffen vor allem Mopedfahrer - sie dürfen in Dänemark ebenfalls auf Radfahrstreifen fahren - und Fußgänger. Einen Einfluss auf das Radverkehrsaufkommen konnte im Rahmen der Untersuchung nicht nachgewiesen werden. [Agerholm et al. 2008]. Höhere Unfallzahlen bei gleichbleibender Radverkehrsstärke weisen zwar auf steigende Unfallraten im Zusammenhang mit baulich getrennte Radfahrstreifen hin, allerdings ist zu beachten, dass die beobachteten Anstiege vor allem Mopedfahrer und Fußgänger betreffen.

2.6 Zwischenfazit der Literaturanalyse

Der Einsatz von linienhaft markierten Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn ist den deutschen Richtlinien und Regelwerken ausführlich beschrieben. In verbindlichen Quellen wie der VwV-StVO finden sich zwar vergleichsweise wenige konkrete Aussagen zu Einsatzgrenzen, Dimensionierung und Markierung. Die FGSV-Werke - allen voran die ERA 2010 - zeigen sich dafür umso ergiebiger. Einzelne Städte wie Hamburg haben eigene Hinweise publiziert, die sich mitunter von denen der

FGSV unterscheiden, und z.B. größere Regelbreiten für Radfahrstreifen fordern [Freie und Hansestadt Hamburg 2017, S. 22]. Aber auch zwischen den FGSV-Werken gibt es, bedingt durch das unterschiedliche Alter einzelner Werke, mitunter kleinere Diskrepanzen. So ist z.B. eine Radfahrerfurt für Radfahrstreifen nach der RMS Teil 1 mit einem Breitstrich mit 0,50 m Strich- und 0,20 m Lückenlänge zu markieren [RMS-1 1993, Ziffer 4.8.2], nach den RASSt 06 hingegen mit 0,50 m Strich- und 0,25 m Lückenlänge [RASSt 06, S. 84 und 112]. Im Hinblick auf die RMS ist zu beachten, dass sich zum Zeitpunkt des Forschungsprojekts eine Neufassung in Ausarbeitung befindet.

International ist der Einsatz linienhaft markierter Radverkehrsführungen zwar auch möglich, aber auf Basis der ausgewerteten Quellen nicht in dem Maße wie ein Deutschland. Während Radfahrstreifen in anderen Ländern Anwendung finden, sind Schutzstreifen außerhalb Europas nicht vorgesehen. Die mit dem Verkehrsaufkommen verbundene Einsatzgrenze der Fahrbahnführung ist international meist strenger als in Deutschland. Vor allem klassische Radverkehrsnationen wie Dänemark oder die Niederlande empfehlen sehr früh den Wechsel der Radverkehrsführung von der Fahrbahn in den Seitenraum. Dimensionierung und Markierung ähneln sich international, lediglich die Niederlande machen diesbezüglich deutlich abweichende Angaben und empfehlen so z.B. die Einfärbung von Radfahrstreifen auf voller Länge [CROW 2007, S. 166 ff].

Im Hinblick auf die Sicherheitswirkung konnten [Alrutz et al. 2009] zeigen, dass die untersuchten Schutzstreifen niedrigere, auf die Radverkehrsstärke bezogene, Unfallkennwerte aufwiesen als die untersuchten Radfahrstreifen und Radwege. Es fiel allerdings auf, dass Schutzstreifen überproportional viele Unfälle mit dem ruhenden Verkehr zur Folge haben und zudem die Rate an Behinderungen durch andere Verkehrsteilnehmer deutlich höher liegt als dies bei Radfahrstreifen der Fall ist. Nach den in Großbritannien durchgeführten Untersuchungen von [Parkin / Meyers 2009] können markierte Führungsformen mitunter geringere seitliche Überholabstände gegenüber der reinen Mischverkehrsführung zur Folge haben und daher auch negativ wirken. [Ohm et al. 2015] konnten einen positiven Effekt von Schutzstreifen auf die Akzeptanz der Fahrbahnführung nachweisen und verweisen ebenfalls auf die positive Wirkung von Schutzstreifen auf die Unfallschwere. Nach den amerikanischen Untersuchungen von [Monsere et al. 2014] beeinflussen die vertikalen Schutzmaßnahmen der Protected Bike Lanes wie Poller im Vergleich mit der reinen Mischverkehrsführung die Akzeptanz des Fahrbahnfahrens besonders positiv. Ein Vergleich mit reinen Markierungslösungen ohne den Schutz durch Poller o.ä. fand jedoch nicht statt. Nach [Kaulen et al. 2013] eignen sich Schutzstreifen in Verbindung mit einer schmalen Kernfahrbahn auch für schmalere Querschnitte als in deutschen Regelwerken bisher vorgesehen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Erkenntnisse von auf der Untersuchung einer sehr kleinen Stichprobe basieren und durch umfangreichere Untersuchungen bestätigt werden sollten.

Die vergleichsweise geringe internationale Verbreitung von Schutzstreifen und die im Rahmen bereits abgeschlossener Untersuchungen aufgefallenen Probleme (z.B. geringerer Seitenabstand überholender Kfz, durch ruhende Kfz auf den Streifen induzierte Behinderungen und Konflikte etc.) nähren Zweifel an Schutzstreifen als vollwertige und sichere Führungsform auf der Fahrbahn. Da sie in Deutschland vor allem dann zum Einsatz kommen (können), wenn Radfahrstreifen wegen unzureichender Breiten im Querschnitt nicht mehr markierbar sind, können Sicherheitsdefizite durch einen reduzierten Kfz-Abstand die Folge sein. Dass nach den Regelungen der StVO auf Schutzstreifen gehalten werden darf, kann ein von ruhenden Fahrzeugen auf Schutzstreifen ausgehendes Konfliktpotential zur Folge haben.

Alternative Ansätze der Fahrbahnführung finden sich international zwar vereinzelt, es liegen jedoch keine gezielten Auswertungen zur Sicherheitswirkung vor.

3 Kommunale Befragung

Neben der Analyse deutschsprachiger und internationaler Literatur zur Thematik wurde zu Projektbeginn eine Befragung aller deutschen Kommunen mit mehr als 20.000 Einwohnern durchgeführt. Durch diese Befragung wurden Erkenntnisse über den Einsatz und die Gestaltung von linienhaft markierten Radverkehrsführungen in deutschen Kommunen und die vor Ort gemachten Erfahrungen mit diesen Führungsformen zusammengetragen.

3.1 Befragungsdurchführung

In Vorbereitung der Befragung wurden aus dem Gemeindeverzeichnis des statistischen Bundesamtes alle Kommunen mit mehr als 20.000 Einwohnern ermittelt. Zum Stand 31.03.2016 waren dies 686 Kommunen. Für diese Kommunen wurden mit Hilfe einer Online-Recherche potentielle Ansprechpartner für die Beantwortung der Umfrage ermittelt. Dazu zählen z.B. Radverkehrsbeauftragte, Planungsämter, Straßenverkehrsbehörden und Tiefbauämter.

Die Befragung wurde zweiteilig konzipiert, wobei im ersten Teil allgemeine Fragen zum Einsatz, zur Gestaltung und zu den Erfahrungen mit linienhaft markierten Radverkehrsführungen gestellt wurden. Im zweiten Teil wurden konkrete Fragen zu einzelnen Merkmalen potentieller Untersuchungsstrecken mit Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen gestellt, die die Kommunen bei Bereitschaft zur Beantwortung des zweiten Teils zu Beginn dieses Teils nennen konnten. Die Fragenkomplexe und einzelnen Fragen können Anhang A entnommen werden.

Insgesamt konnten 141 beantwortete Fragebögen ausgewertet werden.

3.2 Anwendung von markierten Radverkehrsführungen (erster Teil)

3.2.1 Radverkehrsanteile und Verbreitung der verschiedenen Führungsformen

Die einleitenden Fragen wurden durch alle 141 Kommunen beantwortet, die an der Umfrage teilgenommen haben. Die Fragen dienten vor allem der Abfrage allgemeiner Informationen wie dem Modal-Split oder den vor Ort zu findenden markierten Radverkehrsführungen.

78 Kommunen können nach eigener Aussage selbst entscheiden, wie Radverkehrsführungen markiert werden. In 54 Kommunen ist dies nicht der Fall, da keine eigene Verkehrsbehörde vorhanden ist bzw. die Zuständigkeit beim Straßenbaulastträger der Straße liegt. Dies ist nach Angabe der Kommunen üblicherweise der Landkreis, wenn sich die markierten Radverkehrsführungen auf Landstraßen befinden. Neun Kommunen machten keine Angaben.

Im Hinblick auf den Radverkehrsanteil in den befragten Kommunen zeigte sich ein sehr breites Spektrum. Die meisten an der Umfrage teilnehmenden Kommunen gaben Radverkehrsanteile um 10 % an (siehe Abbildung 5), doch auch Kommunen mit höheren Anteilen sind stark vertreten. Vier Kommunen mit einem Radverkehrsanteil von über 30 % - Bamberg, Coesfeld, Emsdetten sowie Oldenburg - nahmen ebenfalls an der Umfrage Teil. Ein knappes Viertel aller Kommunen gab keinen Wert an.

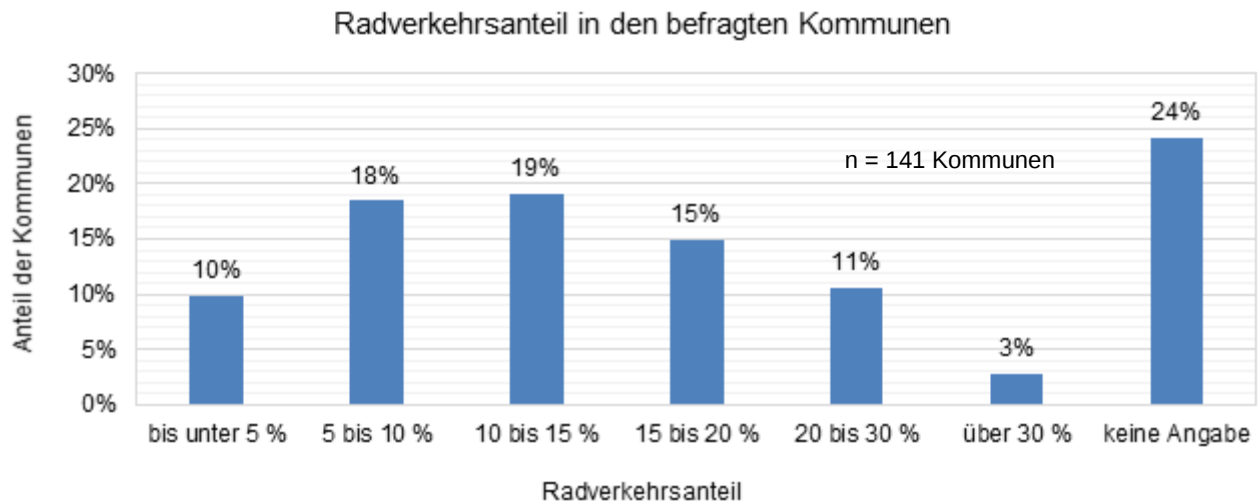


Abbildung 5: Radverkehrsanteil in den befragten Kommunen

Die meisten der Kommunen gaben an, Schutzstreifen einzusetzen. Radfahrstreifen werden hingegen nur in gut der Hälfte der Kommunen eingesetzt (siehe Abbildung 6). 26 Kommunen geben Bussonderfahrstreifen für den Radverkehr frei, 22 Kommunen verzichten ganz auf markierte Radverkehrsführungen.

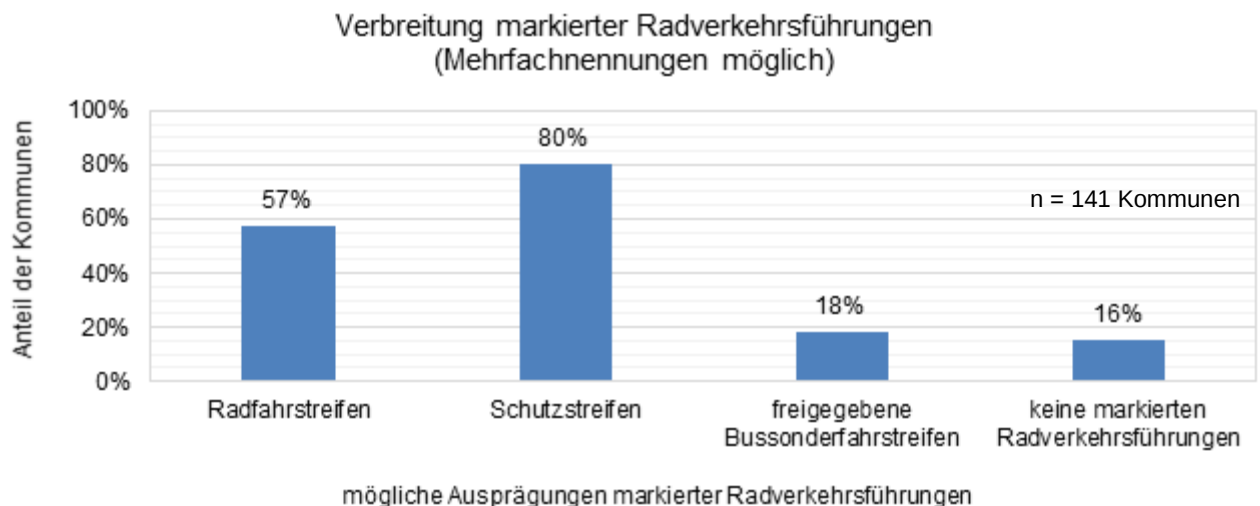


Abbildung 6: Verbreitung markierter Radverkehrsführungen

3.2.2 Verwendete Gestaltungselemente der markierten Radverkehrsführungen

Die allgemeinen Fragen wurden den 119 Kommunen gestellt, die die Verwendung von Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen angaben. Von Interesse waren dabei primär die Handhabung dieser markierten Führungsformen in bestimmten Sondersituationen (z.B. an Engstellen) und die allgemeinen Erfahrungen im Hinblick auf Nutzerbeschwerden oder selbst beobachtete Auffälligkeiten.

Im Hinblick auf die Verbreitung einzelner Gestaltungselemente im Knotenpunktbereich gab gut die Hälfte der Kommunen an, in der Regel eine vorgezogene Haltlinie einzusetzen (siehe Abbildung 7). Ob die anderen Kommunen den Zeitvorsprung an der Konflikthöhe auf andere Weise herstellen (z.B. durch Grünvorläufe für die Radfahrer) ist dabei unbekannt. Auffällig war die große Verbreitung von aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS) und Radfahrstreifen im Mittellage (RiM). So setzt, nach eigenen Angaben, mehr als jede vierte Kommune diese Gestaltungselemente als Regellösung ein. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Frage missverstanden wur-

de und einzelne RiM in der Kommune zur Nennung dieses Gestaltungselements als Regellösung veranlasste. Zu den sonstigen genannten Lösungen gehören Schutzstreifen in Mittellage, gesonderte Aufstellflächen für das indirekte Linksabbiegen oder die Führung auf Nebenanlagen.

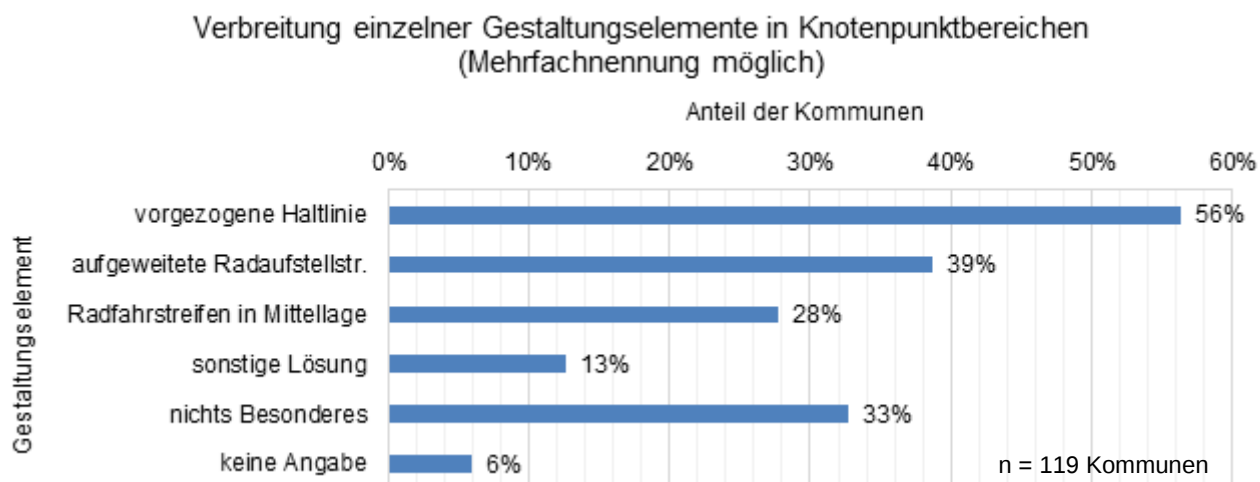


Abbildung 7: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente in Knotenpunktbereichen

Die ERA 2010 weisen darauf hin, dass der Radverkehr im Bereich von Engstellen besonders zu schützen ist und empfehlen den Wechsel der Führungsform (z.B. Schutzstreifen statt Radfahrstreifen) bzw. die Einfärbung des Radfahrstreifens bei Beibehaltung. Das Aussetzen der Schutzstreifen im Bereich von Mittelinseln oder die eingeeengte, einstreifige Führung des Kfz-Verkehrs mit Richtungswechselbetrieb und die Beibehaltung der Radverkehrsführung ist ebenfalls möglich.

In den befragten Kommunen ist das Aussetzen der markierten Radverkehrsführung die am weitesten verbreitete Lösung (siehe Abbildung 8). Die unveränderte Markierung („nichts Besonderes“) ist mitunter problematisch, da sowohl Kfz- als auch Radverkehrsanlagen ggf. zu schmal markiert werden könnten. Drei Kommunen, die keine Radfahrstreifen einsetzen, färben nach den gemachten Angaben Engstellen auch auf Schutzstreifen ein, was laut den ERA 2010 nicht vorgesehen ist. Als sonstige Lösung wurde der Einsatz von überbreiten Fahrstreifen mit Schutzstreifen anstatt zweier Fahrstreifen angegeben.

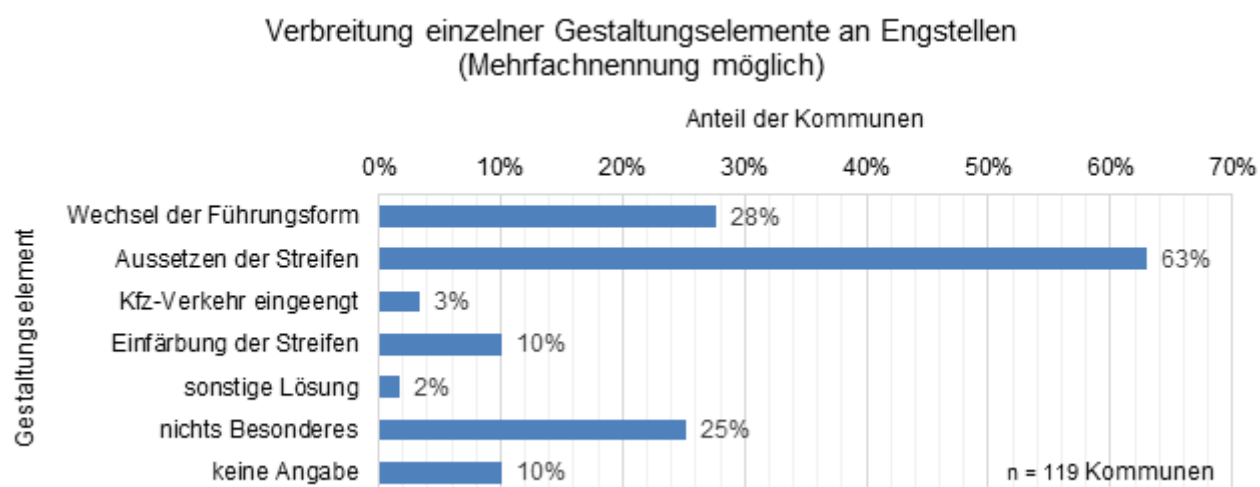


Abbildung 8: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente an Engstellen

Im Bereich von ÖPNV-Haltestellen wird nach den ERA 2010 das Aussetzen der linienhaft markierten Führung - zumindest bei Radfahrstreifen an Busbuchten - oder die Markierung von Zeichen

299 (Grenzmarkierung als Zick-Zack-Linie) empfohlen. Im Zusammenhang mit für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen ist auch die durchgehende Führung ohne besondere Maßnahmen möglich. Die Überleitung der Radverkehrsführung von der Fahrbahn in den Seitenraum wird nach den ERA nicht empfohlen, da an Bushaltestellen die Fahrbahnführung als konfliktärmer angesehen wird. Die meisten Kommunen gaben Gestaltungselemente an, die sich auch in den ERA 2010 wiederfinden (siehe Abbildung 9). Einige wenige Kommunen setzen nach eigenen Angaben auch von den ERA 2010 abweichende Lösungen wie Furt-Markierungen ein.

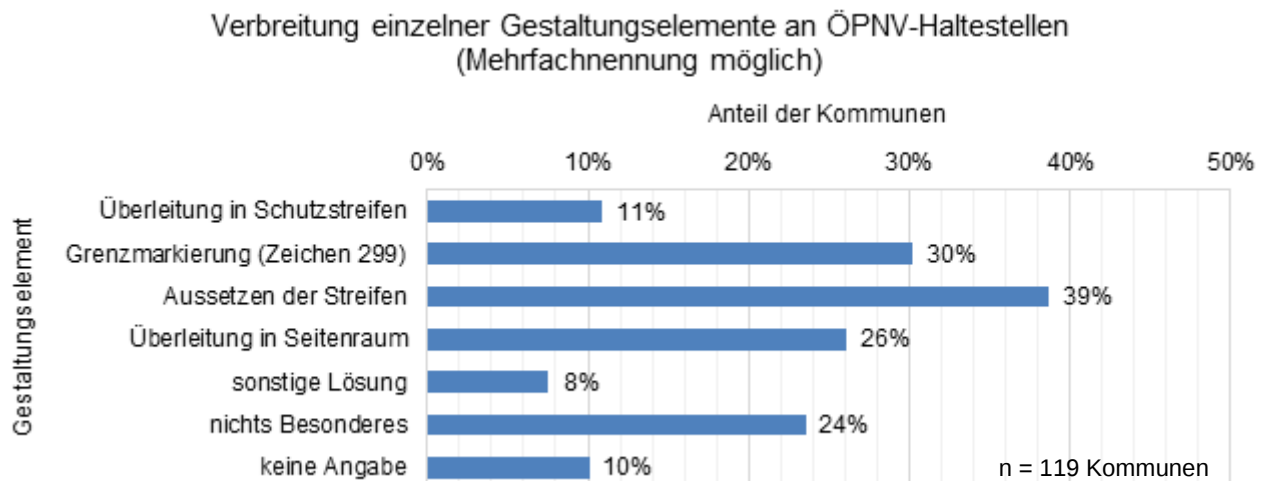


Abbildung 9: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente an ÖPNV-Haltestellen

Bei Längsneigung sehen die ERA 2010 Maßnahmen erst ab Werten von 3 % vor. Hier vergrößert sich der Breitenbedarf für den Radverkehr - z.B. durch seitliche Ausgleichsbewegungen beim Bergauf-Fahren. Die in den ERA aufgeführten Lösungen sind in den befragten Kommunen relativ wenig verbreitet (siehe Abbildung 10). So setzen nur vier der befragten Kommunen verbreiterte Radverkehrsführungen und 23 Kommunen asymmetrische Querschnitte ein.

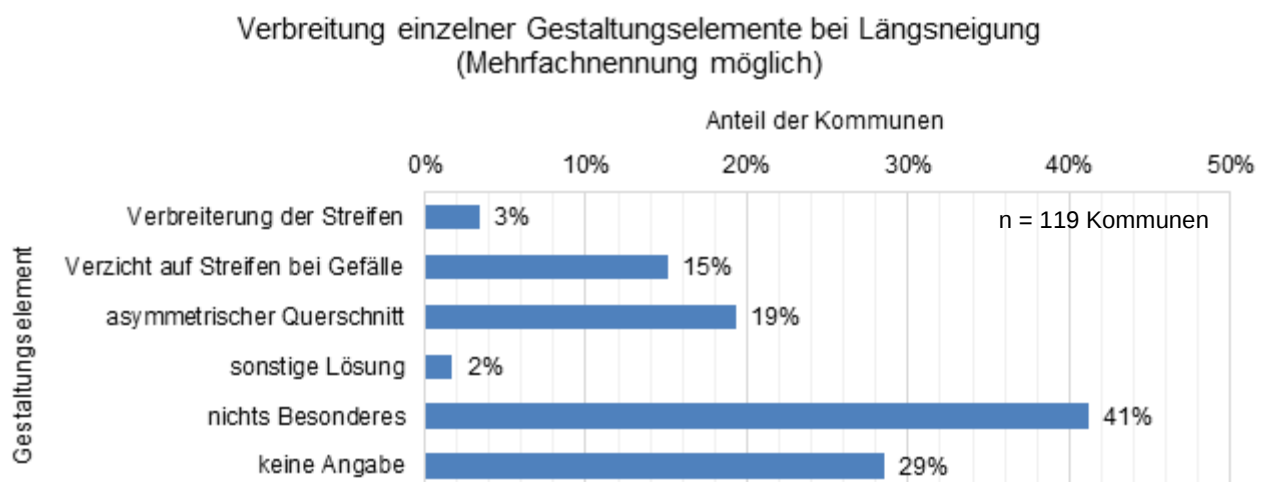


Abbildung 10: Verbreitung einzelner Gestaltungselemente bei Längsneigung

3.2.3 Beschwerden der Verkehrsteilnehmer und Erfahrungen der Kommunen

Die Mehrheit der Beschwerden von Radfahrern betreffen Sicherheitsbedenken sowie Behinderungen auf den markierten Streifen (siehe Abbildung 11). Fast die Hälfte der antwortenden Kommunen erhielt hierzu entsprechende Beschwerden. Anmerkungen der Nutzer in Richtung zu geringer

Breiten sind hingegen vergleichsweise selten und wurden nur von 18 Kommunen angegeben. Im Rahmen sonstiger Beschwerden und Anmerkungen wurden den Kommunen unter anderem schadhafte Oberflächen und abgefahrne Markierungen, unübersichtliche Verkehrsführungen sowie die grundsätzliche Ablehnung der linienhaft markierten Radverkehrsführung zugetragen. 26 Kommunen gaben an, keine negativen Rückmeldungen der Radfahrer vorliegen zu haben.

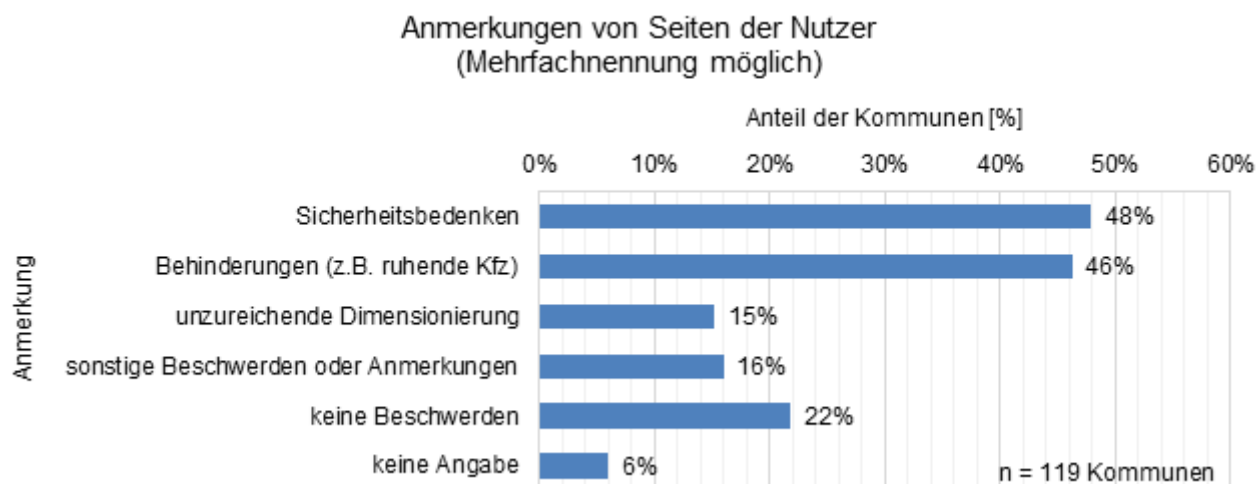


Abbildung 11: Anmerkungen von Seiten der Nutzer

Von Seiten der Verwaltungen werden die markierten Radverkehrsführungen überwiegend positiv eingeschätzt. Ein Großteil der Kommunen verwies zwar auch auf die Behinderung als Problem, negative Auswirkungen auf die Sicherheit wurden jedoch kaum angeführt (siehe Abbildung 12). Hier zeigt sich eine deutliche Diskrepanz zwischen den Beschwerden der Radfahrer und der Bewertung durch die Verwaltungen. Als sonstige Auffälligkeiten wurden u.a. die verkehrsberuhigende Wirkung und die geringe Akzeptanz durch den Kfz-Verkehr genannt. Unter Berücksichtigung des Radverkehrsanteils zeigte sich, dass die Nennung von Behinderungen (z.B. durch ruhende Kfz) vor allem in Kommunen mit geringen bis mittleren Radverkehrsanteilen von bis zu 15 % erfolgt.

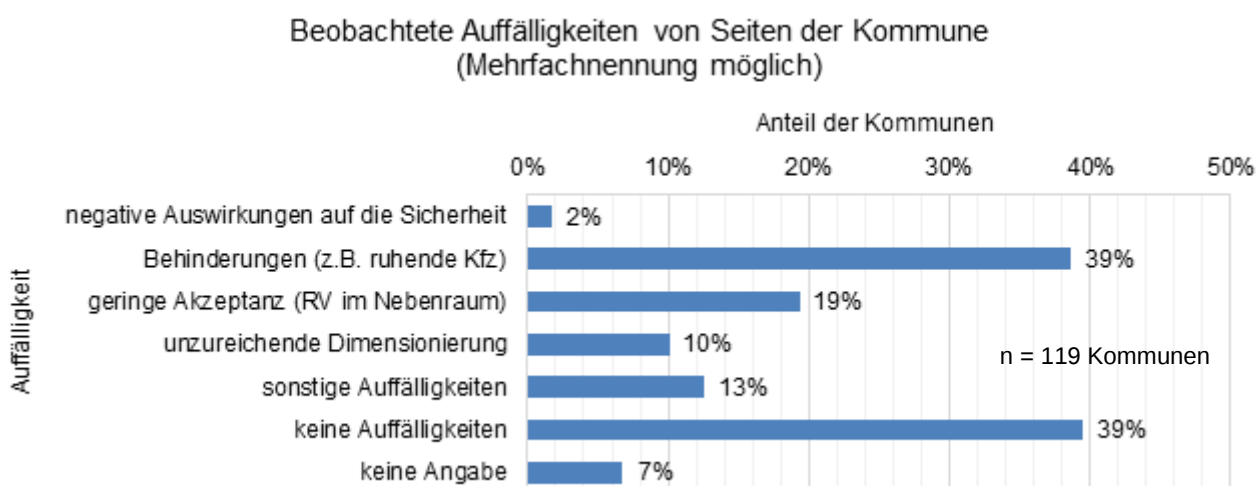


Abbildung 12: Beobachtete Auffälligkeiten von Seiten der Kommune

In der überwiegenden Mehrheit der 119 Kommunen wurden bisher keine Unfalluntersuchungen mit Bezug zu markierten Radverkehrsführungen durchgeführt, lediglich in elf Kommunen erfolgte eine derartige Untersuchung. Elf Kommunen äußerten sich nicht zu dieser Frage.

In den verfügbaren Untersuchungen - üblicherweise Sicherheitsaudits einzelner Knotenpunkte - fielen meist unklare bzw. widersprüchliche Radverkehrsführungen sowie das regelwidrige Verhalten der Radfahrer auf. Die umfassendere Verkehrssicherheitsanalyse einer Stadt gelangt zu der Erkenntnis, dass neben der Verkehrsbelastung vorrangig entwurfsbezogene Defizite wie spitzwinklige Ausfahrten oder große Einmündungstrichter für mehrstreifiges Ab- und Einbiegen die Sicherheit negativ beeinflussen. Erstere resultieren in schlechten Sichtbeziehungen für Kfz auf bevorrechtigte Radfahrer, letztere können zu hohen Abbiegegeschwindigkeiten verleiten.

3.2.4 Verbreitung, Wirkung und Gestaltung von Radfahrstreifen

Nachfolgende Fragen wurden den 81 Kommunen gestellt, die die Verwendung von Radfahrstreifen angaben. Im Fokus standen dabei, neben der Verbreitung von Radfahrstreifen, die Beurteilung unterschiedlicher Wirkungsaspekte sowie die Ausprägungen einzelner gestalterischer Merkmale wie der Breite oder der Markierung in den jeweiligen Kommunen.

Der überwiegende Teil der befragten Kommunen weist nur wenige Straßen mit Radfahrstreifen auf. So liegen zwei Drittel in der untersten Klasse mit bis zu zehn Straßen (siehe Abbildung 13). Kommunen mit vielen Radfahrstreifen sind in der Umfrage vergleichsweise selten, was jedoch auch auf die große Zahl kleinerer Kommunen bei der Umfragebeteiligung zurückzuführen ist.

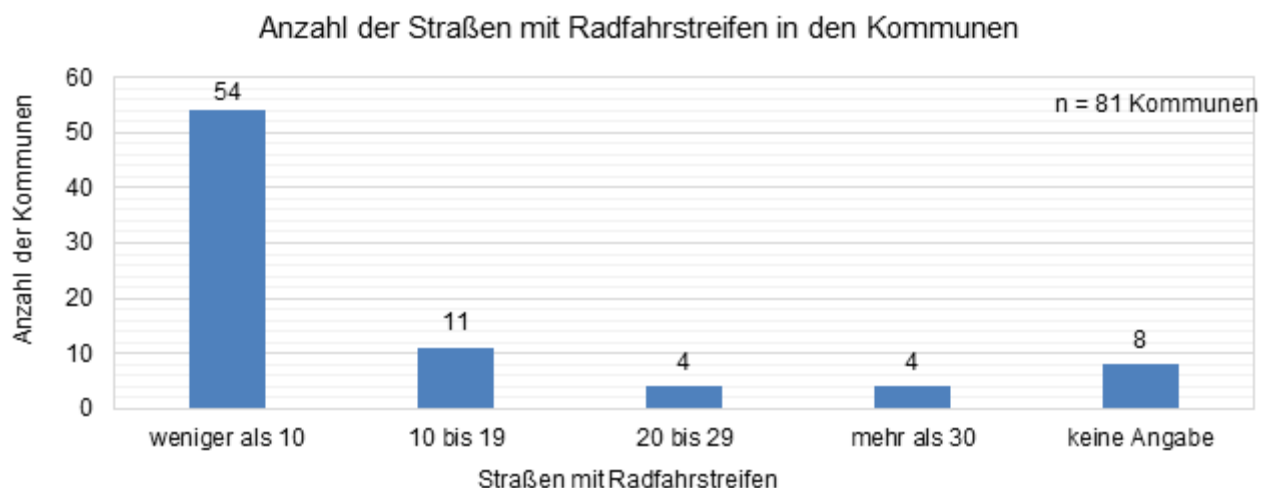


Abbildung 13: Anzahl der Straßen mit Radfahrstreifen in den Kommunen

Die Einschätzung der Radfahrstreifen in den befragten Kommunen fällt ausgesprochen positiv aus (siehe Abbildung 14). Über 80 % beurteilen sie positiv hinsichtlich der Auswirkung auf das Unfallgeschehen. Ein Anteil von 16 % der Kommunen machte diesbezüglich keine Angaben. Die Auswirkung auf den Verkehrsablauf sowie die Akzeptanz von Radfahrstreifen durch den Radverkehr werden sogar von noch mehr Kommunen positiv eingeschätzt. Dies kann jedoch auch Resultat der geringeren Enthaltungs-Quote sein. Als einziger Punkt wird der Kostenaspekt kritischer gesehen. Jede zehnte Kommune stimmte der Aussage, dass Radfahrstreifen Kostenvorteile aufweisen, eher nicht zu. Hier wurde seitens der kritischer eingestellten Kommunen auf die Wartung der benötigten Markierungen und die damit verbundenen Kosten verwiesen. Die komplette Ablehnung einzelner Aussagen („stimme gar nicht zu“) trat in Bezug auf Radfahrstreifen nicht auf.

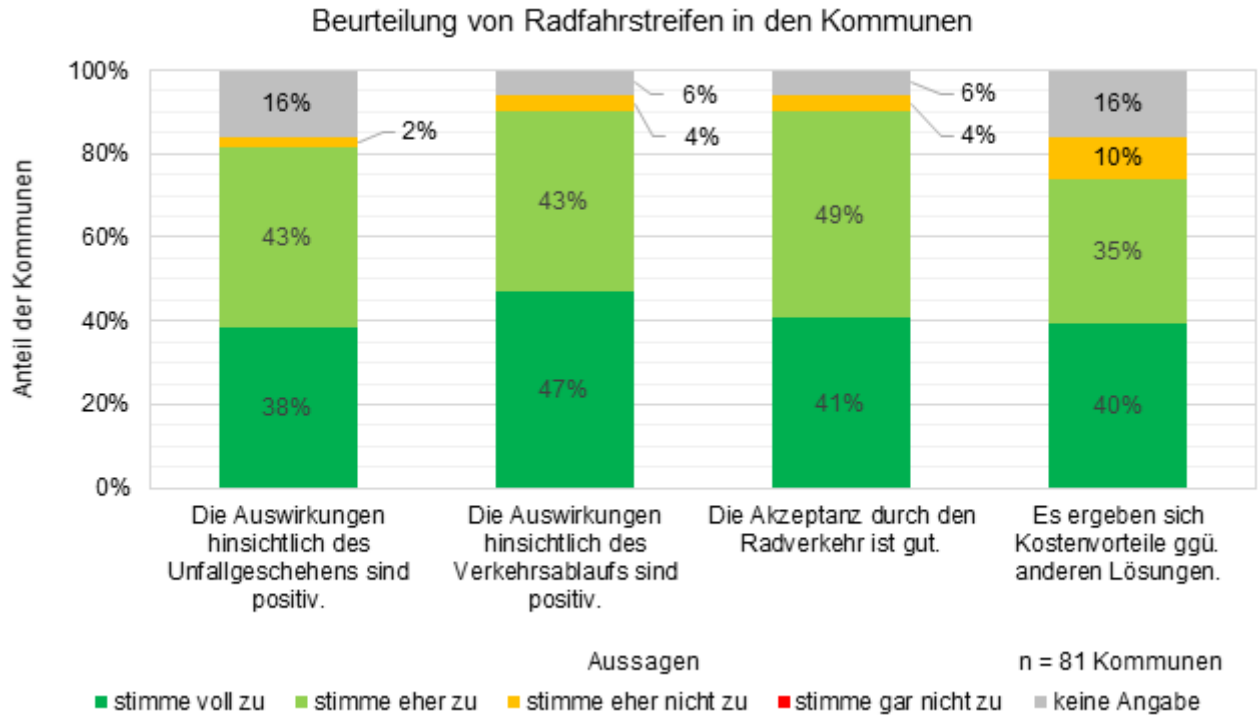


Abbildung 14: Beurteilung von Radfahrstreifen in den Kommunen

Die VwV-StVO sieht für Radfahrstreifen ein Mindestmaß der lichten Breite von 1,50 m vor. Nach den RAST 06 und den ERA 2010 sollen selbige eine Breite von 1,85 m inklusive Markierung aufweisen, die veralteten ERA 95 empfahlen Mindestbreiten von 1,50 m inklusive Markierung. Die Ergebnisse der Kommunalbefragung zeigten, dass Radfahrstreifen häufig schmaler ausfallen als gefordert, das Mindestmaß nach den ERA 2010 wurde nur von relativ wenigen Kommunen genannt (siehe Abbildung 15). Die verbreitete Angabe von 1,50 m bis 1,85 m entspricht jedoch den alten Werten der ERA 95 und kann ein Hinweis auf die hohe Verbreitung von nach den ERA 95 dimensionierten Altanlagen sein.

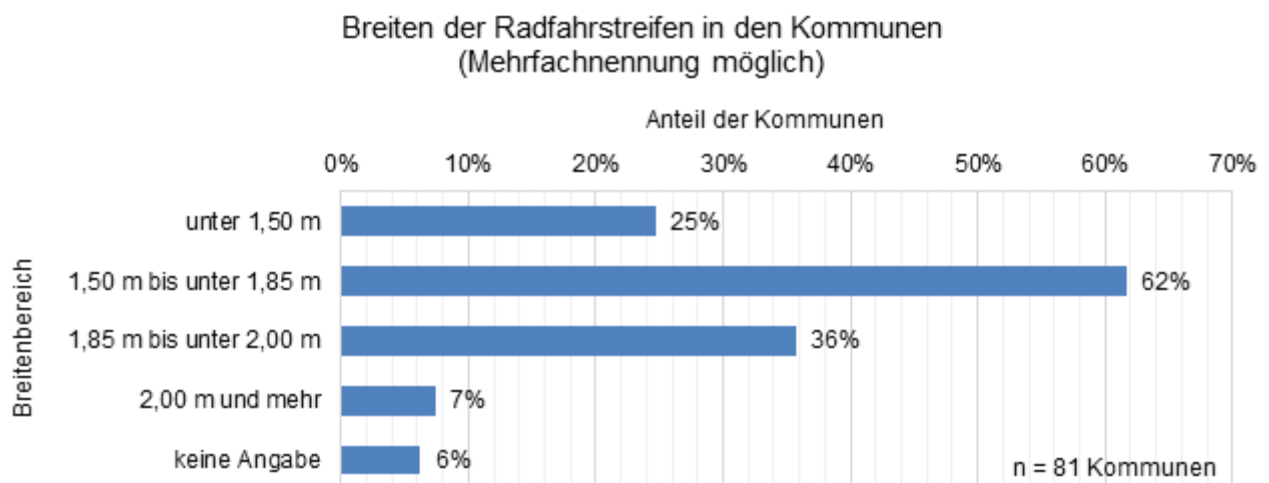


Abbildung 15: Breiten der Radfahrstreifen in den Kommunen

Bei Betrachtung der zur Anwendung kommenden Breiten im Zusammenhang mit der durch die Kommunen genannten Anzahl von Strecken zeigten sich nur geringfügige Abweichungen. Die Kommunen mit weniger als zehn Straßen mit Radfahrstreifen tendieren zu schmalere Lösungen,

16 dieser 54 Kommunen gaben Breiten unter 1,50 m an. Der Anteil in diesem Teilkollektiv liegt somit bei 30 % gegenüber 25 % bei Auswertung aller Kommunen mit Radfahrstreifen.

Für die Trennung zwischen Radfahrstreifen und Parkstreifen fordern die RAS 06 und die ERA 2010 Sicherheitstrennstreifen mit einer Breite von 0,50 m bis 0,75 m.

Die veralteten ERA 95 sahen jedoch auch einen nicht markierten Sicherheitsraum als Option vor. Demnach sollten Parkstreifen neben Radfahrstreifen 0,50 m breiter sein als das Richtmaß, die Betonung dieses Bereiches durch Markierung war nicht zwingend erforderlich.

RAS- und ERA-konforme Sicherheitstrennstreifen wurden von den befragten Kommunen relativ selten genannt (siehe Abbildung 16). Die Nennungen nicht markierter Sicherheitsräume lassen auf nach ERA 95 gestaltete Altanlagen schließen. Davon abgesehen zeigen die Angaben der Kommunen noch eine relativ hohe Verbreitung von untermaßigen Trennungsformen mit Breiten von weniger als 0,50 m.

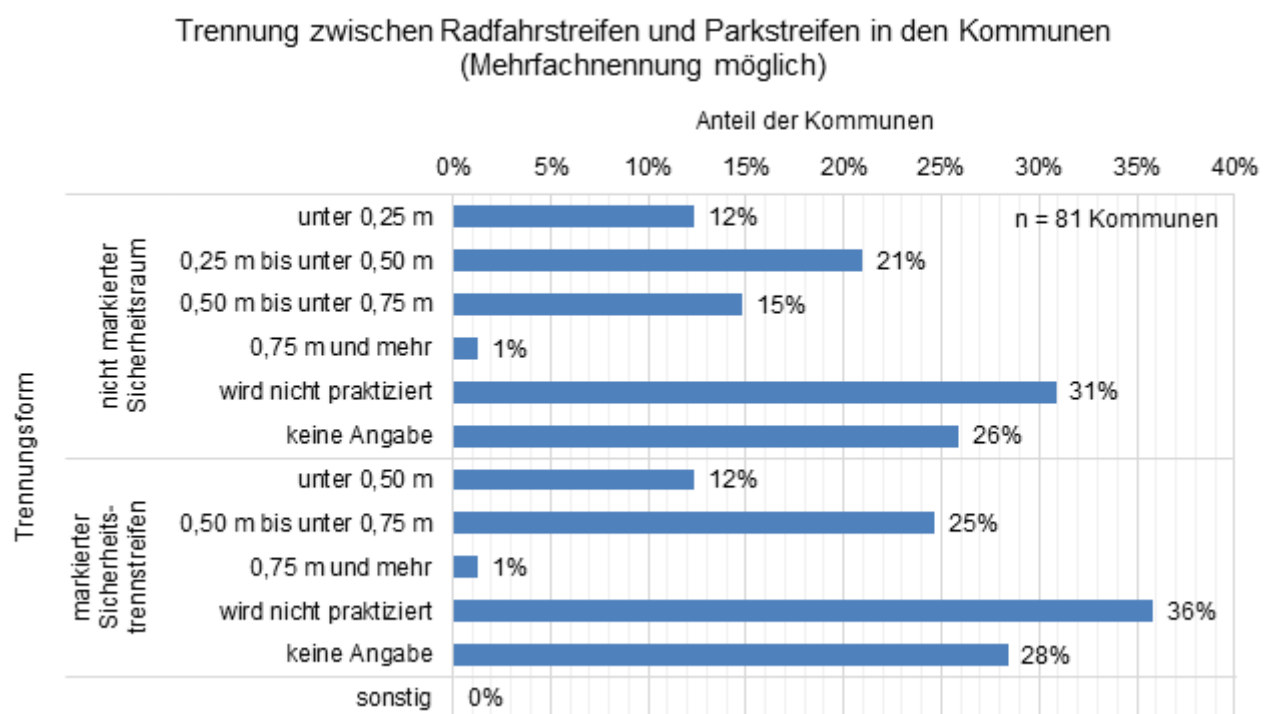


Abbildung 16: Trennung zwischen Radfahrstreifen und Parkstreifen in den Kommunen

Die kombinierte Nennung von untermaßigen Breiten für Radfahrstreifen (siehe Abbildung 15) und untermaßigen Trennungsformen (siehe Abbildung 16) ist selten. Zwölf der 81 Kommunen mit Radfahrstreifen gaben diese Kombination an. Da beide Fragen unabhängig voneinander gestellt wurden, ist nicht ableitbar, ob beide untermaßigen Gestaltungsmerkmale auf den gleichen oder jeweils anderen Anlagen Verwendung finden. Der tatsächliche Einsatz der Kombination ist den betroffenen Kommunen ist nicht auszuschließen, auf Basis der Befragung jedoch nicht nachweisbar.

Die VwV-StVO, RAS 06, RMS 1993 sowie die ERA 2010 geben die Markierung mit einem ununterbrochenen Breitstrich vor. Gleiches gilt für die Markierung von Fahrradsymbolen wie dem markierten Zeichen 237 oder dem auf die Fahrbahn aufgetragenen Sinnbild „Fahrrad“.

Wenn die Oberfläche der Fahrbahn und des angrenzenden Radfahrstreifens aus verschiedenen Baustoffen bestehen, ist nach den RMS 1993 auch eine Markierung mit ununterbrochenem Schmalstrich möglich.

Die Markierung in den befragten Kommunen (siehe Abbildung 17) entspricht somit größtenteils den Vorgaben, wobei jedoch im Hinblick auf die Nennung von Schmalstrichen unklar ist, ob diese tatsächlich im Zusammenhang mit unterschiedlichen Baustoffen stehen wie von der RMS 1993 in diesem Falle gefordert. Als abweichende Lösung wurde in einem Fall die Markierung eines doppelten Schmalstriches genannt.

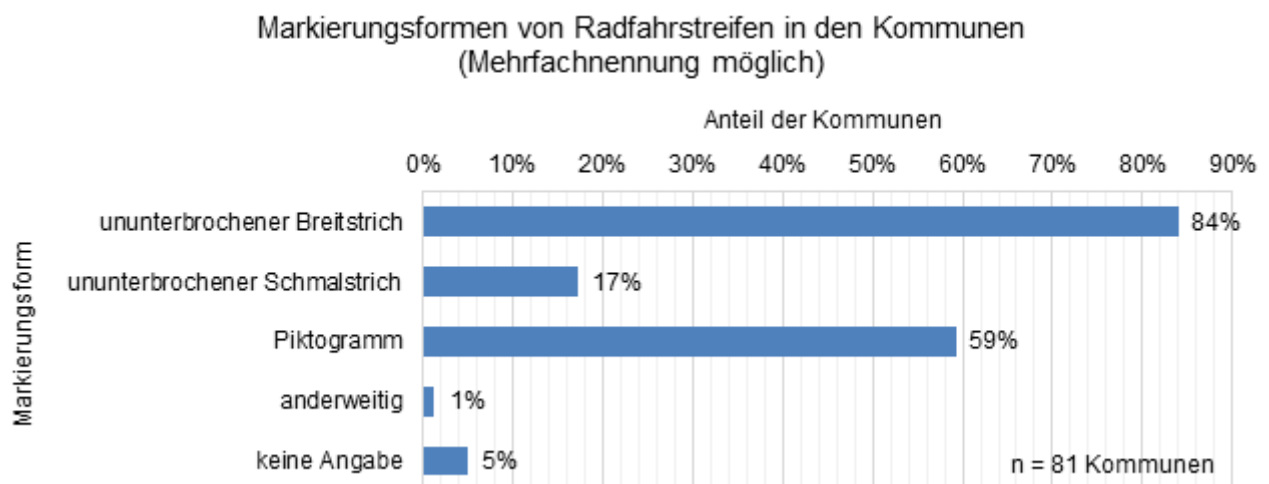


Abbildung 17: Markierungsformen von Radfahrstreifen in den Kommunen

Angaben zur Einfärbung von Radfahrstreifen gibt es in der aktuell gültigen VwV-StVO und den RMS 1993 nicht. Die ERA 2010 empfehlen als Stand der Technik die Einfärbung von Radfahrstreifen in Problembereichen wie Knotenpunkten oder unfallauffälligen Stellen.

Die Angaben der befragten Kommunen spiegeln diese Vorgaben im Wesentlichen wieder (siehe Abbildung 18). 13 Kommunen gaben an, Radfahrstreifen in der Regel generell auf voller Länge einzufärben.

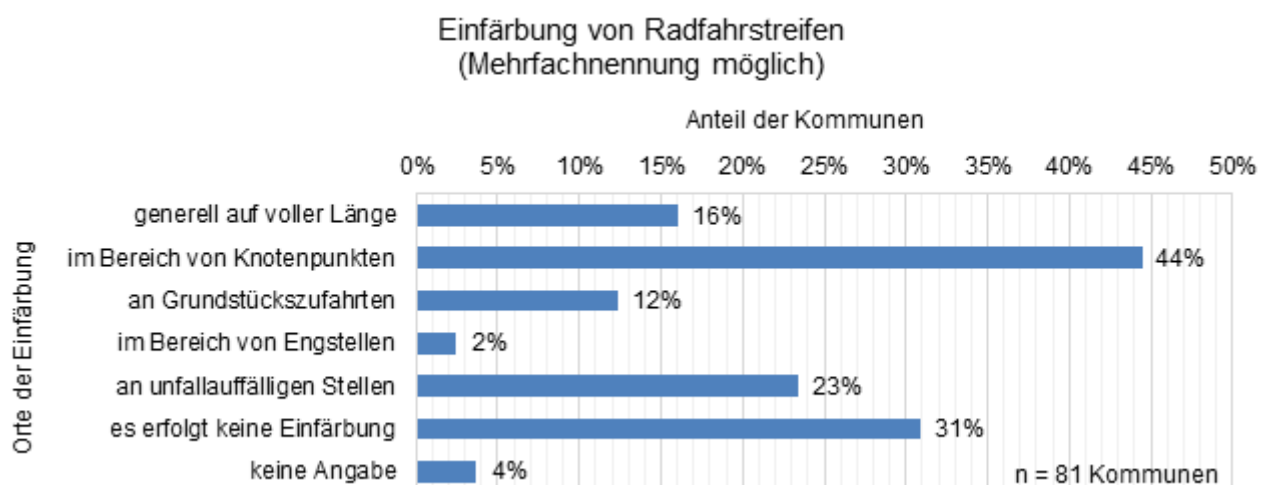


Abbildung 18: Einfärbung von Radfahrstreifen

Radfahrstreifen werden in den befragten Kommunen nur selten zurückgenommen (siehe Abbildung 19). 14 Kommunen gaben an, Radfahrstreifen schon einmal demarkiert zu haben. Fünf Nennungen entfielen dabei auf die Demarkierung im Zusammenhang mit der Umwandlung in Schutzstreifen, drei Nennungen wegen zu geringer Breiten und zwei wegen Sicherheitsbedenken. Anderen Angaben waren Einzelnennungen. Dazu gehören auch sonstige Gründe wie politische Zwänge oder die Ausweisung von Tempo-30-Zonen und die damit verbundene Demarkierung.

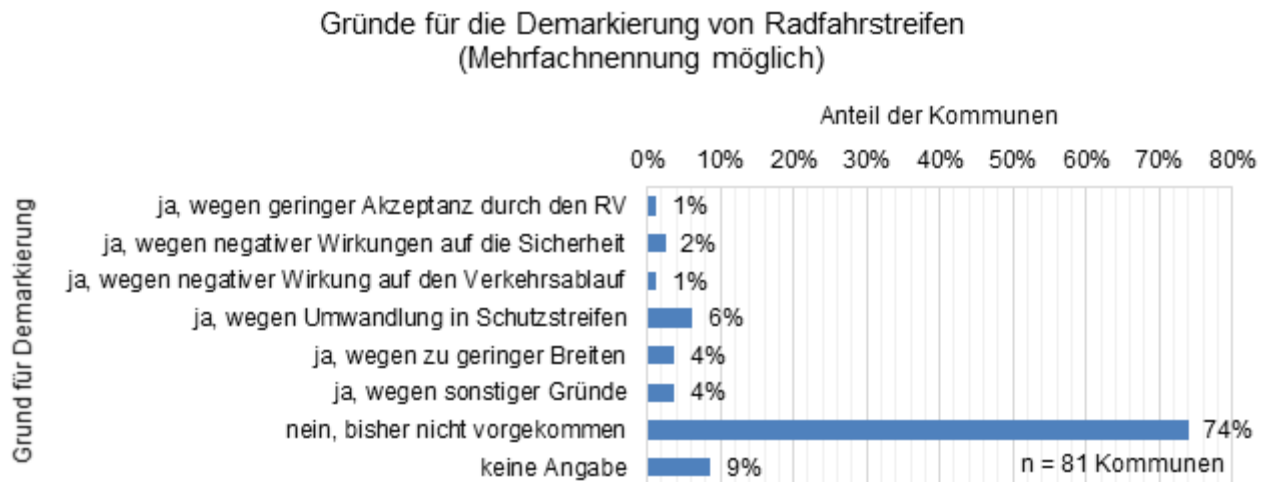


Abbildung 19: Gründe für die Demarkierung von Radfahrstreifen

3.2.5 Verbreitung, Wirkung und Gestaltung von Schutzstreifen

Nachfolgende Fragen wurden den 113 Kommunen gestellt, die die Verwendung von Schutzstreifen angaben. Im Fokus standen dabei, neben der Verbreitung von Schutzstreifen, die Beurteilung unterschiedlicher Wirkungsaspekte sowie gestalterische Merkmale in den jeweiligen Kommunen.

Wie bei den Radfahrstreifen weisen die meisten Kommunen weniger als zehn Straßen mit Schutzstreifen auf (siehe Abbildung 20). Kommunen mit vielen Schutzstreifen sind in der Umfrage vergleichsweise selten vertreten, was auch hier auf die relativ große Zahl kleinerer Kommunen bei der Umfragebeteiligung zurückzuführen ist.

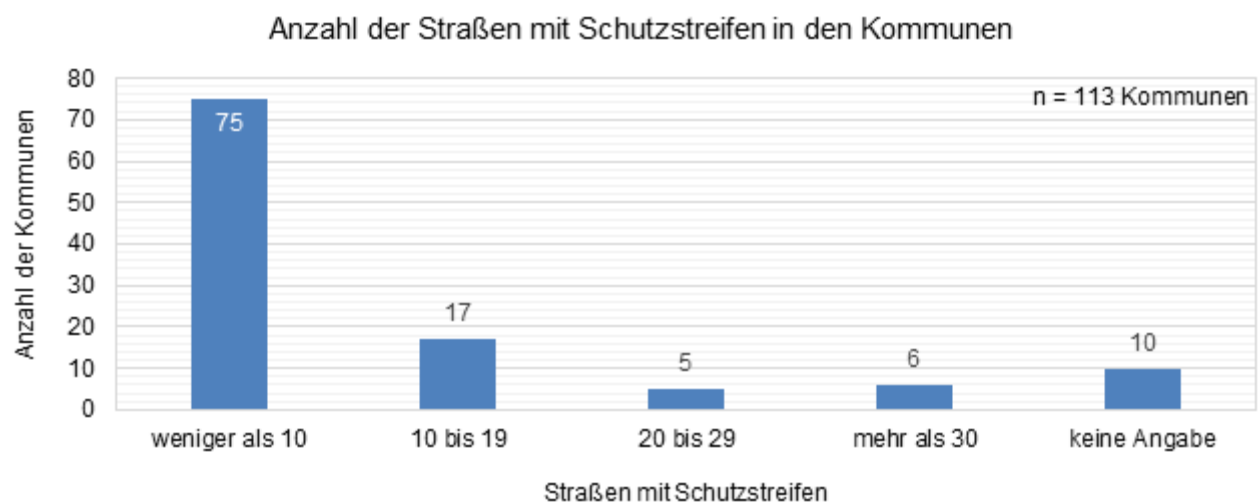


Abbildung 20: Anzahl der Straßen mit Schutzstreifen in den Kommunen

Ähnlich den Radfahrstreifen ist die Einschätzung von Schutzstreifen in den Kommunen positiv (siehe Abbildung 21). Auch für Schutzstreifen stimmten über 80 % der Kommunen einer positiven Wirkung auf das Unfallgeschehen und den Verkehrsablauf zu.

Die Akzeptanz von Schutzstreifen durch den Radverkehr wird im Vergleich mit Radfahrstreifen schlechter bewertet. Mehr als jede achte Kommune schloss sich der entsprechenden Aussage inkl. einer kompletten Ablehnung („stimme gar nicht zu“) nicht an. Bereits im Zusammenhang mit den Fragen zu den verwendeten Gestaltungselementen der markierten Radverkehrsführungen wies jede fünfte Kommune bei den beobachteten Auffälligkeiten auf eine geringe Akzeptanz sei-

tens der Nutzer hin. Der Kostenaspekt wird positiver eingeschätzt als bei Radfahrstreifen. Während dort acht Kommunen Kostenvorteilen nicht zustimmten, waren es bei Schutzstreifen nur vier.

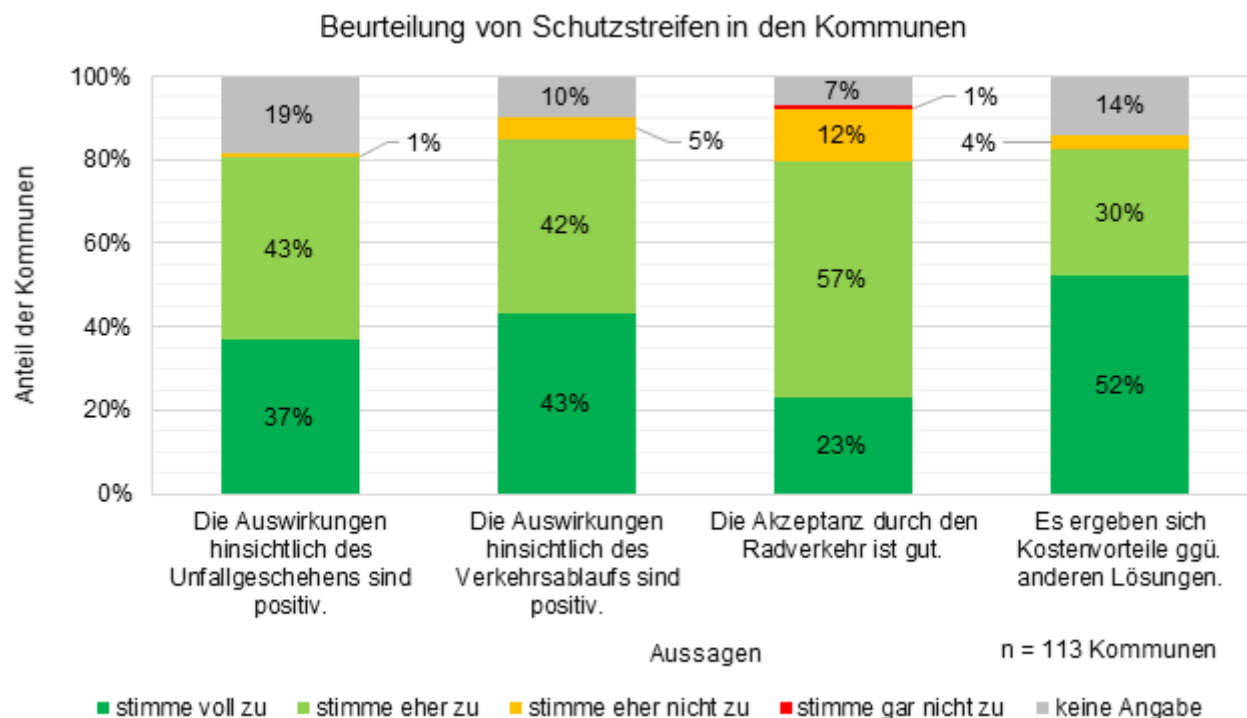


Abbildung 21: Beurteilung von Schutzstreifen in den Kommunen

Hinsichtlich der Breite von Schutzstreifen macht die VwV-StVO keine konkreten Angaben, jedoch verweisen die RAST 06, die ERA 2010 und die veraltete ERA 95 (dort noch als Angebotsstreifen bezeichnet) auf Mindestbreiten von 1,25 m. Die Breite von Schutzstreifen in den befragten Kommunen (siehe Abbildung 22) entspricht somit meist den Vorgaben der Regelwerke.

Allerdings ist die Verbreitung von schmalen Anlagen mit Breiten unter 1,25 m (26 Nennungen bzw. 23 % der Kommunen), die weder aktuellen noch älteren Regelwerken entsprechen, hoch. Kommunen mit wenigen Schutzstreifen tendieren zu schmalen Breiten. Im Teilkollektiv der 75 Kommunen mit weniger als zehn Straßen mit Schutzstreifen gaben 31 % Breiten unter 1,25 m an.

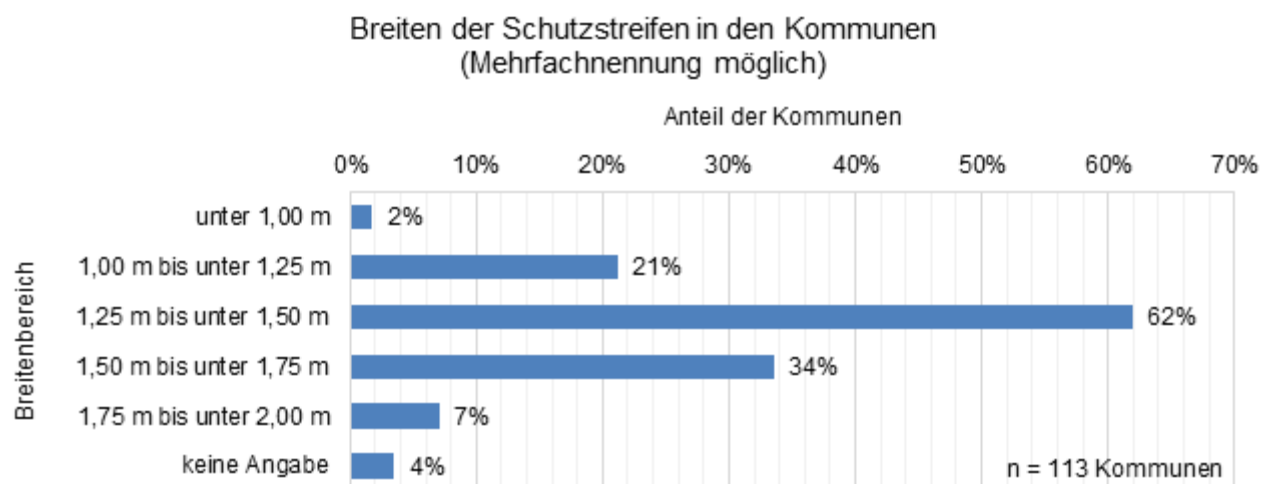


Abbildung 22: Breiten der Schutzstreifen in den Kommunen

Zwischen Schutzstreifen und Parkstreifen sind laut den ERA 2010 bei häufigem Parkwechsel Sicherheitstrennstreifen von mindestens 0,50 m Breite zu markieren. Bei wenigen Parkvorgängen und beengter Situation kann auf die Markierung des Sicherheitstrennstreifens verzichtet werden, wenn der Schutzstreifen inklusive nicht markiertem Sicherheitsraum 1,50 m breit ist.

Nicht markierte Sicherheitsräume und markierte Sicherheitstrennstreifen zeigten sich in den befragten Kommunen ähnlich oft vertreten (siehe Abbildung 23). Wenn Sicherheitstrennstreifen markiert werden, entsprechen sie mehrheitlich den Vorgaben der ERA 2010. Hinsichtlich des Verzichts auf markierte Sicherheitstrennstreifen - 58 Kommunen (51 %) wählten entsprechende Möglichkeiten aus - kann auf Basis der Befragung keine Aussage darüber getroffen werden, ob diese Form der Trennung in den betroffenen Kommunen mit wenigen Parkvorgängen und beengter straßenräumlicher Situation einhergeht und damit als ERA-konform zu bewerten wäre oder nicht.

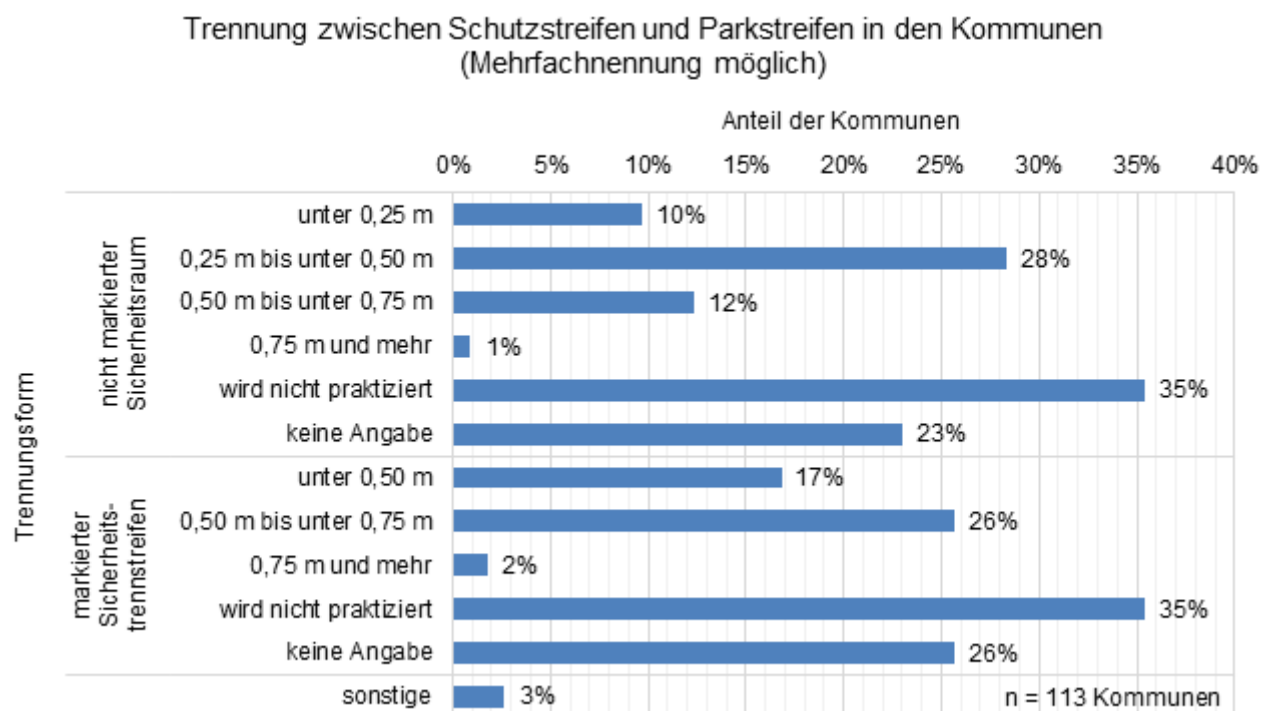


Abbildung 23: Trennung zwischen Schutzstreifen und Parkstreifen in den Kommunen

Die kombinierte Nennung von untermaßigen Breiten für Schutzstreifen (siehe Abbildung 22) und untermaßigen Trennungsformen (siehe Abbildung 23) ist wie bei den Radfahrstreifen selten. Zehn der 113 Kommunen mit Schutzstreifen gaben diese Kombination an. Da beide Fragen unabhängig voneinander gestellt wurden, ist auch hier nicht ableitbar, ob beide untermaßigen Gestaltungsmerkmale auf den gleichen oder jeweils anderen Anlagen Verwendung finden. Der tatsächliche Einsatz der Kombination in den betroffenen Kommunen ist nicht auszuschließen, auf Basis der Befragung jedoch nicht nachweisbar.

Nach den RAST 06 und den ERA 2010 soll die Markierung von Schutzstreifen mit unterbrochenem Schmalstrich mit einem Strich-Lücke-Verhältnis von 1 m zu 1 m erfolgen und die Zweckbestimmung durch das Sinnbild „Fahrrad“ verdeutlicht werden.

Die von den Kommunen genannte Markierung entspricht größtenteils diesen Vorgaben (siehe Abbildung 24), jedoch werden auch unterbrochene Breitstriche (14 % der Nennungen) bzw. mit einem abweichenden Strich-Lücke-Verhältnis von 0,5 m zu 0,5 m (12 % der Nennungen) markiert.

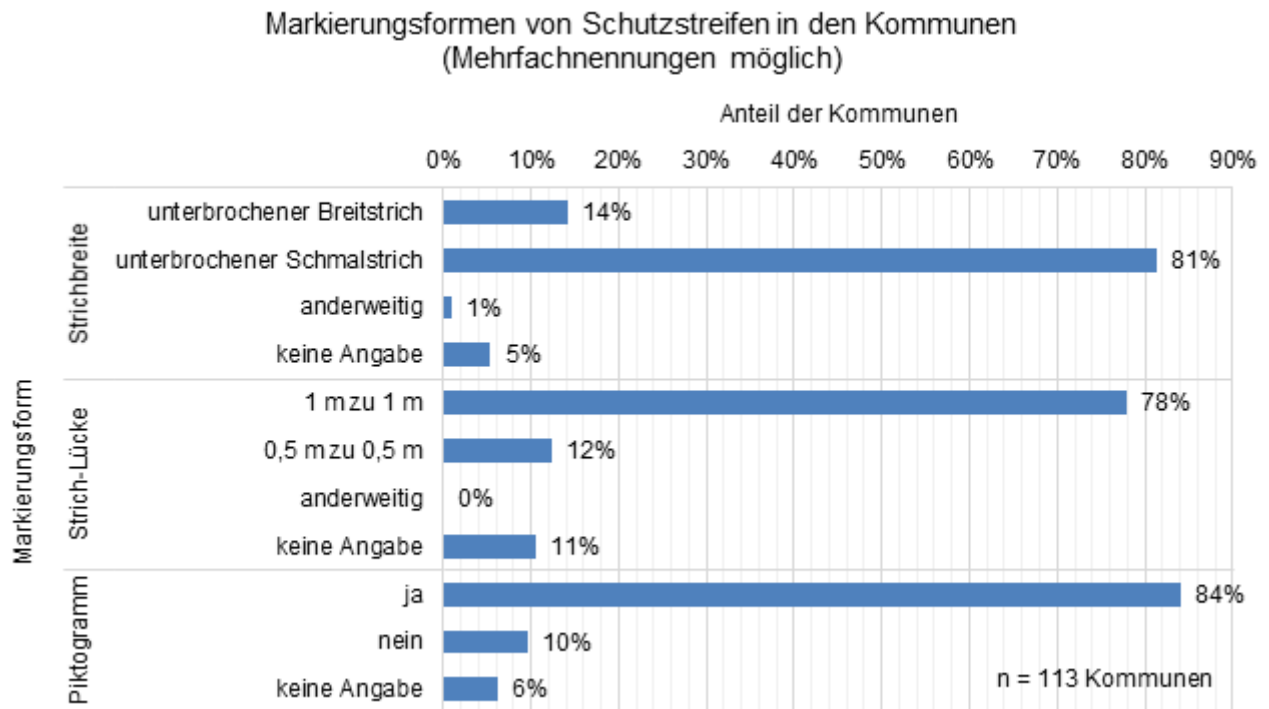


Abbildung 24: Markierungsformen von Schutzstreifen in den Kommunen

Nach den Belastungsbereichen der ERA 2010 ist eine Markierung von Schutzstreifen auf vierstreifigen Straßen zwar prinzipiell möglich, allerdings sprechen die Verkehrsbelastung und die Kfz-Höchstgeschwindigkeit auf diesen Straßen meist gegen die Markierung von Schutzstreifen und für den Einsatz von Radfahrstreifen oder baulichen Radwegen.

Die Markierung von Schutzstreifen auf vierstreifigen Straßen kommt in den 113 befragten Kommunen mit Schutzstreifen nur selten vor, lediglich neun Kommunen (8 %) setzen Schutzstreifen auch in dieser Situation ein. In 63 Kommunen (56 %) erfolgt eine derartige Markierung nicht, 41 Kommunen (36 %) machten keine Angaben. Ob die derartige Markierung bzw. der Verzicht auf selbige in den jeweiligen Kommunen im Zusammenhang zur Verkehrsbelastung steht, kann auf Basis der Befragung jedoch nicht beantwortet werden.

Wie auch Radfahrstreifen werden Schutzstreifen in den befragten Kommunen nur in den seltensten Fällen zurückgenommen (siehe Abbildung 25). Eine negative Wirkung auf die Sicherheit sowie zu geringe Breiten gaben je vier Kommunen als Demarkierungsgrund an, die geringe Akzeptanz durch den Radverkehr und eine negative Wirkung auf den Verkehrsablauf je zwei Kommunen. Als sonstige Gründe wurden u.a. die Einrichtung von Tempo-30-Zonen, der Rückgang des Kfz-Verkehrs oder die Aufhebung auf Anordnung einer oberen Behörde bzw. eines Verwaltungsgerichts (je zwei Nennungen) genannt.

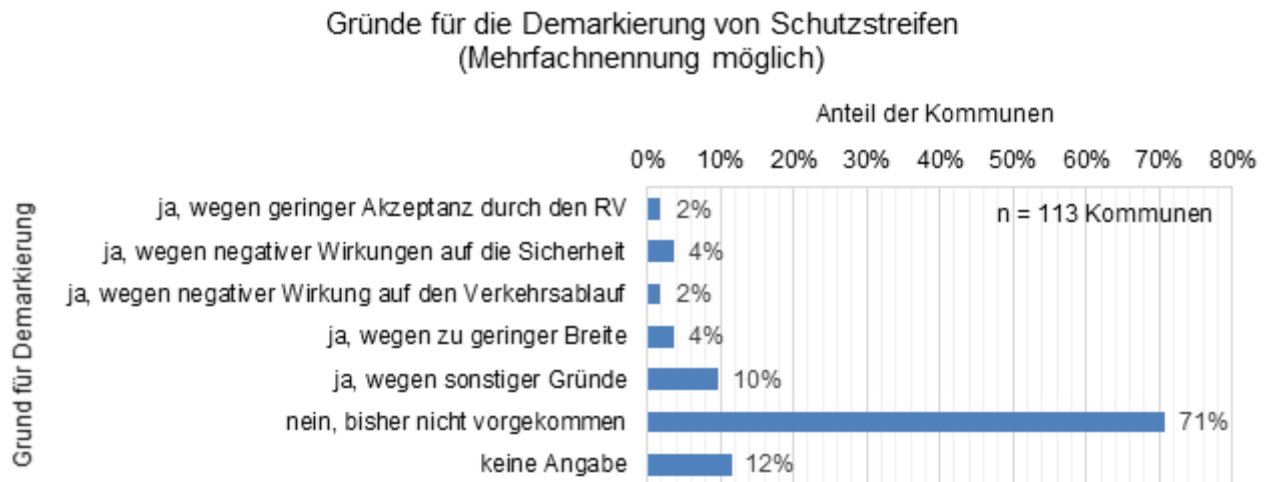


Abbildung 25: Gründe für die Demarkierung von Schutzstreifen

3.2.6 Dimensionierung und zeitliche Beschränkung freigegebener Bussonderfahrstreifen

Die Frage zu freigegebenen Bussonderfahrstreifen wurden den 26 Kommunen gestellt, die die Verwendung selbiger angaben. Neben der Dimensionierung galt das Interesse der Verbreitung von zeitlichen Beschränkungen.

Laut den ERA 2010 liegen günstige Bedingungen für die Freigabe von Bussonderfahrstreifen für den Radverkehr vor, wenn selbige schmaler als 3,50 m oder breiter als 4,75 m sind, damit Überholvorgänge mit geringem Seitenabstand innerhalb des Streifens vermieden werden. Nach den veralteten ERA 95 soll der Bereich von 3,25 m bis 4,00 m gemieden werden. Die Angaben der befragten Kommunen zeigten, dass gerade der Breitenbereich von 3,50 m bis 4,75 m relativ häufig Anwendung findet, der nach den ERA 2010 zu meiden ist (siehe Abbildung 26). Nach den ERA 95 angelegte Altanlagen liegen allerdings teilweise im kritischen Bereich der an den ERA 2010 genannt wird, was die weite Verbreitung dieses Bereichs ggf. erklären könnte.

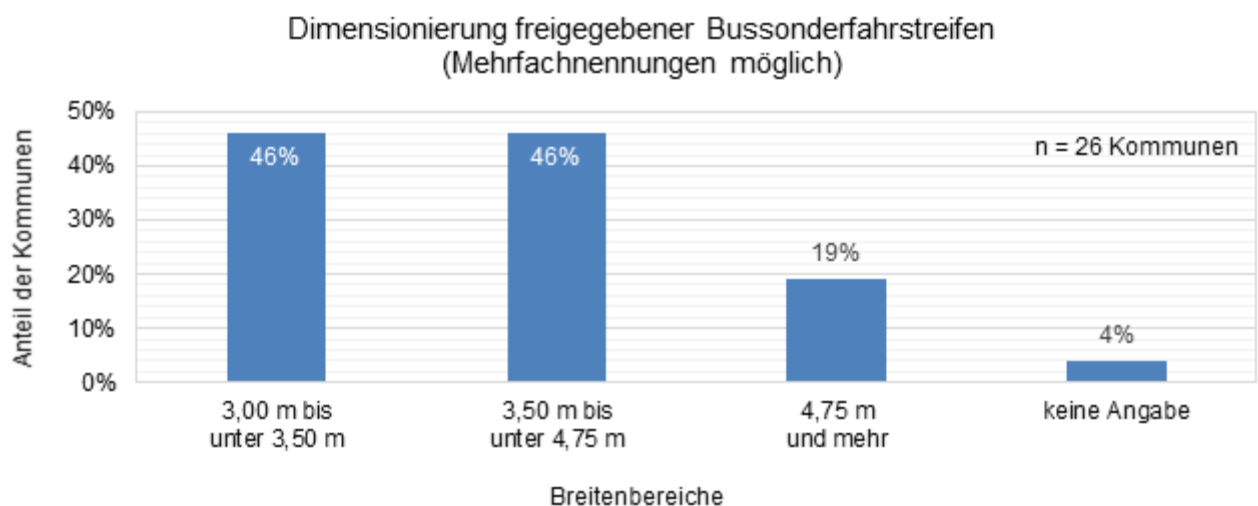


Abbildung 26: Dimensionierung freigegebener Bussonderfahrstreifen

Im Hinblick auf zeitlich beschränkte Freigaben verwiesen alle befragten Kommunen darauf, dass die freigegebenen Bussonderfahrstreifen keinen solchen Beschränkungen unterliegen. In den Kommunen, die diese Führungsform einsetzen, darf der freigegebene Bussonderfahrstreifen demnach auch zu keiner Zeit vom Individualverkehr oder zum Parken genutzt werden.

3.2.7 Gründe gegen den Einsatz linienhaft markierter Radverkehrsführungen

Die 22 Kommunen der Befragung, die angaben, keine linienhaft markierten Radverkehrsführungen einzusetzen, wurden um die Angabe von Gründen gebeten. Hierbei war vor allem von Interesse, ob und warum andere Formen der Radverkehrsführung favorisiert werden.

Laut den Angaben favorisieren die meisten Kommunen ohne markierte Führungsformen auf der Fahrbahn die Radverkehrsführung im Seitenraum (siehe Abbildung 27). Vor allem die Führung auf gemeinsamen Geh- und Radwegen wurde sehr häufig genannt (91 %). Über die Hälfte der Kommunen gaben aber auch an, den Radverkehr ohne Probleme im Mischverkehr führen zu können.



Abbildung 27: Gründe gegen den Einsatz von markierten Radverkehrsführungen

Sicherheitsbedenken gegenüber markierten Führungsformen äußerten drei Kommunen. Hauptsächlich wurden dabei das regelwidrige Linksfahren auf Schutzstreifen und ein geringer Abstand zu parkenden Fahrzeugen und damit einhergehende Konfliktsituationen befürchtet. Fünf Kommunen gaben anderweitige Gründe gegen den Einsatz markierter Radverkehrsführungen an - so z.B. den Wegfall von Parkständen, die Führung des Radverkehrs über Nebenstraßen oder die Unverträglichkeit von Einbahnstraßen mit Radfahrstreifen und Schutzstreifen.

3.3 Zwischenfazit der kommunalen Befragung (erster Teil)

Als Resultat der kommunalen Befragung zeigt sich, dass Schutzstreifen weiter verbreitet sind als Radfahrstreifen. Hinsichtlich der Dimensionierung und Markierung beider Führungsformen zeichnen die Befragungsergebnisse ein gemischtes Bild. Größtenteils entsprechend die Angaben der Kommunen den Vorgaben der VwV-StVO und der FGSV-Regelwerke, es fallen jedoch auch abweichende Angaben auf, die sich vermutlich auf ältere Empfehlungen wie die ERA 95 zurückführen lassen. Diese abweichenden Angaben zeigen, dass zahlreiche Anlagen im Bestand existieren, die nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Die Defizite dieser Anlagen sind vor allem zu schmale Breiten und zu geringe Abstände zwischen markierten Radverkehrsführungen und dem ruhenden Verkehr.

Werden Radfahrstreifen und Schutzstreifen einmal markiert, bleiben sie größtenteils bestehen. Die sehr selten vorkommenden Demarkierungen erfolgen meist aus plausiblen Gründen wie der Anlage von Tempo-30-Zonen oder der Umwandlung von Radfahrstreifen in Schutzstreifen.

Die Einschätzung der markierten Führungsformen durch die Kommunen ist überwiegend positiv, auch wenn einzelne Aspekte wie die Akzeptanz von Schutzstreifen durch den Radverkehr teils kritisch gesehen werden. Von Seiten der Nutzer wurden am häufigsten Sicherheitsbedenken und die Behinderungen (z.B. durch ruhende Kfz) auf den markierten Streifen an die Kommunen herangetragen. Während die Bedenken der Nutzer hinsichtlich der Verkehrssicherheit von den kommunalen Verwaltungen nicht bestätigt wurden, war dies für die Behinderungen auf den markierten Streifen sehr wohl der Fall.

3.4 Nennung potentieller Untersuchungsstrecken (zweiter Teil)

Im Rahmen des zweiten Teils der Befragung wurden die Kommunen gebeten, potentielle Untersuchungsstrecken mit Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen zu nennen. Voraussetzung dafür war die Bereitschaft zur Teilnahme am zweiten Teil der Befragung, die zum Ende des ersten Teils abgefragt wurde. Zu jedem genannten Straßenzug wurden anschließend untersuchungsrelevante Merkmale wie z.B. die Art der markierten Radverkehrsführung, die Breiten von Fahrbahn und Radverkehrsanlage oder die vorliegende Verkehrsbelastung abgefragt. Das gesamte Spektrum der abgefragten Merkmale kann dem Fragenkatalog in Anhang A entnommen werden.

Von den befragten Kommunen erklärten sich 39 bereit, den zweiten Teil des Fragebogens zu beantworten und potentielle Untersuchungsstrecken zu nennen. Sämtliche Angaben der genannten Strecken wurden anschließend mit Hilfe von Luftbildern verifiziert und um fehlende Angaben ergänzt. Der Fokus dieser detaillierten Überprüfung lag dabei auf Kommunen mit verfügbaren Unfalldaten. Im Hinblick auf die Qualität der Daten war festzuhalten, dass bei etwa 20 % der genannten Straßenzüge einzelne Merkmalsangaben ergänzt werden mussten.

Aus dem resultierenden Streckenkollektiv wurden anschließend Untersuchungsstrecken ausgewählt, die im Rahmen der Unfall- und Verhaltensanalyse (Vor-Ort-Erhebungen und -Befragungen) detailliert untersucht wurden. Streckenlängen von mindestens 200 m sowie die Markierung der Radverkehrsführung vor 2013 waren dabei Bedingung für die Wahl potentieller Untersuchungsstrecken.

3.5 Clusterung

Basierend auf den Antworten der kommunalen Befragung wurden Cluster von linienhaft markierten Radverkehrsführungen definiert, die sich in wesentlichen Merkmalen voneinander unterscheiden. Als solche Merkmale stellen sich die Parksituation, die Breite der linienhaft markierten Radverkehrsführung und die Kfz-Verkehrsstärke dar. Das Ziel der resultierenden Clusterung (siehe Tabelle 3) war die sinnvolle Abdeckung möglichst vieler Merkmale und die möglichst gleichmäßige Belegung der Cluster. Die Clusterung galt sowohl für die Untersuchungsstrecken mit Radfahrstreifen als auch für jene mit Schutzstreifen.

Tabelle 3: Clusterung der Untersuchungsstrecken

Parksituation	Breite der markierten Führung	Kfz-Verkehrsstärke (DTV)
Parkstände vorhanden	Breite bis Regelmaß	DTV ab 10.000 Kfz/Tag
		DTV ab 5.000 bis unter 10.000 Kfz/Tag
		DTV unter 5.000 Kfz/Tag
	Breite ab einschl. Regelmaß	DTV ab 10.000 Kfz/Tag
		DTV ab 5.000 bis unter 10.000 Kfz/Tag
		DTV unter 5.000 Kfz/Tag
keine Parkstände vorhanden	Breite bis Regelmaß	DTV ab 10.000 Kfz/Tag
		DTV ab 5.000 bis 9.999 Kfz/Tag
		DTV unter 5.000 Kfz/Tag
	Breite ab einschl. Regelmaß	DTV ab 10.000 Kfz/Tag
		DTV ab 5.000 bis unter 10.000 Kfz/Tag
		DTV unter 5.000 Kfz/Tag

Die Clusterung nach der Breite orientierte sich dabei an den jeweiligen Regelmaßen nach den ERA 2010, welche für Radfahrstreifen 1,85 m inkl. Breitstrich und für Schutzstreifen 1,50 m beträgt (siehe Kapitel 2.1.1 und 2.2.1). Jene nach der Verkehrsstärke orientierte sich an den Einsatzbereichen von Radfahrstreifen und Schutzstreifen auf zweistreifigen Straßen bei 50 km/h gemäß den ERA 2010. Es wurde angestrebt, jedes Cluster mit mindestens fünf Untersuchungsstrecken zu belegen, um belastbare Aussagen generieren zu können. Darüber hinaus wurden separate Cluster für Radfahrstreifen mit Einfärbung auf voller Länge und Schutzstreifen an vierstreifigen Straßen gebildet.

4 Unfallanalyse

Basierend auf dem Rücklauf der kommunalen Befragung wurden Untersuchungstrecken mit Radfahrstreifen und Schutzstreifen ausgewählt. Ergänzt wurde diese Auswahl durch Untersuchungstrecken mit „Protected Bike Lanes“ in Berlin, die nicht Bestandteil der kommunalen Befragung waren. Bei den untersuchten „Protected Bike Lanes“ handelte es sich um eine sehr kleine Stichprobe und nur um Altanlagen mit angrenzenden Parkständen links des Radfahrstreifens.

Es wurden nur Strecken ausgewählt, die eine Mindestlänge von 200 m aufwiesen und schon vor 2013 markiert wurden. Für jene wurden die Unfalldaten der Jahre 2013 bis 2015 untersucht und wo vorhanden, die Unfallhergangsbeschreibungen ausgewertet. Untersucht wurden Radverkehrsunfälle mit Personenschäden.

4.1 Datengrundlage

Das Kollektiv der untersuchten Strecken umfasste 143 Straßenseiten mit einer Gesamtlänge von 106 km, darunter 56 Radfahrstreifen (46 km), 81 Schutzstreifen (57 km) und sechs „Protected Bike Lanes“ (3 km). Die mittlere Streckenlänge betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung 740 m. Untersuchungstrecken in folgenden Bundesländern und Kommunen gingen in die Analyse ein:

- Baden-Württemberg (Lörrach)
- Berlin
- Brandenburg (Potsdam)
- Hessen (Gießen, Langen, Offenbach)
- Nordrhein-Westfalen (Bielefeld, Lübbecke)
- Sachsen-Anhalt (Halle)
- Sachsen (Chemnitz, Döbeln, Görlitz, Zwickau)

Auf 26 Strecken (12 Radfahrstreifen sowie 14 Schutzstreifen) ereigneten sich im Betrachtungszeitraum keine Radverkehrsunfälle mit Personenschäden. Hier konnte im Kontext der Vor-Ort-Erhebungen ein geringes Radverkehrsaufkommen beobachtet werden.

Bei 644 (219 an Radfahrstreifen, 383 an Schutzstreifen sowie 42 an „Protected Bike Lanes“) von 1.513 Unfällen mit Personenschäden handelte es sich um Radverkehrsunfälle. Somit war an 43 % aller Unfälle entlang der untersuchten Strecken mindestens ein Radfahrer beteiligt. Für 174 Radverkehrsunfälle konnten Unfallhergangsbeschreibungen ausgewertet werden, für 406 Unfälle in Berlin konnte der Hergang anhand des Kollisionssymbols und Drehwinkels der Berliner Unfalldaten genauer analysiert werden.

4.2 Makroskopische Analyse

Bei der makroskopischen Analyse wurden Merkmale der Unfalldaten ausgewertet, die einen Bezug zur Gestaltung der Infrastruktur oder dem Fehlverhalten der Verkehrsteilnehmer ermöglichen. Zur Beurteilung der Merkmalsausprägungen wurden Vergleichswerte innerörtlicher Radverkehrsunfälle auf Hauptverkehrsstraßen (HVS io)⁶ herangezogen (im Folgenden als „Vergleichskollektiv“ bezeichnet). Diese entstammen der Unfalldatenbank des GDV.

⁶ Innerörtliche Radverkehrsunfälle mit Personenschaden der Bundesländer Baden-Württemberg, Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen der Jahre 2013 bis 2015.

4.2.1 Ort des Unfalls

Sowohl bei Radfahrstreifen als auch bei Schutzstreifen ereignete sich die Mehrheit der Unfälle in Knotenpunktbereichen bestehend aus Kreuzungen, Einmündungen und Kreisverkehren. Bei den untersuchten Schutzstreifen war der Anteil geringfügig höher als bei den Radfahrstreifen (63 % zu 59 %), bei den „Protected Bike Lanes“ lag der Anteil auf einem ähnlichen Niveau. Der Anteil im Vergleichskollektiv aller Radverkehrsunfälle auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen der Jahre 2013 bis 2015 lag diesbezüglich lediglich bei 55 % (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Charakteristik der Unfallstelle (Mehrfachnennung möglich)

	Radfahrstreifen (219 U(P)-Rf)	Schutzstreifen (383 U(P)-Rf)	"Protected Lanes" (42 U(P)-Rf)	HVS io (13.779 U(P)-Rf)
Kreuzung	32%	47%	40%	23%
Einmündung	27%	16%	19%	31%
Kreisverkehr	0%	0%	0%	1%
Grundstücksein-/ -ausfahrt	13%	8%	7%	16%
Steigung	2%	0%	0%	2%
Gefälle	6%	1%	0%	7%
Kurve	1%	1%	0%	4%
keine Angabe	21%	28%	33%	24%

Bei der Charakteristik der Unfallstelle zeigte sich außerdem, dass der Anteil Grundstücksein- und -ausfahrten an Radfahrstreifen auf einem ähnlichen Niveau wie der des Vergleichskollektivs lag. Der entsprechende Anteil entlang von Schutzstreifen und „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) war deutlich geringer. Im Rahmen der Untersuchung konnte jedoch nicht geklärt werden, ob dieser geringere Anteil mit der Dichte der Grundstücksein- und -ausfahrten in Verbindung stand.

Auch der Anteil von Unfällen im Zusammenhang mit Längsneigung (Steigung bzw. Gefälle) entlang von Schutzstreifen und der kleinen Stichprobe untersuchter „Protected Bike Lanes“ war gegenüber Radfahrstreifen und dem Vergleichskollektiv deutlich reduziert. Dies geht jedoch darauf zurück, dass die meisten dieser Untersuchungsstrecken in Berlin und somit nicht in bewegtem Gelände lagen.

4.2.2 Anzahl der Unfallbeteiligten

Die meisten Unfälle waren unabhängig von der Führungsform Unfälle mit zwei Beteiligten. Unfälle mit drei und mehr Beteiligten spielten mit einem Anteil von lediglich 2,7 % (Radfahrstreifen) sowie 2,6 % (Schutzstreifen) keine besondere Rolle. Die Anteile entsprachen jenem im Vergleichskollektiv aller Radverkehrsunfälle auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen der Jahre 2013 bis 2015 von 2,6 %. Nur auf „Protected Bike Lanes“ fiel in dieser Hinsicht ein Anteil von 9,5 % auf, wobei dieser vor dem Hintergrund der kleinen Stichprobe (wenige Untersuchungsstrecken, geringe Unfallzahl) nicht zweifelsfrei interpretierbar ist.

Der Anteil von Alleinunfällen (8,7 % bei Radfahrstreifen sowie 4,2 % bei Schutzstreifen) lag auf den betrachteten Strecken deutlich unter dem des Vergleichskollektivs von 13,3 %. Auf den „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) betrug der Anteil der Alleinunfälle 11,9 %. Auf den untersuchten Strecken ereigneten sich die Alleinunfälle primär auf den Streckenabschnitten zwischen Knotenpunkten, in Knotenpunktbereichen traten sie anteilig deutlich seltener auf. Bezüglich der Alleinunfälle im Radverkehr ist jedoch die allgemein sehr hohe Dunkelziffer dieser Unfälle in der poli-

zeilichen Unfallstatistik zu beachten [von Below 2016], weshalb die Alleinunfälle in nachfolgenden Auswertungen nicht näher analysiert werden.

4.2.3 Schwere des Unfalls

Bei der Unfallschwere zeigten sich bei Unfällen mit mehreren Beteiligten auf den untersuchten Strecken stets Unfälle mit Leichtverletzten vorherrschend. Bei beiden Führungsformen lag der Anteil von Unfällen mit Schwerverletzten bzw. Getöteten mit ca. 15 % ähnlich hoch, jedoch unter dem Vergleichswert der Radverkehrsunfälle auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen von 20 %. Auf den „Protected Bike Lanes“ (kleine Strichprobe) betrug der Anteil schwerer Unfälle lediglich 5 %.

Markante Unterschiede zwischen Radfahrstreifen und Schutzstreifen zeigten sich bei der Differenzierung nach Knotenpunkten und homogenen Streckenabschnitten. Während auf Radfahrstreifen der Anteil schwerer Unfälle auf den Streckenabschnitten deutlich höher lag als in den Knotenpunktbereichen, stellte sich die Situation auf Schutzstreifen andersherum und weniger auffällig dar (siehe Abbildung 28). Der hohe Anteil an Unfällen mit Schwerverletzten auf Streckenabschnitten von Radfahrstreifen ließ sich vor allem auf einen gegenüber Schutzstreifen erhöhten Anteil von Unfällen auf Gefällestecken sowie an Grundstücksein- und -ausfahrten zurückführen. Zusammenhänge zu Gestaltungsmerkmalen oder der Verkehrsstärke ließen sich im Rahmen der Untersuchung wegen der geringen Fallzahl nicht ableiten.

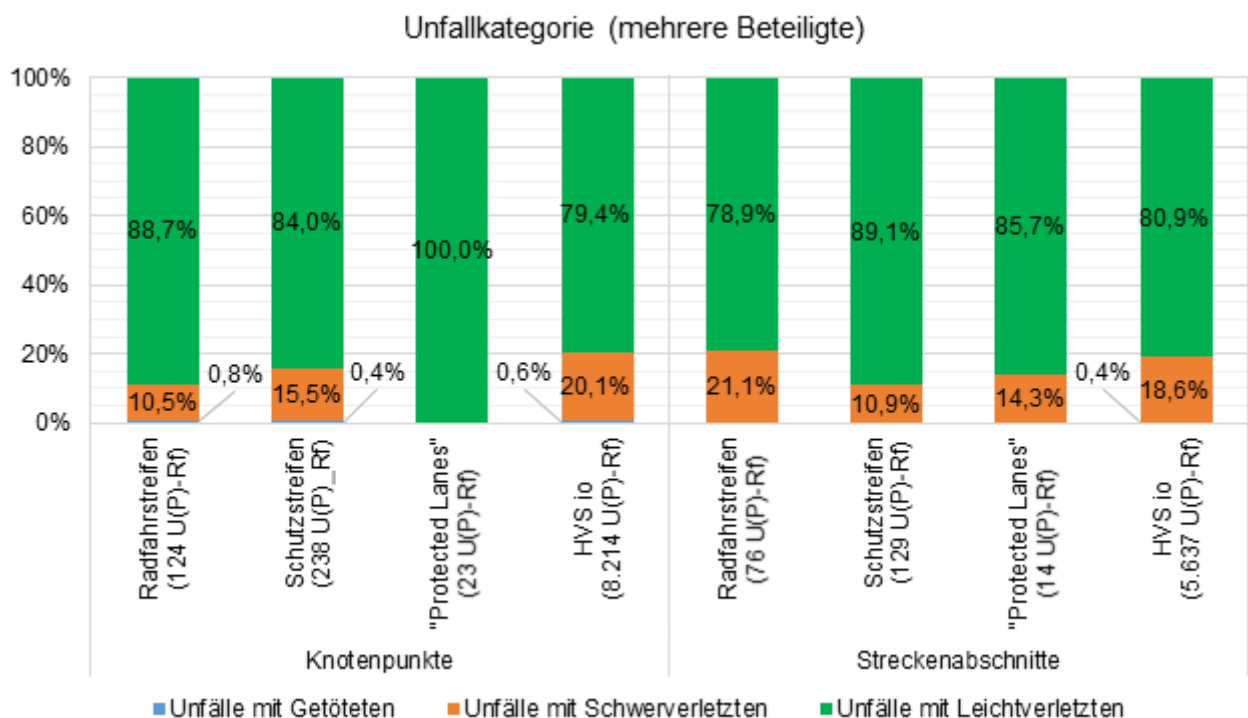


Abbildung 28: Unfallschwere der Radverkehrsunfälle mit mehreren Beteiligten

Um Vergleiche mit den von [Richter et al. 2018] ermittelten Werten für Radwege im Seitenraum (ohne Benutzungspflicht) zu ermöglichen, wurde die Verteilung der Unfallschwere nochmals ohne Exklusion der Alleinunfälle ermittelt. Der Vergleich zeigte erneut den höheren Anteil schwerer Unfälle (16,8 %) in Knotenpunktbereichen von Schutzstreifen gegenüber Radfahrstreifen und Radwegen im Seitenraum, die mit Anteilen von 12,3 % bzw. 12,6 % auf einem vergleichbaren Niveau lagen. Auf homogenen Streckenabschnitten lag der Anteil schwerer Unfälle auf Radfahrstreifen (20,2 %) und auf Schutzstreifen (11,5 %) teils deutlich über jenem der Radwege (7,5 %).

4.2.4 Art der Verkehrsbeteiligung

Hauptverursacher der untersuchten Radverkehrsunfälle waren unabhängig von der Führungsform und dem Unfallort meist Pkw. Radfahrer waren bei Radfahrstreifen in 26 %, bei Schutzstreifen in 29 % und auf „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) in 35 % der Fälle Hauptverursacher. Die Anteile auf Radfahrstreifen und Schutzstreifen liegen damit auf einem ähnlichen Niveau wie im Vergleichskollektiv mit einem Anteil von 28 %. Die „Protected Bike Lanes“ fielen in dieser Hinsicht zwar auf, jedoch kann dies wegen der kleinen Stichprobe nicht belastbar interpretiert werden.

Bei Radfahrstreifen zeigte sich auf homogenen Streckenabschnitten der Anteil von Radfahrern als Hauptunfallverursacher deutlich erhöht gegenüber Knotenpunktbereichen, auf Schutzstreifen stellte sich die Situation gegenteilig und weniger deutlich dar (siehe Abbildung 29). Der Anteil von Güter-Kfz (Lkw, Sattelzüge etc.) unter den Hauptverursachern lag mit Ausnahme der Knotenpunktbereiche von „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) über dem des Vergleichskollektivs. Auf besonders hohe Schwerverkehrsanteile konnte dies nicht zurückgeführt werden. Im Rahmen der Kommunalbefragung wurde das Schwerverkehrsaufkommen nur für wenige Strecken beziffert, so dass nur für 13 von 46 derartigen Unfällen die notwendigen Informationen vorlagen. Eindeutige Tendenzen zu hohen Belastungen waren daraus nicht ableitbar. Auch die im späteren Untersuchungsverlauf auf 86 Strecken durchgeführten Messungen ergaben diesbezüglich keinen belastbaren Zusammenhang zu besonders hohen Schwerverkehrsanteilen. Im Mittel lag der Schwerverkehrsanteil auf den Strecken mit durchgeführten Messungen lediglich bei 2,9 %. Lediglich auf elf von 86 Strecken lag der Anteil über 5 % und nur auf zwei Strecken über 8 %. Im Teilkollektiv der Güter-Kfz als Hauptverursacher war dabei der Anteil von Abbiegeunfällen besonders auffällig (siehe auch Kapitel 4.2.6).

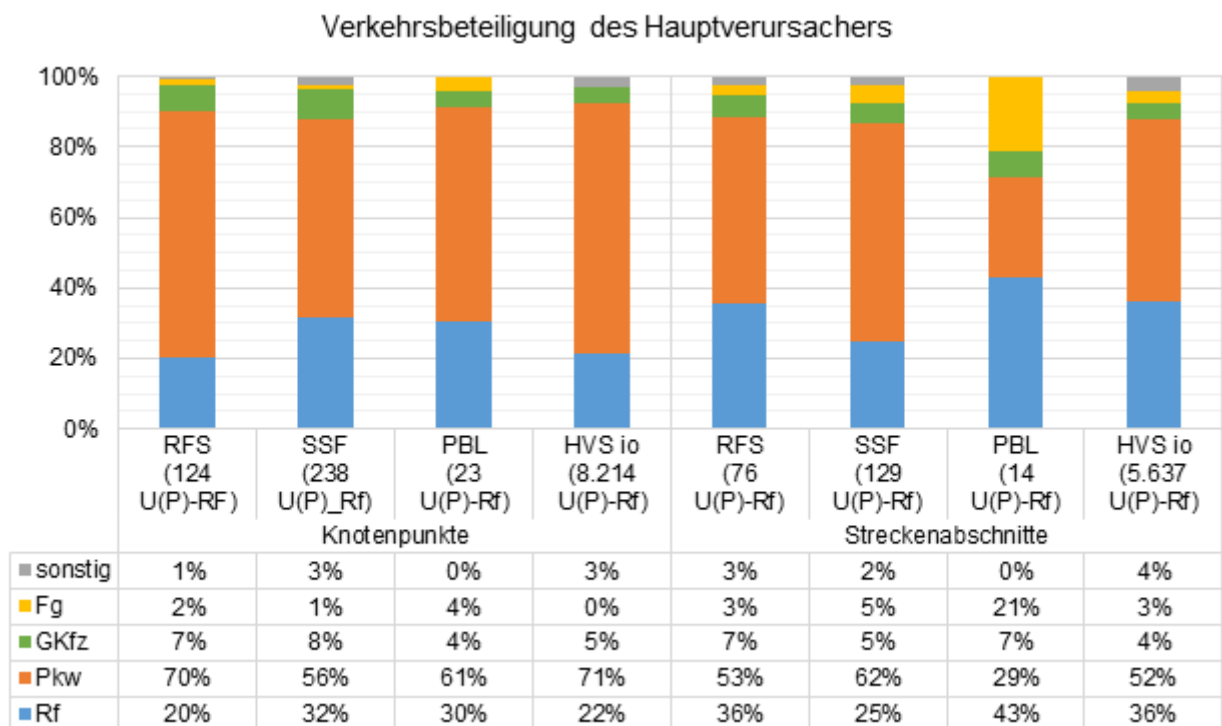


Abbildung 29: Verkehrsbeteiligung des Hauptverursachers (mehrere Beteiligte)

Wenn der Radfahrer der Hauptverursacher des Unfalls war, war der Unfallgegner unabhängig von der Führungsform und Örtlichkeit meist ein Pkw. Unfälle mit anderen Radfahrern traten auf Radfahrstreifen (29 %) und den wenigen untersuchten „Protected Bike Lanes“ (54 %) deutlich häufiger auf als auf Schutzstreifen (14 %). Schwerpunktmäßig handelte es sich bei diesen Unfällen zweier

Radfahrer auf Radfahrstreifen und „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) um Längsverkehrsunfälle, auf Radfahrstreifen spielten jedoch auch Unfälle des Typs EK (Einbiegen und Kreuzen) eine Rolle. Die Längsverkehrsunfälle gehen dabei meist auf Fehler beim Überholen bzw. überholt werden, bei Radfahrstreifen jedoch auch auf die verbotswidrige Benutzung der Fahrbahn oder anderer Straßenteile zurück. Die durch Radfahrer verursachten EK-Unfälle auf Radfahrstreifen ließen sich vor allem auf die Nichtbeachtung der Verkehrsregelung (Lichtzeichen) zurückführen. Kollisionen zwischen Radfahrern ereigneten sich fast nur bei Breiten über Regellmaß, da diese das gegenseitige Überholen leichter ermöglichen.

Auf Streckenabschnitten von Schutzstreifen bzw. „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) spielten Fußgänger als Unfallgegner von hauptunfallverursachenden Radfahrern mit 16% bzw. 17 % eine bedeutendere Rolle.

Wurde der Radfahrer als zweiter Beteiligter in einen Unfall verwickelt, war der Hauptverursacher je nach Führungsform und dem Ort des Unfalls zwar mit Anteilen von 73 % bis 81 % meist ein Pkw, im Vergleich mit den Radverkehrsunfällen auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen wurden Radfahrer auf Radfahrstreifen und Schutzstreifen jedoch häufiger von Güter-Kfz in Unfälle verwickelt. Im Vergleichskollektiv lag der Anteil bei 6 %, auf den untersuchten Radfahrstreifen bei 9 % und auf den untersuchten Schutzstreifen bei 10 %. Auffällige Diskrepanzen zwischen Knotenpunkten und Streckenabschnitten gab es in dieser Hinsicht nur auf Schutzstreifen. An Knotenpunkten von Schutzstreifen lag der Anteil der Güter-Kfz bei 12 %, auf Streckenabschnitten lediglich bei 7 %.

4.2.5 Geschlecht und Alter

Wurde ein Unfall auf den untersuchten Strecken von einem Radfahrer verursacht, war dieser häufiger männlich. Der Anteil entsprach bei Schutzstreifen mit 64 % in etwa dem Vergleichswert der Hauptverkehrsstraßen von 63 %, bei Radfahrstreifen bzw. „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) lag er mit 75 % bzw. 69 % darüber. War der Radfahrer zweiter Beteiligter, war die Geschlechterverteilung deutlich ausgeglichener.

Bei der Altersverteilung war unabhängig von der Führungsform die Altersgruppe von 18 bis 30 Jahren deutlich häufiger vertreten als im Vergleichskollektiv der innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. Je nach Führungsform und Grad der Beteiligung (Hauptverursacher oder zweiter Beteiligter) lag der Anteil dieser Altersgruppe zwischen 24 % (hauptverursachender Radfahrer auf Schutzstreifen) und 46 % (hauptverursachender Radfahrer auf den wenigen untersuchten „Protected Bike Lanes“. Ohne Differenzierung nach dem Grad der Beteiligung lag der Anteil dieser Altersgruppe bei den verunfallten Radfahrern auf Schutzstreifen bei 29 %, auf Radfahrstreifen bei 32 % und auf den „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) sogar bei 46 %. Im Vergleichskollektiv entfielen hingegen nur 19 % auf diese Altersgruppe.

4.2.6 Unfalltypen

In Knotenpunktbereichen von Radfahrstreifen und Schutzstreifen dominierten Abbiegeunfälle (AB) (siehe Abbildung 30). Der Anteil lag bei 48 % (Radfahrstreifen) bzw. 47 % (Schutzstreifen), im Vergleichskollektiv nur bei 31 %. Der hohe Anteil dieses Unfalltyps auf den Untersuchungsstrecken kann durch hohe Abbiegeverkehrsstärken bedingt sein. Da 63 % aller ausgewerteten Unfälle auf Berliner Untersuchungsstrecken auftraten und diese typischerweise durch hohe Rad- und Kfz-Belastungen sowie hohe Knotenpunktedichten charakterisiert sind, liegt der Schluss nahe, dass entsprechend starke Abbiegeströme das Unfallgeschehen in Knotenpunktbereichen beeinflussen und in Folge zu hohen Anteilen von Abbiegeunfällen (AB) führen. Das Vergleichskollektiv (HVS io) inkludiert hingegen alle Führungsformen einschließlich Mischverkehr sowie deutlich weniger stark

belastete Straßenzüge und Knotenpunkte. Da bei den Verhaltensbeobachtungen vor Ort keine Knotenströme erhoben werden konnten, kann die Frage nach dem Grund für die Häufigkeit von Abbiegeunfällen in Knotenpunktbereichen mit Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen nicht abschließend beantwortet werden.

Wird der kombinierte Anteil von Abbiegeunfällen (AB) sowie Einbiegen- und Kreuzen-Unfällen (EK) betrachtet, ähneln sich die Werte von Radfahrstreifen, Schutzstreifen und dem Vergleichskollektiv deutlich stärker mit Anteilen zwischen 82 % und 87 %. Lediglich bei den wenigen untersuchten „Protected Bike Lanes“ war der kombinierte Anteil mit 68 % etwas geringer, hier spielen vor allem Überschreiten-Unfälle (ÜS) und Längsverkehrsunfälle (LV) mit je 12 % eine wichtigere Rolle. Homogene Streckenabschnitte der Untersuchungsstrecken mit Schutzstreifen waren geprägt von Unfällen durch ruhenden Verkehr (RV), jeder dritte Unfall ging auf diesen Typ zurück. Auf Radfahrstreifen lag der entsprechende Anteil zwar nur bei 11 %, damit aber immer noch fast doppelt so hoch wie im Vergleichskollektiv (6 %). Der Anteil der Längsverkehrsunfälle (LV) auf Schutzstreifen (19 %) lag auf einem ähnlichen Niveau wie dem Vergleichskollektiv (18 %), auf Radfahrstreifen traten entsprechende Unfälle deutlich seltener auf (10 %).

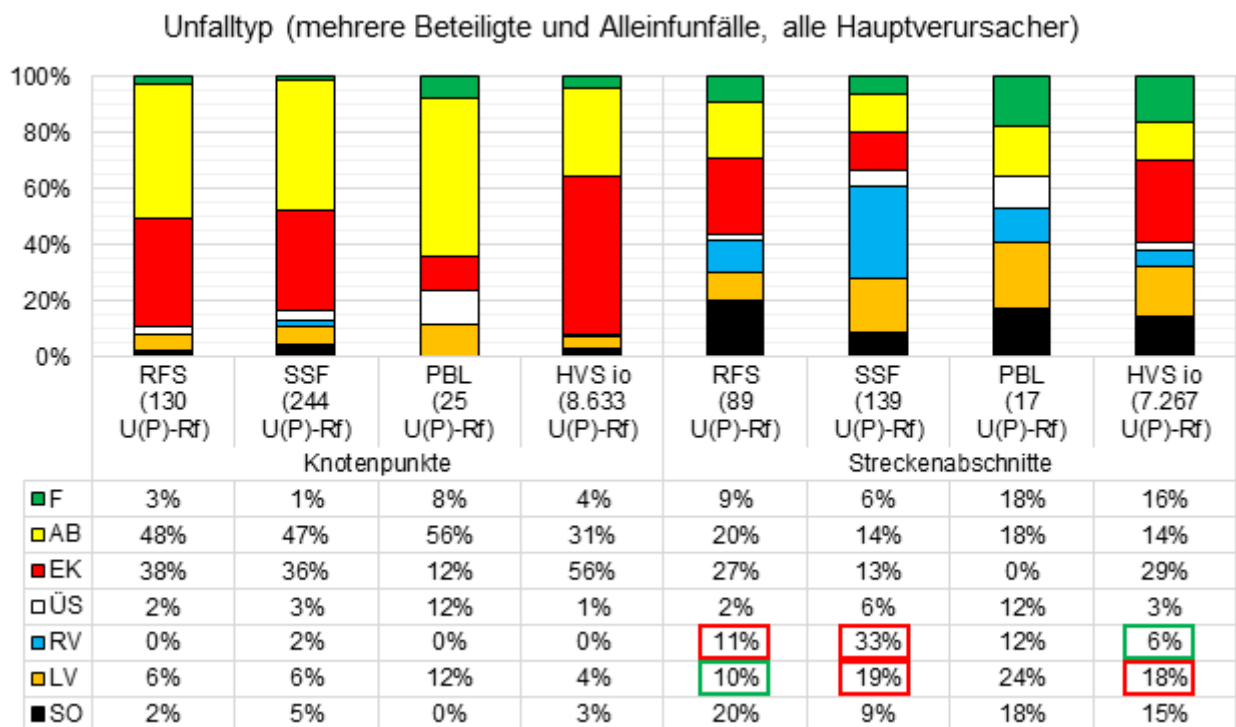


Abbildung 30: Unfalltyp (mehrere Beteiligte und Alleinfälle, alle Hauptverursacher)

In Knotenpunktbereichen der Untersuchungsstrecken waren bei Verursachung durch andere Verkehrsteilnehmer unabhängig von der Führungsform Abbiegeunfälle (AB) maßgebend. Die Anteile dieses Unfalltyps lagen teilweise deutlich über dem des Vergleichskollektivs (siehe Abbildung 31).

Auf homogenen Streckenabschnitten fielen hingegen die hohen Anteile von Unfällen durch ruhenden Verkehr (RV) auf. Auf Schutzstreifen betrug selbiger 41 % und damit ein Vielfaches des Vergleichskollektivs, wo der entsprechende Anteil lediglich bei 7 % lag. Selbst auf Radfahrstreifen und „Protected Bike Lanes“ lag der Anteil mit 14 % bzw. 13 % doppelt so hoch wie im Vergleichskollektiv. Längsverkehrsunfälle (LV) waren auf homogenen Streckenabschnitten von Schutzstreifen mit einem Anteil von 16 % zwar ebenfalls deutlich häufiger als auf Radfahrstreifen (4 %), allerdings lag der Anteil insgesamt lediglich auf dem Niveau im Vergleichskollektiv (16 %).

Häufungen bestimmter Unfallursachen konnten auf Grund der geringen Unfallzahl dieser Konstellation nicht ermittelt werden. Auf Radfahrstreifen gab es keine derartigen Auffälligkeiten. Schmale Kfz-Fahrstreifen mit Breiten unter 3,25 m neben Schutzstreifen führten ebenfalls zu höheren Anteilen von Längsverkehrsunfällen. Während bei Kfz-Fahrstreifenbreiten über 3,25 m der Anteil nur bei 9 % lag, betrug er bei schmalen Kfz-Fahrstreifenbreiten 26 %. Ähnlich Auffälligkeiten bei Radfahrstreifen gab es nicht. Ein belastbarer Zusammenhang zwischen dem Kfz-Aufkommen und dem Anteil der Längsverkehrsunfälle konnte nicht nachgewiesen werden.

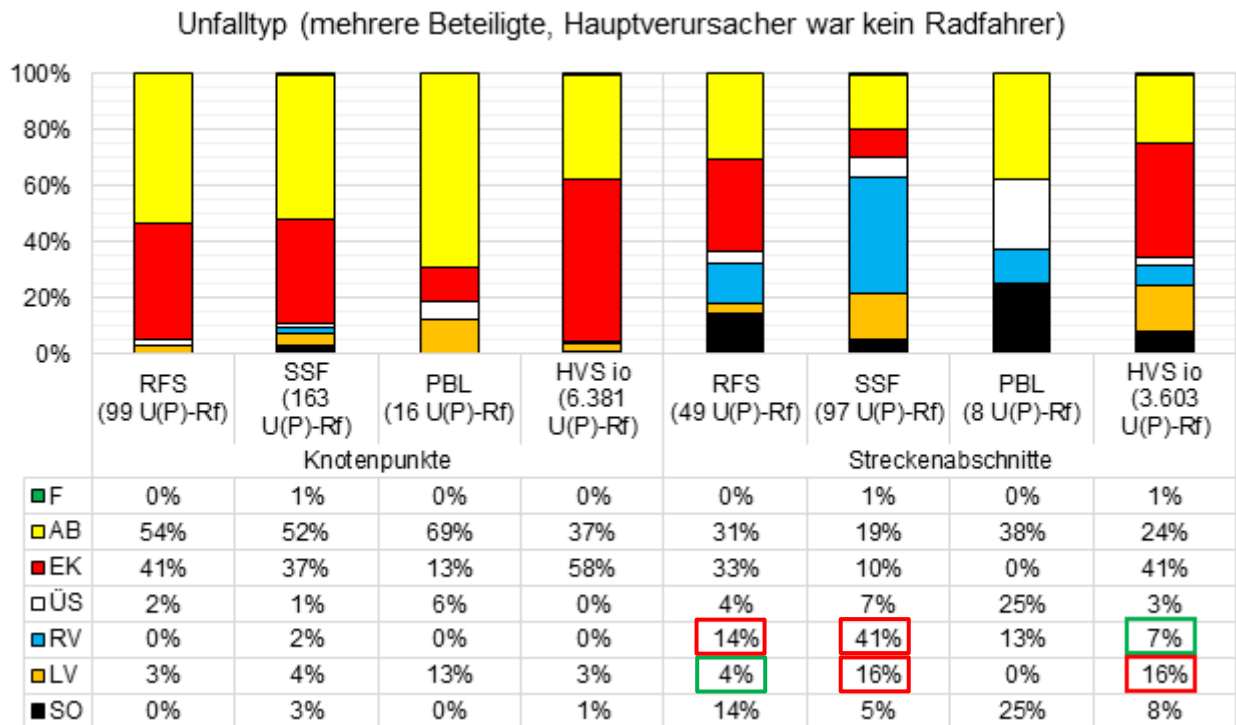


Abbildung 31: Unfalltyp (mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war kein Radfahrer)

Auf den Streckenabschnitten der „Protected Bike Lanes“ fiel zwar der statistisch hohe Anteil von Überschreiten-Unfällen (ÜS) mit 25 % gegenüber 3 % im Vergleichskollektiv auf, allerdings ist vor diesem Hintergrund die sehr geringe Strecken- und Unfallzahl in diesem Teilkollektiv zu beachten.

Jeder dritte Unfall bei dem der Radfahrer der Hauptverursacher war, war ein Abbiegeunfall (AB). Längsverkehrsunfälle (LV) mit Radfahrern als Hauptverursacher waren auf allen Führungsformen ebenfalls häufiger als im Vergleichskollektiv. Vor allem der Anteil der von Radfahrern verursachten Längsverkehrsunfälle in Knotenpunktbereichen von Radfahrstreifen lag mit 20 % mehr als doppelt so hoch wie im Vergleichskollektiv (siehe Abbildung 32). Durch Radfahrer verursachte Überschreiten-Unfälle (ÜS) waren in den Knotenpunktbereichen aller Führungsformen, vor allem jedoch bei Schutzstreifen, häufiger als in den Vergleichsdaten. Die Unfälle ereigneten sich ausschließlich an Stellen, an denen der Fußgänger Vorrang hatte. Sechs der insgesamt sieben Unfälle ließen sich auf falsches Verhalten gegenüber Fußgängern an Fußgängerfurten zurückführen, ein Fall auf Fehlverhalten an einem Fußgängerüberweg.

Auf homogenen Streckenabschnitten mit Schutzstreifen waren Längsverkehrsunfälle (LV) und Unfälle durch ruhenden Verkehr (RV) mit Radfahrern als Hauptverursacher deutlich häufiger. Die Anteile lagen mit 34 % sowie 19 % deutlich über denen der untersuchten Radfahrstreifen mit 26 % sowie 11 %. Der Anteil der Längsverkehrsunfälle auf Schutzstreifen entsprach in diesem Teilkollektiv allerdings jenem der Vergleichsdaten (34 %), der Anteil der Unfälle durch ruhenden Verkehr war auch gegenüber den Vergleichswerten (8 %) erhöht. Der Anteil der Längsverkehrsunfälle bei

Verursachung durch Radfahrer war bei Anlagenbreiten über dem Regelmaß nochmals erhöht, bei Radfahrstreifen betrug er 28 %, bei Schutzstreifen 38 %. Auf Radfahrstreifen war der Unfallgegner in 60 % der Fälle ein anderer Radfahrer, auf Schutzstreifen je in 28 % der Fälle ein anderer Radfahrer bzw. ein Pkw. Unfallursache in dieser Konstellation war auf Radfahrerstreifen mit 40 % die fehlerhafte Straßenbenutzung, auf Schutzstreifen mit 46 % das Nebeneinanderfahren.

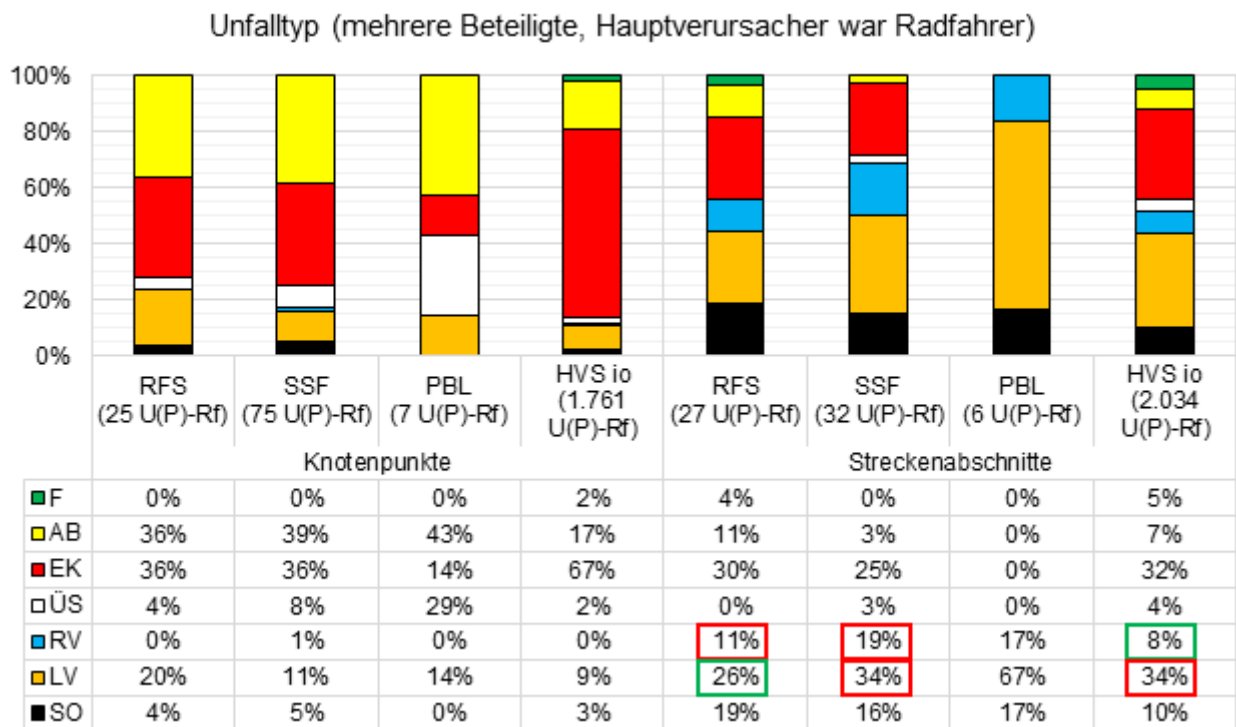


Abbildung 32: Unfalltyp (mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war Radfahrer)

Die Unfälle mit ruhendem Verkehr geschahen zum Großteil - 76 % bei Verursachung durch andere Verkehrsteilnehmer sowie 72 % bei Verursachung durch Radfahrer - an Längsparkständen, derartige Unfälle in Kombination mit anderen Aufstellweisen waren vergleichsweise selten.

Bei den 40 untersuchten Alleinunfällen traten nur Fahrurfälle und sonstige Unfälle auf. Die Verteilung war dabei auf Radfahrstreifen und Schutzstreifen ähnlich, der Anteil der Fahrurfälle betrug etwa 60 %. Auf „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) geschahen nur Fahrurfälle. Alleinunfälle traten auf allen Führungsformen vor allem auf homogenen Streckenabschnitten auf.

Um Vergleiche mit den von [Ohm et al. 2015] ermittelten Werten für die Mischverkehrsführung zu ermöglichen, wurden die Unfalltypen nochmals ohne Exklusion der Alleinunfälle und ohne Differenzierung nach Verursacherschaft, Knotenbereichen und Streckenabschnitten ermittelt (siehe Abbildung 33). Dieser Vergleich zeigte, dass vor allem Abbiegeunfälle (AB) auf den untersuchten Führungsformen deutlich häufiger vorkamen als bei den von [Ohm et al. 2015] untersuchten Mischverkehrsstrecken mit Fahrbahnbreiten von 7,00 bis 8,50 m. Unfälle durch ruhenden Verkehr (RV) waren auf den untersuchten Radfahrstreifen mit 5 % seltener als auf den Schutzstreifen (13 %) und im Mischverkehr (16 %). Diese Auswertung zeigte jedoch auch, dass ohne Differenzierung nach Knotenpunktbereichen und Streckenabschnitten die Bedeutung einzelner Unfallkonstellationen (z.B. jene der Unfälle vom Typ RV auf homogenen Abschnitten) kaum erkennbar ist.

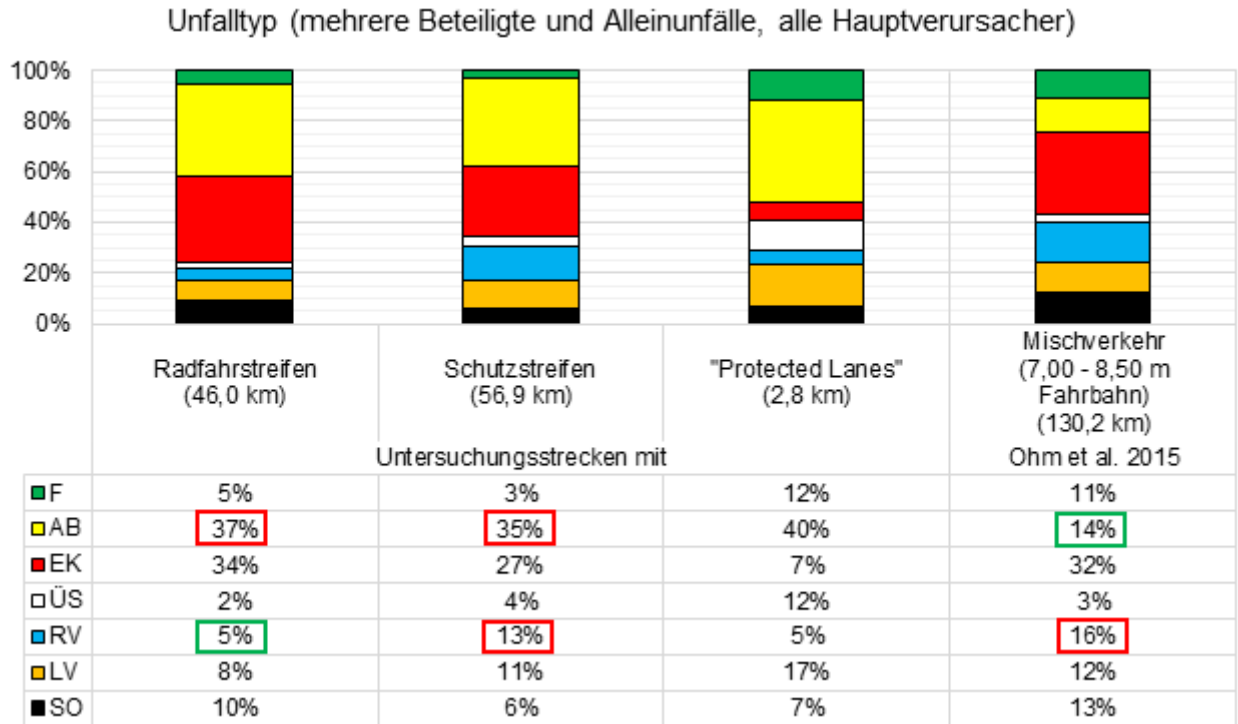


Abbildung 33: Unfalltyp im Vergleich zur Mischverkehrsführung
(mehrere Beteiligte und Alleinunfälle, alle Hauptverursacher)

Um Vergleiche mit den von [Richter et al. 2018] ermittelten Werten für Radwege im Seitenraum ohne Benutzungspflicht (RWoB) zu ermöglichen, wurden die Unfalltypen ebenfalls ohne Exklusion der Alleinunfälle und ohne Differenzierung nach Verursacherschaft ermittelt (siehe Abbildung 34).

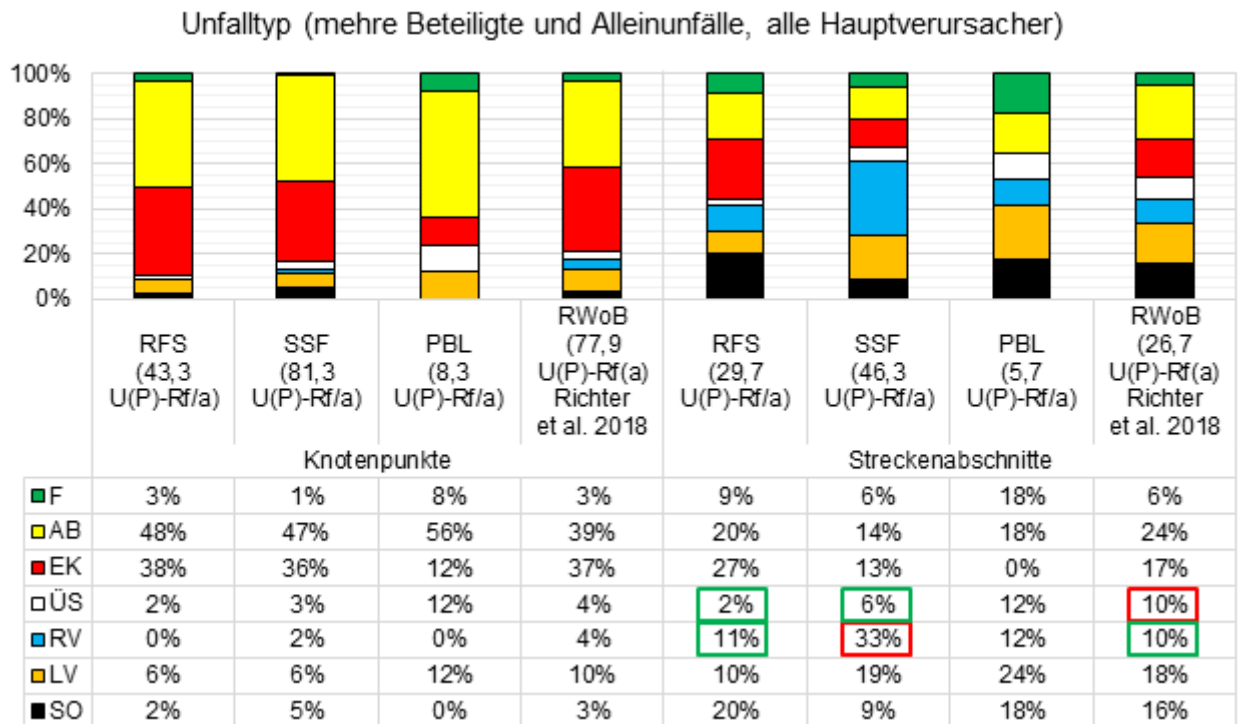


Abbildung 34: Unfalltyp im Vergleich zu Radwegen im Seitenraum ohne Benutzungspflicht
(mehrere Beteiligte und Alleinunfälle, alle Hauptverursacher)

Der Vergleich zeigte erneut die Bedeutung der Unfälle durch ruhenden Verkehr (RV), die auf homogenen Streckenabschnitten von Schutzstreifen mit einem Anteil von 33 % deutlich häufiger auftraten als bei Radfahrstreifen (11 %) oder Radwegen (10 %). Auf Radwegen waren hingegen Überschreiten-Unfälle (ÜS) mit einem Anteil von 10 % häufiger.

4.2.7 Unfallursachen

Zur Analyse und Bewertung der Unfallursachen wurden diese nach den Gruppen im Unfallursachenverzeichnis der Destatis Fachserie 8 Reihe 7 [Destatis 2017] zusammengefasst. War ein anderer Verkehrsteilnehmer Hauptverursacher, wurde dieser in der Mehrheit der Fälle durch Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren bzw. Ein- und Anfahren hervorgerufen. In den Meisten dieser Fälle (77 %) handelte es sich um Abbiegefehler. Die Häufigkeit dieser Fehler in den Knotenpunktbereichen der untersuchten Strecken lag dabei bei allen drei Führungsformen über der des Vergleichskollektivs der Hauptverkehrsstraßen. Die Nichtbeachtung der Vorfahrt bzw. des Vorranges kam hingegen seltener vor (siehe Abbildung 35). Auf den homogenen Streckenabschnitten mit Radfahrstreifen fiel vor allem der hohe Anteil von Fehlern beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren bzw. Ein- und Anfahren auf, von denen sich wiederum 60 % mit Grundstücksein- und -ausfahrten in Verbindung bringen ließen. Auf Schutzstreifen war diese Unfallursache zwar auch vertreten, jedoch deutlich seltener als auf Radfahrstreifen und dem Vergleichskollektiv. Fehler im ruhenden Verkehr waren auf homogenen Streckenabschnitten von Schutzstreifen mit einem Anteil von 33 % sehr häufig, der Anteil bei Radfahrstreifen bzw. im Vergleichskollektiv lag hier nur bei 10 % bzw. 6 %.

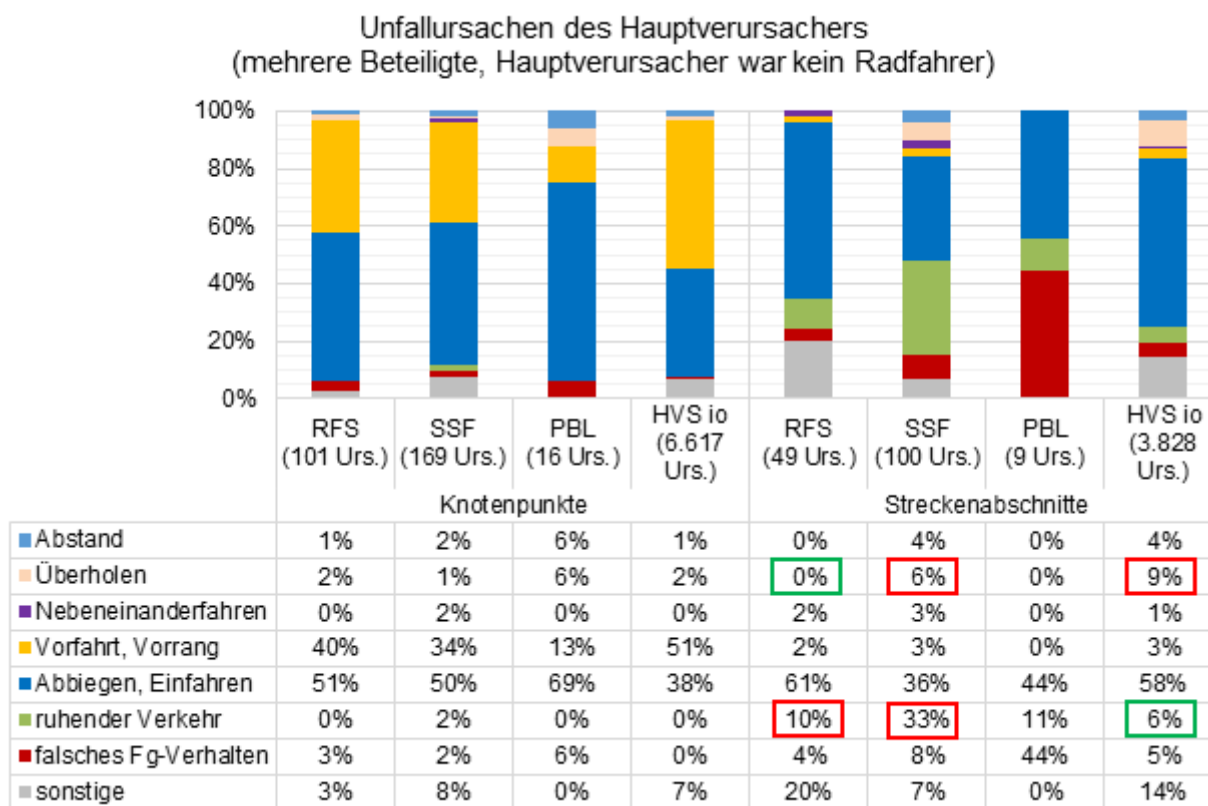


Abbildung 35: Unfallursachen des Hauptverursachers
(mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war kein Radfahrer)

Im Vergleich mit Radfahrstreifen trat an Schutzstreifen ebenfalls unzureichender Abstand, Fehler beim Überholen sowie das Nebeneinanderfahren häufiger als Unfallursache auf. Die Abweichungen vom Unfallgeschehen an innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen waren hier allerdings nur gering.

Bei den vier Unfällen mit unzureichendem Abstand in Längsrichtung waren ausschließlich Pkw die Hauptverursacher. Bei den sechs Unfällen mit Überholfehlern - dies kann nach der Unfallursache ungenügender Seitenabstand sein - waren in drei Fällen Pkw die Hauptverursacher, in zwei Fällen Lkw und in einem Fall ein Bus. Bei den drei Unfällen, die sich auf Nebeneinanderfahren zurückführen ließen, bei denen Nebeneinanderfahren die Ursache war, war in zwei Fällen ein Pkw der Hauptverursacher und in einem Fall ein Lkw. Falsches Verhalten von Fußgängern war anteilig deutlich häufiger bei „Protected Bike Lanes“ zu beobachten, allerdings konnte hier nur eine geringe Zahl an Strecken und Unfallursachen ausgewertet werden.

War der Radfahrer Hauptverursacher, zeigten sich mehrere Auffälligkeiten und Abweichungen vom den jeweiligen Vergleichswerten (siehe Abbildung 36). Während sich die verbotswidrige Benutzung nicht für den Radverkehr vorgesehener Straßenteile auf den untersuchten Radfahrstreifen mit 24 % etwa auf dem Niveau des Vergleichswertes bewegte, spielte dieses Fehlverhalten auf den untersuchten Schutzstreifen (15 %) eine etwas geringere Rolle. Auf allen Führungsformen, aber vor allem auf Schutzstreifen, trat ungenügender Sicherheitsabstand in Längsrichtung deutlich häufiger als Ursache auf als im Vergleichskollektiv. Neun der zwölf Unfälle mit dieser Ursache konnten dem Unfalltyp 5 zugeordnet werden. Die Auffälligkeiten bei Schutzstreifen spiegeln insofern die Problematik zwischen Radverkehr und ruhendem Kfz-Verkehr auf diesen Strecken wieder.

An Knotenpunkten von Radfahrstreifen spielten Fehler beim Überholen (11 %) eine wichtigere Rolle als auf Schutzstreifen oder im Vergleichskollektiv. An Knotenpunkten von Schutzstreifen waren hingegen Fehler beim Abbiegen bzw. Einfahren in den Fließverkehr (36 %) häufig vertreten.

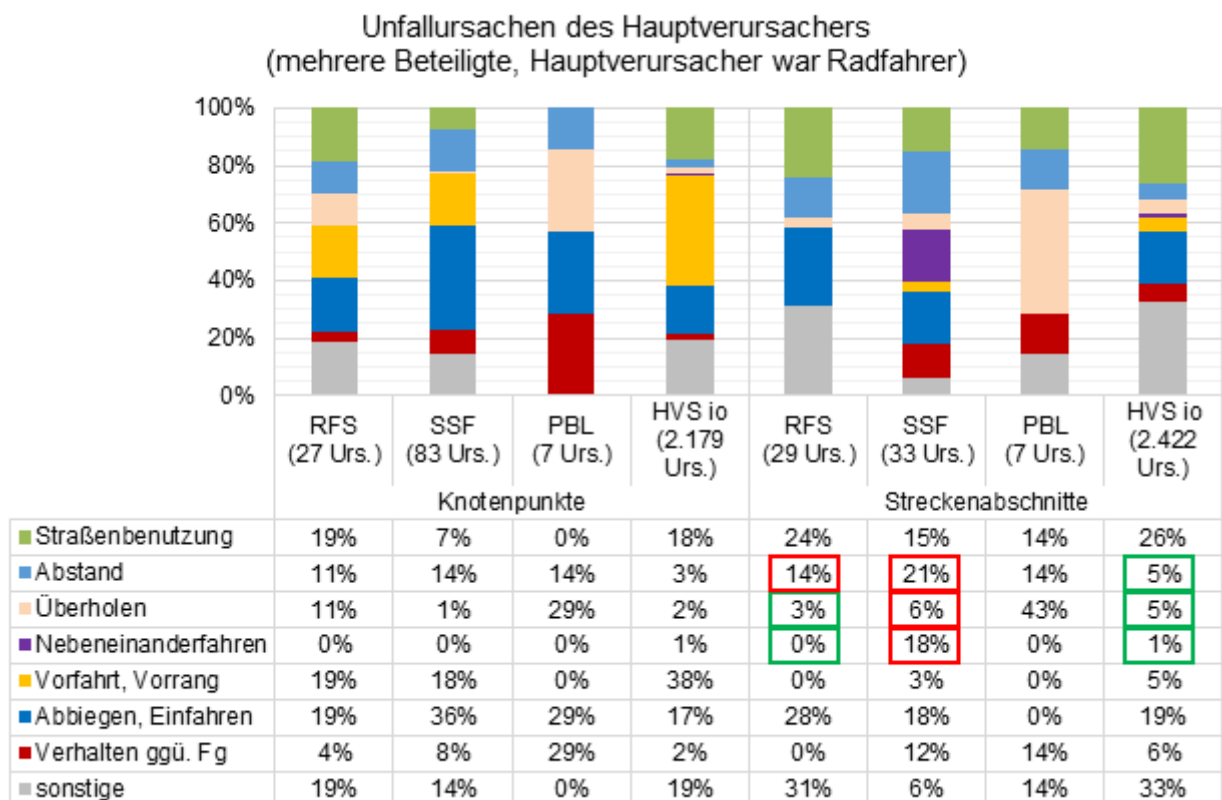


Abbildung 36: Unfallursachen des Hauptverursachers
(mehrere Beteiligte, Hauptverursacher war Radfahrer)

Auf homogenen Streckenabschnitten von Schutzstreifen traten Fehler beim Nebeneinanderfahren besonders häufig auf. Bei fünf von sechs Fällen handelte es sich dabei um Längsverkehrsunfälle, ein Unfall wurde dem Typ 7 (sonstiger Unfall) zugeordnet. Bei der Hälfte der sechs Unfälle war der

Unfallgegner des Radfahrers (Hauptverursacher) ein Güter-Kfz, in je einem Fall ein Pkw, Krad sowie ein anderer Radfahrer.

Fehlverhalten von Radfahrern gegenüber Fußgängern trat sowohl an Knotenpunkten als auch auf Streckenabschnitten vor allem bei Schutzstreifen und „Protected Bike Lanes“ auf. Bei Letzteren ist jedoch die geringe Zahl an auswertbaren Ursachen zu bedenken.

Trug der Radfahrer als zweiter Unfallbeteiligter⁷ durch eigenes Fehlverhalten ebenfalls zur Unfallentstehung bei, war dies in den meisten Fällen die verbotswidrige Benutzung nicht für den Radverkehr vorgesehener Straßenteile. Die Häufigkeit dieses Fehlverhaltens lag bei Schutzstreifen mit 80 % merklich über dem Wert der Radfahrstreifen (70 %) und dem Vergleichswert (66 %) aller Radverkehrsunfälle auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen.

Insgesamt - also unabhängig von der Hauptverursacherschaft und Zahl der Unfallbeteiligten - standen 67 der 644 untersuchten Radverkehrsunfälle in Verbindung mit der verbotswidrigen Benutzung nicht für den Radverkehr vorgesehener Straßenteile. 47 (70 %) dieser Unfälle ereigneten sich dabei auf Strecken mit einem Kfz-Aufkommen von mehr als 10.000 Fahrzeugen pro Tag im Querschnitt. Ein Zusammenhang mit schmalen Anlagenbreiten konnte hingegen nicht nachgewiesen werden. Radfahrer reagieren somit vor allem auf das Kfz-Aufkommen und weichen bei viel Kfz-Verkehr auf der Fahrbahn eher in den Seitenraum aus.

Auf den Untersuchungsstrecken ereigneten sich 36 Alleinunfälle von Radfahrern. Diese gingen in etwa 40 % aller Fälle auf andere Fehler des Fahrzeugführers sowie technische Mängel zurück, überhöhte Geschwindigkeit war in gut einem Viertel der Fälle eine Unfallursache. Auffällig war darüber hinaus, dass jeder achte Alleinunfall Resultat mangelnder Verkehrstüchtigkeit - zu ähnlichen Anteilen Alkoholeinfluss und sonstige körperliche und geistige Mängel - war. Bei Alleinunfällen ist jedoch, wie bereits in Kapitel 4.2.2 erwähnt, die allgemein sehr hohe Dunkelziffer in der polizeilichen Unfallstatistik zu beachten [von Below 2016].

Die Ergebnisse der Auswertung der Unfallursachen bestätigen die Erkenntnisse der Unfalltypenauswertung, d.h. zu den auffälligen Unfalltypen 5 (RV) und 6 (LV) auf den homogenen Streckenabschnitten finden sich zugehörige Unfallursachen.

4.3 Mikroskopische Analyse

Die Auswertung der Unfallhergangsbeschreibungen beschränkte sich auf Unfälle in folgenden Bundesländern und Kommunen, da nur von dort Hergangsbeschreibungen vorlagen:

- Baden-Württemberg (Lörrach)
- Brandenburg (Potsdam)
- Hessen (Gießen, Langen, Offenbach)
- Sachsen-Anhalt (Halle)
- Sachsen (Chemnitz, Döbeln, Görlitz, Zwickau)

Der Versuch, die Flächennutzung in Berlin und Nordrhein-Westfalen über die Unfallparameter „Straßenteil“ und „Besonderheiten der Unfallstelle“ zu ermitteln, ließ wegen der seltenen Angaben dieser Merkmale keinen belastbaren Rückschluss zu. So lag für über die Hälfte der Berliner Radverkehrsunfälle in der Variable „Besonderheiten der Unfallstelle“ keine Informationen zur der Art

⁷ Der Hauptverursacher konnte in dieser Konstellation ebenfalls ein Radfahrer sein.

der Radverkehrsanlage vor. Von 644 Radverkehrsunfällen der Makroanalyse lagen somit nur für 174 (27 %) auswertbare Hergangsbeschreibungen vor. Die Auswertung zeigte, dass sich unabhängig von Örtlichkeit (Knotenpunkt vs. homogene Streckenabschnitte) und Analagentyp dreiviertel der Unfälle auf den markierten Streifen ereigneten. Eine Ausnahme stellen Radfahrstreifen an Knotenpunkten dar, wo 93 % der Unfälle auf dem Radfahrstreifen selbst lokalisiert waren.

Sichteinschränkungen wurden in den auswertbaren Unfallhergangsbeschreibungen nur selten (in neun von 174 Hergangsbeschreibungen) genannt und bezogen sich meist auf Baustellen, so dass kein Zusammenhang mit Gestaltungsmerkmalen herstellbar war. Ruhende Kfz auf den markierten Streifen, die bei der Unfallentstehung eine Rolle gespielt haben könnten, wurden nicht erwähnt.

Um die Bedeutung von Dooring-Unfällen (Unfälle im Zusammenhang mit geöffneten Kfz-Türen) zu prüfen, wurden neben den Unfallhergangsbeschreibungen auch die Kollisionssymbole der Berliner Radverkehrsunfälle untersucht, da über diese ebenfalls auf Fälle von Dooring-Unfällen geschlossen werden kann. Insgesamt konnten 41 Dooring-Unfälle identifiziert werden, im Teilkollektiv der Unfälle mit verfügbarer Hergangsbeschreibung sieben. Folglich waren 65 % (41 von 63) bzw. 70 % (sieben von zehn) der Unfälle durch ruhenden Verkehr Dooring-Unfälle.

4.4 Unfallkenngrößen

Basierend auf den Unfalldaten und den Erhebungen wurden Unfallkenngrößen für die Teilkollektive und Cluster (siehe Anhang B) berechnet. Während die Unfall(kosten)dichten für alle 143 Strecken ermittelbar waren, konnten Unfall(kosten)raten nur für 86 Strecken mit Vor-Ort-Erhebungen ermittelt werden, da nur dort das Radverkehrsaufkommen als Bezugsgröße zur Verfügung stand.

4.4.1 Unfalldichten und -kostendichten

Um Vergleiche mit der Radverkehrsführung im Mischverkehr zu ermöglichen, wurden die Unfalldichten zuerst ohne Differenzierung nach Knotenpunktbereichen und homogenen Streckenabschnitten ermittelt. Der Vergleich zeigte, dass die Unfalldichten aller untersuchten Radverkehrsführungen über dem von [Ohm et al. 2015] für die Mischverkehrsführung ermittelten Wert lagen (siehe Abbildung 37). Die ermittelten Dichten berücksichtigen jedoch weder die Radverkehrsstärke, noch sind die Streckencharakteristika wie die Anzahl der Knotenpunkte der Untersuchungsstrecken von [Ohm et al. 2015] bekannt.

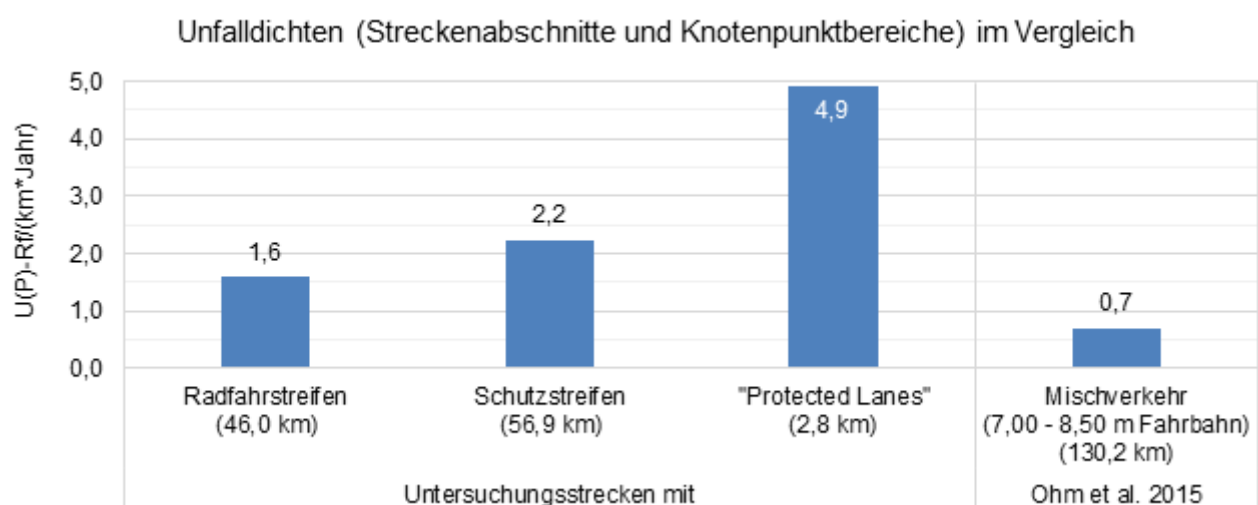


Abbildung 37: Unfalldichten (Streckenabschnitte und Knotenpunktbereiche) im Vergleich

Die Ermittlung der Unfalldichten mit Differenzierung der Örtlichkeit zeigte, dass die untersuchten Schutzstreifen sowohl in Knotenpunktbereichen als auch auf homogenen Streckenabschnitten eine höhere Unfalldichte aufwiesen als die untersuchten Radfahrstreifen (siehe Abbildung 38 sowie Abbildung 39). In Knotenpunktbereichen betrug das Verhältnis 0,18 U(P) pro KP und Jahr bei Radfahrstreifen zu 0,21 bei Schutzstreifen, auf homogenen Abschnitten betrug es 0,65 U(P) pro km und Jahr bei Radfahrstreifen zu 0,81 bei Schutzstreifen. Die Werte auf homogenen Abschnitten bestätigen, wenn auch weniger deutlich, den bei der Makroanalyse aufgefallenen Anteil schwerer Unfälle auf den Untersuchungsstrecken (siehe dazu auch Kapitel 4.2.3) mit Radfahrstreifen. Die Dichte schwerer Unfälle lag auf Radfahrstreifen bei 0,13 U(SP) pro km und Jahr gegenüber 0,09 auf Schutzstreifen. Die Unfalldichten der „Protected Bike Lanes“ waren gegenüber den beiden anderen Führungen deutlich erhöht, allerdings erlauben die Werte wegen der sehr kleinen Stichprobe keine belastbaren Rückschlüsse.

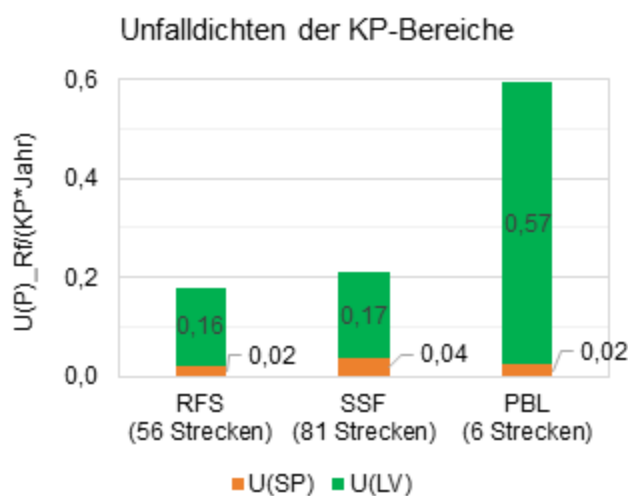


Abbildung 38: Unfalldichte der Knotenpunktbereiche

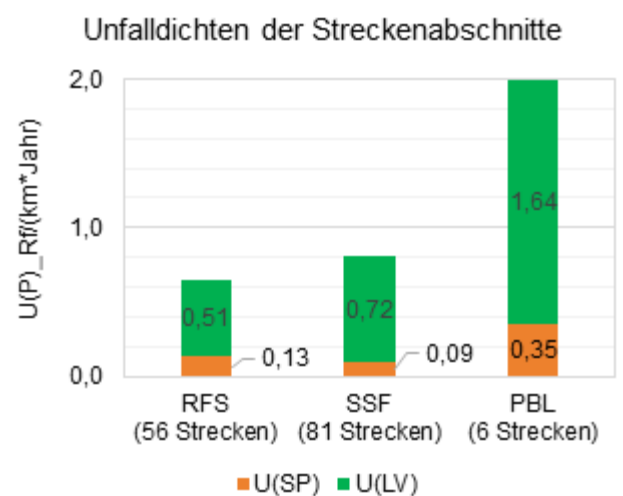


Abbildung 39: Unfalldichte der homogenen Streckenabschnitte

Da für KP-Bereiche von Radfahrstreifen und Schutzstreifen kein markanter Unterschied nachgewiesen werden konnte, beschränkt sich die weitere Analyse auf homogene Streckenabschnitte.

Den größten Einfluss auf die Unfalldichte hatte auf den homogenen Abschnitten der untersuchten Strecken die Parksituation (siehe Abbildung 40). Während bei Radfahrstreifen der Einfluss relativ gering war, lag die Unfalldichte auf Schutzstreifen mit angrenzenden Parkständen mit einem Wert von 1,1 auf einem deutlich höheren Niveau als auf jenen ohne angrenzende Parkstände mit einem Wert von 0,3. Das Risiko durch angrenzende Parkstände konnte durch deutlich höhere Anteile des Unfalltyps 5 (RV) in den entsprechenden Teilkollektiven bestätigt werden (siehe Kapitel 4.2.6).

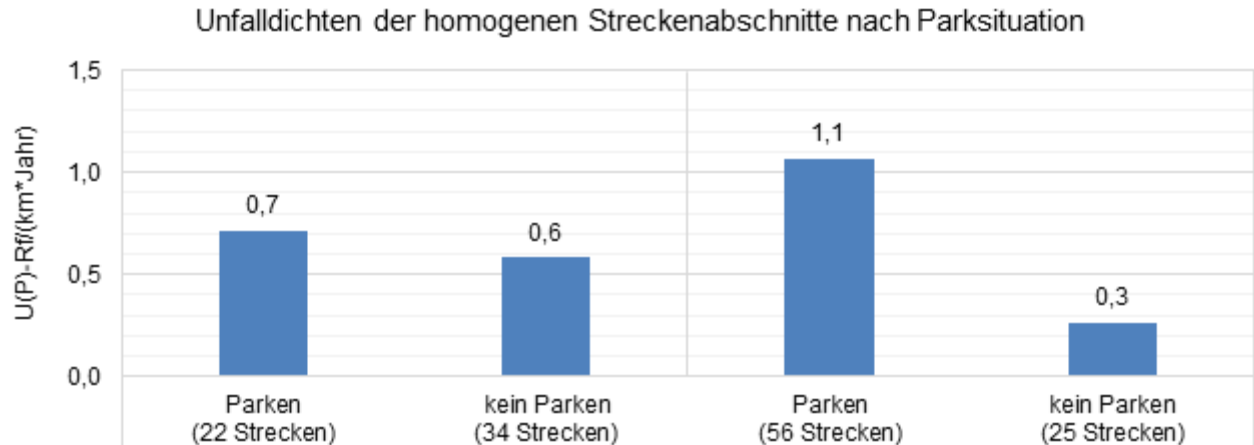


Abbildung 40: Unfalldichten der homogenen Streckenabschnitte nach Parksituation

Ein weiterer Einfluss auf die Unfalldichte ergab sich aus der Anlagenbreite (siehe Abbildung 41). Bei Radfahrstreifen nahm die Unfalldichte mit zunehmender Anlagenbreite ab, bei Schutzstreifen hingegen zu. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Werte das Radverkehrsaufkommen vernachlässigen. Die Radfahrstreifen sowie die schmalen Schutzstreifen der Untersuchung waren nur einer geringen Radverkehrsbelastung ausgesetzt, die breiten Schutzstreifen hingegen einer hohen Belastung. Zur abschließenden Beurteilung sind daher ferner die Unfallraten zu betrachten.

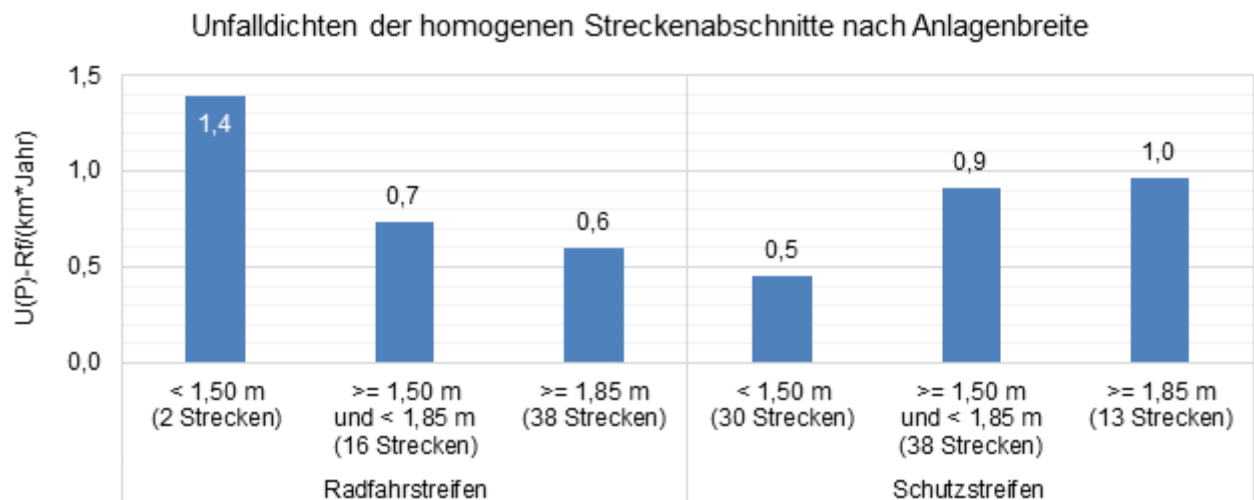


Abbildung 41: Unfalldichten der homogenen Streckenabschnitte nach Anlagenbreite

Ein negativer Einfluss des Kfz-Aufkommens auf das Unfallgeschehen (höhere Unfalldichte) konnte nicht bestätigt werden. Ebenso wenig konnte ein Zusammenhang zwischen schmalen Kfz-Fahrstreifen neben den Radverkehrsführungen und höheren Unfalldichten nachgewiesen werden.

Die Berechnung der Unfallkostendichten folgte den Vorgaben des Merkblattes für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen [FGSV 2003]. Vor Berechnung der Kenngrößen erfolgte eine Anpassung der Unfallkostensätze (siehe Anhang C) für Radverkehrsunfälle auf Basis des verwendeten Unfalldatensatzes. Der der Anpassung zugrundeliegende Kostensatz (Preisstand 2010) entstammte dem Forschungsprojekt von [Alrutz et al. 2015]. Da die Unfallkostendichten die Relationen zwischen den Führungsformen und Teilkollektiven in ähnlicher Weise darstellen wie die Unfalldichten, wird auf die Ausweisung einzelner Werte an dieser Stelle verzichtet. Unfallkostendichten können Anhang D entnommen werden. Sie spiegeln auch den höheren Anteil schwerer Unfälle auf ho-

mogenen Streckenabschnitten mit Radfahrstreifen wider (siehe Kapitel 4.2.3), so dass die Differenzen zwischen den Unfallkostendichten einzelner Teilkollektive mitunter stärker ausgeprägt waren. Dies galt z.B. für Radfahrstreifen mit angrenzenden Parkständen, deren Unfalldichte nur wenig über jenen ohne angrenzende Parkstände lag. Die Unfallkostendichte auf Radfahrstreifen mit angrenzenden Parkständen war hingegen doppelt so hoch. Bei Schutzstreifen gab es keine vergleichbaren Unterschiede, der Faktor bei den Unfalldichten und Kostendichten war hier fast gleich.

4.4.2 Unfallraten und -kostenraten

Da die Unfalldichten das Radverkehrsaufkommen nicht berücksichtigen, wurden zur Bewertung der untersuchten Führungsformen ebenfalls die Unfallraten bezogen auf das Radverkehrsaufkommen ermittelt. Da das Unfallgeschehen in Knotenpunktbereichen stark von weiteren Faktoren wie der Abbiege-Verkehrsstärke des Kfz-Verkehrs abhängt, über die im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen keine Kenntnisse erlangt werden konnten, beschränkt sich die Ermittlung und Bewertung der Unfallraten auf homogene Streckenabschnitte.

Ohne Differenzierung nach einzelnen Randbedingungen ergaben sich Werte von 6,4 Radverkehrsunfällen pro 10^6 Radverkehrs-km auf den homogenen Streckenabschnitten mit Radfahrstreifen sowie 3,0 auf jenen mit Schutzstreifen (siehe Abbildung 42). Das individuelle Unfallrisiko jedes einzelnen Radfahrers war demnach auf Radfahrstreifen etwa doppelt so hoch wie auf Schutzstreifen. Es zeigte sich dadurch zwar, dass das hohe Radverkehrsaufkommen auf den untersuchten Schutzstreifen das individuelle Risiko deutlich senkte, jedoch bedeutet das kein reduziertes Unfallgeschehen im allgemeinen (siehe Unfalldichten der homogenen Streckenabschnitte in Abbildung 39). Durch die höhere Zahl an leichten Unfällen auf den untersuchten Schutzstreifen sank der Anteil schwerer Unfälle entsprechend (siehe dazu auch Kapitel 4.2.3). Die Auswirkungen eines hohen Radverkehrsaufkommens werden in Kapitel 4.4.3 noch einmal aufgegriffen.

Die „Protected Bike Lanes“ der Untersuchung wiesen auch bei den Unfallraten auf den homogenen Streckenabschnitten einen höheren Wert auf, jedoch konnte selbige nur für ein Teilkollektiv von vier Strecken mit einer Gesamtlänge von 1,34 km ermittelt werden. Im Vergleich zu den untersuchten Führungsformen ermittelten [Richter et al. 2018] für Radwege im Seitenraum homogener Streckenabschnitte eine Unfallrate von 6,1 Radverkehrsunfällen pro 10^6 Radverkehrs-km. Radfahrstreifen und Radwege im Seitenraum liegen demnach auf einem ähnlichen Niveau.

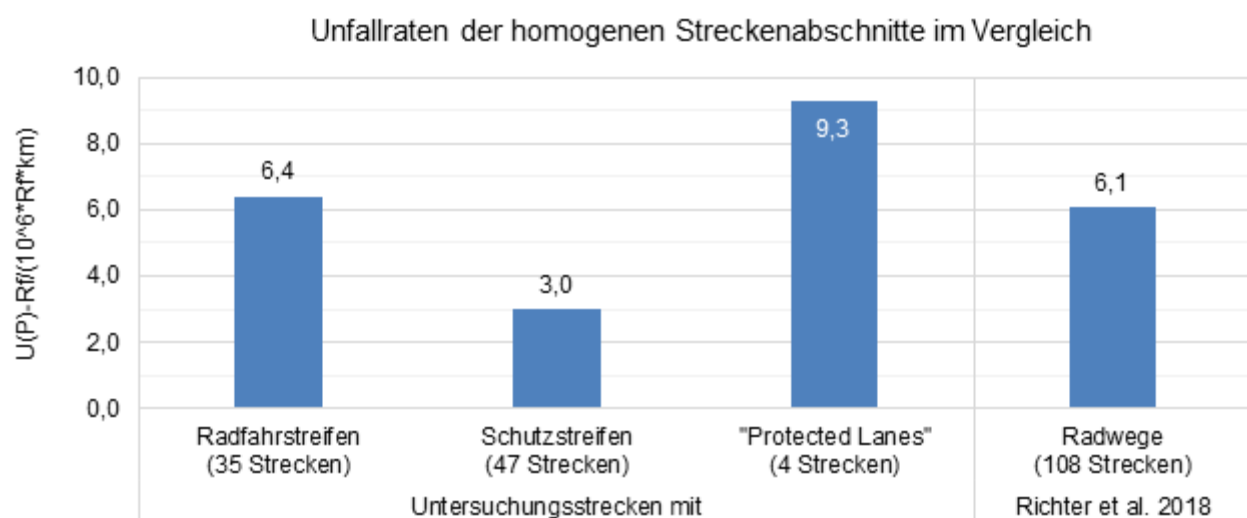


Abbildung 42: Unfallraten der homogenen Streckenabschnitte im Vergleich

Die Ermittlung der Unfallraten für die Teilkollektive bestätigte das durch angrenzende Parkstände entstehende Sicherheitsrisiko, wobei der Effekt bei Radfahrstreifen deutlicher zu beobachten war als auf Schutzstreifen (siehe Abbildung 43). So betrug die Unfallrate auf Radfahrstreifen mit angrenzenden Parkständen auf homogenen Streckenabschnitten 10,8 Radverkehrsunfälle mit Personenschaden pro 10^6 Radverkehrs-km, ohne angrenzende Parkstände lediglich 5,2. Auf Schutzstreifen betrug das Verhältnis 3,1 (angrenzende Parkstände) zu 2,1 (keine Parkstände). Das hohe Radverkehrsaufkommen im Teilkollektiv der Schutzstreifen mit angrenzenden Parkständen reduzierte den im Rahmen der Unfalldichtenermittlungen (siehe dazu Abbildung 40) aufgefallenen Unterschied deutlich.

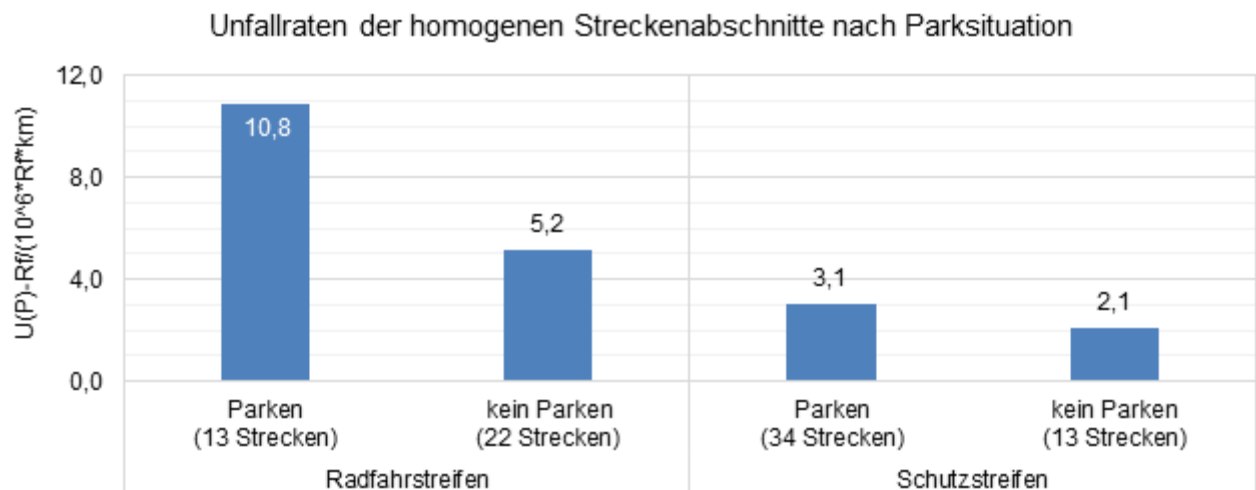


Abbildung 43: Unfallraten der homogenen Streckenabschnitte nach Parksituation

Höhere Unfallraten fielen ferner im Kontext schmaler Anlagenbreiten auf (siehe Abbildung 44) auf. Das durch die Unfallraten beschriebene individuelle Unfallrisiko war, unabhängig von der Art der Führungsform, auf schmalen Anlagen deutlich höher als auf breiten Anlagen. Das hohe Radverkehrsaufkommen auf den breiten Schutzstreifen relativiert die im Kontext der Unfalldichtenermittlung auffälligen Werte (siehe dazu Abbildung 41).

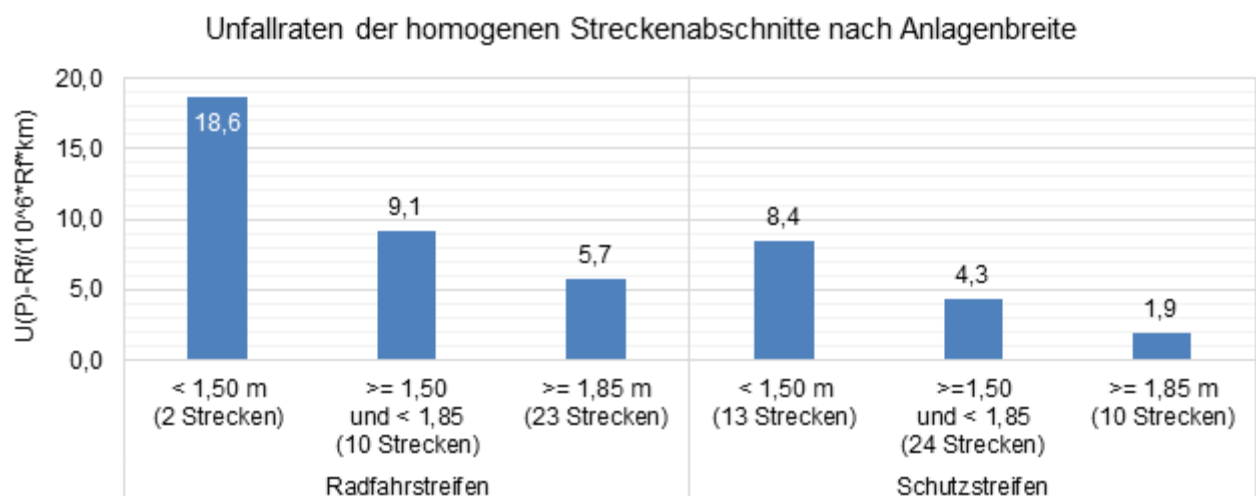


Abbildung 44: Unfallraten der Streckenabschnitte nach Parksituation und Anlagenbreite

Die Berechnung Unfallkostenraten basierte auf den gleichen Kostensätzen wie die Unfallkostendichten inkl. Anpassung der Kostensätze (siehe Anhang C) für Radverkehrsunfälle (siehe dazu auch Kapitel 4.4.1). Da die Unfallkostenraten die Relationen zwischen den Führungsformen und

Teilkollektiven ähnlich darstellen wie die Unfallraten, wird auf die Ausweisung und Diskussion einzelner Werte verzichtet. Unfallkostenraten können Anhang E entnommen werden.

Die Unfallkostenraten spiegeln auch den höheren Anteil schwerer Unfälle auf den homogenen Streckenabschnitten von Radfahrstreifen wieder (siehe Kapitel 4.2.3), so dass zwischen der Unfallkostenrate aller Radfahrstreifen und jener aller Schutzstreifen nunmehr der Faktor 3,0 lag statt des Faktors 2,1 bei den Unfallraten ohne Berücksichtigung der Unfallschwere.

Ähnliches gilt für die mit der Parksituation in Verbindung stehenden Teilkollektive. Während die Unfallrate hier bei angrenzenden Parkständen um den Faktor 2,1 (Radfahrstreifen) bzw. 1,5 (Schutzstreifen) höher lag, betrugen der Faktoren bei den Unfallkostenraten 3,3 (Radfahrstreifen) bzw. 2,9 (Schutzstreifen).

Bei den mit den Anlagenbreiten in Verbindung stehenden Teilkollektiven fielen lediglich bei Schutzstreifen markante Unterschiede auf. So war die Unfallrate auf schmalen Schutzstreifen (bis zu 1,50 m Breite) um den Faktor 4,4 höher als auf breiten Anlagen (Breite von 1,85 m und mehr), bei den Unfallkostenraten ergab sich der Faktor 1,75. Bei Radfahrstreifen war von den Werten zweiter besonders schmaler Streifen das Verhältnis zwischen den Führungsformen mit einer Breite von 1,50 m bis zu 1,85 m und denen mit einer Breite ab inkl. 1,85 m bezüglich der Unfallraten und Kostenraten nahezu gleich.

4.4.3 Auswirkungen eines hohen Radverkehrsaufkommens

Die Auswertungen der Unfallkenngrößen ließen einen klaren Zusammenhang zwischen dem Radverkehrsaufkommen und den Unfalldichten bzw. -raten erkennen. Abbildung 45 und Abbildung 46 zeigen die jeweiligen Punktwolken für die Strecken, für die das Radverkehrsaufkommen aus den durchgeführten Zählungen und DTV-Hochrechnungen bekannt war. Da das Unfallgeschehen in Knotenpunktbereichen maßgeblich von den Abbiegeverkehrsstärken im Kfz-Verkehr abhängt und über diese im Rahmen des Projektes keine Erkenntnisse gewonnen werden konnten, beschränkt sich die Auswertung auf das Unfallgeschehen der homogenen Streckenabschnitte. Von einzelnen Ausreißern ausgenommen war klar erkennbar, dass mit einem steigenden Radverkehrsaufkommen die Unfalldichte stieg, jedoch das durch die Unfallrate beschriebene individuelle Unfallrisiko für jeden einzelnen Radfahrer sank.

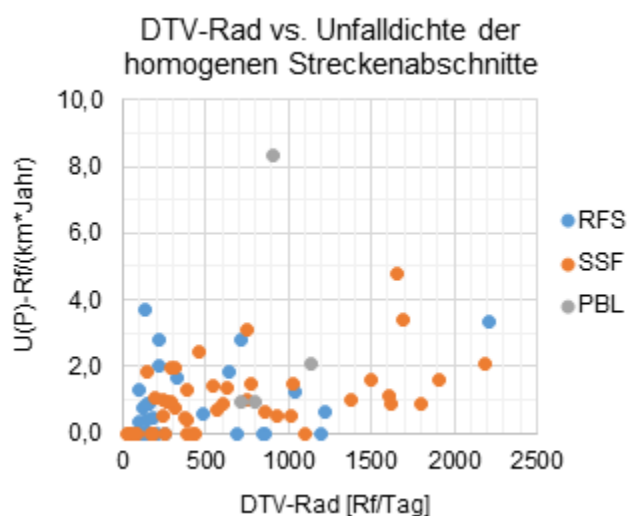


Abbildung 45: DTV-Rad vs. Unfalldichte der homogenen Streckenabschnitte

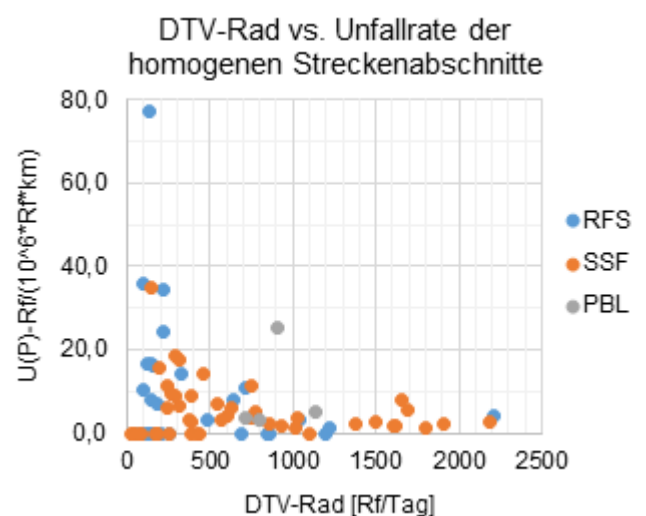


Abbildung 46: DTV-Rad vs. Unfallrate der homogenen Streckenabschnitte

Abbildung 45 und Abbildung 46 zeigen auch, dass die ermittelbaren Unfallkenngrößen für einzelne Untersuchungsstrecken stark streuen, da hier bereits geringe Unterschiede bei der Unfallzahl wegen mitunter kurzer Streckenlängen und sehr geringem Radverkehrsaufkommen große Auswirkungen haben können. Um die Auswirkungen eines hohen Radverkehrsaufkommens näher untersuchen zu können, wurden daher die Unfalldichten und -raten ergänzend für die Teilkollektive bis inkl. 1.000 Radfahrer pro Tag⁸ sowie darüber ermittelt und verglichen. Der mittlere DTV_{Rad} lag auf den hoch belasteten Radfahrstreifen mit 1.419 Radfahrern pro Tag 5,5 Mal so hoch wie auf den schwach befahrenen Strecken. Auf den stark befahrenen Schutzstreifen lag er mit 1.541 Radfahrern pro Tag 4,3 Mal so hoch wie auf den schwach befahrenen Strecken.

Es zeigte sich auch hier, dass ein hohes Radverkehrsaufkommen zwar das individuelle Unfallrisiko jedes einzelnen Radfahrers auf den Strecken senkte, jedoch in einer Verschlechterung der allgemeinen Sicherheitslage des Radverkehrs resultierte. So wiesen die Untersuchungsstrecken mit einem DTV_{Rad} über 1.000 Radfahrer pro Tag zwar eine um den Faktor 2,2 (Schutzstreifen) bzw. 2,9 (Radfahrstreifen) geringere Unfallrate auf als jene mit einem DTV_{Rad} bis inkl. 1.000 Radfahrer pro Tag, aber etwa doppelt so hohe Unfalldichten (siehe Abbildung 47). Ein höheres Radverkehrsaufkommen bedeutete auf den untersuchten Strecken somit auch mehr Radverkehrsunfälle.

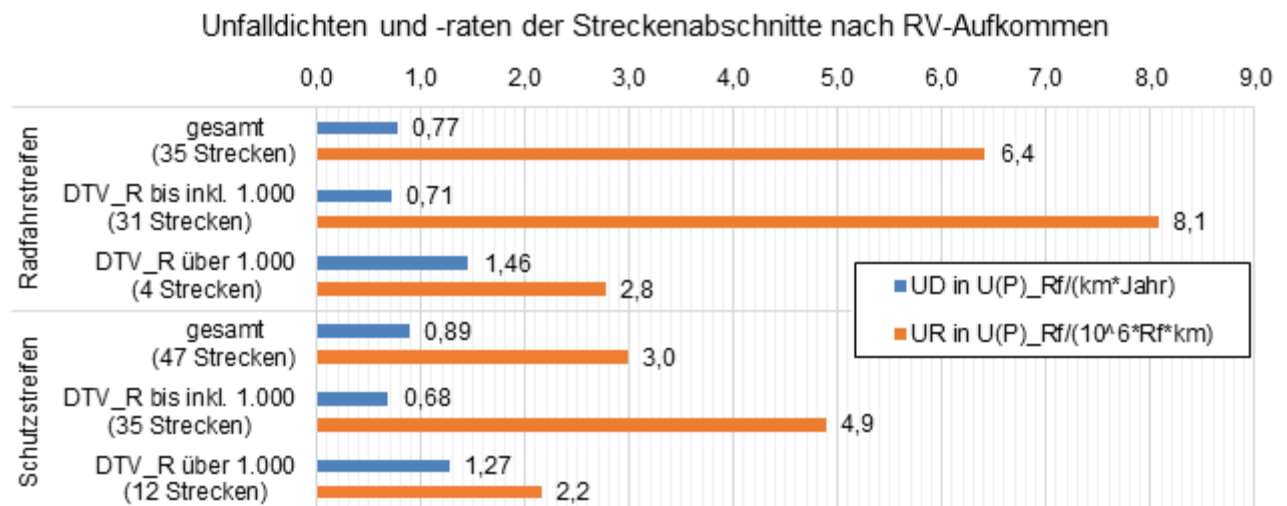


Abbildung 47: Unfalldichten und -raten der Streckenabschnitte nach Radverkehrsaufkommen

Für die „Protected Bike Lanes“ der Untersuchung war diese Untersuchung wegen der geringen Streckenzahl nicht möglich. So lagen nur von vier Untersuchungsstrecken mit „Protected Bike Lanes“ Erkenntnisse über das Radverkehrsaufkommen vor.

4.5 Zusammenfassung und Fazit der Unfallanalyse

Auf Basis der makroskopischen Analyse der Unfalldaten konnte gezeigt werden, dass alle Führungsformen ein charakteristisches Unfallbild aufweisen. Der Anteil schwerer Unfälle war so z.B. bei Knotenpunktbereichen mit Schutzstreifen höher (15,5 %) als mit Radfahrstreifen (10,5 %). Auf homogenen Streckenabschnitten hingegen war der Anteil bei Radfahrstreifen (21,1 %) deutlich höher als bei Schutzstreifen (10,9 %). Die schweren Unfälle auf homogenen Abschnitten mit Radfahrstreifen konnten in Zusammenhang mit Grundstücksein- und -ausfahrten gebracht werden.

⁸ 1.000 Radfahrer pro Tag entspricht der ungefähren Mitte des beobachteten Belastungsspektrums auf den Untersuchungsstrecken, welches von 21 Radfahrern pro Tag bis 2.212 Radfahrer pro Tag reichte.

Es konnte ferner gezeigt werden, dass bei den meisten Radverkehrsunfällen ein Pkw-Fahrer der Hauptverursacher war. Der Anteil lag je nach Art der Radverkehrsführung und Örtlichkeit bei 53 % (homogene Streckenabschnitte mit Radfahrstreifen) bis 70 % (Knotenpunktbereiche mit Radfahrstreifen). Eine Ausnahme stellten in diesem Zusammenhang lediglich die homogenen Streckenabschnitte der „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) dar, wo der Anteil bei 29 % lag. Radfahrer stellten die zweithäufigste Hauptverursachergruppe dar, die Anteile lagen zwischen 20 % (Knotenpunktbereiche von Radfahrstreifen) und 36 % (homogene Streckenabschnitte mit Radfahrstreifen). Radfahrer waren somit im letztgenannten Teilkollektiv Hauptverursacher von mehr als jedem dritten Unfall. Auch in dieser Hinsicht fielen homogene Streckenabschnitte von „Protected Bike Lanes“ mit einem Anteil von 43 % auf, allerdings kann dies wegen der kleinen Stichprobe nicht belastbar interpretiert werden.

Über die makroskopische Analyse konnten Gemeinsamkeiten und spezifischen Probleme der markierten Führungsformen festgestellt werden. In Knotenpunktbereichen dominierten unabhängig von der Führungsform Abbiegeunfälle, fast jeder zweite Unfall entfiel auf diesen Unfalltyp. Auch bei den Unfallursachen dominierten die zugehörigen Unfallursachen wie die Missachtung der Vorfahrt bzw. des Vorranges (Anteile von 34 % bis 40 % bei Hauptunfallverursachung durch andere Verkehrsteilnehmer sowie um 19 % bei Hauptunfallverursachung durch Radfahrer) oder Fehler beim Abbiegen (Anteile um 50 % bei Hauptverursachung durch andere Verkehrsteilnehmer sowie Anteile von 19 % bis 36 % bei Hauptunfallverursachung durch Radfahrer).

Markante Unterschiede zwischen beiden Führungsformen traten vor allem auf homogenen Streckenabschnitten auf. So war der Anteil der Unfälle durch ruhenden Verkehr auf Strecken mit Schutzstreifen mit 33 % besonders hoch gegenüber lediglich 11 % auf jenen mit Radfahrstreifen. Im Vergleichskollektiv der innerörtlichen Hauptunfallverursachung spielten dieser Unfalltyp mit einem Anteil von lediglich 6 % nur eine geringere Rolle. Im Teilkollektiv jener Unfälle auf Strecken mit Schutzstreifen, bei denen ein anderer Verkehrsteilnehmer (also kein Radfahrer) der Hauptverursacher war, ließen sich sogar 41 % aller Unfälle auf diesen Typ zurückführen. Bei den Unfallursachen waren infolge ebenso jene Ursachen besonders auffällig, die mit Fehlverhalten des ruhenden Verkehrs zusammenhingen. Längsverkehrsunfälle traten auf homogenen Streckenabschnitten von Radfahrstreifen seltener (10 % der Unfälle) und auf Schutzstreifen ähnlich oft (19 % der Unfälle) auf wie im Vergleichskollektiv der innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen (18 % der Unfälle). Im Hinblick auf Längsverkehrsunfälle fiel ferner auf, dass diese bei Hauptverursachung durch andere Verkehrsteilnehmer an schmalen Radverkehrsanlagen bzw. auf Strecken mit schmalen Kfz-Fahrstreifen neben den Radverkehrsanlagen häufiger auftraten als bei größeren Breiten.

Die betroffenen Radfahrer selbst verursachten zahlreiche Unfälle durch die verbotswidrige Benutzung nicht für den Radverkehr vorgesehener Straßenteile. Dies galt sowohl bei Radfahrern als Hauptverursacher als auch bei Radfahrern als zweitem Unfallbeteiligten, wenn sie durch eigenes Fehlverhalten zur Unfallentstehung beitrugen. Insgesamt - also unabhängig von der Hauptverursacherschaft und Zahl der Unfallbeteiligten - standen 67 der 644 untersuchten Radverkehrsunfälle in Verbindung mit diesem Fehlverhalten. 70 % dieser Unfälle ereigneten sich dabei auf Strecken mit einem Kfz-Aufkommen von mehr als 10.000 Fahrzeugen pro Tag im Querschnitt, Zusammenhänge mit gestalterischen Merkmalen waren nicht nachweisbar.

Die Untersuchung der „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe mit Altanlagen in Berlin) zeigte ein spezifisches Unfallbild, dass wegen der sehr kleinen Stichprobe (wenige Strecken, wenige Unfälle, nur eine Merkmalskombination) nicht weiter interpretiert werden konnte. Es ließen sich jedoch Tendenzen dahingehend erkennen, dass Interaktionen mit Fußgängern und anderen Radfahrern das Unfallgeschehen auf dieser Form der Radverkehrsführung maßgebend beeinflussen.

Über die Auswertung der Unfallhergangsbeschreibungen und Kollisionssymbole im Rahmen der mikroskopischen Analyse konnte vor allem die Problematik der Dooring-Unfälle (Unfälle mit geöffneten Fahrzeugaufbauten) nachgewiesen werden. Insgesamt wurden 41 derartige Unfälle identifiziert. Von den insgesamt 63 Unfällen des Unfalltyps 5 (Unfälle durch ruhenden Verkehr) im analysierten Unfalldatensatz waren folglich 65 % Dooring-Situationen.

Einen weiteren Aspekt des Unfallgeschehens kann die Fehlnutzung der markierten Führungen durch nicht unmittelbar am Unfall beteiligte Kfz am Vorfeld der Unfälle darstellen. Die konnte auf Basis der untersuchten Hergangsbeschreibungen jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Unfallkenngrößen zeigten über die Unfalldichten im Vergleich zu Radfahrstreifen ein auffälligeres Unfallgeschehen auf Schutzstreifen. Auf homogenen Streckenabschnitten mit Schutzstreifen betrug die Unfalldichte 0,81 Radverkehrsunfälle pro km und Jahr, auf Radfahrstreifen lediglich 0,65. Das deutlich höhere Radverkehrsaufkommen auf den untersuchten Schutzstreifen relativierte diese Werte jedoch, es ergaben sich Unfallraten von 3,0 Unfällen pro 10^6 Radverkehrskilometer auf Schutzstreifen und 6,4 auf Radfahrstreifen.

Als maßgebender Einflussfaktor auf das Unfallgeschehen und das individuelle Unfallrisiko konnten sowohl für Radfahrstreifen als auch für Schutzstreifen angrenzende Parkstände identifiziert werden. In den entsprechenden Teilkollektiven der homogenen Streckenabschnitte mit angrenzenden Parkständen traten deutlich höhere Unfalldichten (0,7 bzw. 1,1 Unfälle pro km und Jahr bei Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen) auf als in denen ohne Parkstände (0,6 bzw. 0,3 Unfälle pro km und Jahr bei Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen). Gleiches gilt für die Unfallraten, die im jeweiligen Teilkollektiv mit angrenzenden Parkständen bei 10,8 Unfällen pro 10^6 Radverkehrskilometer (Radfahrstreifen) bzw. 3,1 (Schutzstreifen) lagen. An Streckenabschnitten ohne Parkstände lagen die Raten lediglich bei 5,2 Unfällen pro 10^6 Radverkehrskilometer (Radfahrstreifen) bzw. 2,1 (Schutzstreifen). Über die Unfallkostendichten und -kostenraten konnte darüber hinaus der negative Effekt angrenzender Parkstände auf die Unfallschwere nachgewiesen werden.

Einen weiteren Einfluss auf das Unfallgeschehen und das individuelle Unfallrisiko hatte die Breite der markierten Radverkehrsführung. Dabei wurden die auffälligen Unfalldichten von bis zu 1,0 Radverkehrsunfällen pro km und Jahr auf breiten Schutzstreifen (1,85 m und mehr) von dem sehr hohen Radverkehrsaufkommen auf diesen Strecken relativiert. Die Unfallrate nahm unabhängig von der Führungsform mit der Anlagenbreite ab. Auf breiten Radfahrstreifen (1,85 m und mehr) lag sie bei 5,7 Unfällen pro 10^6 Radverkehrskilometer, bei Schutzstreifen gleicher Breite bei 1,9. Auf Anlagen im Breitenbereich von 1,50 bis zu 1,85 m war die Unfallrate bereits etwa doppelt so hoch. Auf Schutzstreifen mit Breiten unter 1,50 m war die Unfallrate mehr als vier Mal so hoch wie auf jenen, die über 1,85 m breit waren.

Eine allein auf das Kfz-Aufkommen zurückzuführende Entwicklung der Unfallkenngrößen - also eine positive Korrelation in dieser Hinsicht - war nicht nachweisbar. Im Zusammenhang mit dem Radverkehrsaufkommen konnte jedoch nachgewiesen werden, dass ein hohes Aufkommen zwar die Unfallraten und damit das individuelle Unfallrisiko des einzelnen Radfahrers senkte, sich aber nicht automatisch positiv auf die Sicherheitslage auswirkte. Die höheren Unfalldichten bei einem DTV_{Rad} von über 1.000 Radfahrern pro Tag zeigten deutlich, dass mehr Radverkehr auch mehr Unfälle bedeutete. So lagen die Werte auf Strecken mit einem hohen Radverkehrsaufkommen bei fast 1,5 Unfällen pro km und Jahr (homogene Abschnitten mit Radfahrstreifen) bzw. 1,3 (homogene Abschnitten mit Schutzstreifen) auf einem doppelt so hohen Niveau wie bei einem geringen Radverkehrsaufkommen. Ein so genannter „Safety-in-Numbers-Effekt“ konnte folglich nur bei iso-

lierter Betrachtung des Unfallrisikos des einzelnen Radfahrers (über die Unfallrate) beobachtet werden, für das Unfallgeschehen im allgemein (über die Unfalldichte) galt dies nicht.

Auf den homogenen Streckenabschnitten der wenigen untersuchten „Protected Bike Lanes“ lag sowohl die Unfalldichte mit einem Wert von 2,0 als auch die Unfallrate mit einem Wert von 9,3 deutlich über den Werten von Radfahrstreifen und Schutzstreifen. Es konnte jedoch nur ein kleines Kollektiv alter Anlagen mit parkenden Fahrzeugen als „Schutz“ gegenüber dem Kfz-Fließverkehr untersucht werden.

5 Verhaltens- und Konfliktanalyse

Auf einer Auswahl von 86 Untersuchungstrecken bzw. Straßenseiten - 35 Radfahrstreifen, 47 Schutzstreifen sowie vier „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) - wurden Vor-Ort-Erhebungen durchgeführt, um das Verhalten des Rad- und Kfz-Verkehrs sowie das Konfliktgeschehen untersuchen zu können. Die Strecken waren im Mittel 370 m lang und wurden je über einen Zeitraum von acht Stunden erhoben. Insgesamt konnten ca. 32 km Streckenlänge und fast 700 Stunden Videomaterial ausgewertet werden.

Das Radverkehrsverhalten wurde an einem repräsentativen Querschnitt erhoben. Dabei wurde neben dem geschätzten Alter, dem Geschlecht und der Helmnutzung vor allem die Flächennutzung erfasst. Wenn der Radfahrer auf dem markierten Streifen fuhr, wurde ferner der Abstand von der linken (Kfz-seitigen) Markierung festgehalten.

Die Nutzung der Radverkehrsanlagen durch den Kfz-Verkehr wurde auf den gesamten Längen der Untersuchungstrecken erhoben, wobei zwischen ruhender und fahrender Nutzung differenziert wurde. Bei ruhender Nutzung wurde neben dem Grund - falls dieser erkennbar war - primär die Dauer festgehalten, um zwischen Parken und Halten differenzieren zu können. Parken wurde dabei in Anlehnung an § 12 (2) der StVO definiert als Halten mit einer Dauer von mehr als drei Minuten bzw. das Entfernen vom Fahrzeug, selbst wenn die Standzeit an sich kürzer als drei Minuten war. Als Halten wurde eine entsprechend kurze Standzeit definiert, wobei sich der Fahrzeugführer allzeit am Fahrzeug aufhalten musste. Bei der Nutzung durch fahrende Kfz wurde zwischen Ein- und Ausparkvorgängen (legal neben den Streifen existierende Parkstände), kurzem Überfahren (jedoch ohne Abbiegevorgänge an Knotenpunkten) von weniger als zwei Sekunden Dauer und längerem Befahren der Radverkehrsanlage unterschieden.

Das Konfliktgeschehen mit Radverkehrsbeteiligung wurde ebenfalls auf den gesamten Längen der Untersuchungstrecken erhoben. Neben der Schwere des Konflikts wurde der Konfliktpartner, die Konfliktentstehung und die Konfliktauflösung festgehalten. Im Hinblick auf die Konfliktschwere wurde zwischen leichten Konflikten, schweren Konflikten und Unfällen unterschieden. Jeder Ausprägungsstufe eines Konfliktes gemein war jedoch eine mehr oder weniger kritische Situation, d.h. unkritische Ausweichmanöver von Radfahrern um ruhende Fahrzeuge wurden lediglich als Behinderung erfasst, um ein Verhältnis zwischen der Zahl an Behinderungen und der Zahl tatsächlich sicherheitsrelevanter Ereignisse herstellen zu können. Leichte Konflikte wurden als eine kontrollierte Verhaltensanpassung mindestens eines Beteiligten definiert, schwere Konflikte als ein abruptes Vermeidungsmanöver bzw. eine instinktive Notreaktion. Eine Berührung wurde als Unfall gewertet.

5.1 Verhalten des Radverkehrs

Im Verlauf der Vor-Ort-Erhebungen konnten 43.775 Radfahrer beobachtet und ihr Verhalten ausgewertet werden. Die Geschlechter- und Altersverteilung war auf den drei untersuchten Führungsformen ähnlich. 60 % der Radfahrer waren männlich, 40 % weiblich. Es wurden vor allem Radfahrer im geschätzten Alter von 18 bis 65 Jahren beobachtet, jüngere oder ältere Radfahrer waren mit einem gemeinsamen Anteil von 9 % seltener.

25 % bis 26 % aller beobachteten Radfahrer in Berlin trugen einen Helm. In den übrigen Kommunen lag der Anteil bei 22 %. Die Helmquote lag somit deutlich über den aktuellsten Beobachtungen der Bundesanstalt für Straßenwesen, die innerorts im Jahr 2017 über alle Altersgruppen hinweg eine Helmquote von 17 % ermittelte [Kathman / Jansen 2018, S. 3].

Auf den erhobenen Untersuchungstrecken nutzten die meisten Radfahrer (89 %) die für sie markierten Streifen regelkonform. Regelwidriges Verhalten auf den Untersuchungstrecken äußerte

sich stets in Fahren im Seitenraum, fahren auf den Streifen entgegengesetzt der vorgesehenen Richtung war nur in sehr wenigen Einzelfällen zu beobachten. Die Anteile der Fehlnutzung entsprechen dabei in etwa denen benutzungspflichtiger Radwege im Seitenraum, wo je nach Untersuchungsstrecke Quoten im Bereich von 8 % bis 19 % auftraten [Richter et al. 2018, S. 79 f].

Bei der Flächennutzung bestand ein klarer Zusammenhang zur Breite der Anlage. Je schmaler diese war, desto häufiger wurde im Seitenraum gefahren (siehe Abbildung 48). Besonders auffällig war dies bei schmalen Radfahrstreifen mit Breiten unter 1,85 m. Radfahrstreifen mit angrenzenden Parkständen wiesen ähnlich hohe Meidungsquoten von 19 % auf. Auf den „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) nutzten 88 % selbige regelkonform.

Bei der Spurwahl regelkonform auf den Streifen fahrender Radfahrer zeigte sich, dass die Streifen mittig befahren werden. Auffällige Ausweichreaktionen waren nur im Zusammenhang mit einem hohen Kfz-Aufkommen (DTV-Werte über 10.000 Kfz/24h) und geringen Anlagenbreiten unter dem jeweiligen Regelmaß zu beobachten (siehe Abbildung 49). Im ersten Fall fuhren die Radfahrer weiter rechts und damit bei angrenzenden Parkständen näher am ruhenden Verkehr, im zweiten Fall weiter links und damit näher am fließenden Kfz-Verkehr. Eine vergleichbar auffällige Reaktion auf angrenzende Parkstände - z.B. ein Ausweichen nach links - war hingegen nicht feststellbar.

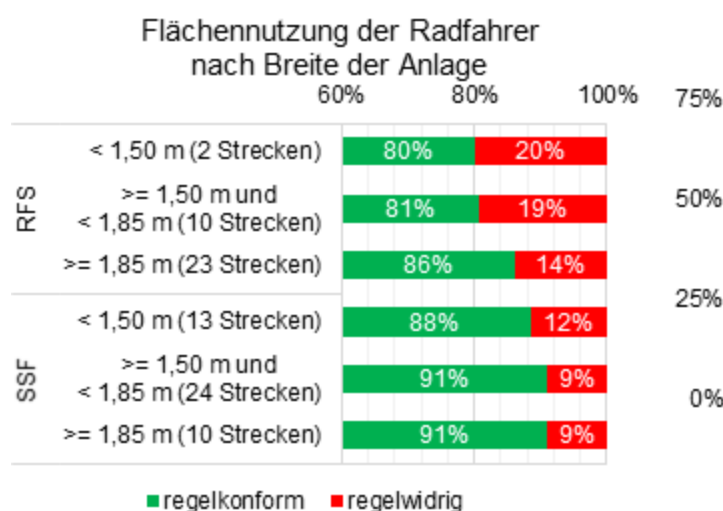


Abbildung 48: Flächennutzung der Radfahrer nach Breite der Anlage

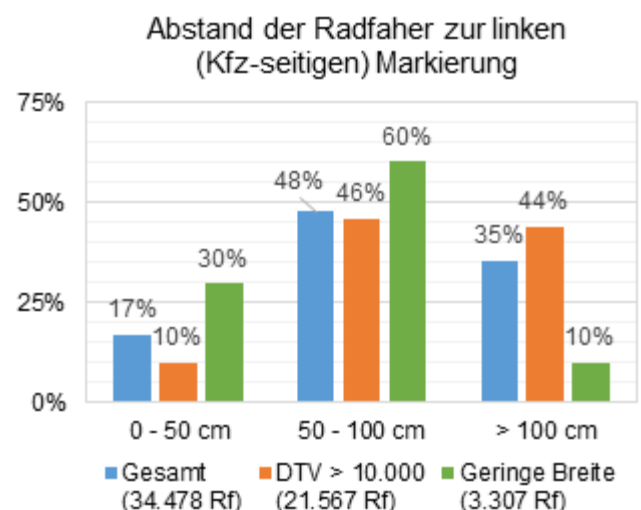


Abbildung 49: Abstand der Radfahrer zur linken (Kfz-seitigen) Markierung

5.2 Verhalten des Kfz-Verkehrs

Bei der Nutzung der Streifen durch ruhende Kfz zeigten sich besonders hohe Fallzahlen auf den untersuchten Schutzstreifen, jedoch waren auch Radfahrstreifen trotz StVO-Verbot von Halten und Parken auf dem markierten Streifen betroffen (siehe Tabelle 5). Aus Sicherheitsgründen ist vor allem das Parken als kritisch zu bewerten, da im Durchschnitt lange Standzeiten von über zehn Minuten auftraten und viele Radfahrer betroffen waren, die zum Ausweichen in den Fließverkehr gezwungen waren. Insgesamt wurde in 688 Erhebungsstunden eine kumulierte Parkdauer von 194 Stunden erfasst, davon gut 22 auf Radfahrstreifen, gut 170 auf Schutzstreifen und eine Stunde auf „Protected Lanes“ (kleine Stichprobe). 9.066 Radfahrer - also fast jeder vierte regelkonform auf den Streifen fahrende Radfahrer - wurden behindert. Halten auf den Streifen war wegen hoher Fallzahlen auffällig, beeinträchtigte den Radverkehr wegen der kurzen Standzeiten jedoch ungleich weniger. Hauptverursacher der resultierenden Behinderungen auf den markierten Radver-

kehrsanlagen waren fast immer (95 % aller Fälle) ein Pkw, deutlich seltener waren gewerbliche Be- und Entladevorgänge und Entsorgungsfahrzeuge zu beobachten.

Tabelle 5: Nutzung der Radverkehrsführung durch ruhende Kfz

		Fälle pro km und h	durchschnittl. Dauer in min	betroffene Radfahrer pro Fall	Störungsrate in Fälle / (1.000 * Rf * km)
Radfahrstreifen (n = 12.179 Rf)	Halten	4,5	0,9	0,7	2,4
	Parken	1,1	12,7	6,2	5,1
Schutzstreifen (n = 27.567 Rf)	Halten	10,1	1,0	0,9	2,9
	Parken	6,1	11,5	9,3	18,2
"Protected Lanes" (n = 4.009 Rf)	Halten	0,3	0,9	0,7	0,4
	Parken	0,6	9,9	16,2	20,5

Bei der Nutzung der markierten Radverkehrstreifen durch fahrende Kfz fielen zwar sehr hohe Fallzahlen auf, jedoch wurden nur vergleichsweise weniger Radfahrer beeinträchtigt (siehe Tabelle 6). Bei der Auswertung wurde zwischen Ein- und Ausparkvorgängen sowie dem kurzem Überfahren und dem längeren Befahren unterschieden. Dabei wurde ein wenige Sekunden andauernde fahrende Nutzung des markierten Streifens durch Kfz als kurzes Überfahren definiert, eine anhaltende fahrende Nutzung als längeres Befahren. Im Hinblick auf das Über- und Befahren von Radfahrstreifen ist zu beachten, dass Beides nach der StVO in der Regel unzulässig ist. Die ununterbrochene Linie (Zeichen 295) darf nur überfahren werden, wenn sich dahinter anders nicht erreichbare Parkstände befinden. Insofern stellen lediglich die zu beobachtenden Ein- und Ausparkvorgänge ein akzeptierbares Verhalten dar. Kurzes Überfahren fiel unabhängig von der Führungsform besonders im Zusammenhang mit Kurvenschneiden und Fahrstreifenreduktion auf. Darüber hinaus war kurzes Überfahren von Schutzstreifen auch ohne Begegnungsfälle bei schmalen Kernfahrbahnen zu beobachten, da die Kfz im normalen Fahrspiel (leichtes hin- und herpendeln von links nach rechts) immer wieder die den Schutzstreifen abgrenzende Leitlinie kurz überfahren. Eine weitere Auffälligkeit betraf zwei Mittelinseln, an denen kurzes Überfahren durch Kfz verstärkt zu beobachten war. Bei diesen Mittelinseln wurde der Radfahrstreifen allerdings zu spät ausgesetzt. Statt 20 bis 30 m vor der Engstelle [ERA 2010, S 28] endete der Radfahrstreifen erst 7 m vor der Mittelinsel. Längeres Befahren war auf den Untersuchungsstrecken vor allem im Zusammenhang mit Begegnungsfällen, Parksuchverkehr sowie späteren Abbiegevorgängen zu beobachten. Gerade bei Begegnungsfällen wichen die Kfz nicht erst, wie in den Regelwerken vorgesehen, im direkten Begegnungsfall kurz auf die markierten Streifen aus, sondern fuhren unnötig lang auf selbigen.

Die reduzierte Fallzahl von längerem Befahren von Radfahrstreifen gegenüber Schutzstreifen zeigt eine gewisse Wirksamkeit der ununterbrochenen Linie als Abgrenzung der Radverkehrsanlage.

Tabelle 6: Nutzung der Radverkehrsführung durch fahrende Kfz

		Fälle pro km und h	betroffene Radfahrer pro Fall	Störungsrate in Fälle / (1.000 * Rf * km)
Radfahrstreifen (n = 12.179 Rf)	Ein- und Ausparken	9,7	0,036	0,3
	kurzes Überfahren	111,8	0,004	0,4
	längeres Befahren	60,9	0,009	0,4
Schutzstreifen (n = 27.567 Rf)	Ein- und Ausparken	27,6	0,195	1,7
	kurzes Überfahren	72,5	0,013	0,3
	längeres Befahren	103,4	0,026	0,9
"Protected Lanes" (n = 4.009 Rf)	Ein- und Ausparken	6,2	0,561	7,8
	kurzes Überfahren	4,8	0,549	5,9
	längeres Befahren	0,3	1,333	0,8

5.3 Konfliktgeschehen

Durch Kfz beeinträchtigte Radfahrer wurden an den Untersuchungstrecken nur selten in Konflikte verwickelt. Insgesamt wurden 12.227 Fälle von sich regelkonform verhaltenden Radfahrern beobachtet, die auf homogenen Streckenabschnitten durch auf den Streifen ruhende oder fahrende Kfz sowie in Knotenpunktbereichen durch abbiegende Kfz beeinträchtigt wurden. In nur 1,05 % der Situationen (128 Fälle) kam es zu Konflikten. Inklusiv der Konflikte zwischen Radfahrern und Fußgängern sowie zwischen zwei Radfahrern konnten 162 Situationen analysiert werden.

Die Verteilung der Schwere war auf Radfahrstreifen und Schutzstreifen ähnlich. 92 % (Schutzstreifen) bzw. 93 % (Radfahrstreifen) der Konflikte waren leicht, 7 % schwer. Es wurde nur eine einzige Berührung - und damit formal ein Unfall - auf einem Schutzstreifen beobachtet. Dabei handelte es sich um einen Überschreiten-Unfall (Typ 4) zwischen einem Radfahrer und einem Fußgänger. Alle Konflikte auf „Protected Bike Lanes“ waren leicht, jedoch ist hier die geringe Strecken- und Fallzahl zu beachten.

Konfliktpartner waren vor allem Kfz (72 % Pkw, 7 % Lkw und Busse), Fußgänger und andere Radfahrer spielen mit 13 % bzw. 8 % nur eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 7 zeigt eine Übersicht der Konfliktursachen. 67 % der insgesamt 46 (Radfahrstreifen) sowie 71 % der insgesamt 108 (Schutzstreifen) beobachteten Konflikte gingen auf Kfz-Fehlverhalten zurück. Jeweils in Drittel der 46 bzw. 108 Konflikte auf Radfahr- bzw. Schutzstreifen ließ sich auf die ruhende oder fahrende Kfz-Nutzung der Streifen zurückführen. Es zeigte sich aber auch, dass etwa jede fünfte Gefahrensituation auf Fehlverhalten der Radfahrer zurückzuführen ist. Primär betrifft dies Aspekte, die unter unsicherer Fahrweise zusammengefasst wurden. Dazu zählen vor allem zu enges Überholen, abruptes Anhalten auf den Streifen sowie das Fahren von Schlingellinien bzw. entgegen der Fahrtrichtung.

Ferner fiel auf, dass Radfahrer häufiger falsch auf Fehlverhalten des Kfz-Verkehrs reagierten und so in 27 % aller Konfliktfälle als unmittelbarer Konfliktauslöser in Erscheinung traten. Als Beispiel sei das Parken eines Kfz auf der Radverkehrsführung genannt. Dies stellt die Konfliktursache bzw. Entstehungsgeschichte dar, wie sie in Tabelle 7 aufgeführt wird. Der auf den Kfz-Fahrstreifen ausweichende Radfahrer missachtete dabei jedoch mitunter den bevorrechtigten Kfz-Fließverkehr und wurde so zum unmittelbaren Auslöser des eigentlichen Konfliktes zwischen dem ausweichenden Radfahrer und dem fahrenden Kfz.

Tabelle 7: Ursache der aufgetretenen Konflikte (Konfliktentstehung)

		Anteile des Fehlverhaltens bei der Konfliktentstehung		
Fehlverhalten		Radfahrstreifen (n = 46 Konflikte)	Schutzstreifen (n = 108 Konflikte)	"Protected Lanes" (n = 8 Konflikte)
Kfz	<i>Abbiegefehler (Vorrang)</i>	24%	29%	38%
	befährt Streifen	22%	16%	0%
	ruht auf Streifen	11%	19%	0%
	Ein- und Ausparken	7%	4%	0%
	Doorng-Situationen	4%	4%	0%
Rf	unsichere Fahrweise	15%	11%	0%
	befährt Gehweg	4%	3%	13%
	Rotlichtverstoß	2%	3%	13%
Fg	missachtet Vorrang	4%	7%	38%
	Rotlichtverstoß	4%	0%	0%
Sonstige Ursachen		2%	5%	0%

74 % der Konflikte wurden durch Reaktion der Radfahrer (ausweichen und abbremsen, teils bis zum Stillstand) aufgelöst, nur 14 % durch Reaktion der Kfz (ausweichen und abbremsen, teils bis zum Stillstand) bzw. 2 % durch Reaktion der Fußgänger (ausweichen). Jeder zehnte Konflikt wurde durch die Verhaltensanpassung beider Beteiligten aufgelöst.

Die Konfliktraten zwischen den einzelnen Strecken streuten dabei stark. Bei Radfahrstreifen traten Werte bis zu 78 Konflikte je 1.000 Radverkehrskilometer auf, wobei es sich typischerweise (40 % der Fälle) um Konflikte mit ein- oder ausparkenden Kfz handelte. Andere Konstellationen auf den Strecken mit besonders hoher Konfliktrate stellten jeweils Einzelfälle dar. Auf Schutzstreifen traten Konfliktraten bis zu 60 Konflikte je 1.000 Radverkehrskilometer auf. Eine typische Konfliktkonstellation (43 % der Fälle) war dabei das Missachten des Vorranges von Radfahrern durch ab- oder einbiegende Kfz. 29 % der Konflikte auf den Schutzstreifen mit besonders hoher Konfliktrate ließen sich auf das Befahren des Schutzstreifens durch Kfz zurückführen. Zusammenhänge zu gestalterischen Aspekten waren nicht nachweisbar, hohe Konfliktraten fielen vor allem bei geringen Radverkehrsaufkommen bzw. hohem Kfz-Aufkommen oder intensiver Nutzung der Radverkehrsführung durch Kfz auf.

5.4 Zwischenfazit der Verhaltens- und Konfliktanalyse

Die Analyse zeigt, dass die Radfahrer meist auf den markierten Streifen fahren. Der Anteil der regelkonformen Flächennutzung betrug je nach Art der Radverkehrsführung und Breite zwischen 81 % und 91 %. Hohe Meidungsquoten von bis zu 19 % fielen bei schmalen Radfahrstreifen mit Breiten unter dem Regelmaß (1.677 beobachtete Radfahrer) sowie Radfahrstreifen entlang von Parkständen (1.950 beobachtete Radfahrer) auf. Meidungsquoten von deutlich über 10 % bei regelbreiter Markierung wie die beobachteten 14 % bei Radfahrstreifen mit einer Breite ab inkl. 1,85 m einschließlich Markierung sind im Umkehrschluss jedoch nicht als gering zu bewerten.

Hinsichtlich des Kfz-Verhaltens sind mehrere Verhaltensmuster als problematisch zu bezeichnen. Radfahrstreifen wurden regelwidrig fahrend (über 170 Fälle pro km und Stunde) und ruhend (1,1 Fälle von Parken sowie 4,5 Fälle von Halten pro km und Stunde) genutzt, obwohl dies nach der StVO unzulässig ist. Auf Schutzstreifen wurde noch häufiger geparkt (6,1 Fälle pro km und Stunde), obwohl lediglich das kurze Halten zulässig wäre. Durch die lange Dauer der Parkvorgänge (ca. 12 Minuten pro Fall) wurde eine hohe Zahl von Radfahrern (6 bis 9 pro Fall) zum Spurwechsel in den Kfz-Fließverkehr gezwungen. Ausweichende Radfahrer geriete dabei zwar vergleichsweise selten in Konflikte, dennoch wurden über die gesamte Erhebungsdauer zahlreiche Gefahrensituationen beobachtet, die aus der beschriebenen Kfz-Fehlnutzung der Streifen resultierten. Das Über- und Befahren der Streifen durch Kfz war trotz hoher Fallzahlen vergleichsweise unproblematisch, da nur weniger Radfahrer dadurch behindert wurden.

Die beobachteten Konflikte gingen zwar ursprünglich meist auf Kfz-Fehlverhalten zurück, jedoch reagierten Radfahrer mitunter (27 % aller Konfliktfälle) falsch auf das Kfz-Fehlverhalten und wurden so selbst zum Auslöser des unmittelbaren Konfliktes.

6 Seitenabstandsmessung

Für eine Auswahl von 20 Untersuchungsstrecken in Berlin wurden - messtechnisch unterstützt durch die Unfallanalyse Berlin GbR - ergänzende Messungen des Seitenabstandes überholender Kfz und Radfahrer durchgeführt. Neben der laserbasierten Abstandsmessung und der Art des überholenden Fahrzeuges wurde die verkehrliche Situation erfasst. Dabei wurde zwischen normalen Überholvorgängen und Sonderfällen wie dem gleichzeitigen Überholen zweier nebeneinander fahrender Fahrzeuge (mehrere Richtungsfahrbahnen) oder dem Überholen bei entgegenkommenden Fahrzeugen differenziert. Darüber hinaus wurde die Position des Messfahrrades auf dem jeweiligen Radfahr- bzw. Schutzstreifen aufgezeichnet. Dabei wurde zwischen der linken Hälfte (Kfz-Seite) der linienhaft markierten Radverkehrsführung und der rechten Hälfte (Bordseite) unterschieden. Dies ermöglichte Rückschlüsse darauf, ob und wie stark überholende Fahrzeuge auf die Position des Radfahrers reagieren und ob ein Zusammenhang zwischen dem Abstand beim Überholen und der Situation im Kfz-Verkehr besteht.

Insgesamt konnten 7.688 Seitenabstandsmessungen - 1.584 an vier Radfahrstreifen sowie 6.104 an 16 Schutzstreifen - ausgewertet werden. Die Breite des Messfahrrades sowie der Außenspiegel überholender Pkw wurden durch Korrekturfaktoren entsprechend berücksichtigt.

Die StVO definiert keinen explizit einzuhaltenden Seitenabstand für das Überholen von Radfahren, sondern fordert in §5 Abs. 4 Satz 2 lediglich, dass selbiger ausreichend sein muss. Das OLG Hamm forderte in einem Urteil als einzuhaltenden Seitenabstand für überholende Kfz von mindestens 1,50 m [OLG Hamm, Az. 9 U 66/92]. Für überholende Radfahrer existierten zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung keine äquivalenten Urteile, das OLG Karlsruhe stellte lediglich fest, dass ein Seitenabstand von 30 cm zwischen zwei Radfahrern beim gegenseitigen Überholen zu gering ist [OLG Karlsruhe, Az. 9 U 115/15]. Dabei ist zu beachten, dass dieses Urteil nicht automatisch besagt, dass Abstände über 30 cm als ausreichend anzusehen sind.

6.1 Abstände überholender Fahrzeuge

Bei den durchgeführten Messungen unterschritt fast jedes zweite Kfz einen Seitenabstand von 1,50 m. Überholende Radfahrer unterschritten einen Wert von 50 cm vergleichsweise selten (jeder 15. Radfahrer), mehr als zwei Drittel hielten einen Seitenabstand von 1,00 m oder mehr ein.

Bei der nach Art des überholenden Fahrzeug differenzierten Analyse (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9) fielen Pkw durch die hohe Anzahl enger Überholvorgänge auf. Eng überholende Schwerfahrzeuge waren zwar absolut gesehen seltener, da jedoch nur eine deutlich geringere Zahl überholender Schwerfahrzeuge erfasst wurde, lag der Anteil zu geringer Seitenabstände bei diesen deutlich höher als bei den erfassten Pkw. So unterschritten bei beiden Führungsformen über 20% aller der Schwerfahrzeuge einen Seitenabstand von 1,00 m.

Tabelle 8: Kennwerte der Seitenabstandsmessung auf Radfahrstreifen

	Radfahrstreifen (n = 1.584 Messungen)				
	Pkw* (n = 1.086)	Lkw (n = 42)	Bus (n = 14)	Krad (n = 47)	Fahrrad (n = 395)
Unter 150 cm [%]	50,9	69,0	42,9	14,9	93,4
Unter 100 cm [%]	19,2	23,8	21,4	6,4	67,8
Unter 50 cm [%]	0,4	0,0	0,0	0,0	6,6
Minimum [cm]	29,8	54,9	69,5	85,4	16,7

Im Hinblick auf das davon ausgehende Gefahrenpotential und die subjektive Wahrnehmung (siehe Kapitel 7.2) sind vor allem die Messungen überholender Schwerverfahrzeuge an Schutzstreifen als kritisch zu bewerten, da über 4 % der Lkw und über 7 % der Busse sogar einen Seitenabstand von 50 cm unterschritten.

Tabelle 9: Kennwerte der Seitenabstandsmessung auf Schutzstreifen

	Schutzstreifen (n = 6.104 Messungen)				
	Pkw* (n = 4.835)	Lkw (n = 95)	Bus (n = 27)	Krad (n = 194)	Fahrrad (n = 953)
Unter 150 cm [%]	47,9	69,5	88,9	30,4	93,2
Unter 100 cm [%]	14,0	20,0	44,4	6,7	71,1
Unter 50 cm [%]	0,8	4,2	7,4	0,5	12,7
Minimum [cm]	13,7	12,3	34,7	29,6	4,8

6.2 Verhalten überholender Kfz

Die Analyse in Anhängigkeit der verkehrlichen Situation (siehe Abbildung 50) zeigte, dass die Art der Führungsform keinen nennenswerten Effekt auf normale Überholvorgänge hat. Sowohl an Radfahrstreifen als auch an Schutzstreifen werden 1,50 m Seitenabstand ähnlich oft unterschritten. An Schutzstreifen zeigte sich ferner kein ausgeprägter Effekt entgegenkommender Fahrzeuge oder des gleichzeitigen Überholens zweier nebeneinander fahrender Kfz bei mehreren Richtungsfahrstreifen. An den untersuchten Strecken mit Radfahrstreifen fielen im Zusammenhang mit dem gleichzeitigen Überholen zweier nebeneinander fahrender Kfz bei mehreren Richtungsfahrstreifen Tendenzen zu geringeren Seitenabständen auf. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Messungen nur an vier Untersuchungsstrecken durchgeführt werden konnten und nur eine vergleichsweise geringe Zahl (358 Messungen) entsprechender Situationen auswertbar war.

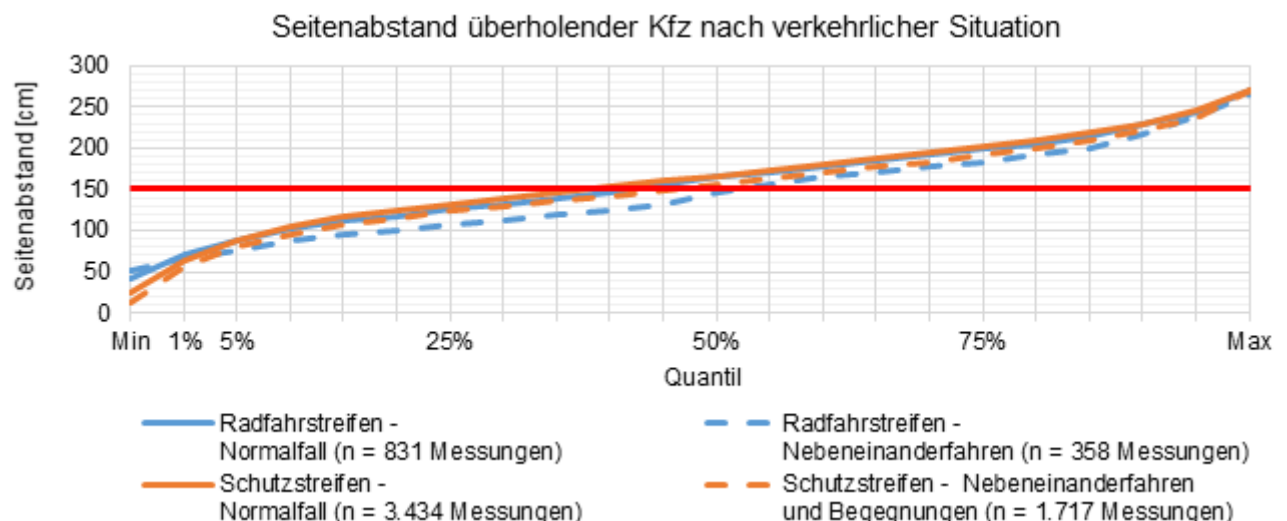


Abbildung 50: Seitenabstand überholender Kfz nach verkehrlicher Situation

Die Seitenabstandsmessungen zeigten ferner, dass überholende Kfz nur unzureichend auf die Position des Radfahrers reagieren und dabei keine wesentlichen Unterschiede zwischen Radfahrstreifen und Schutzstreifen festgestellt wurden (siehe Abbildung 51). Bewegte sich der Radfahrer in der linken Hälfte (Kfz-Seite) des markierten Streifens, waren im Mittel um 40 cm geringe Seitenabstände die Folge. Da die Differenz zwischen dem Fahren in der linken und rechten Hälfte der untersuchten Streifen ca. 60 bis 80 cm betrug, kann geschlussfolgert werden, dass überholende Kfz ihre Position lediglich im Rahmen des im befahrenen Kfz-Fahrstreifens zur Verfügung stehen-

den Platzes anpassten. Ein Spurwechsel des überholenden Kfz bei mehreren Richtungsfahrstreifen bzw. ein Überholen unter Ausnutzung des Kfz-Fahrstreifens des Gegenverkehrs - so dies die verkehrliche Situation zugelassen hätte - war kaum zu beobachten. Die Folge war eine sehr hohe Zahl an Unterschreitungen des mindestens notwendigen Seitenabstandes von 1,50 m, wenn der Radfahrer in der linken Hälfte des Radfahrstreifens bzw. Schutzstreifens fuhr.

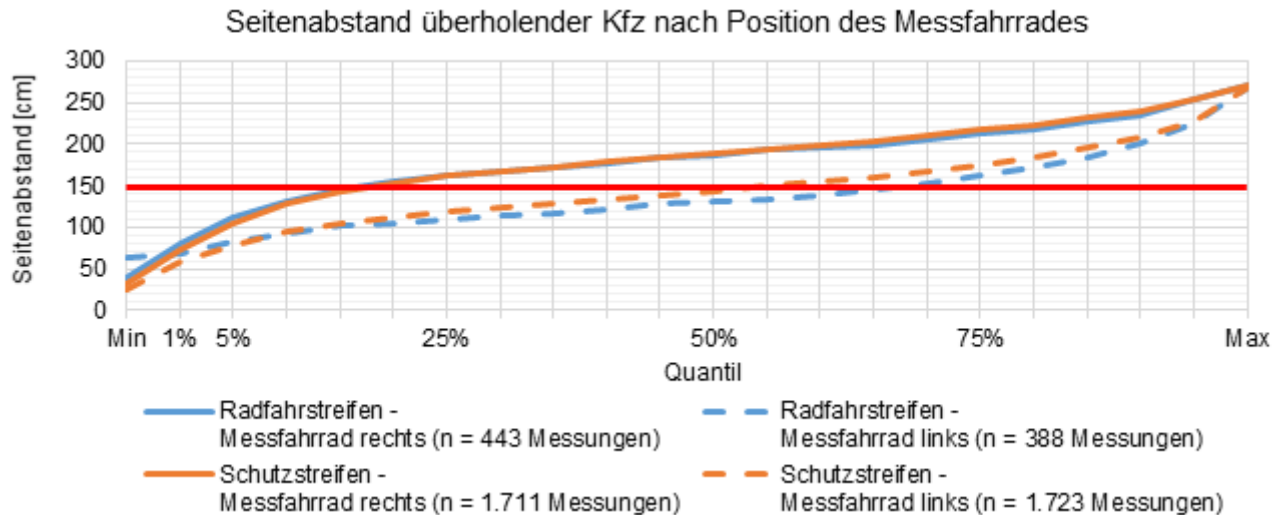


Abbildung 51: Seitenabstand überholender Kfz nach Position des Messfahrrades

Es wurde ebenfalls untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem eingehaltenen Seitenabstand beim Überholen und der Markierung der Leitlinie in Fahrbahnmitte (z.B. bei schmalen Kernfahrbahnen mit einer Breite von unter 5,50 m) besteht. Das Fehlen der Leitlinie in Fahrbahnmitte bewirkte zwar im Mittel keine nennenswerten Änderungen des Seitenabstandes, es fiel jedoch auf, dass geringe Abstände bei fehlender Leitlinie häufiger auftraten. So unterschritten bei den Untersuchungsstrecken ohne markierte Leitlinie in Fahrbahnmitte 5 % aller normal überholenden Kfz (222 Messungen) einen Abstand 80 cm. Im Vergleich dazu unterschritten bei den vergleichbaren Untersuchungsstrecken mit markierter Leitlinie in Fahrbahnmitte 5 % der normal überholenden Kfz (144 Messungen) einen Abstand von 110 cm. Größere Abstände von 2,00 m und mehr traten zwar bei fehlender Leitlinie ebenfalls häufiger auf, diese sind jedoch aus Sicherheitsgesichtspunkten nicht relevant und gleichen die höhere Zahl zu enger Abstände nicht aus.

6.3 Verhalten überholender Radfahrer

Beim Seitenabstandsverhalten überholender Radfahrer (siehe Abbildung 52) zeigten sich um ca. 10 cm geringere Abstände auf Schutzstreifen als auf Radfahrstreifen. Auswirkungen der Position des zu überholenden Radfahrers ließen sich lediglich auf Radfahrstreifen beobachten, wo links (Kfz-seitige Hälfte des Streifens) fahrende Radfahrer enger überholt werden als rechts (Bordseitigen Hälfte des Streifens) fahrende Radfahrer. Auch hier beträgt die Differenz ca. 10 cm. Auf Schutzstreifen war kein entsprechender Zusammenhang nachweisbar.

Besonders geringe Abstände traten vor allem beim Versuch auf, innerhalb des markierten Streifens zu überholen. Dies resultierte jedoch in Seitenabständen, die den vom OLG Karlsruhe kommunizierten Abstand von 30 cm unterschritten. Problematisch ist vor diesem Hintergrund auch das gleichzeitige Überholen eines Kfz zu bewerten, da der Abstand zwischen dem überholenden Kfz und dem überholenden Radfahrer sehr gering werden kann. Konkrete Messungen dieses Abstandes konnten nicht durchgeführt werden, da das Messfahrrad in dieser Konstellation das langsame und rechts fahrende Fahrrad darstellte und folglich nur der Abstand des überholenden Fahrrades gemessen werden konnte. Als Orientierung für die Größenordnung des resultierenden Seitenab-

standes zwischen überholendem Kfz und überholendem Radfahrer (in dieser Situation links fahrend) kann Abbildung 51 dienen.

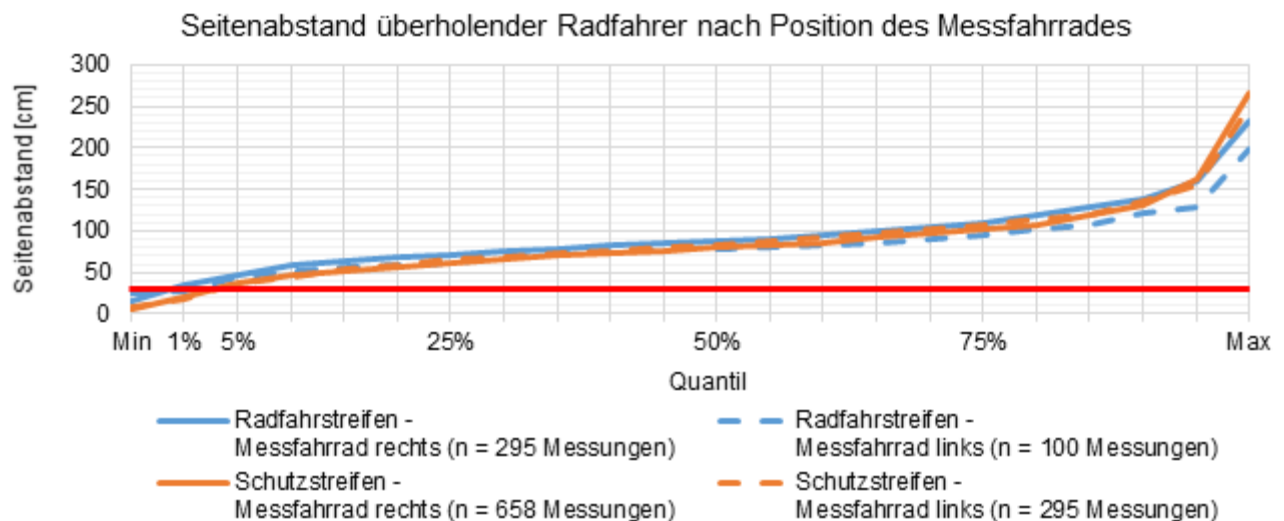


Abbildung 52: Seitenabstand überholender Radfahrer nach Position des Messfahrrades

6.4 Zwischenfazit der Seitenabstandsmessung

Die Untersuchung der eingehaltenen Seitenabstände zeigte, dass selbst die regelkonforme Dimensionierung von Radfahrstreifen, Schutzstreifen und angrenzenden Kfz-Fahrstreifen zu geringe Seitenabstände nicht ausschließen konnte. Etwa jedes zweite der 6.340 erfassten Kfz unterschritt den erforderlichen Wert von 1,50 m. Dabei bestand kein wesentlicher Unterschied zwischen Radfahrstreifen und Schutzstreifen. Ebenfalls auf beiden Führungsformen auffällig war der hohe Anteil geringer Abstände von Schwerfahrzeugen. Sieben von zehn Schwerfahrzeugen unterschritten einen Abstand von 1,50 m, fast jedes Vierte sogar einen Abstand von 1,00 m.

Die Hauptursache für die hohe Zahl geringer Seitenabstände lag in den Verhaltensmustern. So passten überholende Kfz ihre Position oft nur innerhalb des für sie markierten Streifens an und wechselten nicht den Fahrstreifen, selbst wenn die verkehrliche Situation dies erlaubt hätte. Hier liegt die Vermutung nahe, dass überholende Kfz den Abstand zum Radverkehr als ausreichend einschätzen, solange sie sich in „ihrem“ und der zu überholende Radfahrer in „seinem“ Fahrstreifen bewegen. Vor diesem Hintergrund begünstigten vor allem schmale Radverkehrsführung sowie schmale angrenzende Kfz-Fahrstreifen geringe Seitenabstände. Das nach OLG Hamm zu erreichende Maß von 1,50 m wird in diesen Fällen nicht gewährleistet. Die verkehrliche Situation, also Nebeneinanderfahren überholender Kfz bei mehreren Richtungsfahrstreifen oder Begegnungsfälle Kfz-Verkehr hatten nur geringe Auswirkungen auf den Seitenabstand der Kfz. Bei Fehlen der Leitlinie in Fahrbahnmitte konnten hingegen anteilig häufiger enge Überholvorgänge ermittelt werden.

Im Hinblick auf das Überholverhalten von Radfahrern untereinander resultierte vor allem der Versuch, innerhalb des Streifens zu überholen, in geringen Abständen. So unterschritt jeder neunte der 1.348 erfassten Radfahrern einen Abstand von 50 cm. Ausreichende und sichere Abstände waren nur möglich, wenn der überholende Radfahrer den angrenzenden Kfz-Fahrstreifen nutzte. Dieser Spurwechsel ist bei Radfahrstreifen nach der StVO jedoch unzulässig.

Besonders problematisch erscheinen gleichzeitige Überholvorgänge, d.h. ein Kfz überholte einen seinerseits überholenden Radfahrer. Hier waren besonders geringe Seitenabstände zu beobachten, die jedoch mit der eingesetzten Messtechnik nicht konkret gemessen werden konnten, da das überholende Fahrrad die Messung auf das gleichzeitig überholende Kfz verhinderte.

7 Befragung von Radfahrern

Neben der Verhaltens- und Konfliktanalyse an den 86 Untersuchungsstrecken wurden vor Ort auch Befragungen im Radverkehr durchgeführt. Es konnten insgesamt 1.370 Radfahrer befragt und Erkenntnisse zum Verkehrsverhalten und zur subjektiven Wahrnehmung gewonnen werden. Die Fragen (siehe Fragebogen in Anhang F) bezogen sich dabei vornehmlich auf den zurückgelegten Streckenabschnitt, um Bezüge zu gestalterischen Eigenschaften herstellen zu können.

7.1 Verkehrsverhalten

Von den befragten Radfahrern gab die Mehrheit - je nach Führungsform 70 bis 80 % - an, die jeweilige Strecke regelmäßig (mindestens mehrmals wöchentlich) zu befahren. Die meisten Radfahrer nutzen dabei nach eigenen Aussagen die markierten Streifen vor Ort, auffällig hohe Meidungsquoten zeigten sich unabhängig von der Führungsform jedoch bei schmalen Anlagen (siehe Abbildung 53). Ein Zusammenhang zwischen der Meidungsquote und vorhandenen Parkständen oder dem Kfz-Verkehrsaufkommen konnte nicht festgestellt werden. Die höchste Akzeptanz genossen zwar die untersuchten alten „Protected Bike Lanes“ in Berlin mit 93 %, jedoch ist dieses Ergebnis wegen der kleinen Stichprobe nicht repräsentativ.

Die die markierten Führungsformen meidenden Radfahrer, die einen Grund dafür angaben, nannten vor allem Sicherheitsbedenken (siehe Abbildung 54). Auf Schutzstreifen bewirkte darüber hinaus die Nutzung der Streifen durch den Kfz-Verkehr, dass Radfahrer selbige meiden.

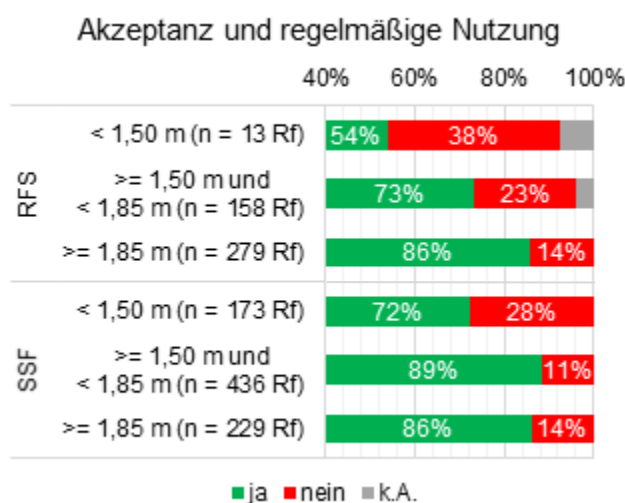


Abbildung 53: Akzeptanz und regelmäßige Nutzung der markierten Radverkehrsführungen

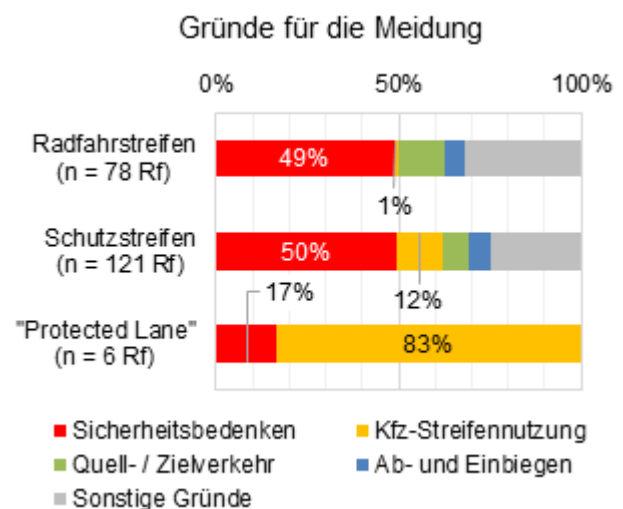


Abbildung 54: Gründe für die Meidung von markierten Führungsformen auf der Fahrbahn

Im Hinblick auf das Überholen untereinander wurden sowohl Radfahrstreifen als auch Schutzstreifen als zu eng empfunden. Die Möglichkeit eines problemlosen Überholens wurde auf Radfahrstreifen von nur 48 % und auf Schutzstreifen von nur 43 % angegeben. Dies hat zur Folge, dass die Mehrheit der Radfahrer (je nach Anlage und Breite 61 % bis 79 %) nach eigenen Angaben beim Überholen den markierten Streifen verlässt, was zumindest bei Radfahrstreifen nicht zulässig ist. Gut ein Fünftel der Radfahrer gab an, gar nicht zu überholen, sondern hinter langsameren Radfahrern her zu fahren. Das Überholen innerhalb der Streifen, wie bei Anlagen mit Breiten über dem jeweiligen Regellaß mitunter (23 % bei Radfahrstreifen sowie 18 % bei Schutzstreifen) angegeben, kann wiederum sehr geringe Seitenabstände zur Folge haben (siehe dazu auch Kapitel 6.3). Die untersuchten „Protected Bike Lanes“ (kleine Stichprobe) wurden wegen ihrer Breite von mindes-

tens 1,85 m zzgl. Sicherheitstrennstreifen (Gesamtbreite zwischen Bord und den parkenden Kfz mindestens 2,50 m) von 74 % als problemlos eingeschätzt.

7.2 Subjektive Wahrnehmung der Sicherheit

Die subjektive Wahrnehmung der Sicherheit und die Bewertung selbiger durch die Radfahrer auf einer Skala von - 2 (sehr unsicher) bis + 2 (sehr sicher) ergab eine mittlere Bewertung von + 0,33 über alle untersuchten Anlagen. Radfahrstreifen wurden allgemein von den befragten Radfahrern als sicherer (+ 0,45) bewertet als Schutzstreifen (+ 0,28). „Protected Bike Lanes“ wurden ähnlich bewertet (+ 0,27) wie Schutzstreifen, wobei wegen der kleinen Stichprobe keine weitere Differenzierung nach unterschiedlichen Merkmalen möglich war. Welche Merkmale die Wahrnehmung dieses Führungsform beeinflussen, konnte im Rahmen der Untersuchung daher nicht geklärt werden.

Die Wahrnehmung von Radfahrstreifen und Schutzstreifen wird vor allem von der Anlagenbreite beeinflusst (siehe Tabelle 10). Besonders schmale Schutzstreifen mit Breiten bis zu 1,50 m wurden verglichen mit größeren Breiten als unsicherer wahrgenommen.

Tabelle 10: Subjektive Sicherheitsbewertung der Fahrbahnführungen nach der Anlagenbreite
Skala von - 2 (sehr unsicher) bis + 2 (sehr sicher)

	mittlere Sicherheitswertung		mittlere Sicherheitswertung
alle markierten Führungen (n = 1.370 Rf)	+ 0,45		
Radfahrstreifen (n = 450 Rf)	+ 0,45	< 1,50 m (n = 13 Rf)	- 0,23
		>= 1,50 m und < 1,85 m (n = 158 Rf)	+ 0,49
		>= 1,85 m (n = 279 Rf)	+ 0,45
Schutzstreifen (n = 838 Rf)	+ 0,28	< 1,50 m (n = 173 Rf)	+ 0,09
		>= 1,50 m und < 1,85 m (n = 436 Rf)	+ 0,31
		>= 1,85 m (n = 229 Rf)	+ 0,36
"Protected Lanes" (n = 82 Rf)	+ 0,33		

Ein negativer Einfluss eines hohen Kfz-Aufkommens auf die subjektive Wahrnehmung konnte nicht isoliert werden. Gleiches gilt für einen negativen Einfluss angrenzender Parkstände auf das Sicherheitsgefühl der Radfahrer. Sowohl Radfahrstreifen als auch Schutzstreifen mit angrenzenden Parkständen wurden mit + 0,56 bzw. + 0,31 sicherer wahrgenommen als jene ohne Parkmöglichkeit (+ 0,34 bei Radfahrstreifen bzw. + 0,15 bei Schutzstreifen). Dies ist durch die Merkmalskombination der Anlagen und den Befragungsrücklauf erklärbar. So konnten an Radfahrstreifen und Schutzstreifen mit angrenzenden Parkständen drei Mal so viele Radfahrer befragt werden als an jenen ohne angrenzende Parkstände. Besonders an breiten Radverkehrsführungen mit angrenzenden Parkständen war der Befragungsrücklauf sehr hoch, so dass die sichere Wahrnehmung durch die Anlagenbreite den potentiell negativen Einfluss der Parkstände überlagert. Im Zusammenhang mit der Verhaltensanalyse des Radverkehrs (siehe Kapitel 5.1) zeigt sich, dass Radfahrer unbewusst auf die Verkehrsmenge reagieren und in Richtung parkender Fahrzeuge auswei-

chen, hingegen bewusst die Nähe des Kfz-Verkehrs auf schmalen Anlagen wahrnehmen und sich des vom ruhenden Verkehr ausgehenden Sicherheitsrisikos nicht vollumfänglich bewusst sind.

Dies wird ferner durch die angegebenen Gründe im Falle einer unsicheren Wahrnehmung bestätigt. 37 % der 145 befragten Radfahrer auf Radfahrstreifen, die eine unsichere Wahrnehmung äußerten, gaben den geringen Abstand überholender Kfz als Grund an. Auf Schutzstreifen nannten 42 % der 320 befragten Radfahrer, die eine unsichere Wahrnehmung äußerten, dies als Grund. Auf beiden Führungsformen war der geringe Abstand überholender Kfz mit Abstand der am häufigsten genannte Grund für eine unsichere Wahrnehmung. Die Nutzung der markierten Streifen durch Kfz war in 12 % bzw. 18 % Ursache einer unsicheren Einschätzung. Die Gefahr durch ruhenden Verkehr am Fahrbahnrand im Allgemeinen bzw. Dooring im Speziellen spielte in der Wahrnehmung der befragten Radfahrer ebenfalls nur eine untergeordnetere Rolle. Lediglich 16 % der 495 Radfahrer mit einer unsicheren Wahrnehmung gaben den am Fahrbahnrand ruhenden Verkehr und die damit verbundenen Ein- und Ausparkvorgänge an, lediglich 22 Radfahrer (4,4 %) konkret die Gefahr von Dooring. 10 % der Radfahrer mit einer unsicheren Wahrnehmung machten keine detaillierten Angaben zu den Gründen und 4 % nannten Aspekte, die keinen Bezug zur Gestaltung der Anlagen ermöglichten.

Konkret auf den Seitenabstand überholender Kfz angesprochen, gaben 35 % der 449 darauf antwortenden Radfahrer auf Radfahrstreifen an, den Abstand als gering zu empfinden. Auf Schutzstreifen empfanden 39 % der 831 auf diese Frage antwortenden Radfahrer den Abstand als gering. Dies gilt insbesondere für schmale Schutzstreifen mit Breiten von unter 1,50 m. Hier stufen 46 % von 173 auf diese Frage antwortenden Radfahrer den Abstand als gering ein.

7.3 Erlebte Gefahrensituationen und Behinderungen

Bezüglich erlebter Behinderungen und gefährlicher Situationen zeigte sich, dass diese vor allem aus Interaktionen mit dem Kfz-Verkehr hervorgehen. So gab fast ein Drittel der 1.370 Radfahrer an, auf linienhaft markierten Führungsformen schon einmal von legal neben den Streifen parkenden Kfz in eine gefährliche Situation verwickelt worden zu sein. In der Mehrzahl der Fälle wurden die Radfahrer dabei nach eigenen Angaben von ein- oder ausparkenden Kfz übersehen. Weitere 13 % nannten erlebte Behinderungen durch legal neben den Streifen parkende Kfz, beschrieben jedoch keine Gefahrensituationen. Durch die Kfz-Nutzung der Streifen wurden 43 % der Radfahrer schon in Konflikte verwickelt. Dabei wurden die Radfahrer entweder durch auf den Streifen ruhende Kfz zum Spurwechsel in den Kfz-Fließverkehr gezwungen, wo sich der eigentliche Konflikt ereignete, oder von auf den Streifen anhaltenden oder anfahrenden Kfz übersehen. Weitere 18 % gaben eine durch die Kfz-Nutzung der Streifen bedingte Behinderungen an, beschrieben jedoch keine Konflikte.

Von Behinderungen oder Konflikten mit anderen Radfahrern oder Fußgängern wurde deutlich seltener berichtet. So gaben nur 23 % der Radfahrer an, schon einmal durch einen anderen Radfahrer in eine gefährliche Situation gebracht worden zu sein. Es ist dabei allerdings zu beachten, dass fast alle beschrieben Konflikte Ausprägungen potentieller Längsverkehrsunfälle zweier Radfahrer beim gegenseitigen Überholen darstellen. In Bezug auf den Fußgängerverkehr gaben lediglich 13 % der Radfahrer an, schon einmal in eine Gefahrensituation verwickelt worden zu sein. Selbige wurden dabei durch querende Fußgänger hervorgerufen, die den nahenden Radfahrer übersahen bzw. dessen Vorrang missachteten. Behinderungen durch andere Radfahrer oder Fußgänger ohne Beschreibung von Gefahrensituationen wurden nur sehr selten genannt.

7.4 Zwischenfazit der Vor-Ort-Befragung

Die Vor-Ort-Befragung der Radfahrer zeigte erneut, dass die meisten Radfahrer die vorhandenen linienhaft markierten Führungsformen auch nutzen. Markante Meidungsquoten fielen vor allem im Zusammenhang mit Breiten unter dem jeweiligen Regelmaß nach den ERA 2010 auf. So gaben bei schmalen Schutzstreifen 28 % der Radfahrer an, diese nicht regelmäßig zu nutzen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus der Beobachtung des Radverkehrs (siehe Kapitel 5.1). Im Falle der Meidung stellten Sicherheitsbedenken den Hauptgrund (49 % bzw. 50 % aller Angaben) dar, auf Schutzstreifen ferner die Nutzung der Radverkehrsführung durch den Kfz-Verkehr (12 %).

Im Hinblick auf das gegenseitige Überholen beschrieben fast die Hälfte der Radfahrer die Dimensionierung der Anlagen als zu eng und überholen in Folge mehrheitlich (je nach Führungsform und Anlagenbreite zwischen 61 % und 79 %) mit Verlassen des Streifens. Bei Radfahrstreifen ist das damit verbundene Überfahren von Zeichen 295 ferner als Verstoß gegen die StVO zu bewerten. Das Überholen innerhalb der Streifen bei Anlagen mit mindestens Regelmaß, wie von 23 % bzw. 18 % der Nutzer auf entsprechenden Radfahr- bzw. Schutzstreifen angegeben, kann hingegen sehr geringe Seitenabstände zur Folge haben (siehe dazu auch Kapitel 6.3).

Die Einschätzung der subjektiven Sicherheit auf einer Skala von - 2 (sehr unsicher) bis + 2 (sehr sicher) resultierte in einer mittleren Bewertung aller untersuchten Führungen von + 0,33 Punkten. Radfahrstreifen wurden insgesamt mit einer Bewertung von + 0,45 etwas sicherer bewertet als Schutzstreifen (+ 0,28). Vor allem Schutzstreifen mit geringen Breiten von unter 1,50 m wurden mit einer mittleren Bewertung (173 befragte Radfahrern) von + 0,09 als unsicherer wahrgenommen. Ein negativer Einfluss angrenzender Parkstände konnte zwar nicht direkt über die Bewertung der subjektiven Sicherheit nachgewiesen werden, jedoch über die von Radfahrern angegebenen Gründe. So nannten 16 % der Radfahrer am Fahrbahnrand parkende Kfz und die damit verbundenen Ein- und Ausparkvorgänge als Grund für eine unsichere Wahrnehmung, 4 % konkret die Gefahr von Dooring.

Der Abstand vorbeifahrender Kfz wurde führungsformübergreifend von gut einem Drittel der Radfahrer als zu gering eingeschätzt und auch in dieser Hinsicht fielen schmale Schutzstreifen negativ auf. Hier empfanden 46 % der Radfahrer den Abstand überholender Kfz als zu eng.

Die von den Radfahrern erlebten Gefahrensituationen entsprachen jenen der Konfliktanalyse (siehe Kapitel 5.3) und ließen sich als Unfalltypen und -ursachen auch im Unfallgeschehen (siehe Kapitel 4.2) wiederfinden. Obwohl fast ein Drittel aller 1.370 befragten Radfahrer von Gefahrensituationen mit legal neben der markierten Streifen parkenden Kfz berichtete, zeigt die Verhaltensanalyse (siehe Kapitel 5.1), dass Radfahrer nicht bewusst versuchen, einen größeren Abstand zu parkenden Kfz einzuhalten, sondern unterbewusst vom fließenden Kfz-Verkehr weg und damit in Richtung parkender Fahrzeuge ausweichen. Durch die Kfz-Nutzung der Streifen wurden sogar 43 % der Radfahrer nach eigenen Angaben schon in Konflikte verwickelt.

8 Zusammenfassung der Befunde

8.1 Literaturanalyse

Der Einsatz von linienhaft markierten Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn ist den deutschen Richtlinien und Regelwerken ausführlich beschrieben. In der VwV-StVO finden sich zwar vergleichsweise wenige konkrete Aussagen zu Einsatzgrenzen, Dimensionierung und Markierung. Die FGSV-Werke - allen voran die ERA 2010 - zeigen sich dafür umso ergiebiger. Aber auch zwischen den FGSV-Werken gibt es, bedingt durch das unterschiedliche Alter einzelner Werke, mitunter kleinere Diskrepanzen. So ist eine Radfahrerfurt für Radfahrstreifen nach der RMS Teil 1 mit einem Breitstrich mit 0,50 m Strich- und 0,20 m Lückenlänge zu markieren [RMS-1 1993, Ziffer 4.8.2], nach den RASSt 06 mit 0,50 m Strich- und 0,25 m Lückenlänge [RASSt 06, S. 84 und 112].

Auch international werden markierte Radverkehrsführungen eingesetzt, aber auf Basis der ausgewerteten Quellen nicht in selbigem Maße wie in Deutschland. Während Radfahrstreifen auch im Ausland eine gebräuchliche Führungsform darstellen, werden Schutzstreifen vor allem im europäischen Ausland eingesetzt. Außerhalb Europas sind sie nicht üblich. Die mit dem Kfz-Aufkommen verbundene Einsatzgrenze der Fahrbahnführung ist international meist strenger als in Deutschland. Dimensionierung (1,85 m für Radfahrstreifen und 1,50 m für Schutzstreifen) und Markierung ähneln sich hingegen.

Nach bereits abgeschlossenen Forschungsprojekten weisen verglichen mit Radfahrstreifen und Radwegen insbesondere Schutzstreifen günstigere Unfallkennwerte auf. Für Schutzstreifen wurden allerdings überproportional viele Unfälle mit ruhendem Verkehr erkannt. Außerdem zeigten andere Forschungsprojekte bereits Tendenzen zu geringeren Seitenabständen bei markierten Führungen im Vergleich zum Mischverkehr auf. Alternative Ansätze der Fahrbahnführung, z.B. Protected Bike Lanes, wurden bisher nicht gezielt untersucht.

8.2 Kommunale Befragung

Nach der kommunalen Befragung sind Schutzstreifen in Deutschland weiter verbreitet als Radfahrstreifen. So werden Schutzstreifen in 80 % der 141 befragten Kommunen über 20.000 Einwohner eingesetzt, Radfahrstreifen hingegen nur in 57 %. Die weiteren Angaben zeichneten im Hinblick auf Breiten und Markierungen ein gemischtes Bild und ergaben mitunter Abweichungen von den Vorgaben, die sich vermutlich auf Vorgaben in älteren Richtlinien, wie den ERA 95, zurückführen lassen. Die Einschätzung der markierten Führungsformen durch die Kommunen ist überwiegend positiv, auch wenn einzelne Aspekte wie die Akzeptanz von Schutzstreifen durch den Radverkehr teils kritisch gesehen wurden. Beschwerden oder Anmerkungen von Nutzerseite betrafen vor allem Sicherheitsbedenken bzw. Behinderungen (z.B. durch ruhende Kfz) auf den markierten Streifen. So gaben 48 % bzw. 46 % der Kommunen an, dass ihnen entsprechende Anmerkungen von Nutzerseite vorliegen.

8.3 Unfallanalyse

Über die Unfallanalyse konnten Gemeinsamkeiten und spezifischen Probleme der markierten Führungsformen festgestellt werden. In Knotenpunktbereichen dominierten unabhängig von der Art der untersuchten Radverkehrsführung die Unfalltypen 2 (Abbiegeunfälle) und 3 (Einbiegen und Kreuzen) sowie zugehörige Unfallursachen. So war sowohl auf Radfahrstreifen als auch auf Schutzstreifen fast jeder Zweite Unfall in Knotenpunktbereichen ein Abbiegeunfall, der kombinierte Anteil der Unfalltypen 2 und 3 war auf beiden Führungsformen etwa 90 %. In dieser Hinsicht konnte kein nennenswerter Unterschied zwischen den Radverkehrsführungen nachgewiesen werden.

Markante Unterschiede traten vor allem auf homogenen Streckenabschnitten auf. Dabei konnte vor allem der ruhende Verkehr neben den markierten Streifen als Sicherheitsrisiko identifiziert werden. Wo Parkstände neben den markierten Streifen existierten, konnten hohe Anteile der entsprechenden Unfalltypen und Unfallursachen sowie mitunter höhere Unfalldichten und Unfallraten nachgewiesen werden. Auf homogenen Streckenabschnitten mit Schutzstreifen waren 41 % aller Unfälle, bei denen der Hauptverursacher kein Radfahrer war, Unfälle durch ruhenden Verkehr (Unfalltyp 5 bzw. RV). Selbst auf Radfahrstreifen mit angrenzenden Parkständen war der Anteil mit 14 % doppelt so hoch wie im Vergleichskollektiv aller Hauptverkehrsstraßen innerorts (7 %). Die Unfalldichte auf Schutzstreifen mit angrenzenden Parkständen war 3,5 Mal so hoch wie auf jenen ohne angrenzende Parkstände, die Unfallrate 50 % höher als an Strecken ohne angrenzende Parkmöglichkeit. Auf Radfahrstreifen neben Parkständen war zwar die Unfalldichte nicht erhöht, jedoch die Unfallrate und damit das individuelle Unfallrisiko doppelt so hoch wie auf den Untersuchungsstrecken ohne angrenzende Parkmöglichkeit. Die mikroskopische Auswertung der Unfalldaten verdeutlichte ferner die Bedeutung von Dooring-Unfällen. Insgesamt konnten 41 derartige Unfälle identifiziert werden, was einem Anteil von 65 % der Unfälle durch ruhenden Verkehr entsprach.

Auf homogenen Streckenabschnitten mit Schutzstreifen traten darüber hinaus relevante Anteile (19 % aller Unfälle) von Längsverkehrsunfällen auf. Radfahrstreifen waren diesbezüglich mit einem Anteil von 10 % deutlich weniger auffällig.

Ein hohes Radverkehrsaufkommen wirkte sich insgesamt betrachtet nicht positiv auf das Unfallgeschehen aus. So bewirkte es zwar ein reduziertes Risiko für den einzelnen Radfahrer, die Unfallzahlen (und damit die Unfalldichten) selbst stiegen aber mitunter deutlich an.

8.4 Verhaltens- und Konfliktanalyse

Die Verhaltens- und Konfliktanalyse zeigte, dass die Radfahrer die markierten Streifen größtenteils nutzen. Der Anteil der regelkonformen Flächennutzung betrug je nach Art der Radverkehrsführung und Breite zwischen 81 % und 91 %. Höhere Meidungsquoten von bis zu 19 % waren bei Anlagen mit Breiten unter dem Regelmaß zu beobachten. Die Radfahrer fuhren auf den markierten Streifen normalerweise mittig, bei einem hohen Kfz-Aufkommen waren jedoch Ausweichreaktionen nach rechts (in Richtung Parkstände) zu beobachten. Bei schmalen Streifen hingegen wurde hingegen vermehrt links und damit näher am fließenden Kfz-Verkehr gefahren. Radfahrer achteten darüber hinaus beim gegenseitigen Überholen nicht immer ausreichend auf den rückwärtigen Verkehr und überholten mit Verlassen des Streifens. Auf Radfahrstreifen ist dies nach der StVO nicht zulässig, da dabei das Zeichen 295 überfahren werden muss. Unabhängig davon ließ sich vom Spurwechsel in den Kfz-Fließverkehr ein erhöhtes Sicherheitsrisiko ableiten.

Im Hinblick auf die Streifennutzung durch Kfz konnte das Parken auf den Streifen als Hauptproblem identifiziert werden, da lange Standzeiten viele Radfahrer behinderten und zum Spurwechsel in den Fließverkehr zwangen. Dieses Problem bestand zwar vermehrt auf Schutzstreifen (6,1 Fälle pro km und Stunde), aber auch auf Radfahrstreifen (1,1 Fälle pro km und Stunde). Das längere Befahren oder das kurze Überfahren der markierten Streifen trat zwar oft auf - mitunter wurden mehr als 100 Fälle pro km und Stunde beobachtet -, behinderte aber nur vergleichsweise wenige Radfahrer. Es ergaben sich Störungsraten von 0,3 bis 0,9 beeinflussten Radfahrern pro 1.000 zurückgelegten Radverkehrs-km. Die Konfliktanalyse zeigte zwar, dass nur etwa ein Prozent aller Fälle der durch Kfz behinderten Radfahrer eine gefährliche Situation zur Folge hatte, dies bedeutet für den Radverkehr allgemein aber dennoch eine sehr hohe Fallzahl. Etwa 70 % der Konflikte ließen sich auf ursprüngliches Kfz-Fehlverhalten zurückführen, darunter vor allem Verhaltensmuster,

die auch im Unfallgeschehen als Unfalltypen und -ursachen auffielen. Dazu gehört die Missachtung des bevorrechtigten Radfahrers beim Abbiegen sowie Fehler beim Ein- und Ausparken und Dooring-Situationen (Konflikte mit geöffneten Fahrzeugtüren).

Problematisch war auch, dass Radfahrer häufig falsch auf Kfz-Fehlverhalten reagierten und so zum unmittelbaren Konfliktauslöser wurden. Als auffälligstes Beispiel der Verhaltensanalyse sei dafür das Ausweichen von Radfahrern auf den Kfz-Fahrstreifen bei ruhenden Fahrzeugen auf den markierten Streifen angeführt. Radfahrer berücksichtigen dabei mitunter den rückwärtigen und in dieser Situation bevorrechtigten Kfz-Verkehr nicht.

8.5 Seitenabstandsmessung

Mit der laserbasierten Messung der Seitenabstände überholender Kfz konnte gezeigt werden, dass der Fahrzeugverkehr sich vor allem an den markierten Leitlinien der Kfz-Streifen orientiert. 48,3 % aller 6.340 bei Überholvorgängen gemessenen Kfz unterschritten einen Seitenabstand von 1,50 m, der von der Rechtsprechung (OLG Hamm) gefordert wird und nach dem Rechtsgutachten von [Müller 2018] unabhängig von der Führungsform und verkehrlichen Situation allzeit einzuhalten ist. 49 der überholenden Kraftfahrzeuge, und damit fast jedes Hundertste, unterschritten sogar einen Seitenabstand von 50 cm. Besonders problematisch waren Schwerverkehrsfahrzeuge, von denen fast jedes Vierte einen Abstand von 1,00 m unterschritt. Es war zu beobachten, dass überholende Kfz ihre Position beim Überholen nur innerhalb des Kfz-Fahrstreifens anpassten jedoch keinen Fahrstreifenwechsel vollzogen. Auf die Position des zu überholenden Radfahrers wurde somit zu wenig reagiert. Die geringen Seitenabstände überholender Schwerverfahrzeuge werden zum Teil auch durch die Breiten der angrenzenden Kfz-Fahrstreifen begünstigt. Selbst bei Fahrstreifenbreiten von 3,25 m ist es einem Schwerverfahrzeug mit einer Breite von 2,55 m [RASt 06, S. 27] ohne Spurwechsel nur möglich, einen Abstand von 0,70 m zur Längsmarkierung zwischen Kfz-Fahrstreifen und Radverkehrsführung zu erreichen. Je nach Position des Radfahrers sind Abstände über 1,50 m kaum noch erreichbar. Beträgt die Breite des Kfz-Fahrstreifens wie auf einigen untersuchten Strecken nur 2,75 m, sind in der beschriebenen Konstellation je nach Position des Radfahrers selbst bei regelbreiten Radverkehrsanlagen Seitenabstände von weniger als 1,00 m fast unvermeidbar.

Die von [Kaulen et al. 2013] gemachten Beobachtungen, wonach die seitlichen Überholabstände bei schmalen Kernfahrbahnen ohne Leitlinie in Fahrbahnmitte geringfügig größer ausfallen als bei markierter Leitlinie, da sich überholende Kfz nicht mehr an selbiger orientieren können, konnten nicht bestätigt werden. Im Mittel ergaben sich keine nennenswerten Änderungen des Seitenabstandes, jedoch waren die Extreme bei fehlender Leitlinie stärker ausgeprägt. Auf Strecken ohne Leitlinie in Fahrbahnmitte wurde häufiger eng überholt, so unterschritten 5 % aller normal überholenden Kfz einen Abstand von 80 cm. Auf Strecken mit markierter Leitlinie unterschritten 5 % aller normal überholenden Kfz hingegen „nur“ einen Abstand von 110 cm. Größere Abstände (2,00 m und mehr) waren bei fehlender Leitlinie ebenfalls häufiger, diese sind jedoch aus Sicherheitsgesichtspunkten nicht relevant und gleichen die höhere Zahl zu enger Abstände nicht aus.

Überholenden Radfahrern versuchten mitunter, innerhalb des markierten Streifens zu überholen, was sehr geringe Seitenabstände zur Folge hatte. Insgesamt unterschritt jeder neunte der 1.348 gemessenen Radfahrer einen Seitenabstand von 50 cm. Vor diesem Hintergrund muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass Radfahrer auf Radfahrstreifen ihrerseits die ununterbrochene Markierung (Zeichen 295) ebenso wenig überfahren dürfen wie Kfz. Insofern müssen sie, um sich diesbezüglich StVO-konform zu verhalten, innerhalb des Streifens überholen, was jedoch Seitenabstände zur Folge hat, die im Sinne der StVO nicht als ausreichend gelten können. Selbst re-

gelkonform dimensionierte Radfahrstreifen mit einer Breite von 1,85 m inkl. Breitstrich konnten somit bei StVO-konformen Verhalten überholender Radfahrer keine ausreichenden Seitenabstände innerhalb des Streifens gewährleisten. Nach den RAST 06 wird für einen Radfahrer selbst bei beengten Verhältnissen ein Verkehrsraum von 0,80 m (Grundbreite eines Radfahrers von 0,60 m zzgl. beidseitigem Bewegungsspielraum von 0,10 m) angesetzt [RASt 06, S. 28]. Bei einer Regelbreite von 1,85 m inkl. Markierung können sich zwar zwei Radfahrer überholen, jedoch hat dies zur Folge, dass keinerlei Abstand zwischen beiden Verkehrsräumen besteht, wenn sich der Verkehrsraum des überholenden Radfahrers nicht mit dem markierten Breitstrich überlappen soll. Ferner muss der zu überholende Radfahrer möglichst weit rechts auf dem markierten Radfahrstreifen fahren. Bei mittlerer Fahrweise des zu überholenden Radfahrers ist ein Überholen innerhalb des Streifens nicht mehr möglich. Wird der normale Verkehrsraum eines Radfahrers von 1,00 m (Grundbreite von 0,60 m zzgl. des Bewegungsspielraums von 0,20 m auf beiden Seiten) angesetzt, ist ein Überholen innerhalb des Streifens bei Regelbreite unabhängig von der Position des zu überholenden Radfahrers nicht möglich. Werden überlappende Bewegungsspielräume zwischen den Radfahrern akzeptiert, beträgt der maximal mögliche Abstand zwischen zwei Radfahrern auf einem regelbreiten Radfahrstreifen 40 cm, wenn der zu überholende Radfahrer möglichst weit rechts und der überholende möglichst weit links auf dem markierten Streifen fährt und die Grundbreite des überholenden Radfahrers den markierten Breitstrich nicht überlagern soll. Dabei ist zu beachten, dass in dieser Konstellation keine Sicherheitsabstände zu am Fahrbahnrand parkenden Fahrzeugen sowie zum Kfz-Fahrstreifen des Fließverkehrs mehr gegeben sind.

Auf Schutzstreifen, deren Regelmaß mit 1,50 m noch schmaler ausfällt, muss der überholende Radfahrer zwangsläufig den für ihn markierten Streifen verlassen und wird so veranlasst, in den Fahrstreifen des fließenden Kfz-Verkehrs zu wechseln. Dies ist zwar aus Sicht der StVO zulässig, birgt jedoch ein Gefahrenpotential, wie die Konfliktanalyse bestätigte. Der Überholversuch innerhalb des Schutzstreifens würde in einem maximal möglichen Seitenabstand von 30 cm resultieren, wobei sich die Grundbreite des überholenden Radfahrers dann bereits mit der unterbrochenen Markierung überlappt, da die halbe Längsmarkierung zur Breite des Schutzstreifens und damit zum Regelmaß von 1,50 m zählt.

8.6 Befragung von Radfahrern

Die Befragung der Radfahrer ergab, dass die Mehrheit die markierten Streifen nutzt. Schmale Anlagen mit Breiten unter dem ERA-Regelmaß werden von den befragten Radfahrern jedoch seltener befahren als Anlagen mit Breiten ab dem jeweiligen Regelmaß. Während bei breiten Radfahrstreifen und Schutzstreifen jeweils 86 % bzw. 88 % der befragten Radfahrer angab, diese regelmäßig zu benutzen, lag der Anteil bei schmalen Anlagen nur bei je 72 %. Jene Radfahrer, die die Anlagen nach eigenen Aussagen nicht nutzen, fahren im Seitenraum und begründeten dies vor allem (50 % aller genannten Gründe) mit Sicherheitsbedenken. Jeder neunte Radfahrer auf Schutzstreifen gab darüber hinaus an, selbige wegen auf den Streifen ruhenden und fahrenden Fahrzeugen zu meiden und stattdessen im Seitenraum zu fahren.

Im Hinblick auf die Einschätzung der Sicherheit auf einer Skala von -2 (sehr unsicher) bis +2 (sehr sicher) wurden Radfahrstreifen mit einer mittleren Bewertung von +0,45 als sicherer wahrgenommen als Schutzstreifen mit einer Bewertung von +0,28. Vor allem schmale Schutzstreifen mit Breiten unter dem ERA-Regelmaß von 1,50 m wurden unsicherer bewertet (+0,09) als breitere Anlagen. Das gegenseitige Überholen wurde von fast der Hälfte aller 1.288 auf Radfahrstreifen und Schutzstreifen befragten Radfahrer als zu eng und daher problematisch bewertet. Dennoch gaben 23 % (Radfahrstreifen) bzw. 18 % (Schutzstreifen) der Radfahrer bei Breiten ab dem jeweiligen

ERA-Regelmaß an, innerhalb des Streifens zu überholen, was wie im Rahmen der Seitenabstandsmessung festgestellt wurde, sehr geringe Seitenabstände zur Folge hat. Die von den Radfahrern geschilderten Konfliktsituationen entsprachen jenen, die im Rahmen der Konfliktanalyse beobachtet wurden und die auch bei der Analyse des Unfallgeschehen als Unfalltypen und -ursachen auffielen. So stellten für Radfahrer nach eigenen Angaben sowohl Konflikte mit legal neben den markierten Streifen parkenden Kfz als auch mit auf den Streifen ruhenden oder fahrenden Kfz das primäre Sicherheitsproblem dar. Fast ein Drittel aller 1.370 befragten Radfahrer schilderte erlebte Gefahrensituationen mit ein- oder ausparkenden Kfz, sogar 43 % erlebte Konfliktsituationen im Zusammenhang mit der Kfz-Nutzung der markierten Streifen. Konflikte mit anderen Radfahrern (23 %) oder Fußgängern (13 %) hingegen wurden seltener berichtet.

9 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Auf Basis der Erkenntnisse der durchgeführten Untersuchungen ist es vor allem notwendig, den Abstand zwischen dem Radverkehr und ruhenden Fahrzeugen am Fahrbahnrand unabhängig von der markierten Führungsform stets zu gewährleisten und nach Möglichkeit zu vergrößern. Damit kann vor allem der im Rahmen des Projektes festgestellten Problematik der Dooring-Unfälle (Unfälle mit geöffneten Fahrzeurtüren) sowie den Unfällen beim Ein- und Ausparken begegnet werden. Die ERA 2010 sehen selbst bei häufigem Parkwechsel bei Schutzstreifen lediglich einen markierten Sicherheitstrennstreifen von 0,50 m und bei Radfahrstreifen von 0,50 bis 0,75 m vor. Dieses ist vor allem in Anbetracht der Tatsache, dass Radfahrer bei einem hohen Kfz-Aufkommen häufiger rechts auf den markierten Streifen fahren, also näher am ruhenden Verkehr, als zu gering zu bewerten. Selbst öffnende Türen von kompakten Fahrzeugen würden mit einer Länge von ca. einem Meter Radfahrer trotz einem markierten Sicherheitstrennstreifen mit 0,50 m Breite in Gefahr bringen. Ein Sicherheitstrennstreifen dieser Breite würde ferner nur schwer nutzbare Öffnungswinkel⁹ der Kfz-Türen ermöglichen, wenn sie nicht in die markierte Radverkehrsführung hineinragen sollen. Sicherheitstrennstreifen sollten daher sowohl bei Radfahrstreifen als auch bei Schutzstreifen mindestens mit einer Breite von 0,75 m markiert werden. So ließen sich neben einer höheren Sicherheit auch besser nutzbare Öffnungswinkel der Kfz-Türen erreichen, ohne dass diese in die Radverkehrsführung ragen müssen. Dies gilt vor allem im Hinblick auf Kfz mit längeren Türen wie 2-türige Coupés. Auf nicht markierte Sicherheitsräume bei Schutzstreifen, wie es die ERA 2010 bei wenigen Parkvorgängen ermöglicht, sollte gänzlich verzichtet werden. Für Radfahrer ist nicht erkennbar, dass der Sicherheitsraum Teil des Schutzstreifens ist und sie sich beim Fahren am rechten Rand des Schutzstreifens in eben jenem Sicherheitsraum bewegen.

Da bei Ein- und Ausparkvorgängen Radfahrstreifen und Schutzstreifen immer überfahren werden müssen und so ein Sicherheitsrisiko entsteht, sollte abgewogen werden, ob vor allem bei hohen Parkwechselfrequenzen eine Führung im Seitenraum ggf. vorteilhafter ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn andere Aspekte wie eine hohe Dichte von Grundstücksein- und -ausfahrten dem nicht entgegenstehen. Dabei muss jedoch gewährleistet sein, dass Sichtdreiecke an Knotenpunkten und Grundstücksein- sowie -ausfahrten frei von Sichthindernissen gehalten werden. Erreicht werden kann dieses u.a. durch entsprechend fahrbahnahe Führung des Radweges und das wirksame Unterbinden des Parkens an diesen Stellen. Unter welchen konkreten Randbedingungen im Zusammenhang mit Parkständen die Führung im Seitenraum und wann jene auf der Fahrbahn zu bevorzugen ist, konnte im Rahmen des Forschungsprojektes auch unter Einbeziehung der Erkenntnisse von [Richter et al. 2018] nicht ermittelt werden. Der Vergleich mit [Richter et al. 2018] zeigt Tendenzen dahingehend auf, dass bei Radwegen seltener Unfälle durch ruhenden Verkehr zu beobachten sind als auf Schutzstreifen und das Unfallrisiko jedes einzelnen Radfahrers auf Radwegen etwa dem auf Radfahrstreifen entspricht. Um diese Fragestellung genauer beantworten zu können, muss die Führung auf Radwegen und auf ausreichend breiten Radfahrstreifen entlang von Parkständen nochmals im Detail untersucht werden.

Um der Problematik der durch Kfz hauptverursachten Längsverkehrsunfälle zu begegnen, wird empfohlen, bei Radfahrstreifen einen Sicherheitstrennstreifen zur Kfz-Fahrbahn zu markieren. So weist die VwV-StVO bereits darauf hin, dass bei Straßen mit starkem Kraftfahrzeugverkehr ein

⁹ Bei einer Türlänge von 1,00 m und einem Sicherheitstrennstreifen von 0,50 m ist bei der Positionierung des ruhenden Kfz direkt an der Längsmarkierung des Parkstreifens nur ein Öffnungswinkel von 30 ° erreichbar, bevor die Tür den Sicherheitstrennstreifen über- und in die markierte Radverkehrsführung hineinragt.

breiter Radfahrstreifen oder ein zusätzlicher Sicherheitsraum zum fließenden Kfz-Verkehr erforderlich ist [VwV-StVO 2017, Zu § 2 Ziffer 10]. Diese Angaben werden jedoch noch nicht konkretisiert. Hier sollte analog zu Radwegen ein Sicherheitstrennstreifen mit 0,75 m Breite zum fließenden Verkehr markiert werden. An Abschnitten ohne Parkmöglichkeit sollte diese Markierung als Sperrfläche ausgeführt werden. Darüber hinaus wird empfohlen, diesen Sicherheitstrennstreifen nicht erst bei starkem Kraftfahrzeugverkehr, sondern generell zu markieren, um die Sicherheit der Radfahrer und die Akzeptanz der Fahrbahnführung durch die Nutzer zu verbessern.

Generell müssen die unterschiedlichen Mindestbreiten von Schutz- und Radfahrstreifen hinterfragt werden. Die zur Anwendung kommenden Regelwerke erlauben für Schutzstreifen Breiten, die deutlich unter jenen von Radfahrstreifen liegen. Die Mindestbreite von Schutzstreifen von 1,25 m und die Tatsache, dass selbige bei Bedarf (im Begegnungsfall) überfahren werden dürfen, ermöglicht es zwar, Schutzstreifen dort zu markieren, wo vollwertige Radfahrstreifen nicht mehr markiert werden können, jedoch wirkt sich dies nicht automatisch positiv auf die Radverkehrssicherheit aus. Derartig geringe Breiten sind auf Grundlage der Erkenntnisse zum Überholabstand nicht zu rechtfertigen. Die Mindestbreite von Schutzstreifen sollte daher jener von Radfahrstreifen entsprechen und möglichst 1,85 m zzgl. des bei angrenzenden Parkständen notwendigen Sicherheitstrennstreifens betragen.

Um Radfahrern ein sicheres Überholen untereinander zu ermöglichen, sind Breiten erforderlich, die das genannte Maß von 1,85 m noch überschreiten. Die Breite von Radfahrstreifen sollte sich bei hohen Radverkehrsstärken und entsprechend häufigen Überholvorgängen im Radverkehr an der von Radwegen orientieren und mindestens 2,00 m zzgl. eventuell notwendiger Sicherheitstrennstreifen betragen. Hier bietet sich an, das Regelmaß von 2,25 m inkl. Breitstrich der Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra) [Freie und Hansestadt Hamburg 2017] aufzugreifen. Dieses Maß kann bei entsprechender Fahrweise zweier Radfahrer dazu beitragen, dass einerseits sehr geringe Seitenabstände überholender Radfahrer vermieden werden und andererseits der überholende Radfahrer nicht regelwidrig die ununterbrochene Linie überfährt. Darüber hinaus vergrößern sich durch dieses Maß die Seitabstände überholender Kfz entsprechend. Bei mittlerer Fahrweise des Radfahrers (Grundmaß von 0,60 m nach den RAST 06) würde der Abstand zur Außenkante einer Breitstrich-Markierung 0,95 m betragen. Dies allein genügt zwar noch nicht, um den von der Rechtsprechung (OLG Hamm) geforderten Seitenabstand überholender Kfz von 1,50 m zu gewährleisten, der auch nach [Müller 2018, S 12 ff] allzeit einzuhalten ist, allerdings ließe sich auf diese Weise selbst bei mittlerer Fahrweise des Radfahrers ein wichtiger Anteil des geforderten Sicherheitsabstandes im Markierungsbereich der Radverkehrsführung erreichen. Die Abstände überholender Kfz lassen sich neben der Breite der markierten Radverkehrsführung ebenfalls durch die Breite angrenzender Kfz-Fahrstreifen beeinflussen, so dass hier Wechselwirkungen bestehen.

Im Hinblick auf die angrenzenden Kfz-Fahrstreifen ist zu bedenken, dass es bei regelbreiter Markierung nach der RAST 06 (3,25 m bzw. 3,50 m bei dominierendem Schwerverkehr) lediglich für Pkw möglich ist, innerhalb des Kfz-Fahrstreifens einen annähernd ausreichenden Seitenabstand zur rechten Längsmarkierung zwischen Kfz-Fahrstreifen und markierter Radverkehrsanlage zu halten. Bei schmalere Kfz-Fahrstreifen, wie bei der Anwendung der Mindestbreiten nach den ERA 2010 möglich, ist dies nicht mehr gegeben. Einem Lkw oder Bus ist es bereits auf einem regelbreiten Kfz-Fahrstreifen unmöglich, einen ausreichenden Abstand zur rechten Längsmarkierung zu halten. Dies kann - je nach Breite der Radverkehrsanlage und Position des Radfahrers - in einem Seitenabstand zwischen Kfz und Radfahrer resultieren, der das vom OLG Hamm kommunizierte und von [Müller 2018, S. 12 ff] bestätigte Maß von 1,50 m für alle Überhol- und Vorbeifahrtvorgän-

ge deutlich unterschreitet. Für ein StVO-konformes Verhalten müssten die Fahrer der Kraftfahrzeuge in diesen Situationen ausweichen und z.B. bei einer zweistreifigen Fahrbahn den Fahrstreifen des Gegenverkehrs nutzen. Ausreichende Seitenabstände von Schwerverkehrsfahrzeugen auf schmalen, angrenzenden Kfz-Fahrstreifen wären nur in Kombination mit sehr breiten Radverkehrsführungen und Fahren des Radfahrers am rechten Rand selbiger erreichbar. Da die Position des Radfahrers aber variieren kann und Radfahrer nachweislich zu einer mittigen Fahrweise tendieren, sollte der ausreichende Seitenabstand überholender Kfz durch entsprechend dimensionierte Kfz-Fahrstreifen gewährleistet werden. Fahrstreifen mit einer Breite von weniger als 3,25 m neben markierten Radverkehrsanlagen sollten daher aus Sicherheitsgründen vermieden werden. Dies gilt vor allem im Kontext des beobachteten Verhaltens, wonach Kfz beim Überholen nur die eigene Position innerhalb des markierten Streifens anpassen, jedoch kein Fahrstreifenwechsel vollziehen.

Sollen die derzeitigen Vorgaben im Hinblick auf verbleibende Kernfahrbahnbreiten bestehen bleiben, sind für die Anlage linienhaft markierter Radverkehrsführungsformen fortan größere Gesamtfahrbahnbreiten erforderlich. So wären bei einer Breite von markierten Radverkehrsführungen von 1,85 m inkl. Markierung und Kernfahrbahnbreiten von 4,50 m Radverkehrsführungen nur noch bei Fahrbahnbreiten von 8,20 m markierbar. Vor dem Hintergrund des beobachteten Kfz-Verhaltens sollte jedoch auch die Breite von Kernfahrbahnen auf mindestens 5,00 m erhöht werden. Auf schmalen Kernfahrbahnen überfahren nach den Verhaltensbeobachtungen Kfz die Radverkehrsführung nicht nur kurzzeitig im Begegnungsfall, sondern häufig über längere Strecken. Auch wird auf schmalen Kernfahrbahnen oft grundlos (kein entgegenkommender Verkehr) auf der Radverkehrsführung gefahren. Diesem Problem kann mit einer breiteren Kernfahrbahn begegnet werden.

An Engstellen wie Mittelinseln ist darauf zu achten, dass die Markierung von Radfahrstreifen regelwerkskonform nach den ERA 2010 ausgeführt wird und frühzeitig (20 bis 30 m vor der Engstelle) ausgesetzt wird, um das häufige Überfahren der ununterbrochenen Linie zu vermeiden. Ob die für den Kfz-Verkehr verbleibende Breite von 2,25 m neben Schutzstreifen im unmittelbaren Bereich von Engstellen als zu gering zu bewerten ist, kann auf Basis der durchgeführten Analysen nicht abschließend beantwortet werden. Im Kontext der Verhaltens- und Konfliktanalyse wurden keine Fälle von Nebeneinanderfahren von Kfz- und Radverkehr im Bereich der Engstellen oder gar kritische Situationen an solchen Punkten beobachtet, allerdings lagen nur wenige Engstellen auf den Untersuchungsstrecken. Liegt sowohl ein hohes Kfz-Aufkommen als auch ein hohes Radverkehrsaufkommen vor, sollten auf Grundlage der obigen Empfehlungen auch für Engstellen breitere Kfz-Fahrstreifen zum Einsatz kommen, da die Wahrscheinlichkeit einer parallelen Passage (Kfz und Fahrrad nebeneinander) der Engstelle und damit die Gefahr zu geringer Seitenabstände an dieser Stelle sehr hoch wäre. Zu abschließender Beantwortung dieser Frage sind jedoch vertiefende Untersuchungen notwendig.

Können keine ausreichenden Breiten markiert werden und ist die Führung im Seitenraum nicht möglich, ist die Führung im Mischverkehr - ggf. auch in Kombination mit der Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit - zu erwägen. Die Empfehlungen von [Walter et al. 2012] und der Vergleich mit [Ohm et al. 2015] zeigen, dass sich die Mischverkehrsführung des Radverkehrs bei Fahrbahnbreiten von 7,00 m bis 8,50 m - der klassische Einsatzbereich von schmalen Schutzstreifen bzw. Schutzstreifen in Kombination mit schmalen Kernfahrbahnen - nicht zwangsweise negativ auf die Sicherheit auswirkt. Im Hinblick auf den seitlichen Abstand überholender Kfz konnten sowohl [Parkin / Meyers 2009] in Großbritannien als auch [Ohm et al. 2015] Tendenzen zu größeren Abständen im Mischverkehr feststellen. Ob zusätzliche Maßnahmen wie das Markieren des Sinnbildes „Fahrrad“ auf den Mischfahrstreifen die Sicherheit der Radfahrer weiter verbessern können, gilt es mit entsprechend gelagerten Untersuchungen zu analysieren.

Zu guter Letzt sollte die regelwidrige Fehlnutzung der markierten Radverkehrsführungen - fahrend wie ruhend - konsequent geahndet werden, damit eine verkehrserzieherische Wirkung erreicht werden kann. Dies gilt insbesondere für Radfahrstreifen, auf denen neben der fahrenden jegliche ruhende Nutzung unzulässig ist. In der StVO sollte in diesem Zusammenhang ebenfalls der Begriff „Bedarf“ zum Überfahren von Schutzstreifen konkretisiert werden. Ein „Bedarf“ besteht im fließenden Kfz-Verkehr nach [Müller 2018] ausschließlich beim Ausweichen im Begegnungsfall. Andere fahrende Nutzungen wie das beobachtete Vorbeifahren von Abbiegern an einem Rückstau des Geradeausverkehrs stellen keinen „Bedarf“ dar und sind mit dem Grundprinzip der Verkehrssicherheit als oberste Auslegungsmaxime der StVO nicht vereinbar [Müller 2018, S. 9 ff].

Die Ahndung von regelwidrigem Verhalten sollte von Aufklärungsarbeit und entsprechende Kampagnen begleitet werden. Dies gilt vor allem für den in jeder Situation einzuhaltenden Sicherheitsabstand von 1,50 m beim Überholen von Radfahrern auf Schutzstreifen bzw. beim Vorbeifahren an Radfahrern auf Radfahrstreifen. Wo dies nicht gewährleistet ist, besteht ein „faktisches Überholverbot“ [Müller 2018, S. 14].

10 Literaturverzeichnis

[AASHTO 1999]

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO): Guide for the Development of Bicycle Facilities, Washington, D.C. (USA), 1999, Online unter URL (19.10.2016): <http://nacto.org/wp-content/uploads/2011/03/AASHTO-Guide-for-the-Development-of-Bicycle-Facilities-1999.pdf>

[ADFC 2016]

Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club Frankfurt am Main e.V.: Weiße Farbe klug eingesetzt - da geht erstaunlich viel!, Frankfurt (Deutschland), 2016, Online unter URL (23.02.2018): https://www.adfc-frankfurt.de/Frankfurt_aktuell/FFA_Archiv/Ausgabe_2016_4/2016_4_03_weisse_farbe.html

[Agerholm et al. 2008]

Agerholm, N./ Caspersen, S./ Lahrmann, H. S.: Traffic safety on bicycle paths, Aalborg (Dänemark), 2008, Online unter URL (26.05.2016): http://vbn.aau.dk/ws/files/14344951/agerholm_et_al._bicycle_paths.pdf

[Alrutz et al. 2009]

Alrutz, D./ Bohle, W./ Müller, H./ Prahlow, H./ Hacke, U./ Lohmann, G.: Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 184, Bergisch Gladbach (Deutschland), 2009

[Alrutz et al. 2015]

Alrutz, D./ Bohle W./ Maier R./ Enke M. / Pohle M./ Zimmermann F./ Ortlepp, J./ Schreiber, M.: Einfluss von Radverkehrsaufkommen und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen, Forschungsbericht Nr. 29 der Unfallforschung der Versicherer im Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, Berlin (Deutschland), 2015, Online unter URL (01.02.2019): <https://udv.de/download/file/fid/8879>

[Andersen et al. 2012]

Andersen, T./ Bredal, F./ Weinreich, M./ Jensen, N./ Riisgaard-Dam, M./ Nielsen, M. K./ Underlien-Jensen, S./ Jensen, H. N.: Collection of Cycle Concepts, Kopenhagen (Dänemark), 2012, Online unter URL (18.10.2016): <http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2013/12/Collection-of-Cycle-Concepts-2012.pdf>

[Austroads 2014]

Austroads Ltd.: Cycling Aspects of Austroads Guides, Sydney (Australien), 2014, Online unter URL (22.04.2016): <http://www.rms.nsw.gov.au/documents/business-industry/partners-and-suppliers/lgr/cycling-aspects-of-austroads-guides.pdf>

[Kathman / Jansen 2018]

Kathman, T./ Jansen, F.: Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung - 2017, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach (Deutschland), 2009, Online unter URL (11.09.2018): https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Publikationen/DaFa/Downloads/2018-01.pdf?__blob=publicationFile&v=7

[CCC 2013]

Christchurch City Council: Christchurch Cycle Design Guidelines, Christchurch (Neuseeland), 2013, Online unter URL (25.08.2016):
<http://resources.ccc.govt.nz/files/CityLeisure/gettingaround/cycling/ChristchurchCycleDesignGuidelinesWEB.pdf>

[CFV 2013]

Consejería de Fomento y Vivienda: Recomendaciones de diseño para las vías ciclistas en Andalucía, Sevilla (Spanien), 2013, Online unter URL (01.09.2016):
http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/estaticas/sites/consejeria/areas/transportes_infraestructuras/plan_bici/documentos_plan_bici/recomendaciones_diseno_vias_ciclistas.pdf

[CROW 2007]

CROW: Design manual for bicycle traffic, Ede (Niederlande), 2007

[Destatis 2017]

Statistisches Bundesamt (Destatis): Verkehrsunfälle - Fachserie 8 Reihe 7 - 2016, Wiesbaden (Deutschland), 2017, Online unter URL (12.02.2018):
<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleJ2080700167004.pdf>

[DFT 2003]

Department for Transport (DFT): Traffic Signs Manual, Chapter 5 (Road Markings), London (Großbritannien), 2003, Online unter URL (18.10.2016):
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/223667/traffic-signs-manual-chapter-05.pdf

[DFT 2008]

Department for Transport (DFT): Cycle Infrastructure Design, London (Großbritannien), 2008, Online unter URL (18.10.2016):
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/329150/ltn-2-08_Cycle_infrastructure_design.pdf

[DOT 2012]

New York City Department of Transportation (DOT): Prospect Park West Traffic Calming & Bicycle Path, New York City (USA), 2012, Online unter URL (27.06.2016):
http://www.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/2012_ppw_trb2012.pdf

[ERA 95]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Köln (Deutschland), 1995

[ERA 2010]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Köln (Deutschland), 2010

[Freie und Hansestadt Hamburg 2017]

Freie und Hansestadt Hamburg: Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra), Hamburg (Deutschland), 2017, Online unter URL (12.09.2018): <https://www.hamburg.de/contentblob/9225042/855ddf23faf5d39b434eca3fd25ccfe6/data/restra.pdf>

[FGSV 2003]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten, Köln (Deutschland), 2003

[FSV 2014]

Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV): Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS 03.02.13), Wien (Österreich), 2014

[Goodno et al. 2013]

Goodno, M./ McNeil, N./ Parks, J./ Trainor, S.: Evaluation of Innovative Bicycle Facilities in Washington, D.C. (USA), 2013, Online unter URL (05.08.2016): <http://docs.trb.org/prp/13-0519.pdf>

[Jensen 2007]

Jensen, S. U.: Bicycle Tracks and Lanes: a Before-After Study, Kongens Lyngby (Dänemark), 2007, Online unter URL (25.05.2016): <http://www.vehicularcyclist.com/copenhagen2.pdf>

[Kaulen et al. 2013]

Kaulen, R./ Reintjes, M./ Dudde, C.: Gutachten zum Einsatz und zur Wirkung von einseitigen, alternierenden und beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerorts, Aachen/München (Deutschland), 2013, Online unter URL (01.02.2017): https://www.agfk-bw.de/uploads/tx_news/SVK-AGFK-BW_Gutachten-Schutzstreifen_Langfassung_20131014.pdf

[Kolrep-Rometsch et al. 2013]

Kolrep-Rometsch, H/ Leitner, R./ Platho, C./ Richter, T./ Schreiber, A./ Schreiber, M./ Buterwegge, P.: Abbiegeunfälle Pkw/Lkw und Fahrrad, Forschungsbericht Nr. 21 der Unfallforschung der Versicherer im Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, Berlin (Deutschland), 2013, Online unter URL (01.02.2019): <https://udv.de/download/file/fid/8541>

[LTSA 2004]

Land Transport Safety Authority: Cycle network and route planning guide, Wellington (Neuseeland), 2004, Online unter URL (25.04.2016): <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/cycle-network-and-route-planning/docs/cycle-network-and-route-planning.pdf>

[Monsere et al. 2014]

Monsere, C./ Dill, J./ McNeil, N./ Clifton, K./ Foster, N./ Goddard, T.: Lessons from the Green Lanes: Evaluating Protected Bike Lanes in the U.S., Portland (USA), 2014, Online unter URL (15.06.2016): https://bikeportland.org/wp-content/uploads/2014/06/NITC-RR-583_ProtectedLanes_FinalReportb.pdf

[MTO 2013]

Ministry of Transportation of Ontario (MTO): Ontario Traffic Manual Book 18 - Cycling Facilities, St. Catharines (Kanada), 2013, Online unter URL (25.04.2016):
[http://www.raqs.mto.gov.on.ca/techpubs/eps.nsf/0/825810eb3ddd203385257d4a0063d934/\\$FILE/Ontario%20Traffic%20Manual%20-%20Book%2018.pdf](http://www.raqs.mto.gov.on.ca/techpubs/eps.nsf/0/825810eb3ddd203385257d4a0063d934/$FILE/Ontario%20Traffic%20Manual%20-%20Book%2018.pdf)

[Müller 2018]

Müller, D.: Rechtsgutachten zu markierten Radverkehrsführungen, Unfallforschung der Versicherer im Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, Berlin (Deutschland), 2018, Online unter URL (21.01.2019): <https://udv.de/de/publikationen/unfallforschung-kompakt/rechtsgutachten-zu-markierten-radverkehrsfuehrungen>

[NACTO 2014]

National Association of City Transportation Officials (NACTO): Urban Bikeway Design Guide, New York City (USA), 2014, Online unter URL (09.02.2017): <http://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/>

[NACTO 2016]

National Association of City Transportation Officials (NACTO): Transit Street Design Guide, New York City (USA), 2016, Online unter URL (09.02.2017): <http://nacto.org/publication/transit-street-design-guide/transit-lanes-transitways/transit-lanes/shared-bus-bike-lane/>

[NTA 2011]

National Transport Authority (NTA): National Cycle Manual, Dublin 2 (Irland), 2011, Online unter URL (12.04.2016): https://www.nationaltransport.ie/downloads/national_cycle_manual_110728.pdf

[Ohm et al. 2015]

Ohm, D./ Fiedler, F./ Zimmermann, F./ Kraxenberger, T./ Maier, R./ Hantschel, S./ Otto, M.: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 257, Bergisch Gladbach (Deutschland), 2009

[Parkin / Meyers 2009]

Parkin, J./ Meyers, C.: The effect of cycle lanes on the proximity between motor traffic and cycle traffic, Bolton (Großbritannien), 2009, Online unter URL (02.02.2017):
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457509001997/pdf?md5=817b783977f673fe9a27b1c2436af22b&pid=1-s2.0-S0001457509001997-main.pdf>

[PTOP 2008]

Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques: Manual para el diseño de vías ciclistas de Cataluña, Barcelona (Spanien), 2008, Online unter URL (18.10.2016):
http://territori.gencat.cat/web/.content/home/01_departament/normativa_i_documentacio/documentacio/territori_mobilitat/transport_public/publicacions/manual_per_al_disseny_de_vies_ciclistes_a_catalunya/pdf/vies_ciclistes_cast_tcm32-45417.pdf

[RASt 06]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Köln (Deutschland), 2006

[Richter et al. 2018]

Richter, T./ Ruhl, S./ Ortlepp, J./ Schreiber, M.: Aufhebung der Benutzungspflicht von Radwegen, Forschungsbericht Nr. 52 der Unfallforschung der Versicherer im Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, Berlin (Deutschland), 2018, Online unter URL (21.01.2019):
<https://udv.de/download/file/fid/10587>

[RMS-1 1993]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS) Teil 1, Köln (Deutschland), 1993

[SenStadtUm 2013]

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin: Ausführungsvorschriften zu § 7 des Berliner Straßengesetzes über Geh- und Radwege (AV Geh- und Radwege), Berlin (Deutschland), 2013, Online unter URL (24.08.2016):
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/sen/uvk/service/gesetzestexte/de/download/bautechnik/AV_Geh-und_Radwege.pdf

[SV 2014]

Statens vegvesen: Håndbok V122 - Sykkelhåndboka, Oslo (Norwegen), 2014, Online unter URL (19.10.2016): http://www.vegvesen.no/_attachment/69912

[TKB 2015]

Tiefbauamt des Kantons Bern: Anlagen für den Veloverkehr, Bern (Schweiz), 2015, Online unter URL (22.03.2016):

https://www.bve.be.ch/bve/de/index/mobilitaet/mobilitaet_verkehr/downloads/publikationen.assetref/dam/documents/BVE/TBA/de/TBA_MV_DP_AH_Veloverkehrsanlagen.pdf

[Torbic et al. 2014]

Torbic, D. J./ Bauer, K. M./ Fees, C. A./ Harwood, D. W./ Van Houten, R./ LaPlante, J./ Rosenber-ry, N.: Recommended Bicycle Lane Widths for Various Roadway Characteristics, Washington, D.C. (USA), 2014, Online unter URL (01.09.2016):

http://www.ssti.us/wp-content/uploads/2014/08/nchrp_bike_lanes.pdf

[von Below 2016]

von Below, Ariane: Verkehrssicherheit von Radfahrern - Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 264, Bergisch Gladbach (Deutschland), 2016

[VwV-StVO 2017]

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) vom 26. Januar 2001 in der Fassung vom 22. Mai 2017, (Deutschland), 2017, Online unter URL (25.01.2019):

http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26012001_S3236420014.htm

[Walter et al. 2012]

Walter, E./ Stürmer, Y. A./ Scaramuzza, G./ Niemann, S./ Cavegn, M.: bfu-Sicherheitsdossier Nr. 08 - Fahrradverkehr, Bern (Schweiz), 2012, Online unter URL (27.07.2016):

http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.092.01_bfu-Sicherheitsdossier%20Nr.%2008%20%E2%80%93%20Fahrradverkehr.pdf

Anhang A Fragenkomplex der kommunalen Befragung (Onlineumfrage)

Einleitende Frage:

- Sind Sie der/die korrekte Ansprechpartner/in für Fragen zur Radverkehrsführung in Ihrer Kommune/Stadt?
 - ja
 - nein

Fragen bei inkorrektem Ansprechpartner:

- Wer ist anstatt Ihnen der/die zuständige Ansprechpartner/in in Ihrer Kommune/Stadt?
 - Kontaktdaten bekannt:
 - Name
 - Telefonnummer
 - Email
 - Abteilung
 - keine Angabe
- Haben Sie noch weitere Anmerkungen für uns?
 - ja: ... (freie Eingabe)
 - nein

Allgemeine Fragen bei korrektem Ansprechpartner:

- Bitte bestätigen Sie uns für eventuelle Rückfragen unsererseits erneut Ihre Kontaktdaten oder korrigieren Sie diese ggf.
 - Name
 - Telefonnummer
 - Email
 - Abteilung / Funktion
- Können Sie in Ihrer Kommune/Stadt selbst frei entscheiden, wie Sie Radverkehrsführungen markieren oder erfolgt die Planung in der Regel durch eine andere Behörde oder Gebietskörperschaft bzw. einen anderen Baulastträger?
 - ja
 - nein (bitte beide nachfolgenden Punkte kurz erläutern)
 - wer sonst: ... (freie Eingabe)
 - aus welchem Grund: ... (freie Eingabe)

- keine Angabe
- Wie hoch ist in etwa der Radverkehrsanteil in Ihrer Kommune
 - genau (in %): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - bis unter 5 %
 - von einschließlich 5 % bis unter 10 %
 - von einschließlich 10 % bis unter 15 %
 - von einschließlich 15 % bis unter 20 %
 - von einschließlich 20 % bis unter 30 %
 - ab einschließlich 30 %
 - keine Angabe
- Welche markierten Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn finden sich bei Ihnen? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Radfahrstreifen
 - Schutzstreifen
 - Für den Radverkehr freigegebene Bussonderfahrstreifen
 - keine davon

Frage, falls keine linienhaft markierten Radverkehrsführungen eingesetzt werden:

- Warum finden sich bei Ihnen keine markierten Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Es ist kein nennenswerter Radverkehr vorhanden.
 - Der Radverkehr im Mischverkehr auf der Fahrbahn ist unproblematisch.
 - Die Radverkehrsführung erfolgt auf baulichen Radwegen (Zeichen 237).
 - Die Radverkehrsführung erfolgt auf gemeinsamen Geh- und Radwegen (Zeichen 240).
 - Die Radverkehrsführung erfolgt auf getrennten Geh- und Radwegen (Zeichen 241).
 - Die Radverkehrsführung erfolgt auf Gehwegen, die für den Radverkehr freigegeben sind (Zeichen 239 mit Zusatzzeichen 1022-10).
 - Es erfolgt keine Umsetzung aus finanziellen Gründen.
 - Die Fahrbahn ist zu schmal.
 - Es gibt Sicherheitsbedenken (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - Andere Gründe sprechen dagegen (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe

Fragen bei vorhandenen für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen:

- Welche Breite weisen die bei Ihnen für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen auf? (Mehrfachnennungen möglich)
 - genau: ... m (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:

- von einschließlich 3,00 m bis unter 3,50 m
 - von einschließlich 3,50 m bis unter 4,75 m
 - ab einschließlich 4,75 m
 - keine Angabe
- Unterliegen die für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen zeitlichen Beschränkungen? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Ja, die für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen sind zeitlich beschränkt und dürfen zu bestimmten Zeiten auch vom gewöhnlichen Individualverkehr oder zum Parken benutzt werden. (z.B. zu Schwachverkehrszeiten)
 - Nein, die für den Radverkehr freigegebenen Bussonderfahrstreifen unterliegen keinen zeitlichen Beschränkungen.
 - keine Angabe

Allgemeine Fragen bei vorhandenen Radfahr- und/oder Schutzstreifen:

- Welche Lösung findet sich in der Regel bei Ihren markierten Radverkehrsführungen im Knotenpunktbereich? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Vorgezogene Haltlinie
 - Aufgeweiteter Radaufstellstreifen
 - Radfahrstreifen in Mittellage
 - sonstige Lösung (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine besonderen Lösungen
 - keine Angabe
- Welche Lösung findet sich in der Regel bei Ihren markierten Radverkehrsführungen an Engstellen? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Wechsel der Führungsform des Radverkehrs (z.B. Schutzstreifen statt Radfahrstreifen)
 - komplettes Aussetzen der markierten Radverkehrsführung und Führung im Mischverkehr
 - Der Kraftfahrzeugverkehr wird einstreifig mit Richtungswechselbetrieb geführt, d.h. die markierte Radverkehrsführung bleibt durchgängig bestehen und die Führung des Kraftfahrzeugverkehrs wird stattdessen eingeeengt (Zeichen 208 und 308).
 - Einfärbung der markierten Radverkehrsführung zur Verdeutlichung des Problemereichs
 - sonstige Lösung (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine besonderen Lösungen
 - keine Angabe
- Welche Lösung findet sich in der Regel bei Ihren markierten Radverkehrsführungen an ÖPNV-Haltestellen? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Überleitung von Radfahrstreifen in Schutzstreifen im Haltstellenbereich

- Unterbrechung der markierten Radverkehrsführung mit Grenzmarkierung für Halt- oder Parkverbote (Zeichen 299)
 - komplettes Aussetzen der markierten Radverkehrsführung im Haltstellenbereich
 - Überleitung in Seitenraum auf Radweg oder Geh- und Radweg und Führung hinter dem Haltestellenbereich
 - sonstige Lösung (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine besonderen Lösungen
 - keine Angabe
- Welche Lösung findet sich in der Regel bei den markierten Radverkehrsführungen bei Längsneigung? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Verbreiterung der markierten Radverkehrsführung wegen höherer Geschwindigkeiten bergab oder seitlichen Ausgleichsbewegungen bergauf
 - Verzicht auf markierte Radverkehrsführung auf Gefällestrassen
 - asymmetrischer Querschnitt (z.B. Radfahrstreifen bergauf, Mischverkehr bergab)
 - sonstige (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine besonderen Lösungen
 - keine Angabe
- Gibt es bei Ihnen Beschwerden oder Anmerkungen von Nutzern der markierten Radverkehrsführungen und wenn ja, welche? Mehrfachnennungen möglich)
 - Bedenken hinsichtlich der Verkehrssicherheit
 - Behinderung durch andere Verkehrsteilnehmer (z.B. Konflikte mit ruhendem Verkehr)
 - Radverkehrsführung nicht ausreichend dimensioniert für das Radverkehrsaufkommen
 - sonstige Beschwerden oder Anmerkungen (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Beschwerden
 - keine Angabe
- Wurden bei Ihnen von Seiten der Stadt bisher Auffälligkeiten bei den markierten Radverkehrsführungen festgestellt? Mehrfachnennungen möglich)
 - Negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - Behinderung durch andere Verkehrsteilnehmer (z.B. Konflikte mit ruhendem Verkehr)
 - geringe Akzeptanz der markierten Radverkehrsführungen (Radverkehr im Nebenraum)
 - Radverkehrsführung nicht ausreichend dimensioniert für das Radverkehrsaufkommen
 - sonstige Auffälligkeiten (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - bisher keine Auffälligkeiten
 - keine Angabe
- Wurden bei Ihnen schon einmal Unfalluntersuchungen im Zusammenhang mit markierten Radverkehrsführungen durchgeführt?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe

- Können Sie uns die durchgeführte(n) Unfalluntersuchung(en) und die ermittelten Ergebnisse zur Verfügung stellen?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe

Spezifische Fragen bei vorhandenen Radfahrstreifen:

- Wie viele Straßen mit Radfahrstreifen gibt es bei Ihnen?
 - genau: ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - weniger als 10 Straßen
 - 10 bis 19 Straßen
 - 20 bis 29 Straßen
 - mehr als 30 Straßen
 - keine Angabe
- Wie beurteilen Sie folgende Aussagen in Bezug auf den Einsatz von Radfahrstreifen in Ihrer Kommune
 - Auswirkungen hinsichtlich des Unfallgeschehens sind positiv.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - Die Auswirkungen hinsichtlich des Verkehrsablaufs sind positiv.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - Die Akzeptanz durch den Radverkehr ist gut.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - Es ergeben sich Kostenvorteile gegenüber anderen Lösungen.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - sonstige Aussage, die von den oben genannten Aussagen abweicht (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)

- Wie breit sind Radfahrstreifen bei Ihnen in der Regel inkl. Markierung? (Mehrfachnennungen möglich)
 - genau: ... m (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - bis unter 1,50 m
 - von einschließlich 1,50 m bis unter 1,85 m
 - von einschließlich 1,85 m bis unter 2,00 m
 - ab einschließlich 2,00 m
 - keine Angabe

- Wie erfolgt bei Ihnen in der Regel die Trennung zwischen Radfahrstreifen und Parkstreifen? (Mehrfachnennungen möglich)
 - markierter Sicherheitsraum
 - Breite bis unter 0,25 m Breite
 - Breite von einschließlich 0,25 m bis unter 0,50 m
 - Breite von einschließlich 0,50 m bis unter 0,75 m
 - Breite ab einschließlich 0,75 m
 - trifft nicht zu bzw. wird durch uns nicht praktiziert
 - keine Angabe
 - markierter Sicherheitstrennstreifen
 - Breite bis unter 0,50 m
 - Breite von einschließlich 0,50 m bis unter 0,75 m
 - Breite ab einschließlich 0,75 m
 - trifft nicht zu bzw. wird durch uns nicht praktiziert
 - keine Angabe
 - sonstig (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)

- Wie werden bei Ihnen Radfahrstreifen in der Regel markiert? (Mehrfachnennungen möglich)
 - durchgehender Breitstrich (25 cm)
 - durchgehender Schmalstrich (12 cm)
 - Piktogramm auf Radfahrstreifen
 - anderweitig (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe

- Wo werden bei Ihnen Radfahrstreifen in der Regel eingefärbt? (Mehrfachnennungen möglich)
 - generell auf den gesamten Streckenlängen
 - in Knotenpunktbereichen
 - an Grundstückzufahrten
 - im Bereich von Engstellen
 - an unfallauffälligen Stellen
 - es erfolgt keine Einfärbung
 - keine Angabe

- Wurden bei Ihnen schon einmal Radfahrstreifen demarkiert und wenn ja, warum? (Mehrfachnennungen möglich)
 - ja, wegen geringer Akzeptanz durch den Radverkehr
 - ja, wegen negativer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit
 - ja, wegen negativer Auswirkungen auf den Verkehrsablauf
 - ja, wegen sonstigem Grund (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - nein, bisher nicht vorgekommen
 - keine Angabe

Spezifische Fragen bei vorhandenen Schutzstreifen:

- Wie viele Straßen mit Schutzstreifen gibt es bei Ihnen?
 - genau: ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - weniger als 10 Straßen
 - 10 bis 19 Straßen
 - 20 bis 29 Straßen
 - mehr als 30 Straßen
 - keine Angabe
- Wie beurteilen Sie folgende Aussagen in Bezug auf den Einsatz von Schutzstreifen in Ihrer Kommune?
 - Auswirkungen hinsichtlich des Unfallgeschehens sind positiv.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - Die Auswirkungen hinsichtlich des Verkehrsablaufs sind positiv.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - Die Akzeptanz durch den Radverkehr ist gut.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.
 - keine Angabe
 - Es ergeben sich Kostenvorteile gegenüber anderen Lösungen.
 - Ich stimme voll zu.
 - Ich stimme eher zu.
 - Ich stimme eher nicht zu.
 - Ich stimme gar nicht zu.

- keine Angabe
 - sonstige Aussage, die von den oben genannten Aussagen abweicht (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
-
- Wie breit sind Schutzstreifen bei Ihnen in der Regel? (Mehrfachnennungen möglich)
 - genau: ... m (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - bis unter 1,00 m
 - von einschließlich 1,00 m bis unter 1,25 m
 - von einschließlich 1,25 m bis unter 1,50 m
 - von einschließlich 1,50 m bis unter 1,75 m
 - von einschließlich 1,75 m bis unter 2,00 m
 - keine Angabe
-
- Wie erfolgt bei Ihnen in der Regel die Trennung zwischen Schutzstreifen und Parkstreifen? (Mehrfachnennungen möglich)
 - nicht markierter Sicherheitsraum
 - Breite bis unter 0,25 m Breite
 - Breite von einschließlich 0,25 m bis unter 0,50 m
 - Breite von einschließlich 0,50 m bis unter 0,75 m
 - Breite ab einschließlich 0,75 m
 - trifft nicht zu bzw. wird durch uns nicht praktiziert
 - keine Angabe
 - markierter Sicherheitstrennstreifen
 - Breite bis unter 0,50 m
 - Breite von einschließlich 0,50 m bis unter 0,75 m
 - Breite ab einschließlich 0,75 m
 - trifft nicht zu bzw. wird durch uns nicht praktiziert
 - keine Angabe
 - sonstig (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
-
- Wie werden bei Ihnen Schutzstreifen in der Regel markiert? (Mehrfachnennung möglich)
 - Breite der Linie
 - unterbrochener Breitstrich (25 cm)
 - unterbrochener Schmalstrich (12 cm)
 - anderweitig (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe
 - Strich-Lücke-Verhältnis
 - Strich-Lücke-Verhältnis von 1 m zu 1 m
 - Strich-Lücke-Verhältnis von 0,5 m zu 0,5 m
 - anderes Strich-Lücke-Verhältnis (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe
 - Piktogramm auf Schutzstreifen
 - ja
 - nein

- keine Angabe
- In welchen Fällen markieren Sie in der Regel auf Streckenabschnitten mit Schutzstreifen in Fahrbahnmitte eine Leitlinie? (Mehrfachnennungen möglich)
 - generell
 - nur bei verbleibender Kernfahrbahn mit einer Breite von mindestens 5,50 m
 - nie
 - sonstig (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe
- Werden bei Ihnen Schutzstreifen in der Regel auch auf vierstreifigen Straßen (je zwei Richtungsfahrtstreifen) markiert? (Mehrfachnennungen möglich)
 - ja
 - nein
 - keine Angabe
- Wurden bei Ihnen schon einmal Schutzstreifen demarkiert und wenn ja, warum? (Mehrfachnennungen möglich)
 - ja, wegen geringer Akzeptanz durch den Radverkehr
 - ja, wegen negativer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit
 - ja, wegen negativer Auswirkungen auf den Verkehrsablauf
 - ja, wegen sonstigem Grund (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - nein, bisher nicht vorgekommen
 - keine Angabe

Abschließende Fragen des ersten Teils bei vorhandenen Radfahr- und/oder Schutzstreifen:

- Haben Sie noch weitere Anmerkungen für uns, die ggf. bisher im ersten Teil des Fragebogens nicht angesprochen wurden?
 - ja: ... (freie Eingabe)
 - nein
- Wären Sie bereit, weitere Fragen im Hinblick auf durch uns eventuell bei Ihnen stattfindende Erhebungen zu beantworten? Wenn Sie diese Frage verneinen, endet die Befragung für Sie an dieser Stelle. Wenn Sie die Frage bejahen, folgt ein zweiter Teil mit konkret auf potentielle Untersuchungsstrecken bezogenen Fragen. Die weitere Teilnahme bietet die Möglichkeit, dass die von Ihnen genannten Radverkehrsanlagen in die weiteren Untersuchungen (Unfalluntersuchung, Verhaltensbeobachtung und Befragung der Verkehrsteilnehmer) des Projektes einbezogen werden. Bei Teilnahme am zweiten Teil der Befragung haben Sie weitere vier Wochen Zeit für die Beantwortung der Fragen.
 - ja
 - nein

Allgemeine Fragen des zweiten Teils:

- Wer ist in Ihrer Kommune/ Stadt der/die Ansprechpartner/in für Unfalldaten?
 - Kontaktdaten bekannt:
 - Name
 - Telefonnummer
 - Email
 - keine Angabe

- Bitte benennen Sie maximal 10 potentielle, möglichst ERA-konforme (mindestens Mindestmaße, d.h. eine Mindestbreite von 1,25 m für Schutzstreifen bzw. 1,85 m für Radfahrstreifen) Untersuchungsstrecken mit markierten Radverkehrsführungen für eine spätere Erhebung und Analyse. Die Mindestlänge der Strecken sollte 200 m betragen, die Ideallänge 400-500 m. Wenn Sie mehr als 10 Strecken zur Auswahl haben, bevorzugen Sie für die Nennung bitte jene mit Ideallänge. Wünschenswert wäre eine ausgewogene Mischung aus Strecken mit Radfahrstreifen und Strecken mit Schutzstreifen, wenn es bei Ihnen beide markierte Radverkehrsführungen gibt. Die Details der einzelnen Strecken werden im Anschluss abgefragt.
 - (max. 10) Eingabefelder in der Form Straßenzug + Knotenpunkt 1 + Knotenpunkt 2

Spezifische Fragen zu jedem genannten Straßenzug (sich wiederholender Fragenblock):

- Welche Form der markierten Radverkehrsführung findet sich entlang der genannten Strecke (Mehrfachnennung bei unsymmetrischem Querschnitt)?
 - Radfahrstreifen
 - Schutzstreifen

- Ist die angegebene Strecke besonders unfallauffällig?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe

- Hat es in den letzten drei Jahren auf der genannten Strecke bauliche Veränderungen gegeben?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe

- Findet sich vor Ort neben der markierten Radverkehrsführung auf der Fahrbahn noch eine weitere, nicht benutzungspflichtige Radverkehrsanlage (z.B. Radweg im Seitenraum, auch teilweise)?
 - ja

- nein
 - keine Angabe
- Befinden sich im Bereich der markierten Radverkehrsführungen Haltestellen des ÖPNV?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe
- Finden sich auf der genannten Strecke Sonderlösungen der Radverkehrsführung? (Mehrfachnennungen möglich)
 - Einengung der markierten Radverkehrsführung
 - bauliche Abtrennung der Radverkehrsführung (z.B. beidseitiges Bord entlang eines Radfahrstreifens)
 - sonstige (bitte kurz erläutern): ... (freie Eingabe)
 - keine Sonderlösung
 - keine Angabe
- Auf welche Weise erfolgt bei vorhandenen Lichtsignalanlagen (LSA) die Signalisierung des Radverkehrs an den Knotenpunkten? (Mehrfachnennungen möglich)
 - gemeinsam mit dem Kraftfahrzeugverkehr
 - gemeinsam mit dem Fußgängerverkehr
 - gesondert
 - keine LSA vorhanden
 - keine Angabe
- Welche zulässige Höchstgeschwindigkeit liegt auf der genannten Strecke vor? (Mehrfachnennungen möglich)
 - 30 km/h
 - 50 km/h
 - sonstige (bitte nennen): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe
- Wie hoch ist die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) im Querschnitt auf der genannten Strecke in Fahrzeugen pro Tag? Falls Sie den genauen Wert kennen, geben Sie ihn bitte an. Ansonsten wählen Sie bitte aus?
 - Genau (in Fahrzeuge pro Tag): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - bis unter 5.000 Fahrzeuge pro Tag
 - von einschließlich 5.000 bis unter 10.000 Fahrzeuge pro Tag
 - von einschließlich 10.000 bis unter 20.000 Fahrzeuge pro Tag
 - ab einschließlich 20.000 Fahrzeuge pro Tag
 - keine Angabe

- Wie hoch ist das Schwerverkehrsaufkommen in Schwerfahrzeugen pro Tag auf der genannten Strecke? Falls Sie den genauen Wert kennen, geben sie diesen bitte an. Ansonsten wählen Sie bitte aus.
 - genau (in Schwerfahrzeuge pro Tag): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - bis unter 1.000 Schwerfahrzeuge pro Tag
 - 1.000 Schwerfahrzeuge pro Tag und mehr
 - keine Angabe

- Wie hoch ist das Radverkehrsaufkommen in Radfahrern pro Tag im Querschnitt auf der genannten Strecke? Falls Sie den genauen Wert kennen, geben sie diesen bitte an. Ansonsten schätzen Sie anhand der Auswahlmöglichkeiten bitte ab.
 - genau (in Radfahrer pro Tag): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - niedrig (weniger als 1 Radfahrer pro Minute und Richtung in der Spitzenstunde)
 - hoch (1 Radfahrer pro Minute und Richtung in der Spitzenstunde und mehr)
 - keine Angabe

- Wie breit ist der Straßenraum von Hauswand zu Hauswand auf der genannten Strecke?
 - bis unter 15 m
 - von einschließlich 15 m bis unter 20 m
 - von einschließlich 20 m bis unter 25 m
 - von einschließlich 25 m bis unter 30 m
 - ab einschließlich 30 m
 - sonstige (z.B. uneinheitlich)
 - keine Angabe

- Wie viele Fahrbahnen weist der Querschnitt der Untersuchungsstrecke auf?
 - 1
 - 2 (bauliche Mitteltrennung zwischen den Richtungsfahrbahnen)
 - sonstige: ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe

- Wie viele Fahrstreifen weist der Querschnitt der Untersuchungsstrecke auf?
 - 2
 - 3 (asymmetrisch, d.h. 1 Fahrstreifen in eine Richtung und 2 in die andere Richtung)
 - 4
 - sonstige: ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe

- Wie breit sind die Kfz-Fahrstreifen auf der genannten Strecke?
 - 3,00 m
 - 3,25 m

- 3,50 m
 - überbreite Fahrstreifen (5,00 m bis 5,50 m)
 - sonstige Breite (bitte nennen): ... (freie Eingabe)
 - keine Angabe
- Welche Breite weist die restliche Fahrbahn zwischen den markierten Radverkehrsführungen auf der genannten Strecke auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 4,50 m bis unter 5,00 m
 - von einschließlich 5,00 m bis unter 5,50 m
 - von einschließlich 5,50 m bis unter 6,00 m
 - von einschließlich 6,00 m bis unter 6,50 m
 - ab einschließlich 10 m (vierstreifige Straße mit Schutzstreifen)
 - keine Angabe
- Stellt sich die angegebene Strecke auf den beiden Straßenseiten hinsichtlich der Art und Breite der markierten Radverkehrsführung, der Parkmöglichkeiten und der Umfeldnutzung gleich dar? Sollten beide Seiten ungleich sein, werden sie nachfolgend getrennt abgefragt?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe

Spezifische Frage zu jedem genannten Straßenzug bei Nennung von Radfahrstreifen und gleichen Straßenseiten (Teil des sich wiederholenden Fragenblocks):

- Welche Breite weist der Radfahrstreifen inkl. Breitstrich-Markierung auf der genannten Strecke auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 1,85 m bis unter 2,00 m
 - von einschließlich 2,00 m bis unter 2,25 m
 - von einschließlich 2,25 m bis unter 2,50 m
 - keine Angabe

Spezifische Fragen zu jedem genannten Straßenzug bei Nennung von Radfahrstreifen und ungleichen Straßenseiten (Teil des sich wiederholenden Fragenblocks):

- Welche Breite weist der Radfahrstreifen inkl. Breitstrich-Markierung auf der genannten Strecke in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 1 zu Knotenpunkt 2 auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 1,85 m bis unter 2,00 m

- von einschließlich 2,00 m bis unter 2,25 m
 - von einschließlich 2,25 m bis unter 2,50 m
 - keine Angabe
- Welche Breite weist der Radfahrstreifen inkl. Breitstrich-Markierung auf der genannten Strecke in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 2 zu Knotenpunkt 1 auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 1,85 m bis unter 2,00 m
 - von einschließlich 2,00 m bis unter 2,25 m
 - von einschließlich 2,25 m bis unter 2,50 m
 - keine Angabe

Spezifische Frage zu jedem genannten Straßenzug bei Nennung von Schutzstreifen und gleichen Straßenseiten (Teil des sich wiederholenden Fragenblocks):

- Welche Breite weist der Schutzstreifen auf der genannten Strecke auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 1,25m bis unter 1,50 m
 - von einschließlich 1,50m bis unter 1,75 m
 - von einschließlich 1,75m bis unter 2,00 m
 - keine Angabe

Spezifische Fragen zu jedem genannten Straßenzug bei Nennung von Schutzstreifen und ungleichen Straßenseiten (Teil des sich wiederholenden Fragenblocks):

- Welche Breite weist der Schutzstreifen auf der genannten Strecke in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 1 zu Knotenpunkt 2 auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 1,25m bis unter 1,50 m
 - von einschließlich 1,50m bis unter 1,75 m
 - von einschließlich 1,75m bis unter 2,00 m
 - keine Angabe
- Welche Breite weist der Schutzstreifen auf der genannten Strecke in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 2 zu Knotenpunkt 1 auf?
 - genau (in m): ... (freie Eingabe)
 - ansonsten im Bereich:
 - von einschließlich 1,25m bis unter 1,50 m
 - von einschließlich 1,50m bis unter 1,75 m
 - von einschließlich 1,75m bis unter 2,00 m

- keine Angabe

Spezifische Fragen zu jedem genannten Straßenzug bei Nennung von Radfahrstreifen oder Schutzstreifen und gleichen Straßenseiten (Teil des sich wiederholenden Fragenblocks):

- Finden sich entlang der Strecke Parkmöglichkeiten? (Mehrfachnennungen möglich)?
 - ja:
 - Längsparkstände
 - Schrägparkstände
 - Querparkstände
 - nein
 - keine Angabe
- Welche Umfeldnutzung findet sich entlang der genannten Strecke?
 - Bebauung:
 - offene Bebauung
 - geschlossene Bebauung
 - keine Angabe
 - Nutzung:
 - Mischnutzung
 - Wohngebiet
 - Gewerbegebiet
 - Freizeitgebiet
 - keine Angabe

Spezifische Fragen zu jedem genannten Straßenzug bei Nennung von Radfahrstreifen oder Schutzstreifen und ungleichen Straßenseiten (Teil des sich wiederholenden Fragenblocks):

- Finden sich in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 1 zu Knotenpunkt 2 entlang der Strecke Parkmöglichkeiten? Mehrfachnennungen möglich)
 - ja:
 - Längsparkstände
 - Schrägparkstände
 - Querparkstände
 - nein
 - keine Angabe
- Finden sich in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 2 zu Knotenpunkt 1 entlang der Strecke Parkmöglichkeiten? Mehrfachnennungen möglich)
 - ja:
 - Längsparkstände
 - Schrägparkstände
 - Querparkstände

- nein
- keine Angabe

- Welche Umfeldnutzung findet sich in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 1 zu Knotenpunkt 2 entlang der genannten Strecke?
 - Bebauung:
 - offene Bebauung
 - geschlossene Bebauung
 - keine Angabe
 - Nutzung:
 - Mischnutzung
 - Wohngebiet
 - Gewerbegebiet
 - Freizeitgebiet
 - keine Angabe

- Welche Umfeldnutzung findet sich in Fahrtrichtung von Knotenpunkt 2 zu Knotenpunkt 1 entlang der genannten Strecke?
 - Bebauung:
 - offene Bebauung
 - geschlossene Bebauung
 - keine Angabe
 - Nutzung:
 - Mischnutzung
 - Wohngebiet
 - Gewerbegebiet
 - Freizeitgebiet
 - keine Angabe

Abschließende Frage des zweiten Teils:

- Haben Sie noch weitere Anmerkungen zum zweiten Teil des Fragebogens, bevor dieser endet?
 - ja: ... (freie Eingabe)

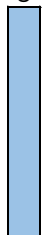
Anhang B Unfalldichten und -raten der homogenen Streckenabschnitte der einzelnen Cluster

Führungsform	angrenzende Parkstände	Breite der Anlage	Kfz-Stärke (DTV)	Unfalldichten und -raten der homogenen Streckenabschnitte								
				Unfalldichte				Unfallrate				
				Anzahl U(P)-Rf in 3 Jahren [1]	Unfalldichte [U(P)-Rf/(km*Jahr)]	Anzahl der Strecken [1]	kumulierte Länge [m]	Anzahl U(P)-Rf in 3 Jahren [1]	Unfallrate [U(P)-Rf/(10*6-Rf*km)]	Anzahl der Strecken [1]	kumulierte Länge [m]	
Radfahrstreifen	ja	bis 1,60 m	bis 5.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			5.000 bis 10.000	0	0,0	5	2.410	0	0,0	5	2.410	
		ab inkl. 1,60 m	über 10.000	24	1,3	4	6.300	9	12,1	2	4.700	
			bis 5.000	-	-	-	-	-	-	-	-	
	nein	bis 1,60 m	5.000 bis 10.000	16	0,7	8	8.070	11	17,2	3	2.410	
			über 10.000	7	0,5	5	5.090	2	6,8	3	2.090	
		bis 1,60 m	bis 5.000	3	0,7	2	1.520	3	15,2	2	1.520	
			5.000 bis 10.000	1	0,5	1	690	1	7,1	1	690	
Schutzstreifen	ja	bis 1,50 m	über 10.000	4	0,4	6	3.180	2	18,6	2	480	
			bis 5.000	-	-	-	-	-	-	-	-	
		ab inkl. 1,60 m	5.000 bis 10.000	21	0,6	11	11.375	18	7,9	6	5.850	
			über 10.000	13	0,6	14	7.340	13	2,9	11	5.510	
	nein	bis 1,50 m	bis 5.000	6	1,1	4	1.880	6	14,7	4	1.880	
			5.000 bis 10.000	7	0,7	9	3.170	2	5,4	2	1.040	
		ab inkl. 1,50 m	über 10.000	0	0,0	5	2.650	-	-	-	-	
			bis 5.000	-	-	-	-	-	-	-	-	
"Protected Lanes"	ja	bis 1,50 m	5.000 bis 10.000	28	0,8	17	11.060	25	4,7	12	8.880	
			über 10.000	84	1,4	21	20.350	68	2,5	16	17.010	
		ab inkl. 1,50 m	bis 5.000	2	0,5	2	1.340	2	4,3	2	1.340	
			5.000 bis 10.000	4	1,1	4	1.240	2	16,2	2	720	
	nein	bis 1,50 m	über 10.000	0	0,0	6	3.740	0	0,0	3	2.200	
			bis 5.000	-	-	-	-	-	-	-	-	
		ab inkl. 1,50 m	5.000 bis 10.000	6	0,2	12	11.200	2	0,9	6	6.990	
			über 10.000	2	2,2	1	300	-	-	-	-	
alle Führungen	Mittelwert belegter Cluster	ab inkl. 1,60 m	über 10.000	17	2,0	6	2.840	12	9,3	4	1.340	
		-	-	245	0,8	143	105.745	178	3,8	86	67.060	
				12,3	0,8	7,2	5.287	9,9	8,1	4,8	3.726	

Legende

 höchste Werte der Spalte (sowie farbliche Abstufungen)

 niedrigste Werte der Spalte (sowie farbliche Abstufungen)

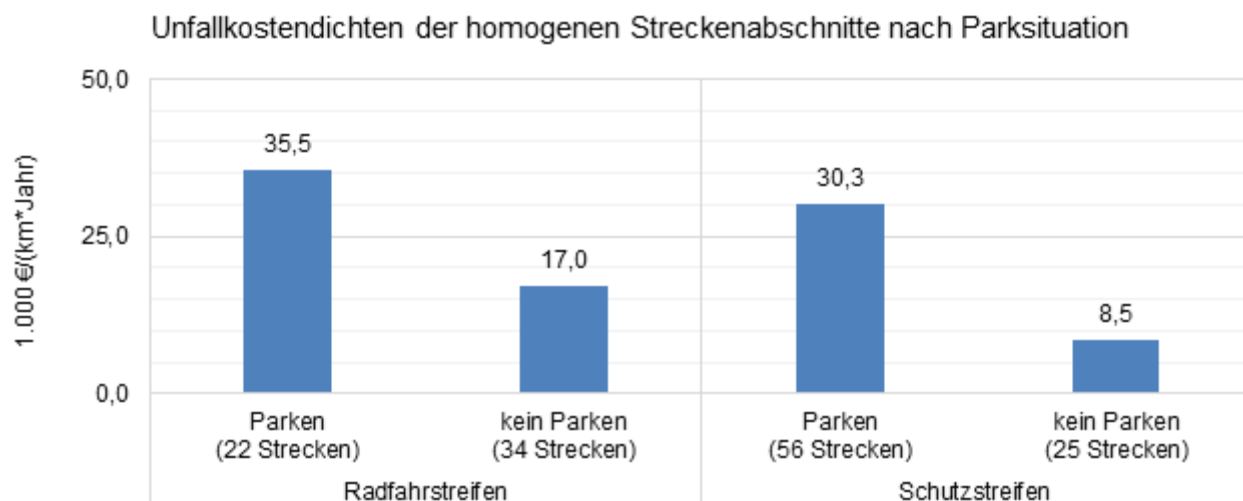
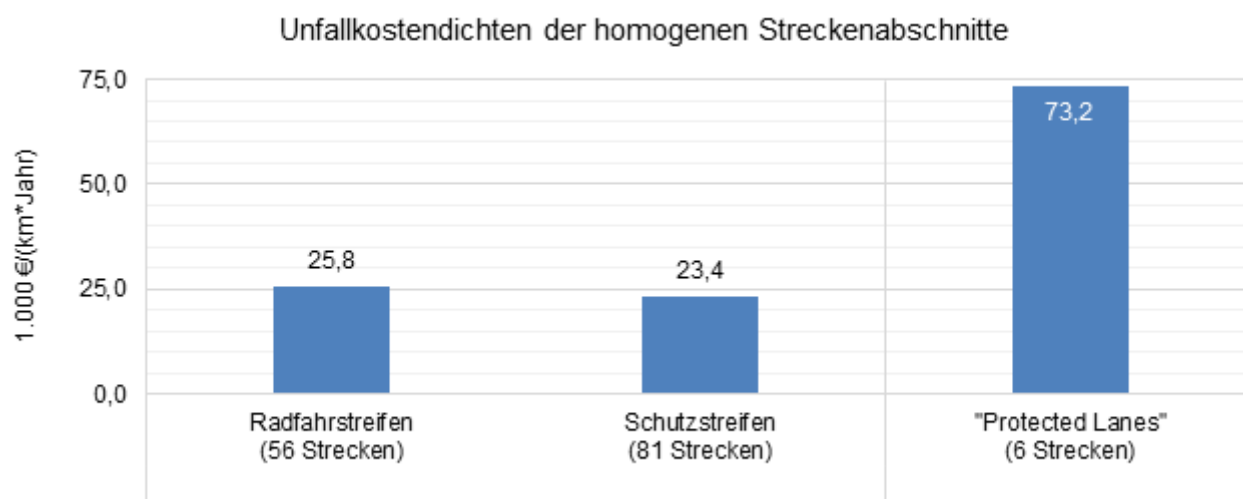
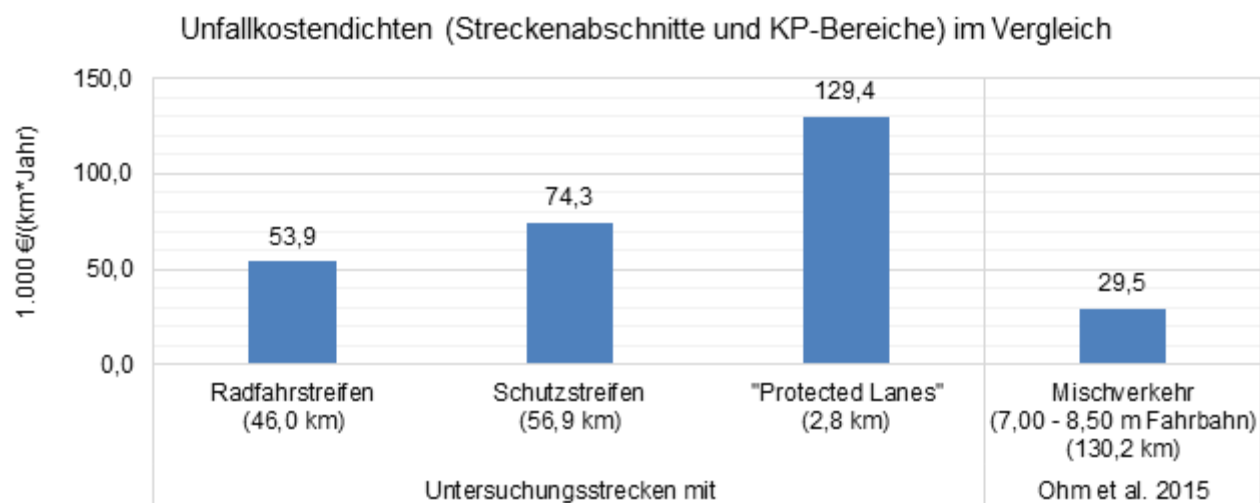
 Geringe Stützbreite (Streckenzahl kleiner 3 bzw. Länge kleiner 1.000 m)

Anhang C Kostenansatz für die Unfallkostendichten und Unfallkostenraten

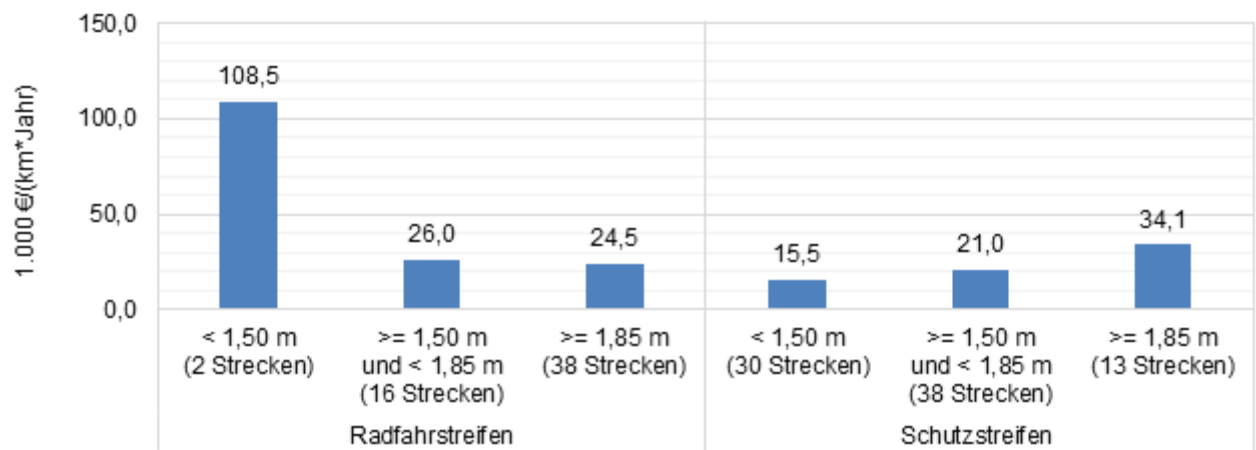
Kostensätze Unfälle innerorts	Preisstand 2010 in €
WV(GT)	1.044.808
WV(SV)	112.366
WV(LV)	4.433
WUS(GT)	10.707
WUS(SV)	10.707
WUS(LV)	9.506

Verwendeter Kostenansatz nach indirekter Anpassung auf das untersuchte Unfallgeschehen in €	
Kat. 1 und 2 - WUa(SP)	142.267,21
Kat. 3 - WUa(LV)	14.043,43

Anhang D Unfallkostendichten

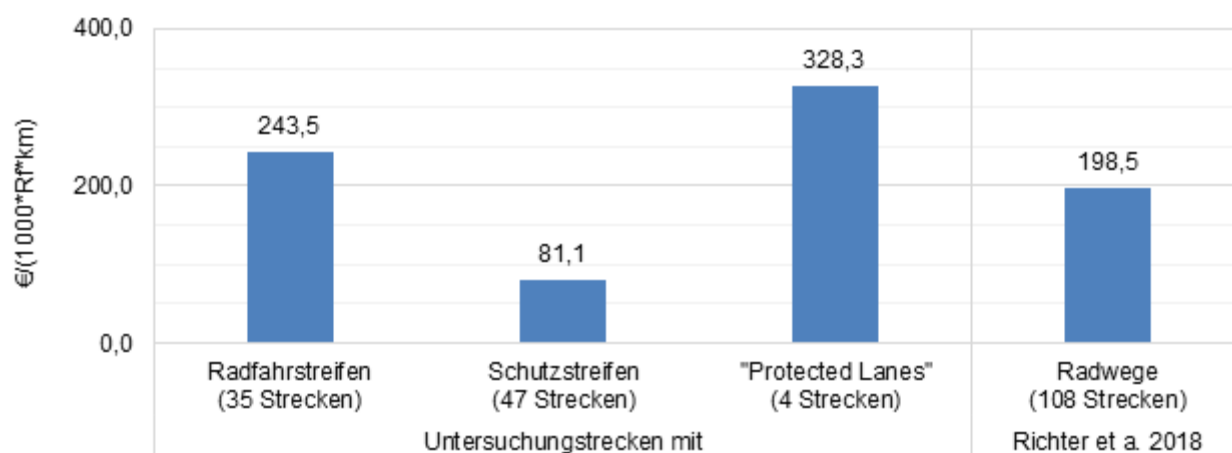


Unfallkostendichten der homogenen Streckenabschnitte nach Anlagenbreite

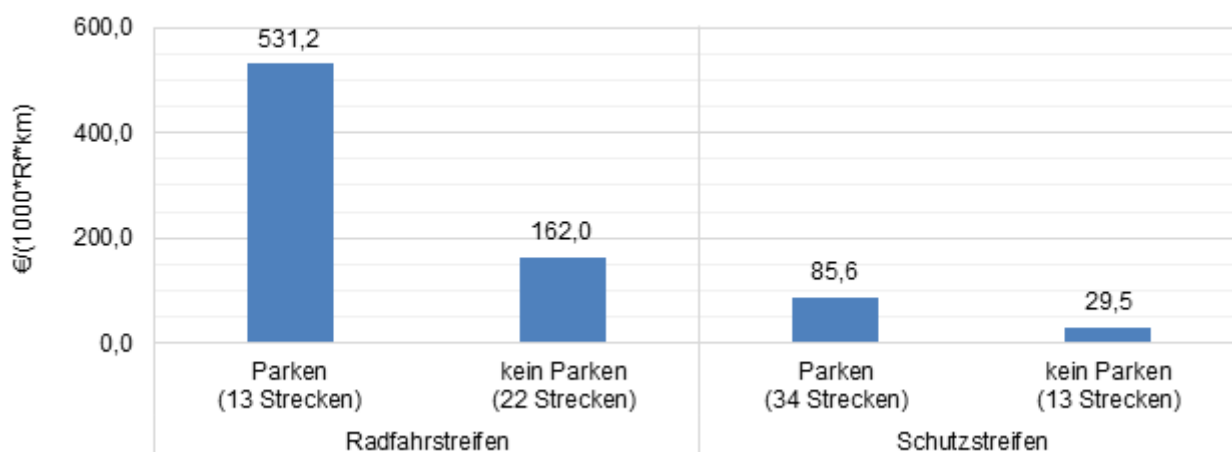


Anhang E Unfallkostenraten

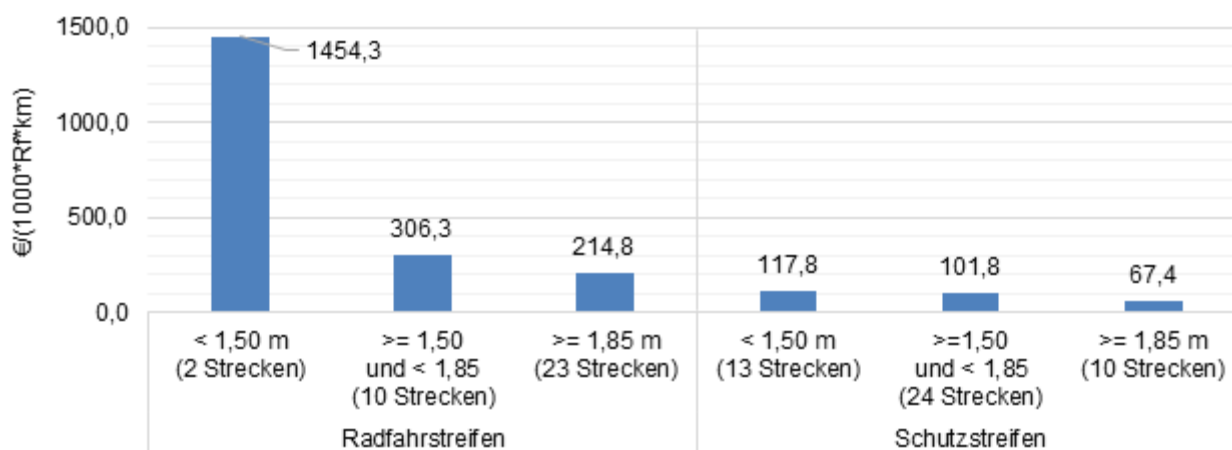
Unfallkostenraten der homogenen Streckenabschnitte



Unfallkostenraten der homogenen Streckenabschnitte nach Parksituation



Unfallkostenraten der homogenen Streckenabschnitte nach Anlagenbreite



Anhang F Fragenkomplex der Radverkehrsbefragung vor Ort

Fragen zum befahrenen Streckenabschnitt:

- Wie oft fahren Sie hier?
 - (fast) täglich
 - mehrmals pro Woche
 - ca. einmal pro Woche
 - seltener

- Fahren Sie hier immer auf dem markierten Streifen? Falls nicht, wo fahren Sie sonst? *(nur gestellt, falls befragter Radfahrer auf dem Streifen fuhr)*
 - ja:
 - nein, sondern auf: ... (freie Nennung)

- Warum fahren Sie hier nicht auf dem markierten Streifen? *(falls Radfahrer nicht auf dem Streifen fuhr oder „nein“ bei vorheriger Frage angab)*
 - ... (freie Nennung)

- Wie schätzen Sie hier die Sicherheit auf dem markierten Streifen ein?
 - sehr sicher
 - eher sicher
 - eher unsicher: ... (freie Nennung des Grundes)
 - sehr unsicher: ... (freie Nennung des Grundes)

- Wie beurteilen Sie hier den Abstand, den vorbeifahrende Fahrzeuge von ihnen halten?
 - gering
 - ausreichend
 - großzügig

- Wie beurteilen Sie hier die Überholmöglichkeiten für Radfahrer untereinander?
 - problemlos möglich
 - problematisch, da ... (freie Nennung des Grundes)

- Wie verhalten Sie sich, wenn hier ein langsamerer Radfahrer vor Ihnen fährt?
 - ich überhole innerhalb des Streifens
 - ich überhole mit Verlassen des Streifens
 - ich überhole nicht, sondern fahre hinterher

- Wurden Sie hier schon durch Ein- oder Ausparkvorgänge von legal neben dem Streifen parkenden Fahrzeugen behindert oder gar in eine gefährliche Situation verwickelt?
 - nein, noch nie
 - ja, aber selten: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)
 - ja, sogar oft: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)

- Wurden Sie hier schon durch auf dem markierten Streifen fahrende oder stehende Fahrzeuge behindert oder gar in eine gefährliche Situation verwickelt?
 - nein, noch nie
 - ja, aber selten: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)
 - ja, sogar oft: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)

- Wurden Sie hier schon durch andere Radfahrer behindert oder gar in eine gefährliche Situation verwickelt?
 - nein, noch nie
 - ja, aber selten: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)
 - ja, sogar oft: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)

- Wurden Sie hier schon durch Fußgänger behindert oder gar in eine gefährliche Situation verwickelt?
 - nein, noch nie
 - ja, aber selten: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)
 - ja, sogar oft: ... (Beschreibung im Falle von konkret erlebter Gefahrensituation)

- Gibt es hier aus Ihrer Sicht noch andere Probleme, die noch nicht angesprochen wurden?
 - nein
 - ja, folgende ... (freie Nennung)

Allgemeine Fragen zur Person:

- *Geschlecht durch Interviewer dokumentiert.*

- Verraten Sie mir Ihr Alter (*Schätzung durch Interviewer, falls keine Angabe*)?
 - ... (freie Nennung)

- Wie oft nutzen Sie das Fahrrad?
 - (fast) täglich
 - mehrmals pro Woche
 - ca. einmal pro Woche
 - seltener

- Fahren Sie generell eher langsam oder eher schnell Rad?
 - eher langsam
 - eher schnell
 - weiß nicht

- Haben Sie einen Führerschein?
 - ja
 - nein
 - keine Angabe



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43 / 43G

10117 Berlin

Postfach 08 02 64

10002 Berlin

Tel. 030/2020-5000

Fax 030/2020-6000

berlin@gdv.org, unfallforschung@gdv.de

www.gdv.de, www.udv.de