



Kurzbericht

zum Forschungsvorhaben

„Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit“

gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

Wuppertal & Dresden, Juni 2021

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzbericht

„Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit“

Autor*innen:

Dipl.-Ing. Anne Koppers*

Stefanie Ruf, M.Sc. Psychologie*

Prof. Dr. Jürgen Gerlach

Prof. Dr. Carmen Hagemeister

Dipl.-Ing. Tanja Leven

Bergische Universität Wuppertal

Technische Universität Dresden

Projektleitung:

Prof. Dr. Jürgen Gerlach

(Bergische Universität Wuppertal)

Prof. Dr. Carmen Hagemeister

(Technische Universität Dresden)

*Beide Autorinnen haben zu gleichen Teilen zur vorliegenden Arbeit beigetragen.

Bitte zitieren diesen Bericht wie folgt: Koppers, A., Ruf, S., Gerlach, J., Leven, T., & Hagemeister, C. (2021). *Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit. Kurzbericht*. Verfügbar unter <https://www.svpt.uni-wuppertal.de/de/home/forschung/projekte/radfahren-bei-beengten-verhaeltnissen.html>

Die in dieser Arbeit wiedergegebenen Inhalte und Empfehlungen entsprechen nicht notwendigerweise der Meinung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Inhalt

Kurzfassung	ii
Abstract	iii
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung.....	1
1.2 Projektaufbau.....	2
1.3 Forschungsfragen und methodisches Vorgehen	3
2 Vorstellung wesentlicher Ergebnisse	7
2.1 Verkehrssicherheit	7
2.2 Flächennutzung.....	12
2.3 Fahrlinien	15
2.4 Kfz-Geschwindigkeiten und Überholabstände.....	16
2.5 Konflikte zwischen Radfahrenden und zu Fuß Gehenden	18
2.6 Regelwissen.....	19
3 Fazit	21
4 Empfehlungen	24
5 Literaturverzeichnis.....	29

Kurzfassung

Mit der Zunahme der Zahl der Radfahrenden in Deutschland nimmt auch die Nachfrage nach Radverkehrsinfrastruktur zu. Aufgrund zu geringer Querschnittsbreiten ist es jedoch nicht immer möglich, dem – insbesondere durch ein höheres Sicherheitsgefühl im Seitenraum bedingten – Wunsch vieler Radfahrender nach separater Radverkehrsinfrastruktur nachzukommen. In solchen Fällen werden teils Fahrradpiktogramme auf der Fahrbahn aufgebracht oder Hinweisschilder am Fahrbahnrand aufgestellt. Sie sollen das Recht Radfahrender, auf der Fahrbahn zu fahren, verdeutlichen und Kfz-Fahrende darauf hinweisen, dass mit Radfahrenden auf der Fahrbahn gerechnet werden muss und diese mit ihnen zu teilen ist. Die Maßnahmen sind derzeit so nicht in der StVO vorgesehen, entsprechend hatte das Forschungsprojekt „Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit“ zum Ziel, erste umfassende wissenschaftliche Erkenntnisse zur Wirkung der Maßnahmen auf Regelwissen, Einstellungen und Verhalten der Verkehrsteilnehmenden sowie auf das Unfallgeschehen in Deutschland zu gewinnen. Es wurde gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans 2020, und wurde in Kooperation des Fachzentrums Verkehr der Bergischen Universität Wuppertal und der Professur Diagnostik und Intervention der Technischen Universität Dresden durchgeführt.

20 Strecken in 15 Kommunen in Deutschland wurden für Vorher-/Nachher-Untersuchungen sowie für Erhebungen im Bestand ausgewählt. Die Ergebnisse waren positiv und lassen einen eindeutigen Bedarf an einer solchen Neuregelung für Abschnitte des Basis- oder Vorrang-Radnetzes erkennen, in denen selbst bei Verzicht auf Parkreihen keine regelkonforme Radverkehrsanlage unterzubringen ist. In Videoanalysen zeigte sich eine Abnahme an Überholvorgängen von Radfahrenden durch Kfz, was in der Folge eine Zunahme der Zahl der Hinterherfahrten von Kfz bedeutete. Wenngleich sich örtlich teils deutliche Verschiebungen mit größerem Abstand der Radfahrenden vom ruhenden Verkehr zeigten, so verschoben sich insgesamt sowohl die Fahrlinien der Rad- als auch der Kfz-Fahrenden kaum. Die Geschwindigkeit der Kfz nahm im Mittel leicht ab. Der Anteil von Radfahrenden auf dem Gehweg reduzierte sich, auf der Fahrbahn stieg er an, was sich auch mit dem berichteten Verhalten der Verkehrsteilnehmenden in Vor-Ort-Befragungen auf den Untersuchungsstrecken sowie postalischen und Online-Befragungen im Streckenumfeld deckte. Zudem verbesserte sich das Regelwissen der Befragten, wo Radfahren auf der Untersuchungsstrecke erlaubt war. Die Befragten fühlten sich nach der Maßnahmenumsetzung signifikant sicherer als zuvor und empfanden Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden im Mischverkehr als angenehmer. Die Daten aus Unfalluntersuchungen und den Videoanalysen deuten auf eine Verringerung des individuellen Unfallrisikos der Radfahrenden an Knotenpunkten sowie eine Reduktion der Konfliktschwere im Seitenraum und auf der Fahrbahn hin. Eine Analyse von durchgeführten Öffentlichkeitsarbeitsmaßnahmen sowie die Gespräche mit den Befragten deuten auf die Notwendigkeit hin, die Gründe für das Markieren von Piktogrammen auf der Fahrbahn bzw. Aufstellen von Hinweisschildern am Fahrbahnrand wie zu geringe Querschnittsbreiten und die Aufhebung der Radwegebenutzungspflicht zu kommunizieren.

Die Ergebnisse aus der vorliegenden Untersuchung lassen insgesamt auf einen positiven Einfluss der umgesetzten Maßnahmen auf objektive und subjektive Sicherheit schließen. Die eher geringe Veränderung der Fahrlinien der Radfahrenden ist darauf zurückzuführen, dass diese meist am rechten Rand der Piktogramme fahren. Es ist daher zu empfehlen, die Piktogramme mittig auf dem Fahrstreifen zu platzieren, um zu vermeiden, dass Radfahrende in der sog. „Dooring“-Zone, also im Bereich sich möglicherweise öffnender Türen parkender Kfz, fahren.

Abstract

As the number of cyclists in Germany increases, so does the demand for cycling infrastructure. Cyclists prefer separate cycling infrastructure, particularly because it increases their subjective safety. However, due to insufficient cross-section widths, it is not always possible to meet many a cyclist's wish for separation. In such cases, bicycle pictograms are sometimes placed on the road or signs are erected at the curb. They are intended to clarify the cyclists' right to ride on the road and to inform motorists that cyclists must be expected there and that the road must be shared with them. These measures are currently not permitted by German Road Traffic Regulations (StVO). Accordingly, the research project "Cycling in confined conditions - the effect of pictograms and signs on road user behavior and traffic safety" aimed to obtain initial comprehensive scientific findings on the effect of the measures on the road users' rule knowledge, attitudes and behavior, as well as on crashes in Germany. It was financed by the German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) with funds for the implementation of the National Cycling Plan 2020, and was carried out in cooperation between the Department of Road Traffic Planning and Engineering at Bergische Universität Wuppertal and the Chair of Assessment and Intervention at TU Dresden.

20 sites in 15 German municipalities that either had already implemented the measures or wanted to implement them were selected for inventory or before/after analyses, respectively. The results were positive and indicate a clear need for such a new regulation for parts of the basic or priority bicycle network, where it is not possible to accommodate a bicycle facility which meets the regulations – even if parking rows are omitted. Video analyses showed a decrease in the proportion of motorists overtaking bicyclists and subsequently an increase in the number of motorists staying behind them. Although there were some clear local alterations with a greater distance between cyclists and stationary traffic, overall hardly any change in the trajectory both for cyclists and motorists could be noticed. On average, the motorists reduced their speed slightly. The proportion of bicyclists on the sidewalk decreased, while it increased on the road, which was consistent with the reported behavior of road users in on-site surveys, as well as in mail and online surveys in the vicinity of the sites. In addition, the respondents' rule knowledge regarding where to cycle on the study site improved. They felt significantly safer after the measure implementation than before and found interaction with other road users in mixed traffic more pleasant. The data from crash investigations and the video analyses indicate a reduction in the individual crash risk for cyclists at intersections, as well as a reduction in the severity of conflicts on non-compulsory bike paths and footpaths and on the road. An analysis of public relations measures as well as remarks by the interviewees indicate the necessity to communicate the reasons for marking pictograms on the road or erecting signs at the curb, such as cross-section widths that are too narrow and the removal of the obligation to use the cycle lane.

Overall, the results of the present study indicate a positive influence of the implemented measures on objective and subjective safety. The rather small change in the cyclists' position on the road is due to the fact that they mostly chose to cycle on the right edge of the pictograms. It is therefore recommended to place them in the center of the lane to avoid cyclists riding in the so-called "dooring" zone, i.e. in the area in which doors of parked motor vehicles might open.

1 Einleitung

Im Folgenden wird ein Überblick über die Problemstellung und Zielsetzung des Projekts „Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit“ (1.1), den Projektaufbau (1.2) und die formulierten Forschungsfragen sowie die verwendete Untersuchungsmethodik (1.3) gegeben.

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Immer wieder müssen sich Radfahrende auf Hauptverkehrsstraßen den vorhandenen Platz mit Kraftfahrzeugen (Kfz) auf der Fahrbahn teilen, da der Straßenraum für eine getrennte Führung nicht ausreicht und keine Alternativroute besteht. Hierbei gibt es auch Strecken, die zusätzlich die Benutzung des Seitenraums entweder durch einen nicht benutzungspflichtigen Radweg oder eine Freigabe des Gehwegs für Radfahrende erlauben. Insbesondere bei dieser dualen Führung kann es vorkommen, dass Kfz-Fahrende nicht mit Radfahrenden auf der Fahrbahn rechnen und sich eine fehlende Akzeptanz für Radfahrende auf der Fahrbahn im Fahrstil der Kfz-Fahrenden widerspiegelt.

Radfahrende nutzen zudem oft subjektiv als sicherer empfundene Radwege oder Gehwege, da sie die Nutzung der Fahrbahn als unsicher einschätzen oder, wie auch Kfz-Fahrende, Unterschiede in der Benutzungspflicht nicht kennen. Dies führt neben Konflikten auf der Fahrbahn auch zu Konflikten mit zu Fuß Gehenden im Seitenraum.

Rad-Piktogramme und Hinweisbeschilderungen zur Fahrbahnbenutzung werden daher u.a. im Zusammenhang mit der Aufhebung der Benutzungspflicht von Radwegen umgesetzt oder finden in Straßenräumen, in denen regelkonforme Radverkehrsanlagen aufgrund zu geringer Abmessungen nicht umsetzbar sind, Anwendung.

Unter dem Begriff Rad-Piktogramm bzw. Fahrrad-Piktogramm ist in dem vorliegenden Projektbericht das Sinnbild „Radverkehr“ gemäß Straßenverkehrs-Ordnung zu verstehen. Durch das Aufbringen dieses Sinnbildes in regelmäßigen Abständen auf die Fahrbahn entstehen sogenannte Piktogrammketten (vgl. Abbildung 1). Die Rad-Piktogramme können dabei auch durch Pfeil-Elemente ergänzt werden. Die Piktogrammketten waren Haupt-Untersuchungsgegenstand dieses Forschungsprojektes. Weiterhin wurden Strecken mit Hinweisschildern zur Aufhebung der Benutzungspflicht des straßenbegleitenden Radweges und der gewünschten Benutzung der Fahrbahn durch Radfahrende untersucht.

Die Nutzung von Hinweisbeschilderungen und/oder der Markierung von Fahrrad-Piktogrammen hat das Ziel, die vorhandene Führungsform „Mischverkehr“ zu unterstützen, den Radverkehr insbesondere in vormals unfallauffälligen Situationen sicherer zu gestalten und das Verkehrsklima zu verbessern. Die Präsenz und die Rechte von Radfahrenden sollen damit verdeutlicht werden, wobei das gegenseitige Miteinander und die Visualisierung wichtiger Radrouten im Vordergrund stehen. Die Nutzung und Ausföhrung der Piktogramme ist in Bezug zur Straßenverkehrsordnung (StVO) stark umstritten.

Bisher wurden einzelne Projekte zur Wirkung von Rad-Piktogrammen auf der Fahrbahn im Ausland durchgeführt, diese umfassen jedoch teilweise nur sehr kleine Stichproben und die Ergebnisse sind nicht direkt auf Deutschland übertragbar. Eine Studie aus Deutschland existiert hierzu bisher nicht.



Abbildung 1: Beispiel einer Piktogrammreihe mit Pfeilelement.

Das Forschungsprojekt, gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur mit Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans 2020, im Rahmen dessen dieser Bericht entstanden ist, sollte dazu beitragen zu ermitteln, unter welchen Rahmenbedingungen diese Maßnahmen zur Unterstützung des Mischverkehrs auf der Fahrbahn sinnvoll sind, wie sie ausgestaltet werden können und wie die Umsetzung und Akzeptanz durch Öffentlichkeitsarbeit unterstützt werden kann.

1.2 Projektaufbau

Die Untersuchung gliederte sich in vier Arbeitspakete, wie in Abbildung 2 dargestellt. Hierbei wurden die Straßenraumgestaltung, das Verkehrsverhalten und die objektive Sicherheit vom Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik der Bergischen Universität Wuppertal mittels Videobeobachtungen und Unfallanalysen untersucht. Regelwissen, subjektives Sicherheitsempfinden und berichtetes Verhalten sowie Kommunikationsmaßnahmen wurden mittels Befragungen und Analysen der Pressearbeit von der Professur Diagnostik und Intervention an der Fakultät Psychologie der Technischen Universität Dresden untersucht.

Aufbauend auf Erkenntnissen aus der internationalen Anwendung von Fahrrad-Piktogrammen, auch Sharrows genannt, und Piktogrammketten, dem Stand der Forschung zum Radverkehr im Mischverkehr und der subjektiven Sicherheit sowie Erkenntnissen zur Umsetzungspraxis und ersten Auswertungen der Vor-Ort-Untersuchungen und Analysen von schon bestehenden Strecken mit Piktogramm-Markierungen (Bestandsstrecken) wurden erste Empfehlungen für im Rahmen der Projektlaufzeit umzusetzende Strecken mit Piktogrammketten zusammengetragen.

Im nächsten Schritt wurden in der Pilotphase Vorher-/Nachher-Beobachtungen und Befragungen an Strecken durchgeführt, an denen während der Projektlaufzeit Piktogramm-Ketten markiert bzw. Hinweisschilder aufgestellt wurden (Pilotstrecken), um die Wirkung der Piktogramme bzw. Hinweisschilder im Vorher-/Nachher-Vergleich zu erfassen und die Empfehlungen für Deutschland konkretisieren zu können.

In einem letzten Schritt wurden alle Daten verschnitten und vor dem Hintergrund existierender Literatur diskutiert sowie zu ersten Empfehlungen zur Anwendung und Implementierung in Gesetze und Regelwerke überführt.

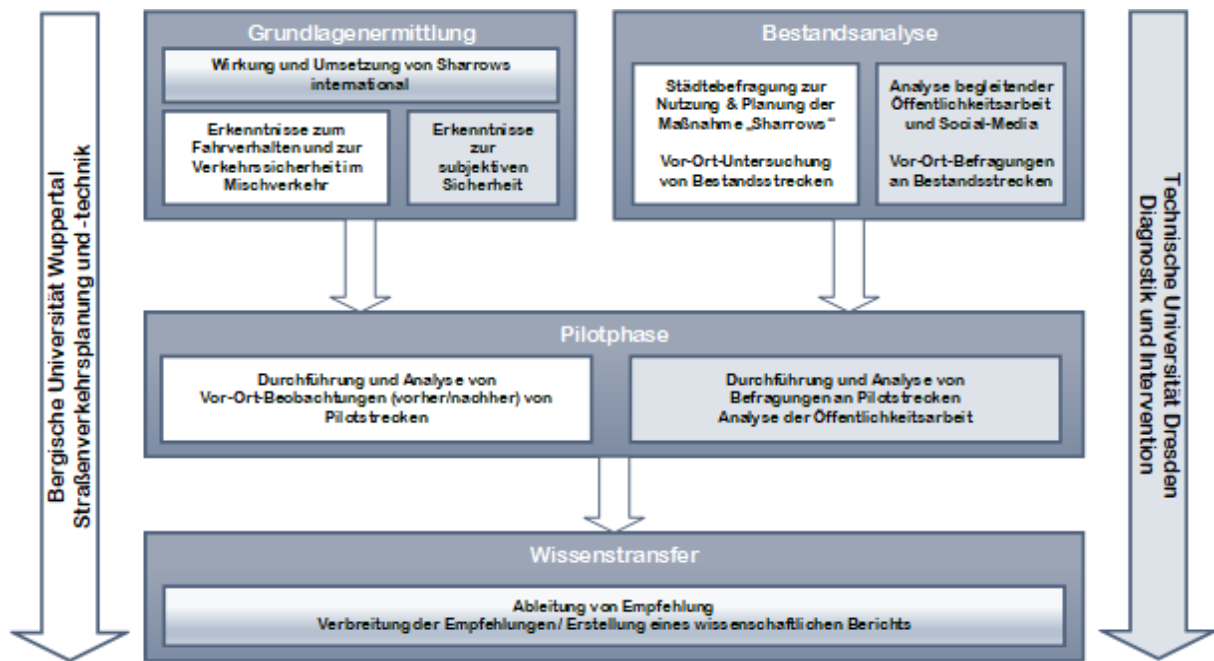


Abbildung 2: Projektablauf.

1.3 Forschungsfragen und methodisches Vorgehen

Im vorliegenden Projekt sollten folgende aus der Problemstellung (1.1) sowie aus dem aktuellen Stand der Forschung abgeleitete und in Form von Thesen formulierte Forschungsfragen anhand der unter 1.2 vorgestellten Vorgehensweise beantwortet werden:

- Die objektive und subjektive Verkehrssicherheit verbessert sich nach Aufbringen von Piktogrammketten. Die Unfallsituation verbessert sich, die Unfallraten und der Anteil von kritischen Interaktionen im Seitenraum und auf der Fahrbahn nehmen ab. Die Verkehrsteilnehmenden fühlen sich nach der Umsetzung der Maßnahmen sicherer als zuvor und schätzen Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden als angenehmer ein. Die Piktogramme beeinflussen die Fahrlinie von Radfahrenden. Radfahrende befahren die Mitte des Piktogramms, insbesondere bei Nutzung eines Pfeilelements in Kombination mit einem Fahrrad-Piktogramm.
- Kfz-Fahrende fahren langsamer, sie überholen Radfahrende seltener und mit mehr Abstand.
- Zu Fuß Gehende haben weniger Interaktionen mit Radfahrenden im Seitenraum.
- Das Regelwissen der Verkehrsteilnehmenden wird durch die Maßnahmen beeinflusst – nach dem Aufbringen der Piktogramme bzw. dem Aufstellen der Hinweisschilder wissen mehr Verkehrsteilnehmende als zuvor, wo Radfahren auf der Untersuchungsstrecke erlaubt ist.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde zunächst mittels Kommunenbefragung ermittelt, ob es entsprechend des Projektes umgesetzte oder geplante Maßnahmen zu Piktogrammketten auf der Fahrbahn oder Hinweisbeschilderungen zur Fahrbahnnutzung gab und ob Interesse zur Zusammenarbeit bestand. Aus den gemeldeten Strecken wurden zunächst sechs Strecken im Bestand aus mehreren Bundesländern mit unterschiedlicher Ausführung der Piktogrammketten ausgewählt. Für die daran anschließende Vorher-/Nachher-Untersuchung wurden in zwei Wellen 14 Pilotstrecken aus mehreren Bundesländern ausgewählt. Auswahlkriterien waren beispielsweise, dass die zu untersuchende Strecke auf einer Hauptverkehrsstraße oder Sammelstraße lag und beengte Verhältnisse auf ein- oder zweistreifigen Fahrbahnen ohne straßenbündige Gleiskörper vorlagen. Aus den Städtebefragungen wurden kaum Strecken mit geplanten Hinweisschildern zum Fahrbahnfahren gemeldet, so dass in der Vorher-/Nachher-Untersuchung nur eine Strecke mit Hinweisbeschilderung untersucht werden

konnte. Die weiteren 13 untersuchten Strecken in der Vorher-/Nachher-Untersuchung und die Bestandsstrecken wurden mit Piktogramm-Ketten markiert. Anhand von Kriterien wie Kfz- und Radverkehrsaufkommen, die einer Sicherung von ausreichend großen Stichproben bei den Vor-Ort-Befragungen dienen sollten, wurden 10 der insgesamt 14 Pilotstrecken für die Durchführung von Befragungen ausgewählt. Eine Übersicht über die für die Bestands- und Pilotphase ausgewählten Strecken ist in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt.







Bremerhaven (BH)	Darmstadt (DA)	Frankfurt (FR_SB)
		
Fahrrad-Piktogramm	Fahrrad-Piktogramm	Fahrrad-Piktogramm
Langenfeld (LF)	Mainz (MZ)	Osnabrück (OS)
		
Fahrrad-Piktogramm mit ange-deutetem Schutzstreifen	Fahrrad-Piktogramm mit Rich-tungspfeil	Fahrrad-Piktogramm












Tabelle 1: Markierungsarten der Piktogrammketten in der Bestandsuntersuchung.

Um das Verkehrsverhalten zu untersuchen und die in Kapitel 1.3 aufgestellten Forschungsfragen zu beantworten, wurden Seitenradar- und Videoanalysen an möglichst zwei Querschnitten der jeweiligen Untersuchungsstrecke durchgeführt. Die Videobeobachtungen erfolgten über einen 13-Stunden-Zeit-raum von 6 bis 19 Uhr. Nach der Ermittlung von 2-Stunden-Spitzenzeiträumen morgens, mittags und abends wurden diese detaillierter untersucht. Insgesamt wurden zur Analyse des Verkehrsverhaltens die folgenden Kenngrößen erhoben:

- Verkehrsstärken des Rad-, Fuß- und Kfz-Verkehrs,
- Raumnutzung Radfahrende,
- Fahrlinien (Kfz, Rad),
- Überholabstände,
- Geschwindigkeiten des Rad- und Kfz-Verkehrs,
- Interaktionen mit Radfahrenden.

Neben der Verkehrsverhaltensanalyse wurde eine Unfallanalyse durchgeführt. Für die Bestandsstrecken war es größtenteils möglich, Unfalldaten in einem 3-Jahres-Zeitraum vorher und nachher zu ver-gleichen. Bei den Pilotstrecken war es aufgrund der Projektlaufzeit nicht möglich, einen 3-Jahreszeit-raum nach der Umsetzung zu betrachten. Aufgrund der kurzen Nachher-Zeiträume wurde, wie für die Vor-Ort-Untersuchungen im Nachher-Zeitraum, gemäß M Uko (FGSV, 2012) eine Eingewöhnungszeit von drei Monaten für diese Maßnahme angenommen, die nicht in die Unfallauswertung einfließen.

Aus den unterschiedlichen Umsetzungszeitpunkten der Maßnahmen resultieren unterschiedlich lange Nachher-Zeiträume. Die Betrachtungszeiträume betragen 12, 24 oder 36 Monate.

<p>Arnsberg (AR_BR)</p> 	<p>Arnsberg (AR_HL)</p> 	<p>Bielefeld (BI)</p> 
<p>Fahrrad-Piktogramm</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm</p>	<p>Hinweisschild „Radfahren auf der Fahrbahn erlaubt“</p>
<p>Frankfurt (FR_RH)</p> 	<p>Göttingen (GT)</p> 	<p>Koblenz (KO_BH)</p> 
<p>Fahrrad-Piktogramm mit Doppel-Winkelpfeil</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm</p>
<p>Koblenz (KO_HZ)</p> 	<p>Koblenz (KO_L)</p> 	<p>Köln (KOE)</p> 
<p>Fahrrad-Piktogramm</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm</p>
<p>Paderborn (PB)</p> 	<p>Ratingen (RA)</p> 	<p>Stuttgart (ST)</p> 
<p>Fahrrad-Piktogramm</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm mit Richtungspfeil</p>	<p>Fahrrad-Piktogramm</p>



Trier (TR_PA)	Trier (TR_WB)
	
Fahrrad-Piktogramm mit geteiltem Doppel-Winkelpfeil	Fahrrad-Piktogramm mit geteiltem Doppel-Winkelpfeil

Tabelle 2: Beschilderungs- und Markierungsmaßnahmen in der Pilotuntersuchung

Zusätzlich zu den Verhaltens- und Unfallanalysen wurde auch das subjektive Erleben erfasst. Dazu wurden vor Ort Verkehrsteilnehmende, die auf den Untersuchungsstrecken zu Fuß, mit dem Rad oder Kfz unterwegs waren, an zwei Werktagen innerhalb der Radfahr-Saison zwischen März und Oktober befragt. Bei den durchgeführten zweitägigen Vor-Ort-Befragungen auf den Untersuchungsstrecken konnte nur ein Bruchteil der Personen, die sich üblicherweise auf der betroffenen Strecke bewegen, auch tatsächlich befragt werden. Entsprechend wurden neben den Befragungen vor Ort, bei denen pro Strecke nach Projektplan etwa 200 Personen befragt wurden, auch postalische Befragungen mit jeweils etwa 1.000 Haushalten im Umfeld der Untersuchungsstrecke durchgeführt. Hier konnten all diejenigen teilnehmen, die bei der Vor-Ort-Befragung nicht auf der Untersuchungsstrecke unterwegs waren, bei denen aber davon auszugehen ist, dass sie aufgrund ihrer räumlichen Nähe häufiger auf der Untersuchungsstrecke unterwegs sind. Die Online-Befragung schließlich bot eine Möglichkeit für alle Personen, die in der Vor-Ort- oder postalischen Befragung noch nicht erreicht worden waren, die aber dennoch ein Interesse an der Umfragen-Teilnahme hatten. Dies konnte beispielsweise Menschen betreffen, die in der Untersuchungsstadt wohnen und in der Nähe der Untersuchungsstrecke ihre Arbeitsstelle haben, aber nicht im unmittelbaren Streckenumfeld wohnen. Insgesamt wurden auf diese Art und Weise 7.170 Personen befragt, davon 2.087 in der Bestands- und 5.083 in der Pilotphase (2.738 vor, 2.345 nach der Maßnahmenumsetzung). Die Daten wurden mit loglinearen Analysen sowie χ^2 -Tests, multivariaten Varianzanalysen und Mehrebenen-Metaanalysen ausgewertet.

Ein Ziel der Bestandsphase war die Analyse der im Zuge des Aufbringens von Piktogrammen und Hinweisschildern erfolgten Öffentlichkeitsarbeit, um daraus Schlüsse über geeignete Interventionen für die Pilotphase zu ziehen. Dazu wurden alle Kommunen kontaktiert, die in der Eingangsbefragung angegeben hatten, Maßnahmen zum Fahrbahnteilen umgesetzt zu haben, und bezüglich eines möglichen Pressespiegels angefragt. Zudem wurden zeitgleich intensive Recherchen in Zeitungsarchiven und im Internet (z.B. auf Social Media) betrieben, um ein möglichst vollständiges Bild der Pressearbeit zu erhalten. Anschließend wurden alle für eine Kommune vorhandenen Materialien im Hinblick auf Piktogramme und Hinweisschilder untersucht und unpassende Beiträge aussortiert. Geeignete Artikel und Postings wurden auf ihren Inhalt, relevante Argumente und beteiligte Akteur*innen analysiert und aus ihnen zu nutzende Kanäle und Inhalte für die Entwicklung von Öffentlichkeitsarbeitsmaßnahmen für die Pilotphase herausgearbeitet. Für die Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen in den Pilotkommunen wurden allgemeine sowie kommunenspezifische und auf die Untersuchungsstrecke zugeschnittene Pressemitteilungen entwickelt. Zudem wurde ein Flyer entworfen, der wichtige Informationen zu den Maßnahmen und zur Aufhebung der Radwegebenutzungspflicht enthielt und in Geschäften und öffentlichen Gebäuden ausgelegt und als Hauswurfsendung verteilt werden konnte.

Im Nachgang der Erhebungen wurden zur Ergänzung der erhobenen Daten qualitative Interviews mit Verantwortlichen aus den teilnehmenden Kommunen durchgeführt.

2 Vorstellung wesentlicher Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus den Video- und Unfallanalysen sowie aus den Befragungen vor dem Hintergrund der Literatur zum Thema diskutiert und die Forschungsfragen beantwortet.

Eine ausführliche Darstellung der Forschungsergebnisse ist in der Langfassung des Forschungsberichtes zum Projekt enthalten. In dieser Kurzfassung erfolgt lediglich eine Vorstellung der wesentlichen Erkenntnisse und die Darstellung von Fazit und abgeleiteten Empfehlungen.

Nachfolgend werden die unter 1.3 in Form von Thesen formulierten Forschungsfragen zur Verkehrssicherheit (2.1), zur Flächennutzung Radfahrender (2.2), zu den Fahrlinien (2.3), Kfz-Geschwindigkeiten und Überholabständen (2.4), sowie Konflikten zwischen Radfahrenden und zu Fuß Gehenden (2.5) und zum Regelwissen (2.6) einzeln überprüft und anschließend beantwortet. Orange hinterlegt sind dabei die Antworten auf Thesen, bei denen sich ein gemischtes Bild zeigte, und grün solche, die bestätigt werden konnten.

2.1 Verkehrssicherheit

These:

Die objektive und subjektive **Verkehrssicherheit** verbessert sich nach Aufbringen von Piktogrammketten. Die **Unfallsituation** verbessert sich, die Unfallraten und der Anteil von kritischen **Interaktionen** im Seitenraum und auf der Fahrbahn nehmen ab. Die Verkehrsteilnehmenden **fühlen sich** nach der Umsetzung der Maßnahmen **sicherer** als zuvor und schätzen Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden als angenehmer ein.

Vorab sei im Zusammenhang mit der Bewertung der Verkehrssicherheit bzw. des Unfallgeschehens auf den untersuchten Strecken darauf hingewiesen, dass die betrachteten Unfallkollektive grundsätzlich klein waren. Daher wurden auch keine tiefergehenden statistischen Auswertungen bzw. Analysen durchgeführt. Das untersuchte Unfallgeschehen stellt jedoch das reale Unfallaufkommen auf den betrachteten Strecken mit Piktogrammketten dar. Die nachfolgenden Aussagen sind daher vor diesem Hintergrund einzuordnen.

Das individuelle Risiko einer radfahrenden Person zu verunfallen verringerte sich nach der Maßnahmenumsetzung (Markierung der Piktogrammkette, Aufstellen eines Hinweisschildes) an allen Strecken (das Unfallrisiko aller Verkehrsteilnehmenden als Vergleichsgröße verringerte sich auch, jedoch nicht so deutlich). Das Risiko zu verunfallen wird ausgedrückt durch die Unfallrate, die sich im Durchschnitt um die Hälfte reduzierte, wobei es größere Streuungen bei den betrachteten Strecken gab. Zudem wurde festgestellt, dass die untersuchten Strecken mit Radwegen eine geringere Unfallrate aufwiesen als die Strecken mit Mischverkehr. Im Vorher-/Nachher-Vergleich konnte jedoch erreicht werden, dass die Unfallrate der Strecken mit Mischverkehr nach Maßnahmenumsetzung im Mittel unter dem Mittelwert der Strecken mit Radwegen vor Maßnahmenumsetzung lag. Bei Betrachtung der Strecken mit Radweg und einer Unterscheidung nach Strecke und Knotenpunkten zeigte sich, dass die Unfallrate an den freien Strecken stabil blieb und sich an den Knotenpunkten reduzierte (vgl. Abbildung 3). An den reinen Mischverkehrsstrecken reduzierte sich die Unfallrate an den Knotenpunkten ebenfalls, auf der freien Strecke stieg sie jedoch an. Die Unfalldichte reduzierte sich an Knotenpunkten sowohl auf den Strecken mit reinem Mischverkehr als auch auf den Strecken mit Radweg im Vorher-/Nachher-Vergleich nur leicht. Die Unfalldichte auf der freien Strecke stieg auf beiden Strecken im Vorher-Nachher-Vergleich an.

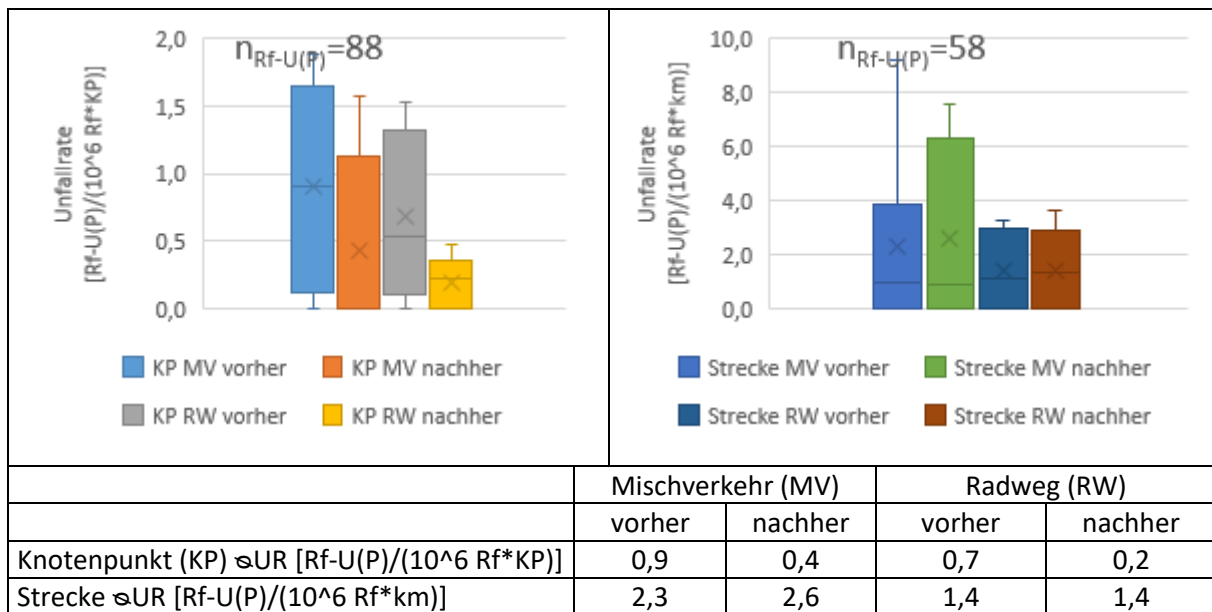


Abbildung 3: Unfallrate Radfahrender UR Rf-U(P) an den Pilotstrecken vorher/nachher, differenziert nach Führungsart und Strecke/Knotenpunkt (n = Summe der Unfälle Rf-U(P) vorher und nachher).

Auch wenn die absoluten Zahlen insgesamt gering waren, so konnte dennoch in der Tendenz festgestellt werden, dass sich Unfälle mit Ruhendem Verkehr im Vorher-/Nachher-Vergleich an allen Strecken reduzierten, wobei an Strecken mit parallelem Radweg im Seitenraum eine Reduzierung um mehr als die Hälfte zu beobachten war, an Strecken mit Mischverkehr konnten nach der Maßnahmenumsetzung keine Unfälle dieses Typs beobachtet werden. Zu beachten ist hierbei allerdings auch der kürzere Betrachtungszeitraum. Der Anteil der Unfälle im Längsverkehr (an der freien Strecke von allen Untersuchungstrecken) und von Überschreiten-Unfällen (an Knotenpunkten von Strecken mit Radwegen) nahm mit der Maßnahmenumsetzung hingegen zu. Während vor dem Aufbringen der Piktogramme bzw. dem Aufstellen der Hinweisschilder 64% der Unfälle auf Knotenpunkte und 36% auf Unfälle auf der Strecke entfielen, glichen sich diese Anteile nach der Umsetzung der Maßnahmen an. Für eine Reduzierung der Unfälle auf der Strecke scheinen Modifizierungen der Maßnahme oder weitere Maßnahmen notwendig zu sein.

Im Vorher-Nachher-Vergleich erhöhte sich die Anzahl der Interaktionen auf der Fahrbahn, gleichzeitig nahm die Zahl der Interaktionen im Seitenraum ab. Dies ist insbesondere durch die vermehrte Nutzung der Fahrbahn durch die Radfahrenden zu erklären, wobei anzumerken ist, dass sich die Interaktionen zwar auf der Fahrbahn erhöhten, sich jedoch die Konflikte (behindernde und kritische Interaktionen) auf der Fahrbahn kaum erhöhten. Stattdessen nahmen die regelgerechten Interaktionen zu. Im Seitenraum nahmen Interaktionen insgesamt und auch Konflikte ab. Die Konfliktrate konnte jedoch auf der Fahrbahn wie auch im Seitenraum reduziert werden (vgl. Abbildung 4). Das Sicherheitsniveau konnte somit insgesamt erhöht werden, insbesondere im Seitenraum.

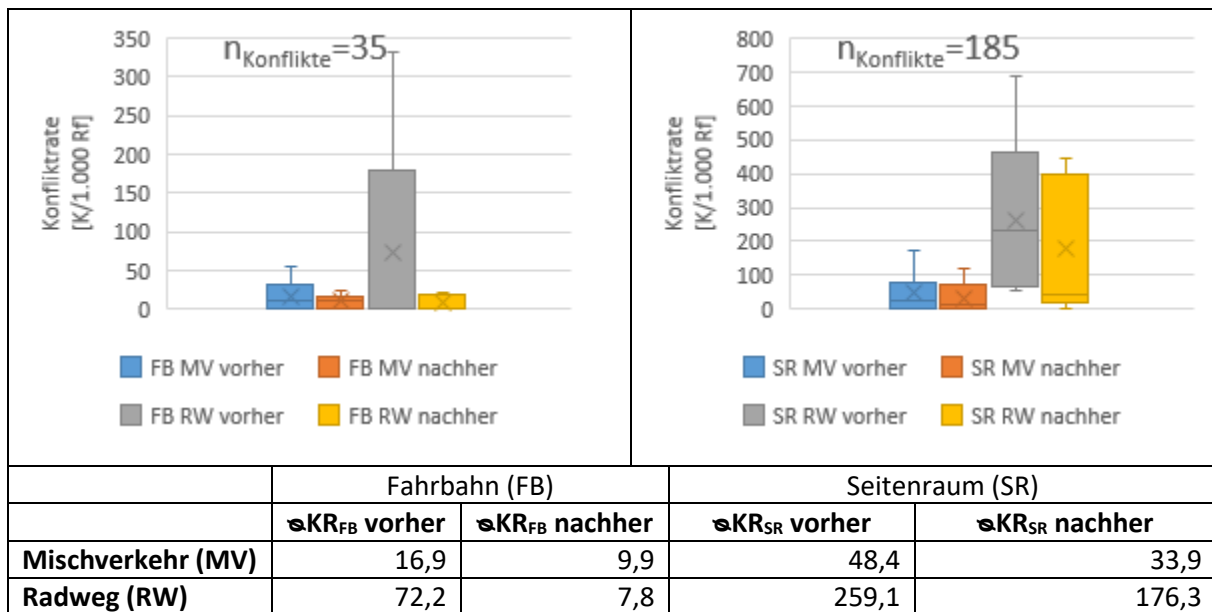


Abbildung 4: Konflikttrate mit Radfahrenden auf den Pilotstrecken auf der Fahrbahn/im Seitenraum nach Führungsart.

In den Befragungen gaben die Verkehrsteilnehmenden an, sich nach der Umsetzung der Maßnahmen signifikant sicherer zu fühlen als zuvor, wobei sich Radfahrende sowohl vor als auch nach der Maßnahmenumsetzung unsicherer fühlten als zu Fuß Gehende und Kfz-Fahrende (vgl. Abbildung 5). Dies wird bestätigt durch Befunde von Alta Planning + Design (2004), Daff (2013) und Vasilev, Pitera & Jonsson (2017) sowie Ergebnisse von Gehlert und Genz (2011), Sanders (2015) und der Unfallforschung der Versicherer (2020). Befragte, die bereits einen Unfall oder Beinahe-Unfall mit Radbeteiligung auf der Strecke erlebt hatten, fühlten sich unsicherer als solche, die noch keine solche kritische Situation erlebt hatten und nahmen die Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden als unangenehmer wahr. Dies steht im Einklang mit der entsprechenden Literatur zum Thema: Auch Aldred (2016) und Sanders (2015) bestätigen einen Einfluss der Zahl von Unfällen und Beinahe-Unfällen auf das im Straßenverkehr wahrgenommene Risiko. Im Mittel aus Bestands- und Pilotstrecken hatte in den Befragungen etwa jede 13. befragte Person in den letzten drei Jahren einen Unfall oder Beinahe-Unfall mit Radbeteiligung erlebt. Dieser Befund passt zu Ergebnissen von Gkekas, Bigazzi und Gill (2020). In ihrer Studie zur Interaktion von zu Fuß Gehenden und Radfahrenden auf einem Universitätscampus berichteten beispielsweise 15% der zu Fuß Gehenden und 19% der Radfahrenden, in den letzten zwölf Monaten mindestens einen Unfall oder Beinahe-Unfall erlebt zu haben. In einer Befragung von Ellinghaus und Steinbrecher (1993) berichteten 25,4% der Radfahrenden, in den letzten 12 Monaten in einen oder mehrere Unfälle verwickelt gewesen zu sein. Wenngleich sowohl in der Untersuchung von Gkekas et al. (2020) als auch von Ellinghaus und Steinbrecher (1993) höhere Unfall- oder Beinahe-Unfallraten berichtet wurden, so ist anzumerken, dass sich deren Befunde nicht wie im vorliegenden Fall auf eine konkrete Untersuchungsstrecke bezogen, sondern allgemein nach Unfällen oder kritischen Situationen gefragt wurde. Entsprechend war zu erwarten, dass dort der Anteil derer, die von einer solchen Situation berichten, größer ausfällt.

Nur ein kleiner Teil der Befragten berichtete, aufgrund der Interaktion sei die Polizei informiert bzw. eine ärztliche Behandlung notwendig geworden. Dieser Befund deutet auf die hohe Prävalenz von Beinahe-Unfällen bzw. Unfällen geringer Schwere in den Berichtsdaten hin, was durch die Literatur gestützt wird (vgl. z.B. Janstrup, Kaplan, Hels, Lauritsen & Prato, 2016; Shinar et al., 2018; Winters & Branion-Calles, 2017). Im Allgemeinen decken sich die Berichte der Befragten, ob sie in den letzten drei

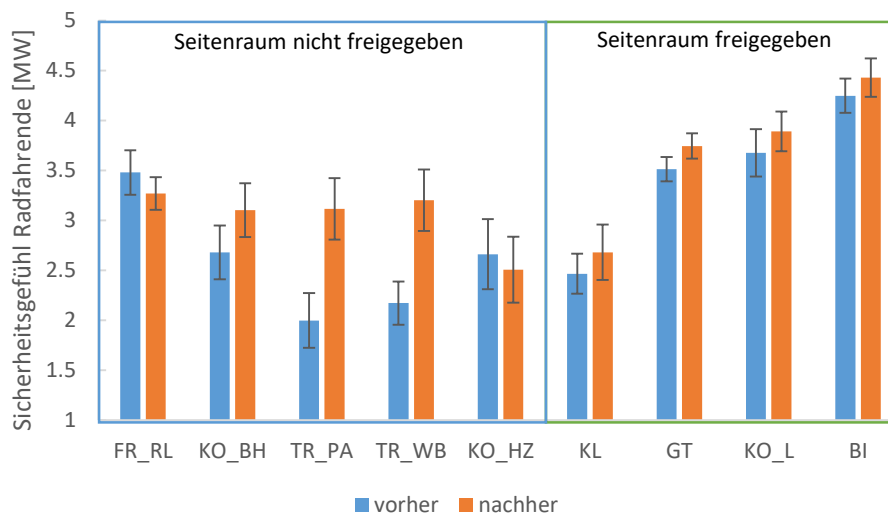
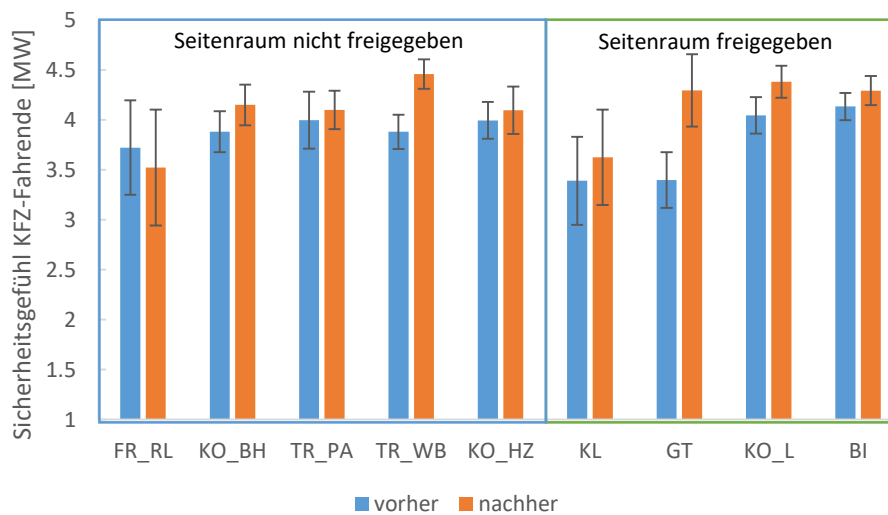
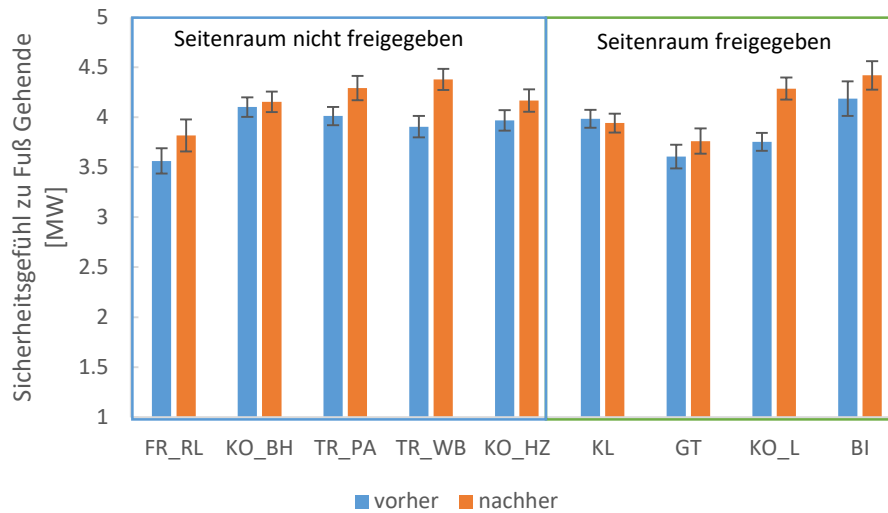


Abbildung 5: Sicherheitsgefühl [Mittelwerte] der vor Ort befragten zu Fuß Gehenden, Kfz- und Radfahrenden nach Befragungszeitpunkt und -ort in der Pilotphase (links: Strecken ohne, rechts: Strecken mit Seitenraumfreigabe) bei Kontrolle für die Kovariablen (Beinahe-)Unfall, Alter, Geschlecht und Häufigkeit der Verkehrsmodusnutzung. Skala von 1 = *nicht sicher* bis 5 = *sehr sicher*. $N_{\text{insgesamt}} = 2.764$, Stichprobenumfänge für die einzelnen Befragungsorte und Verkehrsmodi siehe Anhang in der Langfassung dieses Berichts.

Jahren eine oder mehrere kritische Interaktion(en) mit Radbeteiligung erlebt hatten, mit den beobachteten Interaktionen. Dabei muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass leicht unterschiedliche Referenzpunkte (Unfälle bzw. Beinahe-Unfälle der letzten drei Jahre vs. Interaktionen im Beobachtungszeitraum) verwendet wurden.

Deskriptiv nahmen die Befragten die Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden nach der Maßnahmenumsetzung als etwas angenehmer wahr als zuvor (vgl. Abbildung 6). Lediglich auf Strecken mit Seitenraumfreigabe empfanden Radfahrende die Interaktionen mit Kfz-Fahrenden als unangenehmer als zuvor. Chaurand und Delhomme (2013) fanden in einer Untersuchung heraus, dass das Risiko, als Radfahrende*r in einen Unfall mit einem Pkw verwickelt zu sein, im Vergleich zum Risiko, in einen Unfall mit eine*r Radfahrenden verwickelt zu sein, als höher wahrgenommen wurde. Daraus lässt sich ableiten, dass Radfahrende PKW-Fahrende als bedrohlicher wahrnehmen als andere Radfahrende; entsprechend ist nachvollziehbar, dass Radfahrende die Interaktionen mit Kfz-Fahrenden als unange-

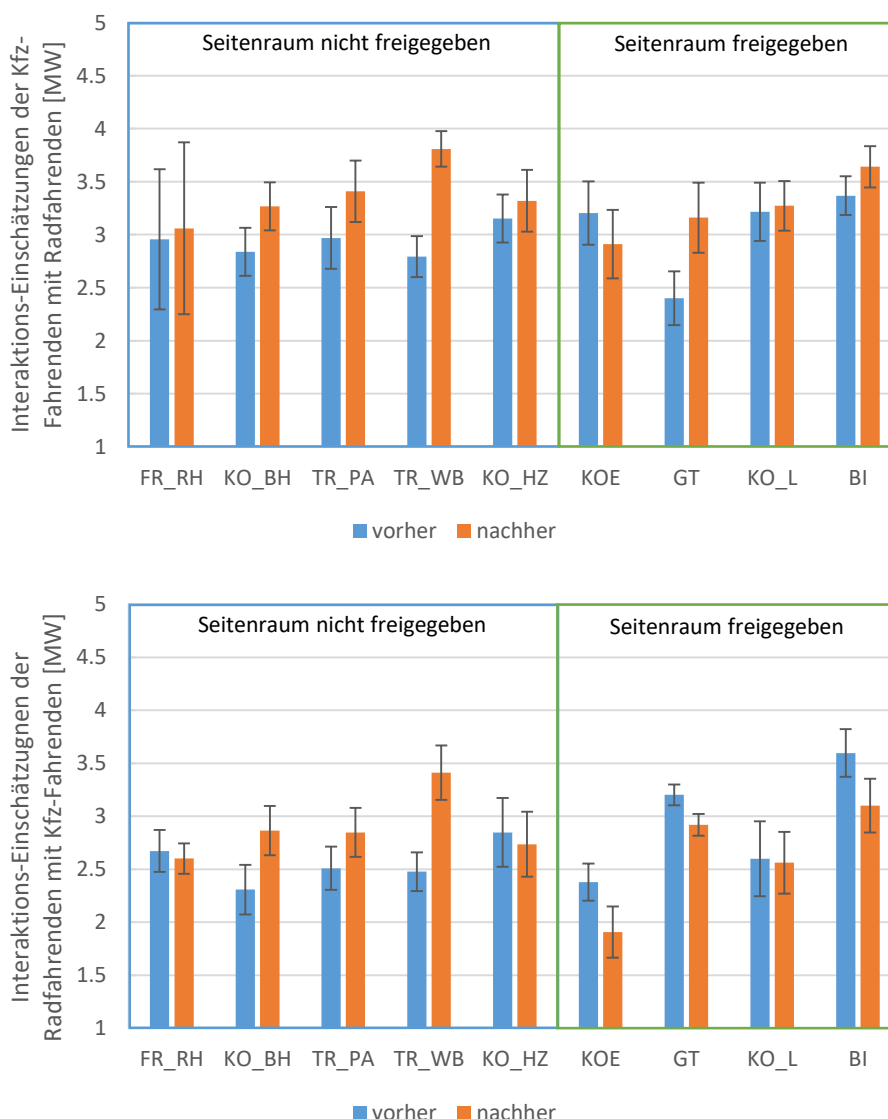


Abbildung 6: Interaktions-Einschätzungen [Mittelwerte] der vor Ort befragten Kfz- und Radfahrenden nach Befragungszeitpunkt und -ort (links: Strecken ohne, rechts: Strecken mit Seitenraumfreigabe) bei Kontrolle für die Kovariablen (Beinahe-)Unfall, Alter, Geschlecht und Häufigkeit der Verkehrsmodusnutzung in der Pilotphase. Skala von 1 = *nicht angenehm* bis 5 = *sehr angenehm*. $N_{\text{insgesamt}} = 1.141$, Stichprobenumfänge für die einzelnen Befragungsorte und Verkehrsmodi siehe Anhang in der Langfassung dieses Berichts.

nehmer (für Radfahrende bedrohlicher als eine Interaktion mit Radfahrenden) wahrnehmen als umgekehrt Kfz-Fahrende die Interaktionen mit Radfahrenden (für Kfz-Fahrende weniger bedrohlich). Eine mögliche Erklärung dafür, dass die Radfahrenden auf Strecken mit Radverkehrsinfrastruktur die Interaktionen mit Kfz-Fahrenden nach der Maßnahmenumsetzung als unangenehmer einschätzten als zuvor, ist die Tatsache, dass Radfahrende, die zuvor den Seitenraum genutzt hatten und nun die Fahrbahn wählten, mehr Interaktionen mit Kfz-Fahrenden erlebten. Zudem ist es möglich, dass mit der zentraleren Position der Radfahrenden auf der Fahrbahn ein nicht immer tolerierendes Verhalten von Kfz-Fahrenden einhergeht, wie Daff (2013) berichtet. So stieg in seiner Studie nach dem Markieren von Piktogrammen auf der Fahrbahn an zwei der untersuchten Strecken der Anteil aggressiv und ungeduldig folgender Kfz-Fahrender, was der Autor mit einem fehlenden Wissen um das Recht auf Fahrbahnnutzung der Radfahrenden in Verbindung bringt (Daff, 2013). Die vorliegende Untersuchung widerlegt diese Theorie jedoch insofern, als dass die Zahl regelgerechter Interaktionen zunahm und die befragten Verkehrsteilnehmenden die Interaktionen mit anderen auf Strecken mit Radverkehrsführung im Mischverkehr nach der Maßnahmenumsetzung als angenehmer wahrnahmen.

Ergebnis:

Die Unfallrate und das individuelle Unfallrisiko Radfahrender nahmen im Vorher-/Nachher-Vergleich insbesondere an Knotenpunkten auf Strecken mit reinem Mischverkehr ab. Auch subjektiv fühlten sich die Befragten nach der Maßnahmenumsetzung sicherer als zuvor und schätzten die Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden als angenehmer ein. Die Videoanalysen komplementieren die Daten aus den Beobachtungen und Befragungen: Bedingt durch die vermehrte Fahrbahnnutzung durch Radfahrende nahm die Zahl insbesondere der regelgerechten Interaktionen auf der Fahrbahn im Vorher-/Nachher-Vergleich zu, während sich Konflikte auf der Fahrbahn kaum erhöhten. Die Zahl der Interaktionen im Seitenraum nahm ab. Die Konfliktrate konnte jedoch auf der Fahrbahn wie auch im Seitenraum reduziert werden. Das Sicherheitsniveau konnte somit insgesamt erhöht werden, insbesondere im Seitenraum.

2.2 Flächennutzung

These:

Radfahrende fahren eher auf der Fahrbahn, somit wird der Anteil der Radfahrenden im Seitenraum und damit auch der in die falsche Richtung fahrenden Radfahrenden im Seitenraum gesenkt.

Die Raumnutzung der Radfahrenden veränderte sich im Vorher-Nachher-Vergleich deutlich; die Seitenraumnutzung nahm über alle Strecken um 13% ab, wobei sich in einer Aufteilung nach Radverkehrsführung Unterschiede zeigten: Auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe nahm die Seitenraumnutzung um 22% ab, auf Strecken mit Seitenraumfreigabe um 2%. War ein nicht benutzungspflichtiger Radweg vorhanden, hatten die umgesetzten Maßnahmen kaum einen Einfluss auf die Flächennutzung der Radfahrenden; der Großteil der Radfahrenden fuhr nach wie vor im Seitenraum, unter 5% nutzten die Fahrbahn. Wurde der Radverkehr hingegen im Mischverkehr geführt und es gab keinen parallelen Radweg, so nahm die Fahrbahnnutzung mit der Maßnahmenumsetzung von im Mittel 50% auf rund 60% zu (vgl. Abbildung 7).

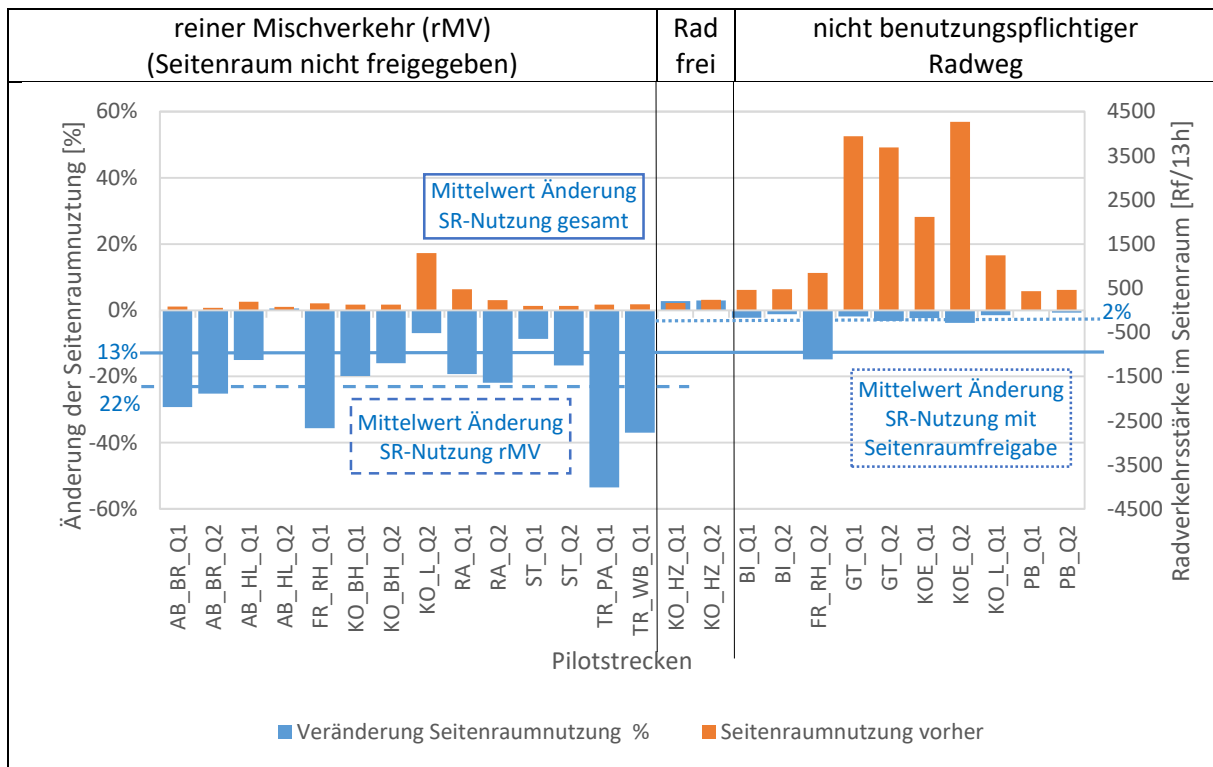


Abbildung 7: Änderung der Seitenraumnutzung der Radfahrenden.

Um die Vergleichbarkeit zwischen den Daten aus den Videobeobachtungen und den Befragungen zur Flächenwahl zu erhöhen, wurden in letzterer erhobene Daten zur Flächennutzung zusammengefasst zu „Seitenraum“ (Nutzung von Gehweg und/oder Gehweg in Gegenrichtung und/oder Radweg, sofern vorhanden) bzw. „Fahrbahn“ (Nutzung von Fahrbahn rechts und/oder mittig und/oder links) oder „Seitenraum + Fahrbahn“ (Nutzung sowohl von Flächen im Seitenraum als auch auf der Fahrbahn; vgl. Abbildung 8).

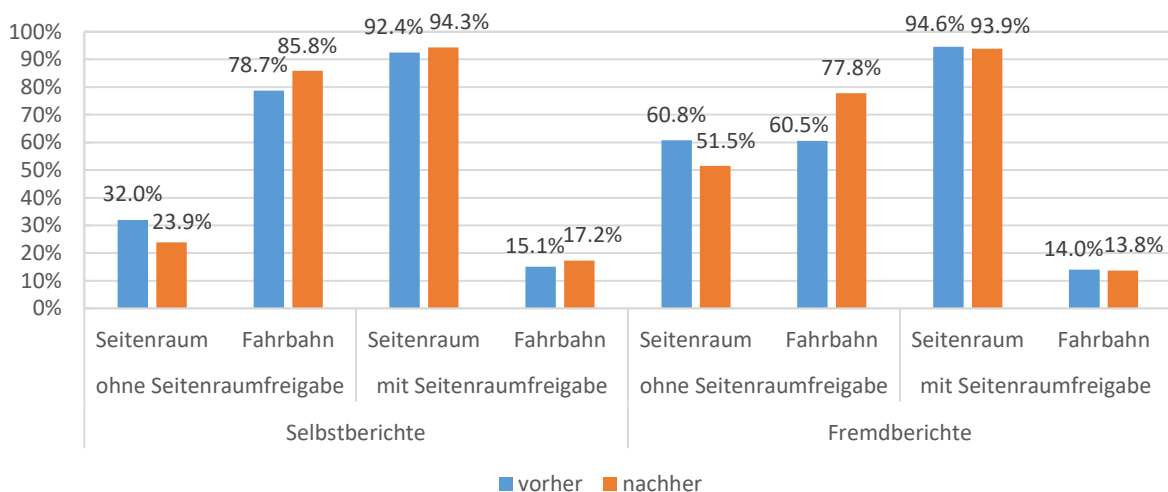


Abbildung 8: Vergleich der selbst berichteten Angaben der Radfahrenden (links), auf Strecken mit bzw. ohne Seitenraumfreigabe mindestens oft oder immer den Seitenraum bzw. die Fahrbahn oder beides zu nutzen, mit Berichten derselben Personen zum Verhalten anderer Radfahrender (rechts) in der Pilotphase.

Es zeigt sich, dass der Anteil der Radfahrenden, der berichtet, selbst oft oder immer mit dem Rad im Seitenraum zu fahren, mit der Maßnahmenumsetzung auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe leicht abnahm. Gleichzeitig stieg der Anteil derer, die berichteten, nun die Fahrbahn zu nutzen, in ähnlichem

Maße. Auf Strecken mit Seitenraumfreigabe nahm der Anteil derjenigen, die berichteten, oft oder immer im Seitenraum zu fahren, leicht zu, gleiches galt auch für den Anteil derer, die angaben, oft oder immer auf der Fahrbahn zu fahren.

Es ist ein Unterschied erkennbar zwischen dem berichteten eigenen Verhalten der Radfahrenden und dem durch dieselben Personen berichteten Verhalten anderer Radfahrender: So wurden insgesamt, mit Ausnahme der Strecken mit Seitenraumfreigabe, ähnliche Tendenzen berichtet für andere Radfahrende wie für das eigene Verhalten. Allerdings lagen die Ausgangswerte auf unterschiedlichem Niveau: Die befragten Radfahrenden gaben für sich selbst an, insbesondere auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe weniger oft den Seitenraum zu nutzen, als sie dies für andere Radfahrende angaben. Gleichzeitig wurde selbst eine häufigere Fahrbahnnutzung berichtet als bei anderen Radfahrenden. Die Unterschiede zwischen der berichteten eigenen Flächenwahl und der Flächenwahl anderer könnte auf Effekte sozialer Erwünschtheit hindeuten: Befragte täuschen sich in Bezug auf ihr eigenes Verhalten selbst (Self Deception) oder möchten in besserem Licht dastehen (Impression Management; Lajunen, Corry, Summala & Hartley, 1997; Wählberg, Dorn & Kline, 2010). Diese Effekte werden beim Bericht des Verhaltens anderer kleiner, weshalb anzunehmen ist, dass die berichtete Häufigkeit, mit der andere Radfahrende den Seitenraum nutzen, eher der Realität entspricht als das berichtete eigene Verhalten, weil der Einfluss sozialer Erwünschtheit kleiner ist, wenn man das Verhalten anderer Personen beschreibt.

Die Ergebnisse aus den Befragungen und den Videoanalysen gehen in die gleiche Richtung, wenngleich die Videoanalysen eine deutlichere Reduktion der Seitenraumnutzung auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe anzeigen, als dies von den Befragten berichtet wurde.

Im Mittel nutzten in den Videoanalysen vor der Maßnahmenumsetzung 19% der Radfahrenden den linken Seitenraum. Auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe fuhr ein deutlich höherer Anteil der im Seitenraum fahrenden Radfahrenden links als an Strecken mit Seitenraumfreigabe. Der Anteil der linksfahrenden Radfahrenden wurde nach Umsetzung der Maßnahmen größtenteils reduziert, allerdings nicht in dem Ausmaß, in dem sich die Seitenraumnutzung insgesamt verringerte, was beispielsweise auf bestimmte anzufahrende Ziele oder schlechte Abbiegebeziehungen zurückzuführen sein könnte. War die Seitenraumnutzung erlaubt, konnte der Anteil der linksfahrenden Radfahrenden im Mittel um 10% reduziert werden, war sie nicht erlaubt, um 16%.

In den Befragungen berichteten auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe nach der Maßnahmenumsetzung 13,5% der Radfahrenden, mindestens oft oder immer den Gehweg in Gegenrichtung zu nutzen, dies war damit im Vergleich zu vorher (15,0%) leicht gesunken. Auf Strecken mit freigegebenem Seitenraum reduzierte sich der Anteil derer, die angaben, oft oder immer den Gehweg in Gegenrichtung zu nutzen, von 6,9% auf 4,3%. In welcher Richtung die Befragten auf diesen Strecken den Radweg nutzten, lässt sich aus den Daten nicht bestimmen.

Die Daten aus der Videoanalyse und der Befragung zum Anteil linksfahrender Radfahrender zeigen in der Tendenz in die gleiche Richtung. In einer Untersuchung von Alta Planning + Design (2004) verringerten Bike-and-Chevron-Markierungen die Zahl der Gegenrichtungs-Fahrenden signifikant.

Ergebnis:

Die Seitenraumnutzung der Radfahrenden konnte auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe deutlich (um 22%) reduziert werden. Auf Strecken mit nicht benutzungspflichtigem Radweg veränderte sich der Anteil der Radfahrenden, die den Seitenraum nutzten, hingegen kaum (Abnahme um 2%). Es ist zu ver-

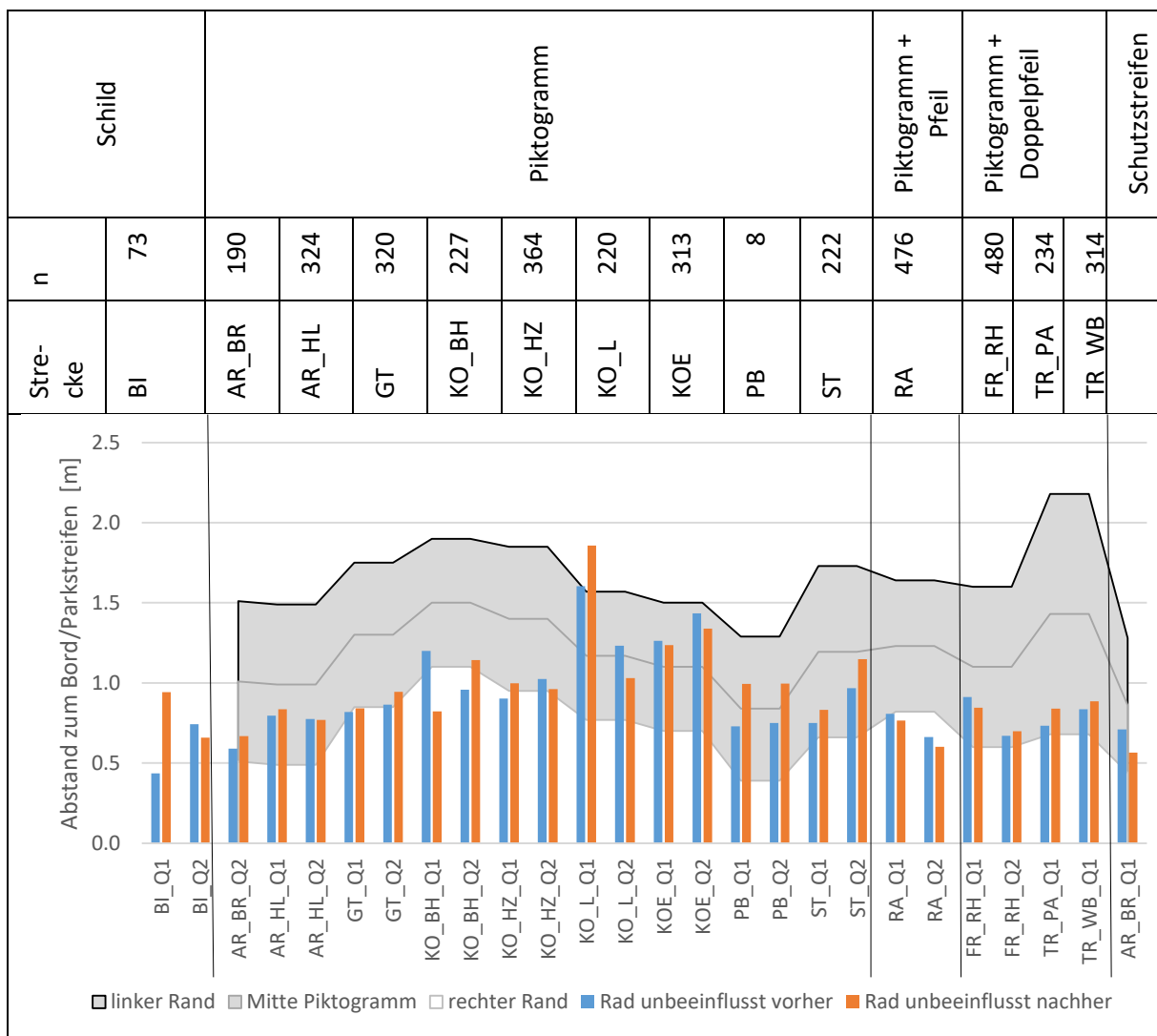
muten, dass die subjektiv wahrgenommene Sicherheit im Seitenraum für viele Radfahrende ausschlaggebend für die Infrastrukturpräferenz einer Führung getrennt vom Kfz-Verkehr ist. Der Anteil linksfahrender Radfahrender im Seitenraum konnte reduziert werden (im Mittel um 13%), jedoch nicht in dem Maß, in dem die Seitenraumnutzung allgemein reduziert werden konnte, was auf bestimmte anzufahrende Ziele oder schlechte Abbiegebeziehungen zurückzuführen sein könnte. Die Befunde werden im Allgemeinen durch die Ergebnisse aus den Befragungen gestützt, auch dort wird eine Zunahme der Fahrbahnnutzung insbesondere auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe berichtet.

2.3 Fahrlinien

These:

Die Piktogramme beeinflussen die **Fahrlinie** von Radfahrenden. Radfahrende befahren die Mitte des Piktogramms, insbesondere bei Nutzung eines Pfeilelements in Kombination mit einem Fahrrad-Piktogramm.

In den Videoanalysen zeigten sich tendenzielle – streckenweise auch deutliche – Verschiebungen der Fahrlinie, diese sind aber unter Berücksichtigung der Schwankungen bei Fahrlinien von Radfahrenden und der geringen Stichprobengrößen als marginal anzusehen (vgl. Abbildung 9).



Bei Überholungen führen Radfahrende sowohl auf den Bestands- als auch auf den Pilotstrecken weiter rechts als bei einer unbeeinflussten Fahrt oder einer Hinterherfahrt (vgl. Abbildung 10). Im Widerspruch zur Literatur (Knoflacher, 2014) konnte nicht bestätigt werden, dass Radfahrende nach dem Aufbringen der Piktogramme in deren Mitte auf der Fahrbahn fahren.

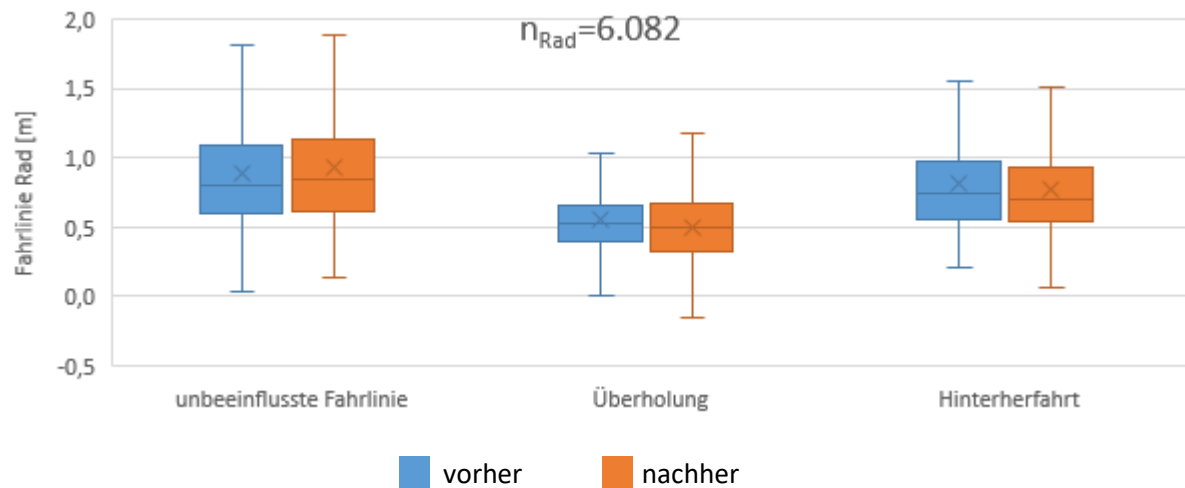


Abbildung 10: Fahrlinien Rad an Pilotstrecken vorher/nachher.

Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Radfahrenden vermeiden wollten, über die teilweise unebenen Piktogramme zu fahren. Eine weitere mögliche Erklärung wäre die Tendenz von Radfahrenden weiter rechts zu fahren als der Kfz-Verkehr und fließendem Verkehr nach rechts auszuweichen (vgl. Richter et al., 2019).

Ergebnis:

Es gibt tendenzielle – streckenweise auch deutlichere – Verschiebungen der Fahrlinien der Radfahrenden, diese sind aber unter Berücksichtigung von Schwankungen bei Fahrlinien von Radfahrenden als marginal einzuschätzen. Radfahrende befahren nicht die Mitte des Piktogramms, sondern den Bereich rechts davon.

2.4 Kfz-Geschwindigkeiten und Überholabstände

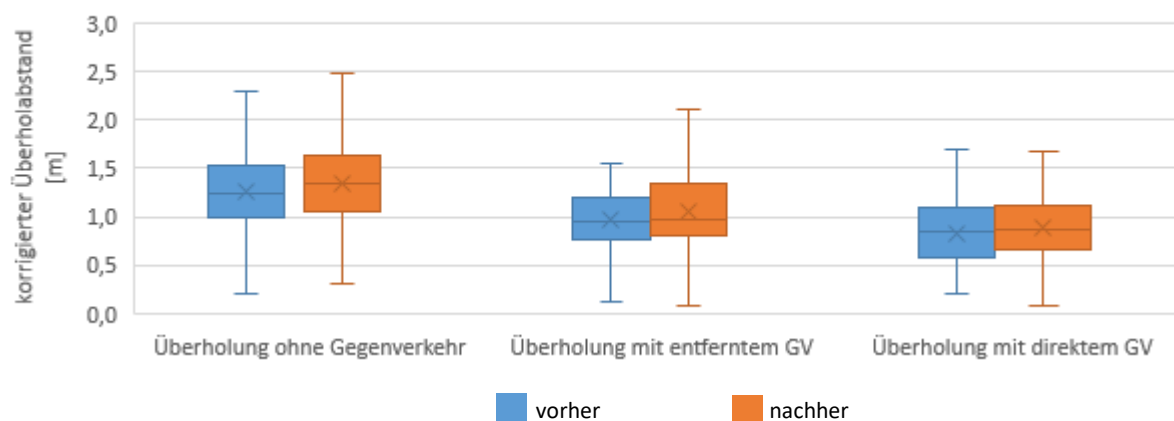
These:

Kfz-Fahrende fahren **langsamer**, sie **überholen** Radfahrende seltener und mit mehr Abstand.

An den meisten Strecken lag die v_{85} unter der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit. An Strecken mit Ortsdurchfahrts-Charakter lag die v_{85} über der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit. Die Analysen der Seitenradar-Messungen deuten im Vorher-/Nachher-Vergleich auf eine Reduktion der v_{85} von im Mittel 2 km/h hin; in den meisten Fällen wurden leichte Geschwindigkeitsreduktionen bis 8 km/h festgestellt, in seltenen Fällen Geschwindigkeitserhöhungen bis 3 km/h.

Vor Ort konnte kein signifikanter Einfluss der umgesetzten Maßnahmen auf die durch die Befragten berichtete Geschwindigkeit der Kfz gefunden werden. Wenn man für die Kovariaten kontrolliert, stellt man fest, dass die Befragten die vorbeifahrenden Kfz als etwa schneller wahrnahmen als die erlaubte Höchstgeschwindigkeit. Dies galt sowohl vor der Umsetzung der Maßnahme als auch danach; danach wurden die vorbeifahrenden Kfz deskriptiv als nicht ganz so schnell eingeschätzt.

In den Videoanalysen zeigte sich, dass der korrigierte Überholabstand bedingt durch die Verschiebung der Fahrlinie der Kfz-Fahrenden nach links und der Radfahrenden nach rechts in der Nachher-Erhebung in der Tendenz im Vergleich zur Vorher-Erhebung zunahm (vgl. Abbildung 11).



Mittelwerte Überholung	n _{gesamt;ÜF}	vorher [m]	nachher [m]
ohne Gegenverkehr	1.263	1,27	1,35
mit entferntem Gegenverkehr	130	0,97	1,06
mit direktem Gegenverkehr	85	0,84	0,90

Abbildung 11: Überholabstände an Pilotstrecken vorher/nachher.

Zusätzlich nahmen insgesamt die Überholungen je radfahrender Person ab (vgl. Tabelle 3).

Beobachtungszeitraum	Überholungen je Radfahrendem [n/Rf]	
	vorher	nachher
2 Std. (abends)	0,4	0,3
6 Std. (je 2 Std. morgens/mittags/abends)	0,2	0,1

Tabelle 3: Überholungen je Radfahrendem in den Beobachtungszeiträumen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei sichtbarem (wenn auch entferntem) Gegenverkehr der Überholabstand in der vorliegenden Untersuchung im Mittel unter 1,0 m betrug und damit unter dem gesetzlich vorgeschriebenen Mindestabstand von 1,5 m innerorts lag. Der Anteil von 4% sehr enger Überholungen (< 0,5 m) veränderte sich nicht, jedoch sank der Anteil von Überholungen zwischen 0,5m und 1,5 m, und der Anteil von Überholungen ab 1,5 m stieg. In einer Untersuchung auf Schutzstreifen und Radfahrstreifen von Richter et al. (2019) überholte jedes zweite Kfz mit weniger als den innerorts vorgeschriebenen 1,5 m; in der vorliegenden Studie waren es in der Vorher-Erhebung 77%, in der Nachher-Erhebung 68%. Zu beachten ist, dass die Fahrbahnbreiten in einer Studie von Richter, Beyer, Ortlepp und Schreiber (2019) gleich oder größer als 7,5 m waren, während in dieser Untersuchung beengte Verhältnisse, also Strecken mit einer Fahrbahnbreite von 6,0 m bis 7,5 m berücksichtigt wurden. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Breite der Fahrbahn die Überholabstände beeinflusst: Eine Metaanalyse von Rubie, Haworth, Twisk und Yamamoto (2020) bestätigt, dass die Überholabstände zwischen Kfz- und Radfahrenden mit zunehmender Fahrbahnbreite größer werden. Dies erklärt die unterschiedlichen Ergebnisse von Richter et al. (2019) und der vorliegenden Untersuchung.

Durch die Maßnahmen nicht beeinflusst wurde der Anteil von 4% besonders problematischen Überholabständen von < 0,5 m. Da es sich um eine geringe absolute Zahl handelt, müssen für zuverlässige Aussagen über dieses extreme Verhalten deutlich mehr Beobachtungen durchgeführt werden als im Rahmen dieses Projekts möglich. Allerdings kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass es eine Teilgruppe von Kfz-Fahrenden gibt, die durch eine rein hinweisende Maßnahme wie Piktogramme oder Schilder nicht beeinflusst werden.

Der Einfluss der umgesetzten Maßnahmen auf die durch die vor Ort Befragten berichteten Abstände der Kfz-Fahrenden beim Überholen von Radfahrenden war nicht signifikant. Deskriptiv zeigte sich sowohl vor als auch nach dem Aufbringen der Piktogramme bzw. Aufstellen der Hinweisschilder, dass die Befragten die Abstände der Radfahrende überholenden Kfz als zu gering wahrnahmen. Nach Umsetzung der Maßnahme verringerte sich diese Wahrnehmung etwas. Dieser Befund passt in der Tendenz zu Ergebnissen aus einer Untersuchung von Knoflacher (2014), in der der Anteil von Befragten, die unkomfortabel kleine Überholabstände berichteten, mit dem Aufbringen von Piktogrammen auf der Fahrbahn abnahm.

Diese Ergebnisse aus den Videobeobachtungen und Befragungen decken sich insgesamt mit Befunden aus der Literatur, die ebenfalls auf eine Abnahme der Zahl der überholenden Kfz und eine Zunahme der Hinterherfahrten sowie größere Überholabstände zwischen Rad- und Kfz-Fahrenden hindeuten (Brady, Loskorn, Mills, Duthi & Machemehl, 2010; Hunter, Srinivasan & Martell, 2012; Kassim, Ismail & Woo, 2017; Knoflacher, 2014; La Vega, 2011).

Ergebnis:

Die Zahl der Überholungen je radfahrender Person nahm nach der Umsetzung der Maßnahmen ab, die Zahl der Hinterherfahrten zu. Der Überholabstand der Kfz vergrößerte sich deskriptiv, ihre Geschwindigkeit nahm leicht ab. Die Befragten berichteten, Kfz würden Radfahrende etwas zu eng überholen und etwas schneller als mit der erlaubten Höchstgeschwindigkeit unterwegs sein; im Vorher-Nachher-Vergleich nahmen die berichteten Geschwindigkeiten deskriptiv etwas ab und die berichteten Überholabstände etwas zu.

2.5 Konflikte zwischen Radfahrenden und zu Fuß Gehenden

These:

Zu Fuß Gehende haben weniger Interaktionen mit Radfahrenden im Seitenraum.

Der Anteil beobachteter Interaktionen zwischen zu Fuß Gehenden (Fg) und Radfahrenden (Rf) nahm im Vorher-/Nachher-Vergleich um 22% ab (vgl. Tabelle 4).

	n_{vorher}	n_{nachher}	Anteil vorher	Anteil nachher	Veränderung
Rf-Rf	150	151	23,5%	24,7%	+1%
Rf-Fg	222	173	34,9%	28,4%	-22%
Rf-Kfz	265	286	41,6%	46,9%	+8%
Summe	637	610	100%	100%	

Tabelle 4: Verteilung der Interaktionen auf Verkehrsteilnehmende.

Zudem verringerte sich bedingt durch die vermehrte Fahrbahnnutzung der Radfahrenden die Zahl der Interaktionen im Seitenraum auch insgesamt. Bereits vor dem Aufbringen der Piktogramme bzw. dem Aufstellen der Hinweisschilder fühlten sich die zu Fuß Gehenden auf den Untersuchungsstrecken eher sicher; dies verbesserte sich nach der Maßnahmenumsetzung noch weiter. Es kann geschlussfolgert werden, dass die zu Fuß Gehenden durch die Verschiebung der Flächennutzung der Radfahrenden auf die Fahrbahn mehr Platz im Seitenraum haben und sich weniger durch Radfahrende gefährdet fühlen.

Ergebnis:

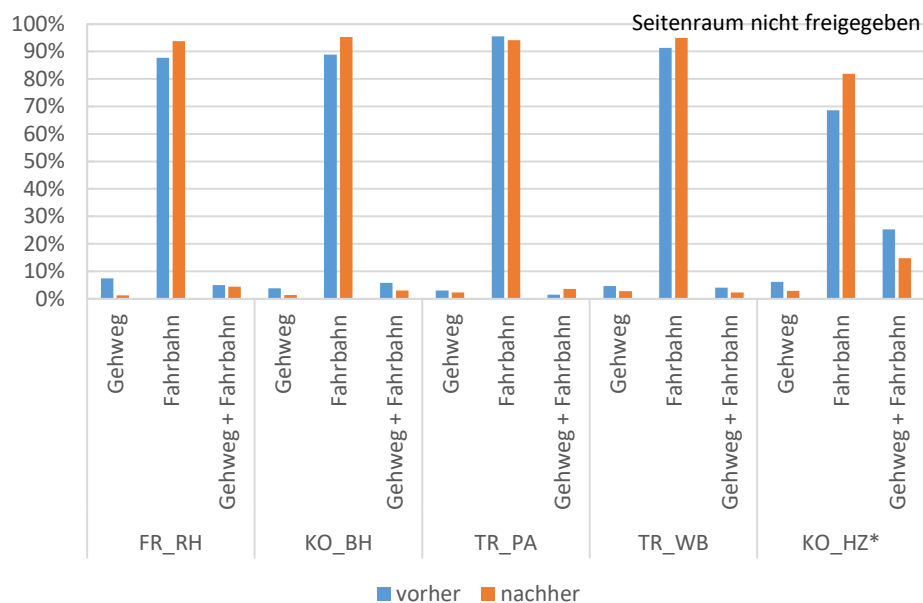
Die Zahl der Interaktionen zu Fuß Gehender mit Radfahrenden im Seitenraum nahm ab; sie fühlten sich seit der Maßnahmenumsetzung sicherer.

2.6 Regelwissen

These:

Das Regelwissen der Verkehrsteilnehmenden wird durch die Maßnahmen beeinflusst – nach dem Aufbringen der Piktogramme bzw. dem Aufstellen der Hinweisschilder wissen mehr Verkehrsteilnehmende als zuvor, wo Radfahren auf der Untersuchungsstrecke erlaubt ist.

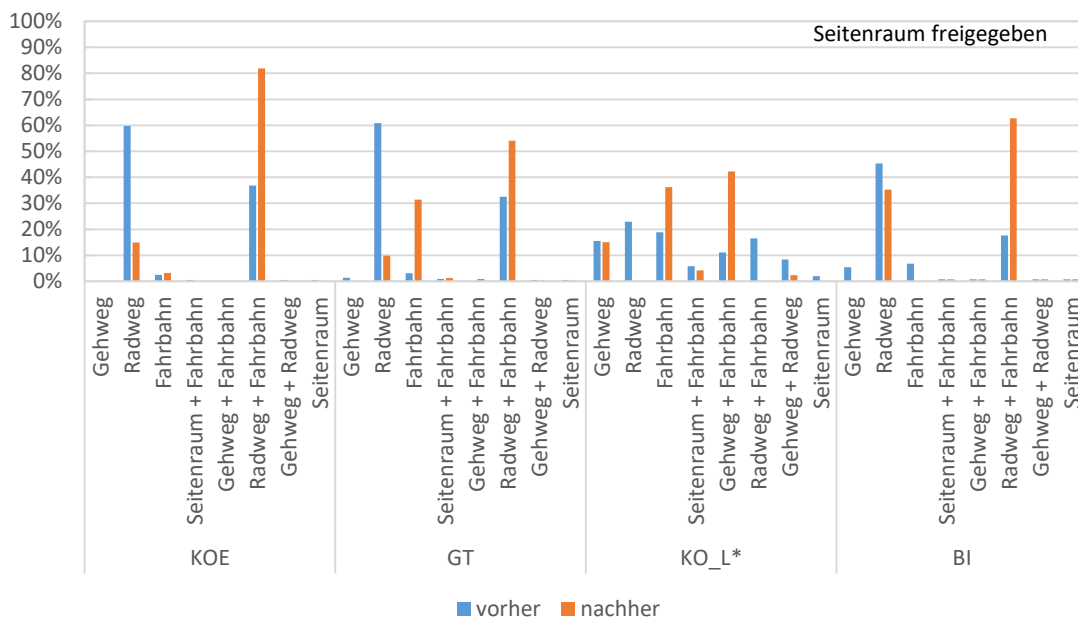
Auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe nahm der Anteil der Personen, die angaben, dass Radfahren auf dem Gehweg erlaubt sei, sowie der Anteil der Personen, der angab, dass Radfahren sowohl auf dem Gehweg als auch auf der Fahrbahn erlaubt sei, ab. Gleichzeitig nahm jedoch der Anteil derer, die Radfahren korrekterweise nur auf der Fahrbahn für erlaubt hielten, auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe zu (vgl. Abbildung 12).



	FR_RH	KO_BH	TR_PA	TR_WB	KO_HZ
N vorher	163	160	396	301	203
N nachher	160	396	301	203	309

Abbildung 12: Antworten der Befragten auf die Frage, wo Radfahren auf der Untersuchungsstrecke (Strecken ohne Seitenraumfreigabe) erlaubt ist, nach Befragungszeitpunkt und -ort in der Pilotphase. *Lokale Besonderheit: Hier war in einem Teil der Gehweg für Radfahrende freigegeben (dort fanden aber keine Befragungen statt, siehe Fußnote 4 in der Langfassung des Berichts). Prozentsatz je Befragungszeitpunkt und -ort. $N_{\text{insgesamt}} = 2.700$, Stichprobenumfänge für die einzelnen Befragungszeitpunkte und -orte siehe Anhang in der Langfassung dieses Berichts.

Auf Strecken mit Seitenraumfreigabe blieb der Anteil derjenigen Personen, die angaben, dass Radfahren ausschließlich auf dem Gehweg bzw. auf dem Gehweg und dem Radweg, nicht aber auf der Fahrbahn erlaubt sei, auf einem niedrigen Niveau. Der Anteil derjenigen, die Radfahren nur auf dem Radweg bzw. nur auf der Fahrbahn für erlaubt hielten, nahm (im ersteren Fall deutlich) ab. Hingegen nahm der Anteil der Personen, die Radfahren korrekterweise auf Radweg und Fahrbahn für erlaubt hielten, nach der Maßnahmenumsetzung zu (vgl. Abbildung 13).



	KOE	GT	KO_L	BI
N vorher	455	335	455	335
N nachher	335	455	335	193

Abbildung 13: Antworten der Befragten auf die Frage, wo Radfahren auf der Untersuchungsstrecke (Strecken mit Seitenraumfreigabe) erlaubt ist, nach Befragungszeitpunkt und -ort in der Pilotphase. *Lokale Besonderheit: Hier war der Gehweg in eine Richtung für Radfahrende freigegeben, siehe auch Fußnote 4 in der Langfassung des Berichts. Prozentsatz je Befragungszeitpunkt und -ort. N_{insgesamt} = 2.226, Stichprobenumfänge für die einzelnen Befragungszeitpunkte und -orte siehe Anhang in der Langfassung dieses Berichts..

Es lässt sich feststellen, dass die Umsetzung der Maßnahmen zu einer Verbesserung des Regelwissens der Radfahrenden beitragen konnte. Dieser Befund deckt sich mit Ergebnissen aus einer Befragung von Daff (2013), in der die Teilnehmenden als Bedeutung der Piktogramme eine Verstärkung des Rechts für Radfahrende angaben, die Fahrbahn zu nutzen. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass auch nach Durchführung der Maßnahme einem Teil der Befragten unklar war, wo Radfahren auf den Untersuchungsstrecken erlaubt war oder ihnen die Maßnahme nicht aufgefallen war bzw. sie sie falsch verstanden hatten. Hier ist die Durchführung einer Öffentlichkeitsarbeits-Kampagne über verschiedene Kanäle mit einer Aufführung von Hintergrundinformationen zur umgesetzten Maßnahme und Beweggründen sinnvoll, wie auch Alta Planning + Design (2004) sie empfehlen.

Ergebnis:

Im Vorher-/Nachher-Vergleich zeigt sich eine Verbesserung des Regelwissens der Radfahrenden – die Befragten geben eher an, Radfahren sei auf der Fahrbahn (Strecken mit Führung im Mischverkehr) bzw. auf der Fahrbahn und auf dem nicht benutzungspflichtigen Gehweg im Seitenraum (Strecken mit Seitenraumfreigabe) erlaubt.

3 Fazit

Das Forschungsprojekt „Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit“, gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans 2020, wurde in Kooperation des Fachzentrums Verkehr der Bergischen Universität Wuppertal und der Professur Diagnostik und Intervention der Technischen Universität Dresden durchgeführt und beschäftigte sich mit der Wirkung von Hinweisbeschilderung zur Radwegebenutzungspflicht und Fahrrad-Sinnbildern auf der Fahrbahn. Derartige Maßnahmen werden in mehreren deutschen Städten in letzter Zeit insbesondere im Zusammenhang mit der Aufhebung der Benutzungspflicht vorhandener Radwege umgesetzt. Des Weiteren finden sie in Straßenräumen, in denen regelkonforme Radverkehrsanlagen zwar laut Regelwerk notwendig wären, aber aufgrund zu geringer Abmessungen nicht umsetzbar sind, Anwendung. Die Nutzung von Hinweisbeschilderung und/oder der Markierung der Fahrradpiktogramme hat die Ziele, die vorhandene Führungsform Mischverkehr zu unterstützen, den Radverkehr insbesondere in vormals unfallauffälligen Situationen sicherer zu gestalten und das Verkehrsklima zu verbessern. Die Präsenz und die Rechte von Radfahrenden sollen damit verdeutlicht werden, wobei das gegenseitige Miteinander im Vordergrund steht. Allerdings sind im Rahmen der geltenden StVO insbesondere die Fahrrad-Sinnbilder zu diesem Zweck nicht vorgesehen. Da es bislang noch keine umfassenden Erkenntnisse und Umsetzungsempfehlungen zu derartigen Maßnahmen in Deutschland gibt, wurde die Wirkung solcher Markierungen und Hinweisbeschilderungen in Bestands- sowie Vorher-Nachher-Untersuchungen analysiert. Dabei wurde mit Hilfe von Kamerabeobachtungen und Befragungen der Verkehrsteilnehmenden untersucht, inwiefern diese Maßnahmen durch die Verkehrsteilnehmenden wahrgenommen werden, wie sie verstanden werden, in welchem Ausmaß eine Änderung bzw. Anpassung des Fahrverhaltens von Rad- und Kfz-Fahrenden stattfindet und ob Verbesserungen der Verkehrssicherheit festgestellt werden können.

Die **Unfalluntersuchungen** zeigen unter Beachtung der grundsätzlich niedrigen Fallzahlen, dass sich die Unfallrate Radfahrender fast um die Hälfte reduzierte; das individuelle Unfallrisiko Radfahrender sank also. Die objektive Verkehrssicherheit verbesserte sich insofern durch Aufbringen der Piktogrammketten. Die Unfalldichte unterschied sich stark nach Führung im Mischverkehr und parallelem Radweg im Seitenraum, wobei sie sich jeweils kaum veränderte: Die Führung mit einem Radweg im Seitenraum wies eine mehr als doppelt so hohe Unfalldichte auf wie die Führung im reinen Mischverkehr. Die Unfallrate halbierte sich im Vorher-/Nachher-Vergleich in beiden Kollektiven, wobei die Unfallraten auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe auf einem höheren Niveau lagen als auf Strecken mit einem Radweg im Seitenraum. Das Risiko Radfahrender zu verunfallen konnte im Vorher-/Nachher-Vergleich reduziert werden, vor allem an Strecken mit Führung im Mischverkehr. Insbesondere an Knotenpunkten wirkte sich die umgesetzte Maßnahme positiv aus, Unfallrate und Unfalldichte konnten deutlich reduziert werden.

Die **Videoanalysen** und Seitenradar-Messungen zeigen, dass die umgesetzten Maßnahmen zu einer Zunahme des Anteils Radfahrender auf der Fahrbahn führten und die Zahl der Hinterherfahrten von Kfz zunahm. Der Überholabstand der Kfz beim Überholen von Radfahrenden nahm deskriptiv etwas zu. Die Geschwindigkeiten der Kfz verringerten sich im Mittel um 2 km/h. Die unbeeinflusste Fahrlinie der Kfz-Fahrenden verschob sich kaum. Für die Fahrlinien der Radfahrenden konnten an einzelnen Strecken bei kleinen Stichproben teils deutliche Verschiebungen festgestellt werden; im Allgemeinen verschoben sich die unbeeinflussten Fahrlinien der Radfahrenden mit 4cm nach links aber kaum. Die Radfahrenden überfuhren die Piktogramme entgegen den Erwartungen nicht mittig, sondern fuhren

am rechten Rand. Ihre Fahrlinie wurde durch die Maßnahme also kaum beeinflusst. Insbesondere auf Strecken mit Radverkehrsführung im reinen Mischverkehr verschob sich die Flächennutzung der Radfahrenden vom Gehweg auf die Fahrbahn, auf Strecken mit zusätzlicher Radverkehrsinfrastruktur im Seitenraum verringerte sich die Seitenraumnutzung nur leicht. Dies lässt darauf schließen, dass die Raumnutzung durch die optische Gestaltung des Verkehrsraums mitbestimmt wird. Ist ein (nicht benutzungspflichtiger) Radweg optisch vorhanden, wird dieser von einem Großteil der Radfahrenden genutzt. Auf der Fahrbahn nahmen die regelgerechten Interaktionen zu, die Konflikte erhöhten sich jedoch kaum, so dass das Sicherheitsniveau auf der Fahrbahn bezogen auf die Interaktionen gleich blieb. Im Seitenraum verbesserte es sich deutlich. Bedingt durch die Verschiebung der Flächennutzung der Radfahrenden verringerte sich die Zahl der Interaktionen im Seitenraum. Entsprechend verringerte sich auch der Anteil der beobachteten Interaktionen zwischen Radfahrenden und zu Fuß Gehenden.

Die Befunde aus den **Befragungen** zeigen, dass den Befragten die umgesetzten Maßnahmen im Allgemeinen aufgefallen waren und sie diese eher sinnvoll fanden. Zudem wird aus den Analysen klar, dass nach der Umsetzung der Maßnahmen ein größerer Anteil der Befragten als zuvor wusste, dass Radfahren nur auf der Fahrbahn (Strecken mit Führung im Mischverkehr) bzw. im Seitenraum und auf der Fahrbahn (Strecken mit Seitenraumfreigabe) erlaubt ist. Nach dem Aufbringen der Piktogramme bzw. dem Aufstellen der Hinweisschilder fühlten sie sich signifikant sicherer als zuvor und nahmen die Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden im Mischverkehr als angenehmer wahr. Der Anteil der Personen, die berichtete, oft oder immer mit dem Rad die Fahrbahn zu nutzen, nahm auf Strecken mit Radverkehrsführung im Mischverkehr im Vorher-/Nachher-Vergleich zu und die Gehwegnutzung ab. Auf Strecken mit Radverkehrsführung im Seitenraum nahm der Anteil derer, die berichteten, oft oder immer den Gehweg zu nutzen, etwas ab, während die berichtete Radwegnutzung auf einem hohen Niveau in etwa gleich blieb. Der Anteil derer, die berichteten, nach der Maßnahmenumsetzung die Fahrbahn zu nutzen, nahm im Vergleich zu vorher etwas zu. Die Berichte, welche Flächen andere Radfahrende oft oder immer auf der Untersuchungsstrecke nutzen würden, deckten sich im Allgemeinen mit den Selbstberichten, lagen allerdings auf unterschiedlichen Ausgangsniveaus, was durch Effekte sozialer Erwünschtheit zu erklären ist. Lediglich für andere Radfahrende auf Strecken mit Seitenraumfreigabe wurde eine Abnahme der Fahrbahnnutzung berichtet. Die Befragten nahmen die Geschwindigkeiten der Kfz als etwas höher als erlaubt und die Abstände beim Überholen von Radfahrenden als etwas zu eng wahr. Etwa jede 13. befragte Person berichtete, auf der Untersuchungsstrecke in den letzten drei Jahren einen Unfall oder Beinahe-Unfall mit Radbeteiligung erlebt zu haben. Diese Personen fühlten sich unsicherer als Personen, die noch keine solche kritische Situation erlebt hatten und nahmen die Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden als unangenehmer wahr. Während in den Vor-Ort-Befragungen nach der Maßnahmenumsetzung ein kleinerer Anteil das Erleben einer kritischen Situation berichtete, wurden in der postalischen und Online-Befragung teilweise deutlich mehr Unfälle berichtet, was durch die Unterschiede in der Stichprobenszusammensetzung erklärt werden kann. Auf Strecken ohne Seitenraumfreigabe berichtete ein größerer Anteil der Befragten, die kritische Interaktion habe auf der Fahrbahn stattgefunden als auf dem Gehweg; auf Strecken mit Seitenraumfreigabe wurden anteilig die meisten kritischen Situationen auf den Radwegen im Seitenraum berichtet.

Eine Analyse der **Öffentlichkeitsarbeit** ergab eine Vielzahl von Akteur*innen, die Informationen über Maßnahmen wie Piktogramme und Hinweisschilder verbreiten. Dabei wurden als häufigste Argumente für die Maßnahmenumsetzung z.B. eine bessere Sichtbarkeit der Radfahrenden sowie eine kostengünstige Umsetzung und Lösung bei engen Querschnitten identifiziert. Als Argumente gegen die Um-

setzung wird in der Presse häufig diskutiert, dass die Bedeutung der Maßnahme nicht richtig verstanden wird und dass separate Radverkehrsinfrastruktur gewünscht wird. Es zeigt sich eine starke Variation im Informationsgehalt der Beiträge. Die Ergebnisse aus der Analyse der Öffentlichkeitsarbeit und den Gesprächen mit den Befragten deuten auf die Notwendigkeit hin, Gründe für das Markieren von Piktogrammen auf der Fahrbahn bzw. Aufstellen von Hinweisschildern am Fahrbahnrand wie zu geringe Querschnittsbreiten und die Aufhebung der Radwegebenutzungspflicht zu kommunizieren.

In **qualitativen Städte-Interviews** mit Ansprechpartner*innen der Kommunen wurde die Problematik der fehlenden Rechtssicherheit bei der Umsetzung der Maßnahmen deutlich. Zudem wurde die Wichtigkeit einer Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Ämtern und Interessensgruppen sowie von Öffentlichkeitsarbeit betont. Für die Zukunft wünschten sich die Kommunen klar definierte Einsatzgrenzen sowie Ausführungshinweise für die Umsetzung und eine klare Empfehlung zum Umgang mit der StVO.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse aus der vorliegenden Untersuchung einen deutlich positiven Einfluss der umgesetzten Maßnahmen auf die objektive und subjektive Sicherheit sowie auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden. **Empfohlen wird insofern, Piktogrammketten als Möglichkeit der Markierung in bestimmten Fällen künftig zuzulassen und anzuwenden.** Vorab ist dennoch immer zu prüfen, ob nicht doch eine Möglichkeit der Anlage einer regelkonformen Radverkehrsanlage, z. B. durch eine Veränderung der Querschnittsaufteilung oder Verlagerung von z. B. Parkflächen, umgesetzt werden kann. Empfehlungen, wo und unter welchen Bedingungen die Piktogramme markiert bzw. die Hinweisschilder aufgestellt werden sollten, sind dem nächsten Kapitel 4 zu entnehmen.

4 Empfehlungen

Nachfolgend werden aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitete Empfehlungen für die Umsetzung von Piktogrammen auf der Fahrbahn bzw. Hinweisschildern am Fahrbahnrand vorgestellt. Diese Empfehlungen sind dazu gedacht, als wissenschaftliche Diskussionsgrundlage in die Überarbeitung bzw. Novellierung von Regelwerken und Gesetzen einzufließen.

Einsatzbereich (Netz, Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Fahrbahnbreite)

Es konnte gezeigt werden, dass Piktogrammketten eine Maßnahme sind, um insbesondere die Akzeptanz des Mischverkehrs auf Hauptverkehrsstraßen zu erhöhen, Seitenraumnutzungen zu reduzieren und Routen im Radverkehr zu verdeutlichen. Die vor Ort befragten Rad- und Kfz-Fahrenden nahmen die Interaktionen miteinander nach der Maßnahmenumsetzung als signifikant angenehmer wahr als zuvor; zudem fühlten sich die Befragten nach dem Aufbringen der Piktogramme signifikant sicherer. Nach der Umsetzung berichteten auf Strecken mit Radverkehrsführung im Mischverkehr korrekterweise mehr Befragte als zuvor, das Radfahren sei nur auf der Fahrbahn (und nicht auf der Fahrbahn und im Seitenraum oder nur im Seitenraum) erlaubt. Insbesondere im Mischverkehr beeinflussen die Piktogramme Regelwissen, Einstellungen und Verhalten der Verkehrsteilnehmenden.

Hinweisschilder zur Radverkehrsführung auf der Fahrbahn scheinen auch einen positiven Effekt zu haben, jedoch war die Stichprobe mit einer Strecke im Rahmen der Erhebungen sehr gering, daher wird im Rahmen der Empfehlungen hierauf nicht weiter eingegangen.

Die Piktogrammketten bieten sich an, um Netzlücken zu schließen, an denen aufgrund von beengten Situationen keine regelkonformen Radverkehrsanlagen umgesetzt werden können. Bei etwaigen Flächenkonflikten sind zuvor alle Möglichkeiten zu prüfen, um regelkonforme Radverkehrsanlagen anbieten zu können. So sind zunächst alle Möglichkeiten der Verlagerung von Parkständen bzw. Parkreihen auszuschöpfen. Nur dann, wenn z.B. aufgrund eines nicht verlagerbaren Bedarfs an Liefer- und Lademöglichkeiten oder bei Vorhandensein von Baumstandorten und Bereitstellung von kombinierten Grün-/Parkstreifen keine Flächen für regelkonforme Radverkehrsanlagen gewonnen werden können, kommen Piktogrammketten in Frage.

Nach momentan gültigem Regelwerk sind für die Fahrbahnführung mit Schutzstreifen Fahrbahnbreiten von 7,50 m ohne Parkstreifen bzw. 8,50 m mit beidseitigem Parken notwendig. Da aktuell darüber diskutiert wird, dass die Mindestbreite der Kernfahrbahn auf 5,0 m erhöht wird, um die Mitnutzung der Schutzstreifen durch Kfz zu reduzieren und dass Schutzstreifen wie auch Sicherheitstrennstreifen breiter sein müssten, um die Sicherheit zu erhöhen (vgl. Richter et al., 2019), sind die Einsatzbereiche ggf. über die o.g. Werte hinaus auszuweiten.

Um zu vermeiden, dass diese Maßnahme der Radverkehrsförderung, die nur für bestimmte Abschnitte im Basis- und Vorrang-Netz gedacht ist, im gesamten Haupt- wie auch Erschließungsstraßennetz eingesetzt wird und somit zu einer Regel- und nicht Ausnahmelösung bei beengten Verhältnissen wird, sollte der Einsatzbereich klar eingegrenzt und beschränkt werden.

- Das Erschließungsstraßennetz hat generell schmalere Fahrbahnen als Hauptverkehrsstraßen, die zulässige Geschwindigkeit beträgt oft 30 km/h und die Führung des Radverkehrs im Mischverkehr stellt den Regelfall dar. Hier sollten keine Piktogrammketten zum Einsatz kommen.
- Somit sollten Piktogrammketten nur auf
 - Hauptverkehrsstraßen markiert werden,

- die Routen im Basis- und Vorrangnetzes des Radverkehrs darstellen und
- an denen keine alternative Radinfrastruktur vorhanden und umsetzbar ist.

Piktogrammketten bieten sich unter diesen Voraussetzungen insbesondere dort an, wo eine hohe Seitenraumnutzung zu beobachten ist.

Für Fahrradstraßen werden inzwischen auch Piktogrammketten, mit Markierung eines Sicherheitstrennstreifens zum ruhenden Verkehr, diskutiert (DifU/BUW 14.09.2020). Die Abgrenzung zu diesem Einsatzgebiet war nicht Teil des Projektes. Die ggf. abgrenzende Ausgestaltung der Piktogrammketten müsste weitergehend diskutiert und ggf. untersucht werden. Vor Einsatz der Piktogrammketten sollten die Belastungsbereiche und entsprechenden Führungsempfehlungen der ERA (FGSV, 2010) unbedingt beachtet werden und die Umsetzbarkeit der Führungsempfehlungen zuerst geprüft werden. Hierfür sollte eine Verkehrserhebung über die Verkehrsstärken und gefahrenen Geschwindigkeiten vor Umsetzung der Maßnahme erfolgen, um eine aktuelle Übersicht der Belastungen durch Rad- und Kfz-Verkehr sowie der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten zu erhalten.

Wie an der Analyse der Kfz-Geschwindigkeit in der vorliegenden Untersuchung zu sehen ist, verringerte sich diese durch die Maßnahme an einem Großteil der Strecken nur tendenziell. Durch die Geschwindigkeitsreduzierung wurde keine Verschiebung in andere Belastungsbereiche erreicht. Da die v_{85} teilweise stark von der beschilderten Geschwindigkeit abwich, sollte eine Geschwindigkeitsbetrachtung vor Aufbringen der Piktogramme erfolgen, insbesondere an Strecken, an denen ein erhöhtes Geschwindigkeitsniveau vermutet wird. Nach den Belastungsbereichen der ERA (FGSV, 2010) ist eine Radverkehrsführung auf der Fahrbahn bei Geschwindigkeiten über 50 km/h mit einer deutlich geringeren empfohlenen Kfz-Verkehrsstärke als bei 50 km/h verbunden, dieses ist entsprechend zu beachten. An Strecken mit einer Geschwindigkeit über 50km/h wären entsprechend ggf. weitere Maßnahmen zur Geschwindigkeitsreduzierung zu prüfen.

Um die Geschwindigkeiten von Kfz- und Radfahrenden zu harmonisieren und eine höhere Sicherheit und Akzeptanz im Mischverkehr zu erreichen, wäre eine sinnvolle Ergänzung der Maßnahme an Strecken mit einer zulässigen Geschwindigkeit von 50 km/h, die Aufbringung der Piktogrammketten mit einer Geschwindigkeitsreduzierung auf 30 km/h zu verbinden (vgl. Empfehlungen nach Richter et al., 2019). Da sich die Maßnahmen auf die Strecken innerhalb des Radnetzes beschränken und die Sicherheit und Attraktivität des umweltfreundlichen Radverkehrs zum Ziel haben, scheint diese Einschränkung auch auf Hauptverkehrsstraßen hinnehmbar.

Schließen Strecken mit Fahrbahnführung an Strecken mit Führung im Seitenraum an, sind die Übergangsbereiche so auszuführen, dass ein leichter und sicherer Wechsel gewährleistet ist. Hierfür sind die entsprechenden Empfehlungen der Regelwerke zu beachten.

Ausführung (Größe, Lage auf Fahrstreifen, Abstände)

Zur Vereinheitlichung der Größe wird empfohlen, das Radpiktogramm entsprechend der RMS (FGSV, 1980; Berichtigter Nachdruck 1995) auszuführen. Damit sich Piktogrammketten auf der Fahrbahn von Rad-Piktogrammen auf Schutzstreifen und Radfahrstreifen abgrenzen, wird eine Kombination mit einem Pfeilelement als zielführend angesehen. Hierbei wird der Winkelpfeil favorisiert, da bei diesem die Gefahr einer Verwechslung mit einem Richtungspfeil geringer ist. Diese Kombination unterstützt zudem auch die Visualisierung der Routenführung der jeweiligen Strecke im Radnetz bei fehlender Radinfrastruktur und wechselnden Führungsformen. Mit der Kombination eines Fahrradpiktogramms mit einem Winkelpfeil passt sich die Markierung zudem in den internationalen Kontext ein. Diese Art der

Markierung ist in der aktuellen Straßenverkehrs-Ordnung bisher jedoch nicht vorgesehen und müsste daher im Rahmen einer Novelle geprüft werden.

Nach Schüller, Plesker und Bärwolff (2020) stellen der Ruhende Verkehr und damit verbundene Doo-ring-Unfälle eine wesentliche Unfallursache an Strecken dar. Daher sollten die Piktogramme in ausreichendem Abstand zu Parkständen angebracht werden. Die Lage der Piktogramme sollte einen sicheren Bereich kennzeichnen und nicht unterstützen, zu nah an Parkstreifen vorbei zu fahren. Daher wird für die Positionierung auf der Fahrbahn bzw. auf dem Fahrstreifen die in Abbildung 14 dargestellte Anordnung empfohlen. Der rechte Piktogramm-Rand sollte einen Abstand von 1,25 m vom Fahrbahnrand ohne Parkstände bzw. mindestens 1,00 m Abstand zzgl. 0,75 m Sicherheitstrennstreifen von Parkständen aufweisen. Bei den angegebenen Abständen ist berücksichtigt, dass Radfahrende tendenziell eher rechts neben den Piktogrammen fahren.

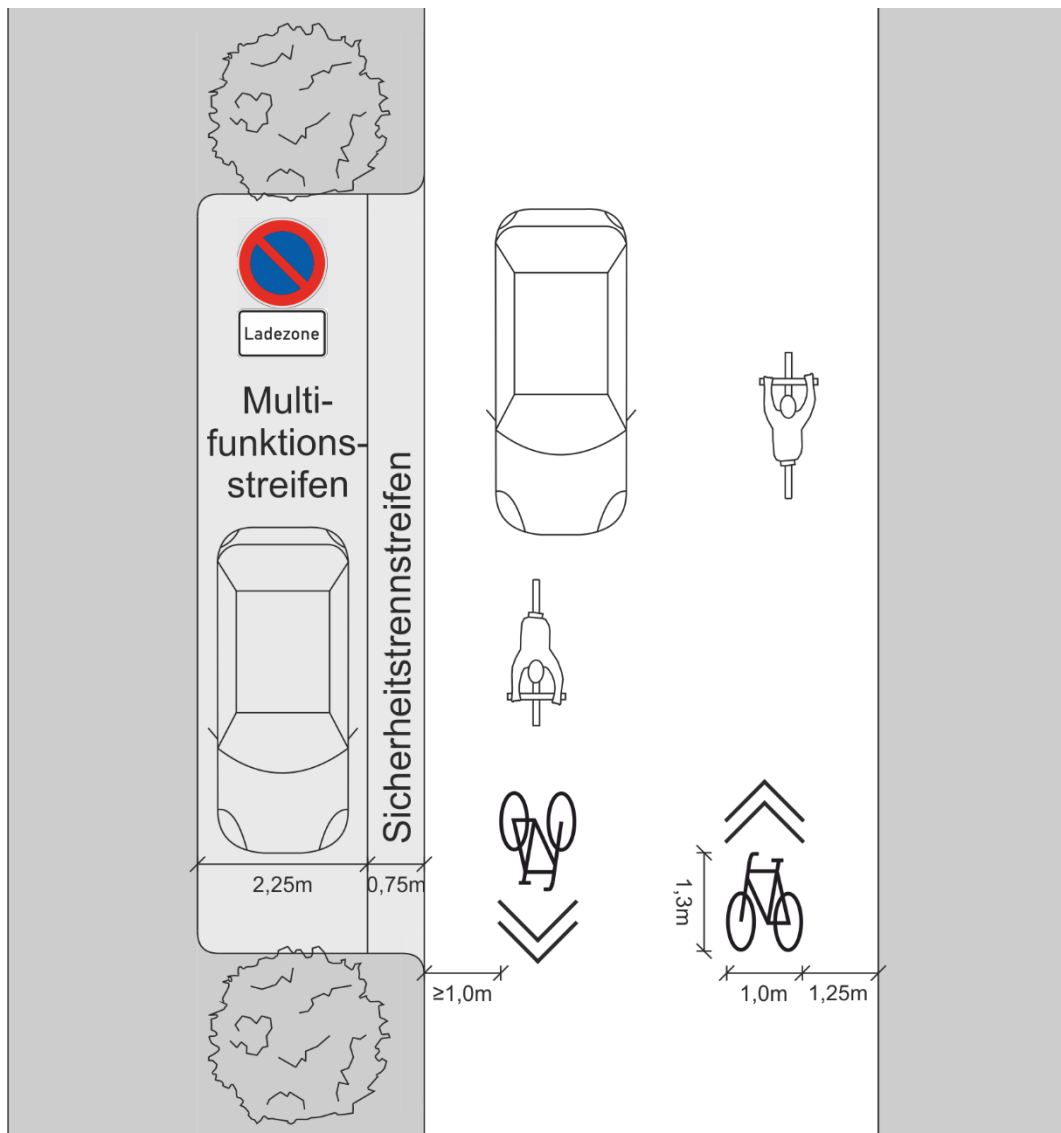


Abbildung 14: Empfehlung zur Ausführung der Piktogramme.

Eine Markierung der Piktogramme rechts am Fahrbahnrand wird nicht empfohlen, da hiermit suggeriert wird,

- dass im Fahrstreifen oder mit Gegenverkehr in ausreichendem Abstand überholt werden könnte und
- dass Radfahrende bei bestehenden Parkstreifen nah am Fahrbahnrand fahren sollen, womit die Radfahrenden in der Dooring-Zone fahren.

Wird jedoch das Piktogramm (fast) mittig im Fahrstreifen markiert, werden Radfahrende ermutigt, außerhalb der Dooring-Zone zu fahren und den Kfz-Fahrenden wird verdeutlicht, dass nur unter Inanspruchnahme des anderen Fahrstreifens überholt werden kann. Ein weiterer positiver Effekt ist hierbei, dass die Piktogramme in der Regel nicht vom Kfz-Verkehr überfahren werden und sich somit der Unterhaltungsaufwand der Markierung verringert.

Aktuell wird das Rechtsfahrgebot nach StVO §2 für Radfahrende oft so ausgelegt, dass diese nicht mittig auf einem Fahrstreifen fahren dürfen und eine Piktogramm-Markierung somit auch nicht mittig auf einem Fahrstreifen aufgebracht werden dürfte. Da bei den für Piktogrammketten empfohlenen Fahrbahnbreiten ein Überholen des Radverkehrs durch Kraftfahrzeuge nur durch Inanspruchnahme der Gegenspür möglich ist, wird der nachfolgende Verkehr wie auch der entgegenkommende Verkehr durch mittig auf dem Fahrstreifen fahrende Radfahrende nicht weiter beeinträchtigt. Eine Unterstützung einer sicheren Fahrweise von Radfahrenden (mit ausreichendem Abstand zum Ruhenden Verkehr) könnte durch eine Konkretisierung des Rechtsfahrgebots für Radfahrende in der StVO bzw. VwV-StVO herbeigeführt werden.

Da zur Wirkung der Mittelmarkierung im Rahmen dieses Projektes keine Aussage getroffen werden konnte, kann hier keine Empfehlung dazu gegeben werden, ob die Markierung dieser erfolgen sollte.

Eine Ergänzung von Piktogrammketten mit einem Sicherheitstrennstreifen an Liefer-/Ladestreifen bzw. nicht verlagerbaren Parkstreifen scheint von Vorteil und sollte in Pilotstudien umgesetzt und evaluiert werden. Bei einer entsprechenden Markierung dieses Sicherheitstrennstreifens könnte auf Abschnitten, wo die Querschnittsbreite dies wieder zulässt, die Markierung mit einer weiteren gestrichelten Linie links vom Piktogramm zu einem Schutzstreifen ergänzt werden.

Im Hinblick auf den Abstand der Piktogramme zueinander wird ein Wert zwischen 25 und 50 m empfohlen. Größere Abstände sind nicht zu empfehlen, da die Maßnahme dann ggf. nicht mehr als „Kette“ erkannt wird bzw. die „Kettenwirkung“ verloren geht. Dies ist insbesondere bei hohen Verkehrsstärken wichtig, da die Piktogramme bei dichter Fahrzeugfolge vom jeweils vorausfahrenden Fahrzeug verdeckt werden können. In diesem Fall können auch geringere Abstände zwischen den Piktogrammen sinnvoll sein. Weiterhin wird losgelöst vom regelmäßigen Abstand der Piktogramme im Streckenverlauf empfohlen, das Piktogramm an jeder Einmündung oder Kreuzung aufzubringen, damit der einbiegende Verkehr unmittelbar auf Radfahrende auf der Strecke aufmerksam gemacht wird.

Begleitende Öffentlichkeitsarbeit

Abgeleitet aus den Ergebnissen der Öffentlichkeitsarbeitsanalyse in der Bestands- und der Begleitung der Kommunen bei der Umsetzung in der Pilotphase sowie aus den Evaluationsgesprächen wird empfohlen:

- die Pressemitteilungen zu den umgesetzten Maßnahmen möglichst breit und angepasst an die jeweilige Zielgruppe zu streuen,

- Politik, Verbände und Anwohner*innen rechtzeitig über geplante Umsetzung zu informieren,
- die Informationen regelmäßig zu wiederholen,
- zur Steigerung der Akzeptanz der Maßnahmen auf die Gründe für die Umsetzung einzugehen,
- nicht nur Vorteile für Radfahrende durch eine Verdeutlichung ihres Rechts und für Kfz-Fahrende durch eine Hinweisfunktion auf Radfahrende, sondern auch Vorteile für zu Fuß Gehende zu benennen.

Beispiele für mögliches Material zur Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen wie Pressemitteilungen oder Flyer finden sich im Anhang der Langfassung dieses Berichts.

5 Literaturverzeichnis

- Aldred, R. (2016). Cycling near misses: Their frequency, impact, and prevention. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 90, 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.04.016>
- Alta Planning + Design. (2004). *San Francisco's shared lane pavement markings: Improving bicycle safety* (San Francisco Department of Parking & Traffic, Hrsg.). San Francisco, CA, USA. Verfügbar unter: <https://nacto.org/wp-content/uploads/2010/08/San-Franciscos-Shared-Lane-Pavement-Markings-Improving-Bicycle-Safety.pdf>
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1993). The recency effect: Implicit learning with explicit retrieval? *Memory & Cognition*, 21, 146–155.
- Brady, J., Loskorn, J., Mills, A., Duthi, J. & Machemehl, R. (2010). Effects of shared lane marking on bicyclist and motorist behavior. *ITE Journal*, 81(8), 33–38.
- Chaurand, N. & Delhomme, P. (2013). Cyclists and drivers in road interactions: A comparison of perceived crash risk. *Accident; Analysis and Prevention*, 50, 1176–1184. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.005>
- Daff, M. (2013). *Evaluation of shared lane markings for cyclists*. Melbourne: VicRoads Bicycle and Pedestrian Programs.
- DifU/BUW (14.09.2020): 2. *Expertenworkshop; NRVP-Projekt „Fahrradstraßen - Leitfaden für die Praxis“*. Deutsches Institut für Urbanistik; Bergische Universität Wuppertal. Unveröffentlicht.
- Dong, X., Peek-Asa, C., Yang, J., Wang, S., Chen, X., Chi, G. et al. (2011). The association of road safety knowledge and risk behaviour with paediatric road traffic injury in Guangzhou, China. *Injury Prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 17(1), 15–20. <https://doi.org/10.1136/ip.2010.027540>
- Ellinghaus, D. & Steinbrecher, J. (1993). *Radfahrer - Jäger und Gejagte. Untersuchung über die Unfallgefährdung von Radfahrern und der durch sie heraufbeschworenen Gefahren* (Uniroyal-Engelbert Reifen GmbH, I., Hrsg.) (Uniroyal-Verkehrsuntersuchung Nr. 18). Köln, Aachen.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (Hrsg.). (1980 (Berichtigter Nachdruck 1995)). *Richtlinien für die Markierung von Straßen. RMS* (FGSV). Köln: FGSV-Verlag (Teil 2: Anwendung von Fahrbahnmarkierungen).
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (Hrsg.). (2010). *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. ERA* (Ausg. 2010). Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Verband der Schadenversicherer.
- Gehlert, T. & Genz, K. (2011). *Verkehrsklima in Deutschland 2010* (Forschungsbericht / Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft VV, Bd. 8). Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Unfallforschung der Versicherer.
- Gkekas, F., Bigazzi, A. & Gill, G. (2020). Perceived safety and experienced incidents between pedestrians and cyclists in a high-volume non-motorized shared space. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100094>
- Hunter, W. W., Srinivasan, R. & Martell, C. A. (2012). *Evaluation of shared lane markings in Miami Beach, Florida* (State of Florida Department of Transportation, Hrsg.). Chapel Hill, NC, USA.
- Janstrup, K. H., Kaplan, S., Hels, T., Lauritsen, J. & Prato, C. G. (2016). Understanding traffic crash under-reporting: Linking police and medical records to individual and crash characteristics. *Traffic Injury Prevention*, 17, 580–584. <https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1128533>

- Kassim, A., Ismail, K. & Woo, S. (2017). Investigation of the effect of super sharrows on cyclist and vehicle behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2659, 224–232.
- Knoflacher, H. (2014). *Untersuchung der Wirkungen von Fahrradpiktogrammen auf das Verhalten von Rad- und AutofahrerInnen. Schlussbericht*. Klosterneuburg, Österreich. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/pdf/studie-piktogramme.pdf>
- La Vega, J. de. (2011). *Shared lane marking study. Final report*. Los Angeles: Los Angeles Department of Transport. Verfügbar unter: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.404.4409&rep=rep1&type=pdf>
- Lajunen, T., Corry, A., Summala, H. & Hartley, L. (1997). Impression management and self-deception in traffic behaviour inventories. *Personality and Individual Differences*, 22, 341–353. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(96\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(96)00221-8)
- Richter, T., Beyer, O., Ortlepp, J. & Schreiber, M. (2019). *Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen* (Forschungsbericht / Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. 59). Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Unfallforschung der Versicherer.
- Rubie, E., Haworth, N., Twisk, D. & Yamamoto, N. (2020). Influences on lateral passing distance when motor vehicles overtake bicycles: a systematic literature review. *Transport Reviews*, 40, 754–773. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1768174>
- Sanders, R. L. (2015). Perceived traffic risk for cyclists: The impact of near miss and collision experiences. *Accident; Analysis and Prevention*, 75, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.004>
- Schüller, H., Plesker, M. & Bärwolff, M. (2020). *Unfallrisiko Parken für schwächere Verkehrsteilnehmer* (Unfallforschung der Versicherer, Bd. 66). Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
- Shinar, D., Valero-Mora, P., van Strijp-Houtenbos, M., Haworth, N., Schramm, A., Bruyne, G. de, Cavallo, V., Chliaoutakis, J., Dias, J., Ferraro, O. E., Fyhri, A., Hursa Sajatovic, A., Kuklane, K., Ledesma, R., Mascarell, O., Morandi, A., Muser, M., Otte, D., Papadakaki, M., Sanmartín, J., Dulf, D., Saplioglu, M. & Tzamalouka, G. (2018). Under-reporting bicycle accidents to police in the COST TU1101 international survey: Cross-country comparisons and associated factors. *Accident; Analysis and Prevention*, 110, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.09.018>
- Unfallforschung der Versicherer. (2020). *Verkehrsklima 2020*. Pressekonferenz. Berlin.
- Vasilev, M., Pitera, K. & Jonsson, T. (2017). Evaluation of bicycle sharrows within the Norwegian context. *Transportation Research Procedia*, 27, 1097–1104. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.015>
- Wählberg, A. E. a., Dorn, L. & Kline, T. (2010). The effect of social desirability on self reported and recorded road traffic accidents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13(2), 106–114. Verfügbar unter: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/5240/The%20effect%20of%20social%20desirability-2010.pdf?sequence=1>
- Winters, M. & Branion-Calles, M. (2017). Cycling safety: Quantifying the under reporting of cycling incidents in Vancouver, British Columbia. *Journal of Transport & Health*, 7, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.02.010>