

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

- Projektabschlussbericht -





STADT- & VERKEHRSPLANUNGSBÜRO KAULEN · AACHEN / MÜNCHEN

Auftraggeberin:

**Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundlicher Kommunen
in Baden-Württemberg e. V. (AGFK-BW)**



c/o Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH
Wilhelmsplatz 11
70182 Stuttgart
Telefon: 0711/23991-0
Telefax: 0711/23991-23
info@agfk-bw.de
www.agfk-bw.de

Auftragnehmer:

Stadt- und Verkehrsplanungsbüro Kaulen (SVK)



Bearbeitung:
Dr. phil. Dipl.-Ing. Ralf Kaulen
Dipl.-Ing. Matthias Reintjes
Christina Dudde

Unter Mitarbeit von:

Dipl.-Ing. Wolfgang Kever, Sonja Errico, Lars Bornwasser, Fabrice Blaschke,
Benjamin Peipert, Sebastian Schotten, Markus Fischer, Jutta Salzmann

Haupthaus Aachen

Deliusstraße 2
52064 Aachen
Telefon: 0241/33444
Telefax: 0241/33445
info@svk-kaulen.de
www.svk-kaulen.de

Niederlassung München

Maximilianstraße 35 a
80539 München
Telefon: 089/24218-142
Telefax: 089/24218-200
info.muenchen@svk-kaulen.de

**Gefördert durch das Ministerium für
Verkehr und Infrastruktur des Landes
Baden-Württemberg (MVI)**



Aachen/München, 14. Februar 2014



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Kurzfassung	V
Abkürzungen und Begriffserläuterungen	VII
1. Anlass und Aufgabenstellung	1
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Projektstruktur/Methodik des Vorgehens	2
2. Rechtslage und Stand der Wissenschaft	4
2.1 Gesetzliche Grundlage der Radverkehrsplanung	4
2.2 Exkurs: Schutzstreifen zur Sicherung des Radverkehrs an innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen	4
2.3 Sicherungsmöglichkeiten des Radverkehr auf innerörtlichen Verkehrsstraßen (50 km/h) mit schmalen Fahrbahnen	7
2.3.1 Schmale Schutzstreifen	7
2.3.2 Schmale Kernfahrbahn	7
2.3.3 Einseitige Schutzstreifen	9
2.3.4 Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	10
2.3.5 Verbot für den Radverkehr	11
3. Untersuchungsstrecken	12
3.1 Auswahl der Strecken	12
3.2 Planungshinweise für die Untersuchungsstrecken	13
3.2.1 Planungshinweise für die Modellstrecken	13
3.2.2 Definition der Untersuchungsfälle	14
3.3 Vorstellung der Untersuchungsstrecken	15
3.3.1 Umgesetzte Streckenabschnitte	16
3.3.2 Bisher nicht umgesetzte Streckenabschnitte	26
3.4 Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Umsetzung	26
3.4.1 Öffentliche Reaktionen	26
3.4.2 Reaktion der Städte	27
3.5 Besonderheiten im Rahmen der Umsetzung	28



4.	Methodik der Verkehrsbeobachtung	29
4.1	Bewertungskriterien	29
4.1.1	Verkehrsmengen	29
4.1.2	Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs	29
4.1.3	Unfälle und Verkehrskonflikte	30
4.1.4	Akzeptanz der Radverkehrsführung durch Radfahrer	30
4.1.5	Akzeptanz von Schutzstreifen durch Kfz	30
4.1.6	Abstandsverhalten bei Überholung	31
4.1.7	Abstände zum Fahrbahnrand	33
4.2	Datenerhebung	35
4.2.1	Videoanalyse	35
4.2.2	Weitere Daten	36
4.2.3	Datenermittlung aus dem Videobild	37
5.	Ergebnisse der Verkehrsbeobachtung	39
5.1	Verkehrsmengen	39
5.1.1	DTV und SV-Anteil	39
5.1.2	Radverkehrsmengen	39
5.2	Kfz-Geschwindigkeiten	40
5.3	Unfälle und Verkehrskonflikte	41
5.3.1	Unfälle	41
5.3.2	Konflikte	41
5.3.3	Gefährliche Situationen	42
5.4	Akzeptanz der Radverkehrsführung durch Radfahrer	44
5.4.1	Flächennutzung der Radfahrer	44
5.4.2	Zusammenhang zwischen Flächennutzung, Gefahrenpotential und Gestaltungsmuster	46
5.5	Seitliche Abstände bei Überholvorgängen	47
5.5.1	Vorher-Fall: Vor Markierung der Schutzstreifen	47
5.5.2	Nachher-Fall: Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen	48
5.5.3	Nachher-Fall: Einseitige Schutzstreifen und alternierende Schutzstreifen	49
5.5.4	Zusammenfassende und vergleichende Bewertung der Überholabstände	50



5.6	Abstände zum Fahrbahnrand	51
5.6.1	Vorher-Fall: vor Markierung der Schutzstreifen	51
5.6.2	Nachher-Fall: Beidseitige Schutzstreifen	52
5.6.3	Nachher-Fall: Einseitige und alternierende Schutzstreifen	53
5.6.4	Abstand zum ruhenden Verkehr	54
5.6.5	Zusammenfassung Abstände zum Seitenrand	55
5.7	Verhaltensbeobachtung und Fahrlinien	55
5.7.1	Beschreibung der Fahrlinien des Kfz-Verkehrs	55
5.7.2	Verhalten an Engstellen und Bushaltestellen	57
5.7.3	Verhaltensbeobachtung auf Strecken mit alternierenden Schutzstreifen	57
5.8	Verkehrsbeobachtung: Zusammenfassung der Ergebnisse	60
6.	Abschließende Planungsempfehlungen	63
6.1	Allgemeine Grundlagen	63
6.1.1	Auswahl des Führungsprinzips	63
6.1.2	Schutzstreifen	64
6.1.3	Sicherheitstrennstreifen	64
6.1.4	Kernfahrbahn	64
6.1.5	Streckenspezifische Prüfung	64
6.2	Beidseitige Schutzstreifen	64
6.2.1	Prüfung auf Realisierbarkeit	64
6.2.2	Straßenverkehrsrechtliche Umsetzung	65
6.2.3	Umsetzung auf Streckenabschnitten	66
6.2.4	Gefahrenstellen an Streckenabschnitten	67
6.2.5	Führung an vorfahrtberechtigten und LSA-geregelten Knoten	67
6.3	Alternierende Schutzstreifen	68
6.4	Einseitige Schutzstreifen	68
6.5	Alternative Führungsmöglichkeiten	68
6.6	Begleitende Kommunikation	69
7.	Weiterer Forschungsbedarf	70
8.	Anhang	72
8.1	Basisdaten zur Definition der Untersuchungskriterien	72



8.1.1	Kfz-Verkehrsmengen	72
8.1.2	Radverkehrs Menge	72
8.1.3	Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs	72
8.1.4	Abstandsverhalten bei Überholung	73
8.1.5	Abstände zum Fahrbahnrand	75
8.2	Ergebnisse	77
8.2.1	Verkehrsmengen der Untersuchungsstrecken	77
8.2.2	Darstellung der Ergebnisse mittels Boxplot-Diagrammen	79
8.2.3	Geschwindigkeitsmessung	80
8.2.4	Fahrlinien	82
8.2.5	Abstände bei Überholvorgängen	83
8.2.6	Abstände zum Seitenrand	87
Abbildungsverzeichnis		91
Literatur		94

Kurzfassung

Für Fahrbahnbreiten $\geq 7,00$ m liegen gesicherte Erkenntnisse für beidseitig angeordnete Schutzstreifen vor, auf deren Grundlage die aktuellen Richtlinien (ERA 2010) Gestaltungsanforderungen und Einsatzbereiche definieren. Die in der ERA vorgesehenen Mindestquerschnitte von 7,00 m werden an vielen Straßen nicht erreicht. Hier steht die Anforderung der VwV-StVO grundsätzlich alle Verkehrsteilnehmer zu sichern, den Standardmaßen der ERA 2010 gegenüber.

Aus diesem Grund hat die Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundlicher Kommunen in Baden-Württemberg (AGFK-BW) ein Forschungsvorhaben initiiert, das Lösungsansätze für Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen ($\leq 7,00$ m) hinsichtlich der Verkehrssicherheit überprüft. In diesem Zusammenhang wurden einseitige und alternierende sowie beidseitige Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen untersucht. Dabei wurden insbesondere noch offene Fragestellungen der Dimensionierung und Gestaltung aufgegriffen, analysiert und beantwortet. Aus den Ergebnissen wurden Planungsempfehlungen entwickelt.

Im Rahmen einer Literaturrecherche wurde zunächst der allgemeine Stand der Technik sowie die gesetzlichen Regelungen und Richtlinien zu Schutzstreifen dokumentiert. Während im benachbarten Ausland bereits positive Erfahrungen mit Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen gesammelt wurden, wurden in Deutschland entsprechende Lösungen bisher nicht ausreichend untersucht.

Die Demonstrationsstrecken für die Verkehrsuntersuchung wurden aus Vorschlägen der AGFK-Mitgliedskommunen ausgewählt und im Rahmen einer Vorher-Betrachtung verkehrstechnisch untersucht. Anhand der Analyseergebnisse wurden für die Strecken Planungshinweise erarbeitet, den Kommunen vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Nach Umsetzung der Maßnahmen wurde eine erneute Untersuchung (Nachher-Fall) durchgeführt, um die Sicherheit in einer Vorher-Nachher-Analyse zu beurteilen und die Maßnahmen zu bewerten.

Untersucht und bewertet wurden Strecken mit

- einseitigen Schutzstreifen,
 - ohne Seitenwechsel: einseitige Führungen,
 - mit einmaligem Wechsel der Fahrbahnseite im Streckenverlauf: unechte alternierende Schutzstreifen,
 - mit mehrfachem Wechsel der Fahrbahnseite im Streckenverlauf: alternierende Schutzstreifen und
- beidseitige Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn ($\geq 4,10$ m).

Ergebnis der Untersuchung

Die untersuchten Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen wurden hinsichtlich der Verkehrssicherheit positiver bewertet als die Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen. Bewertet wurden beidseitig angelegte Schutzstreifen auf Straßen mit Kernfahrbahnen ab 4,10 m Breite und Verkehrsmengen bis 12.000 Kfz/d. Der Einsatz kann auf entsprechenden Strecken empfohlen werden. Die Untersuchungen zeigen, dass die Umverteilung von Fahrbahnflächen zugunsten des Radverkehrs auf Fahrbahnen mit 7,00 m Breite einen positiven Effekt auf die Sicherheit hat.

Auf Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen stehen den positiven Veränderungen negative Einflüsse gegenüber, die das Ergebnis des gesamten Streckenabschnittes neutralisieren. Alternierende Schutzstreifen stellen keine selbsterklärende Führungsform dar. Auf den untersuchten

Strecken wurden teilweise schwerwiegende Unsicherheiten im Umgang mit dieser Führungsform beobachtet, die das Gefährdungsrisiko erhöhen können. Einseitige oder alternierende Schutzstreifen werden daher auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung nicht empfohlen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Folgende **Einzelergebnisse** wurden beobachtet:

- Die Akzeptanz der Fahrbahnnutzung kann besonders mit beidseitigen Schutzstreifen deutlich gesteigert werden. Typische Konflikte der Radverkehrsführung im Seitenraum werden vermieden.
- Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs sank auf allen Strecken nach Markierung der Schutzstreifen. Je schmaler die Kernfahrbahn desto deutlicher wurde dieser Effekt. Die besten Ergebnisse erzielten hierbei Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen.
- Sowohl bei den Überholabständen wie auch bei den Abständen der Radfahrer zum Fahrbahnrand wurden geringe Unterschiede zum Vorher-Fall festgestellt (im Gegensatz zu bisherigen Forschungsvorhaben). Leichte Verbesserungen konnten bei beidseitigen Schutzstreifen beobachtet werden, während bei einseitigen und alternierenden Lösungen das Ergebnis stark differiert: Verbesserungen auf einer Fahrbahnseite stehen hier teilweise schlechteren Ergebnissen auf der gegenüberliegenden Seite gegenüber. Die Ausprägungen sind stark von der Streckengeometrie abhängig.
- Grundsätzlich wurden Schutzstreifen mit 1,40 m oder breiter hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Verkehrssicherheit besser bewertet als Schutzstreifen mit Mindestmaß (1,25 m). Der Sicherheitstrennstreifen zwischen Schutzstreifen und Parkstreifen sollte grundsätzlich entlang von Parkstreifen markiert werden, da dieser den Abstand zum Ruhenden Verkehr maßgeblich beeinflusst.

In vielen Städten und Gemeinden ist der Schutzstreifen als ein Standardelement zur Sicherung des Radverkehrs nicht etabliert. Anwendungsfälle im Rahmen der Standardlösungen gemäß ERA 2010 (Fahrbahnen über 7,00 m) sind daher zunächst bevorzugt einzusetzen. Eine intensive kommunikative Begleitung hilft den Schutzstreifen den Verkehrsteilnehmern vorzustellen und damit den Erfolg der Maßnahme langfristig zu sichern.

Die Option „Beidseitiger Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn“ ist als Lösung einzusetzen, wenn alle anderen Möglichkeiten durch Flächenumwidmungen (z.B. Reduzierung der Parkstreifenbreite) oder reduzierter zulässiger Höchstgeschwindigkeit (30 km/h) nicht umsetzbar sind. Für diese Fälle empfiehlt sich eine Fahrbahnaufteilung nach Abbildung:

kein Parken				einseitiges Parken						beidseitiges Parken					
6,60	1,25	4,10	1,25	6,85	1,25	4,10	1,25	0,25		7,10	0,25	1,25	4,10	1,25	0,25
6,70	1,30	4,10	1,30	7,10	1,25	4,10	1,25	0,5		7,60	0,5	1,25	4,10	1,25	0,5
6,80	1,35	4,10	1,35	7,20	1,30	4,10	1,30	0,5		7,70	0,5	1,30	4,10	1,30	0,5
6,90	1,40	4,10	1,40	7,30	1,35	4,10	1,35	0,5		7,80	0,5	1,35	4,10	1,35	0,5
7,00	1,45	4,10	1,45	7,40	1,40	4,10	1,40	0,5		7,90	0,5	1,40	4,10	1,40	0,5
7,50	1,50	4,50	1,50	7,50	1,45	4,10	1,45	0,5		8,00	0,5	1,45	4,10	1,45	0,5

Anwendungsfälle für beidseitige Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn bis 4,10 m



Abkürzungen und Begriffserläuterungen

80%-Bereich	siehe Quantil
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach. Die Bundesanstalt für Straßenwesen ist ein Forschungsinstitut im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
CROW	CROW ist eine nationale Wissensplattform für Infrastruktur, Verkehr und öffentlicher Raum in den Niederlanden. CROW ist eine unabhängige Non-Profit-Stiftung und bietet technische Informationen zur Infrastruktur, Verkehr und zur Gestaltung des öffentlichen Raums in Form von Handbüchern, Anleitungen und Empfehlungen (Vergleichbar zur FGSV).
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge, Kfz pro Tag [Fz/d]
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen der FGSV in der aktuellen Fassung von 2010
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Köln. Die FGSV ist ein gemeinnütziger technisch-wissenschaftlicher Verein und verfolgt das Ziel technischen Erkenntnisse im gesamten Straßen- und Verkehrswesen weiterzuentwickeln. Die FGSV veröffentlicht zu diesen Themen technische Regelwerke, die allgemein als anerkannte Regeln der Technik gelten.
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen der FGSV in der Ausgabe von 2001, Fassung 2005
Median	Der Median ist genau die Mitte einer Datenverteilung.
Mittelwert	Der Mittelwert (oder arithmetisches Mittel) beschreibt den statistischen Durchschnittswert. Für den Mittelwert addiert man alle Werte eines Datensatzes und teilt die Summe durch die Anzahl aller Werte.
Quantil	Ein Quantil definiert einen bestimmten Teil einer Datenmenge. Ein Quantil legt fest, wie viele Werte einer Verteilung über oder unter einer bestimmten Grenze liegen. Im Rahmen des Gutachtens werden das 10%-Quantil sowie das 90%-Quantil zur Beurteilung verwendet. Zwischen diesen Quantilwerten liegen somit 80% aller Daten einer Datenverteilung.
RASt	Richtlinie zur Anlage von Stadtstraßen, in der aktuellen Fassung von 2006
SV-Anteil	Scherverkehrsanteil am DTV (nach Definition Fahrzeuge über 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht)
StVO	Straßenverkehrsordnung. Am 1. April 2013 trat eine Neufassung der Straßenverkehrsordnung (StVO) in Kraft, die inhaltlich nahezu der zum 01.09.2009 eingeführten 46. StVO-Novelle entspricht. Das Bundesverkehrsministerium zog die StVO-Novelle 2009 aufgrund von Formfehlern im



Frühjahr 2010 zurück. Die Angaben in diesem Bericht beziehen sich auf die Novelle vom 1. April 2013.

SVI

Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten. Die SVI wirkt durch verschiedene Aktivitäten (u.a. Forschungsarbeiten) in allen Bereichen des Verkehrswesens, insbesondere dem öffentlichen Verkehr, dem motorisierten Individualverkehr sowie dem Rad- und Fußverkehr.

VwV-StVO

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung vom 22. Oktober 1998 in der Fassung vom 17. Juli 2009. Die Allgemeinen Verwaltungsvorschriften dienen dazu, eine einheitliche Rechtsanwendung der Behörden zu gewährleisten.

1. Anlass und Aufgabenstellung

1.1 Aufgabenstellung

Sicherung von Radfahrern mittels Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerörtlicher Hauptverkehrsstraßen mit einer Regelgeschwindigkeit von 50 km/h.

Für Fahrbahnen ab 7,00 m Fahrbahnbreite liegen abgesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für den Einsatz von Schutzstreifen auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen vor, auf deren Grundlage die aktuellen Richtlinien Gestaltungsanforderungen und Einsatzbereiche definieren. Diese Mindestquerschnitte von 7,00 m werden an vielen Straßen nicht erreicht. Dort stehen auf den ersten Blick, nach den aktuellen Regelwerken unter Beibehaltung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, keine linearen Sicherungsprinzipien zur Verfügung, obwohl eine Sicherung des Radverkehrs gewünscht und notwendig wäre.

Aus diesem Grund hat die Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundlicher Kommunen in Baden-Württemberg (AGFK-BW) ein Forschungsvorhaben initiiert, das Lösungsansätze für Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen (siehe Definition) hinsichtlich der Verkehrssicherheit überprüft. In diesem Zusammenhang wurden einseitige und alternierende sowie beidseitige Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen untersucht. Dabei wurden insbesondere noch offene Fragestellungen der Dimensionierung und Gestaltung aufgegriffen, analysiert und beantwortet. Aus den Ergebnissen wurden erste Planungsempfehlungen entwickelt.

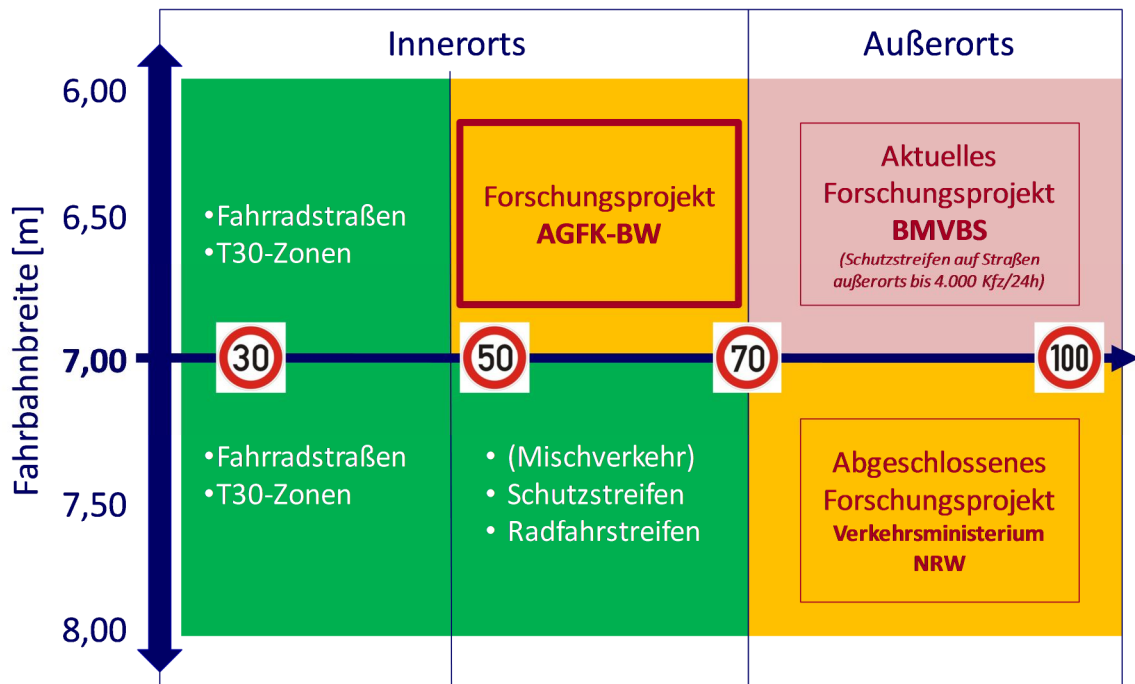


Abb. 1: Offene Fragestellungen hinsichtlich der Sicherung des Radverkehrs mittels Markierungslösungen auf Hauptverkehrsstraßen

Definition: Schmale Fahrbahn

Mit dem Begriff der schmalen Fahrbahn werden folgende Fälle eingeschlossen:

- Fahrbahnen unter 7,00 Metern ohne Parkstreifen,
- Fahrbahnen unter 7,50 Metern mit einseitigem Längsparkstreifen und
- Fahrbahnen unter 8,00 Metern mit beidseitigem Längsparkstreifen.

Die Einbeziehung der Fälle mit Längsparkstreifen ist von Bedeutung, da der in diesen Fällen erforderliche Sicherheitstrennstreifen die effektive Fahrbahnbreite weiter reduziert.

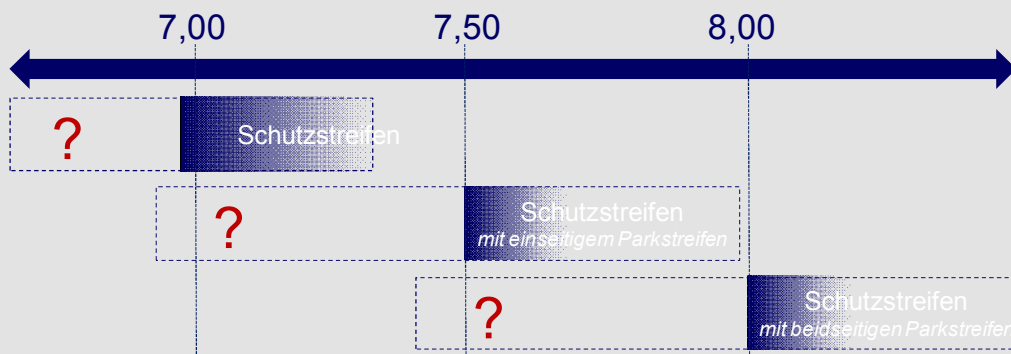


Abb. 2: Definition von schmalen Fahrbahnen

1.2 Projektstruktur/Methodik des Vorgehens

Um die Einordnung in einen Gesamtkontext aller möglichen Sicherungsinstrumente auf schmalen Fahrbahnen zu ermöglichen, wurden zunächst alle zur Verfügung stehenden Instrumente hinsichtlich ihrer Eignung geprüft (Literaturanalyse).

Das Projekt wurde in zwei Untersuchungsphasen gegliedert (vgl. Abb. 3). In der ersten Phase wurden die Modellkommunen ausgewählt und anhand einer Literaturrecherche sowie der 0-Untersuchung Planungshinweise zur Umsetzung der Modelstrecken formuliert. Im Anschluss an die Planung und Umsetzung der Maßnahmen durch die Modellkommunen wurden die Strecken in einer zweiten Phase erneut untersucht. Ziel der zweiten Phase war die Beurteilung der Verkehrssicherheit von Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen mittels eines Vorher-/Nachhervergleiches und die Ableitung von Planungsempfehlungen.

Die Arbeitsschritte, die Ergebnisse und abschließenden Empfehlungen wurden in einem projektbegleitenden Arbeitskreis analysiert und diskutiert.

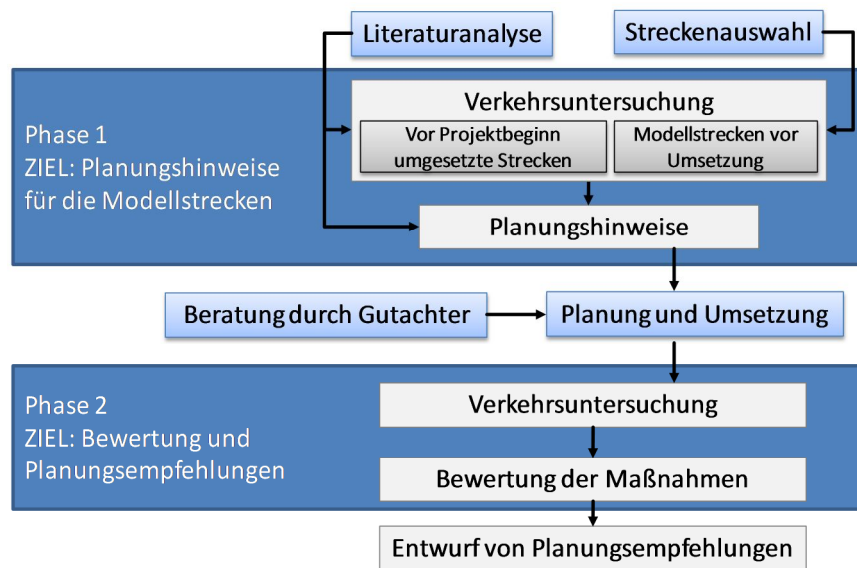


Abb. 3: Projektaufbau

2. Rechtslage und Stand der Wissenschaft

2.1 Gesetzliche Grundlage der Radverkehrsplanung

Mit der Novellierung der VwV-StVO (Fassung 2009, VwV-StVO zur 46. Novelle der StVO) wird die Verkehrssicherheit als grundlegendes Planungsprinzip besonders hervorgehoben: **Die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer geht vor der Flüssigkeit des Verkehrs** (zu §§ 39 bis 43, Absatz 5, Satz 2). Verkehrseinrichtungen sind demnach so zu gestalten, dass die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer gewährleistet wird und dies ggf. zu Lasten der Flüssigkeit des Verkehrs gehen kann. Dies bedeutet, dass bei der Planung von Verkehrsflächen alle Verkehrsteilnehmer, die den Verkehrsweg benutzen dürfen, **gleichberechtigt** zu sichern sind^[22]. Maßgebend ist die Sicherheit der schwächsten Verkehrsteilnehmer (Fußgänger und Radfahrer).

Neben der StVO und der VwV-StVO stellen die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Ausgabe 2010, die wichtigste Planungsgrundlage für Radverkehrsanlagen dar. Die ERA wird von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herausgegeben. Diese stellen die anerkannten Regeln der Technik dar und sind für die Planung und Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen von besonderer Bedeutung.

2.2 Exkurs: Schutzstreifen zur Sicherung des Radverkehrs an innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen

Wenn eine Sicherung des Radverkehrs auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen mit einer zulässigen **Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h** notwendig ist, stehen zwei grundsätzliche Planungsprinzipien zur Auswahl:



- Das Separationsprinzip: Der Radverkehr wird getrennt vom Kfz-Verkehr geführt.
- Das Mischungsprinzip: Der Radverkehr wird gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr geführt.

Ein Schutzstreifen ist ein durch Zeichen 340 gekennzeichnet und zusätzlich in regelmäßigen Abständen mit dem Sinnbild „Fahrräder“ markierter Teil der Fahrbahn.

Als Teil der Fahrbahn stellen Schutzstreifen im gesetzlichen Sinne keine selbständige Radverkehrsanlage dar. Die Markierung von Schutzstreifen darf überfahren werden, sofern der Radverkehr hierdurch nicht gefährdet wird.

Schutzstreifen sind nach VwV-StVO zulässig, wenn die Verkehrszusammensetzung eine Mitbenutzung des Schutzstreifens durch den Kraftfahrzeugverkehr nur in seltenen Fällen erfordert. Numerisch benannte Einsatzbereiche hinsichtlich des DTV, des SV-Anteils oder der Fahrbahnbreite werden in der VwV-StVO daraus nicht abgeleitet^[22].

Die ERA 2010 fordert vom Planer einen individuellen Abwägungsprozess zur Auswahl des Sicherungsprinzips für den Radverkehr. Als Hilfestellung sind in den ERA 2010 Einsatzbereiche abhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, der Anzahl der Fahrstreifen, der Kfz-Belastung der Spitzenstunden und SV-Anteil aufgelistet^[12]. Bei den formulierten Einsatzgrenzen bleibt außer Acht, dass **die zur Verfügung stehende Fahrbahnbreite** die Auswahlmöglichkeit des Sicherungsprinzips maßgeblich bestimmt. Aufgrund mangelnder Flächenverfügbarkeit ist eine Separation oftmals nicht umsetzbar oder nur auf Kosten der Verkehrssicherheit möglich (z.B. fehlende oder zu geringe Sicherheitstrennstreifen, zu geringe Querschnittsbreiten).

Dem Schutzstreifen kommt eine wichtige Funktion bei der Sicherung des Radverkehrs zu, da er eine Sicherung des Radverkehrs auch bei schmalen Querschnitten ermöglicht, ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist und aufgrund der Führung im Sichtfeld der Autofahrer in der Regel ein hohes Sicherheitsniveau bietet.

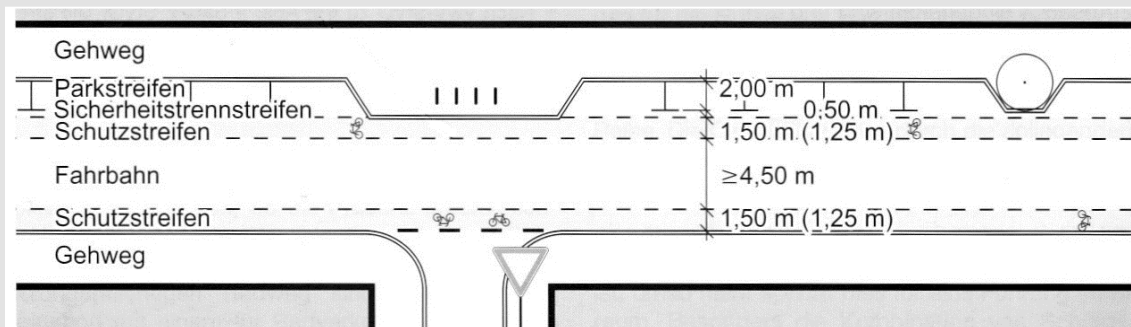


Abb. 4: Regelmaße (und Mindestmaße) von Schutzstreifen nach ERA 2010

Die Schutzstreifenbreite soll nach VwV-StVO einen ausreichenden Bewegungsspielraum inkl. Sicherheitsräumen zulassen. Genaue Maßangaben werden nicht genannt. Die ERA 2010 präzisiert die Angaben: Die Schutzstreifen sollen in der Regel mit 1,50 m, mindestens mit 1,25 m einschließlich Markierung dimensioniert werden. **Zwischen Schutzstreifen und Parkplätzen sind zusätzliche Sicherheitstrennstreifen von 0,50 m (Längsparken) bzw. 0,75 m (Schrägparken) vorzusehen.** So soll der Abstand zu den parkenden Fahrzeugen vergrößert werden, da das Gefährdungspotential (Öffnung von Türen, Ein-/Ausparkvorgänge) hier erhöht ist. Damit erhöht sich der Flächenbedarf für Schutzstreifen.

Die Restfahrbahn (Fläche zwischen den Schutzstreifen, im Folgenden Kernfahrbahn genannt) soll nach VwV-StVO so dimensioniert sein, dass sich zwei Pkw begegnen können. Eine Leitlinienmarkierung auf Kernfahrbahnen mit Schutzstreifen ist erst ab 5,50 m Fahrbahnbreite zulässig.

Die ERA 2010 nennen für die Fahrbahn zwischen den Schutzstreifen eine Mindestbreite von 4,50 m, damit eine Begegnung zweier Pkw ohne Nutzung der Schutzstreifen ermöglicht wird. Wie die VwV-StVO schließen die ERA eine Leitlinie auf Fahrbahnen unter 5,50 m aus.

Verkehrssicherheitsforschung zu Schutzstreifen gemäß ERA

Die Verkehrsstärke beeinflusst die Verkehrssicherheit von Schutzstreifen nicht ^{[1][16]}. Die seitlichen Überholabstände zwischen Kfz- und Radverkehr vergrößern sich nach der Markierung von Schutzstreifen. Das Schwankungsverhalten der Radfahrer wird verringert, was zu gleichbleibenden Abständen führt. Radfahrer befahren den Schutzstreifen mittig. Der Abstand zum Fahrbahnrand und zu parkenden Fahrzeugen wird vergrößert. Eine Bewertung des Sicherheitstrennstreifens wurde bisher nicht durchgeführt, da dieses Schutzelement erst in der aktuellen Ausgabe der ERA eingeführt wurde. Da von parkenden Fahrzeugen eine erhöhte Gefährdung ausgeht (Öffnen von Autotüren, Ein- und Ausparkvorgänge), ist ein vergrößerter Abstand besonders wichtig.

Auf Kernfahrbahnen zeigt sich eine Mittenorientierung des Kfz-Verkehrs, somit verbreitern sich die Überholabstände. Weitere Studien ^{[1][16][26]} zeigen, dass bei Schutzstreifen Pkw-Überholungen von Radfahrern bei gleichzeitigem Entgegenkommen von Lkw bzw. Bussen vermieden werden. Schutzstreifen führen durch eine optische Verengung der Fahrbahn zu einer Reduktion der Kfz-Geschwindigkeiten. Die Wahrscheinlichkeit von schwersten Verletzungen im Falle von Kollisionen kann mittels Schutzstreifen somit vermindert werden ^{[1][2][8][11][25][26]}. Die Reduzierung der Geschwindigkeit ist unabhängig von der DTV.

Alle aufgeführten Studien weisen eine hohe Akzeptanz von Schutzstreifen durch alle Verkehrsteilnehmer nach, sofern die empfohlenen Mindestmaße (Schutzstreifen 1,25 m, Restfahrbahn 4,50 m) eingehalten werden und das Sicherungsprinzip des Schutzstreifen aufgrund mehrfacher regionaler Anwendung bekannt ist.

Der Einfluss von Schutzstreifen auf den Verkehrsablauf ist noch nicht erforscht. In zukünftigen Neufassungen von entsprechenden Richtlinien (z.B. HBS) wird die Integration des Radverkehrs als eventuelle Einflussgröße angestrebt.

2.3 Sicherungsmöglichkeiten des Radverkehr auf innerörtlichen Verkehrsstraßen (50 km/h) mit schmalen Fahrbahnen

Aufgrund des deutlich höheren Flächenbedarfs sind Umweltspuren, Radfahrstreifen und bauliche Radwege in vielen Straßenräumen nicht realisierbar. Wenn eine Sicherung des Radverkehrs auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen mit schmalen Fahrbahnen und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h notwendig ist, stehen theoretisch folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Markierung von Schutzstreifen:
 - schmale beidseitige Schutzstreifen (< 1,25 m) (vgl. Kap. 2.3.1),
 - beidseitige Schutzstreifen mit Regelman nach ERA (mind. 1,25 m) in Kombination mit einer schmalen Kernfahrbahn (< 4,50 m) (vgl. Kap. 2.3.2) und
 - einseitige Schutzstreifen (mind. 1,25 m) (vgl. Kap. 2.3.3).
- Mischverkehr und Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h (vgl. Kap. 2.3.4).
- Sperrung der Straße für den Radverkehr (vgl. Kap. 2.3.5).

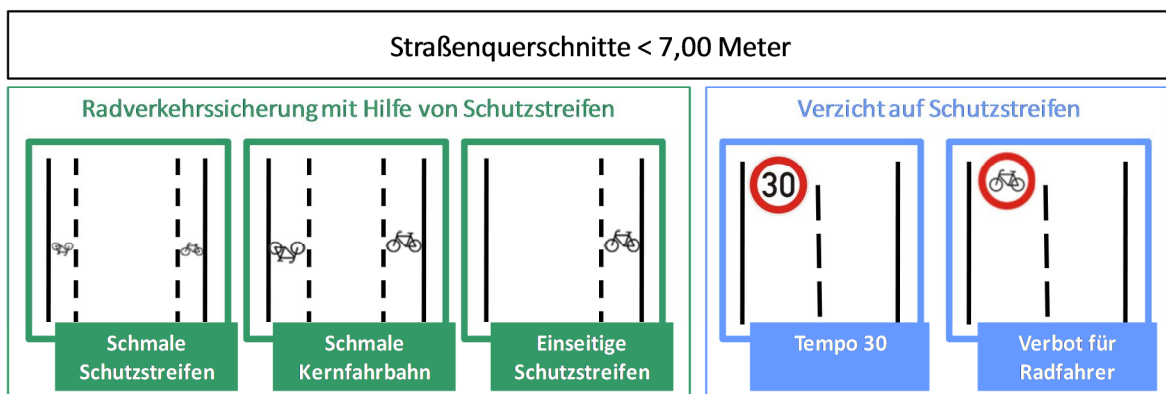


Abb. 5: Lösungsmöglichkeiten für Fahrbahnquerschnitte unter 7,00 m

2.3.1 Schmale Schutzstreifen

Zur Erforschung der notwendigen Schutzstreifenbreiten wurde in den 90er Jahren mit unterschiedlichen Dimensionierungen von Schutzstreifen experimentiert und diese begleitend untersucht. Nahezu alle bekannten Studien kommen zu dem Schluss, dass Schutzstreifen erst ab 1,25 m dem Radfahrer Schutz bieten können. Bei schmaleren Streifen ragen die Radfahrer regelmäßig in die Fahrbahn hinein, wodurch die Schutzwirkung verloren geht. Aufgrund dieser mangelnden Sicherheitsbewertung schmaler Schutzstreifen ist von einer Dimensionierung unter 1,25 m abzusehen^[1].

2.3.2 Schmale Kernfahrbahn

In Deutschland hat sich ein Mindestmaß für die Kernfahrbahn von 4,50 m durchgesetzt. Zur Sicherstellung des Verkehrsablaufes soll dieses Maß die gefahrlose Begegnung zweier Pkw inner-

halb der Kernfahrbahn ermöglichen. In Deutschland lagen bisher keine ausreichenden Erkenntnisse zu beidseitigen Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn vor.

In den Niederlanden sind Schutzstreifen (Suggestiestrook) auf Fahrbahnbreiten unter 7,00 m zulässig. Ein „Suggestiestrook“ ist mit 1,50 m zu dimensionieren und beidseitig anzuordnen. Angaben zur erforderlichen Kernfahrbahnbreite gibt es nicht^[7]. Sie werden in den Niederlanden teils deutlich unter 4,00 m markiert (vgl. Abb. 6). Auch in der Schweiz wurden Kernfahrbahnen unter 4,50 m erprobt.



Abb. 6: Schutzstreifen (Suggestiestrook) in den Niederlanden werden auf schmalen Fahrbahnen unter 7,00 m sowohl innerorts als auch außerorts markiert. Eine Mindestkernfahrbahnbreite ist nicht vorgeschrieben.

Aus den Niederlanden und der Schweiz liegen entsprechende Forschungsergebnisse vor. Die grundlegenden Vorteile von Schutzstreifen werden darin bestätigt (vgl. Kapitel 2.2). Eine Ausnahme bilden die Überholabstände: Auf Fahrbahnen zwischen 6,00 und 7,00 m Breite werden bei Überholungen durch den Kfz-Verkehr zunehmend kritische Abstände ermittelt. Dies resultiert vorwiegend auf die Dimensionierung der Fahrbahn (vgl. Abb. 7)^[26]:

- Auf schmalen Fahrbahnen unter 6,00 m Breite ist das Überholen bei gleichzeitigem Gegenverkehr grundsätzlich nicht möglich. Bei Überholen kann daher die gesamte Fahrbahnbreite genutzt werden. Die Überholabstände sind entsprechend groß.
- Auf Fahrbahnen über 7,00 m ist das Überholen bei gleichzeitigem Gegenverkehr möglich. Die Fahrbahnbreiten lassen dabei einen genügend großen Abstand zu.
- Bei Fahrbahnen zwischen 6,00 und 7,00 m ist das Überholen nur bei geringen seitlichen Abständen möglich.

Das Befahren des Schutzstreifens beim Begegnungsfall Pkw-Pkw ohne Beteiligung eines Radfahrers wird in den Niederlanden nicht als Sicherheitsrisiko interpretiert.

Die Ergebnisse sind in einigen Punkten vergleichbar mit denen von Schutzstreifen auf Fahrbahnen über 7,00 m:

- Der Abstand der Fahrradfahrer zum Fahrbahnrand vergrößert sich, die Radfahrer nutzen den Schutzstreifen (Suggestivstreifen) mittig.
- Die Kfz-Geschwindigkeiten reduzieren sich. Der Rückgang ist dabei deutlich größer als bei den Untersuchungen bei Kernfahrbahnen ab 4,50 m.

- Die Überholabstände verkleinern sich dagegen geringfügig. Trotzdem ist der Sicherheitsgewinn aufgrund der deutlich zurückgehenden Geschwindigkeiten und des vergrößerten Abstandes zum Fahrbahnrand gegeben.
- Gefährliche Überholmanöver werden unterbunden, da Radfahrer i.d.R. nur bei freier Fahrbahn (ohne Gegenverkehr) überholt werden.

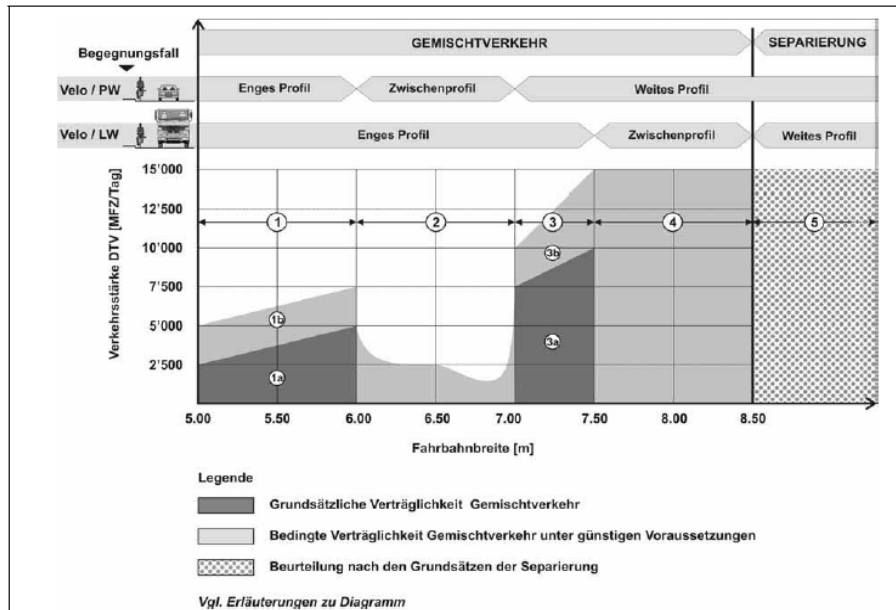


Abb. 7: Ergebnisse der Forschungen zu Schutzstreifen^[17]

2.3.3 Einseitige Schutzstreifen

Die Anwendung von einseitigen Schutzstreifen erfolgt bisher unter zwei Rahmenbedingungen. Zum einen auf Standardfälle nach ERA zum Beispiel auf Steigungsstrecken und zum anderen zur Sicherung des Radverkehrs auf schmalen Fahrbahnen.

2.3.3.1 Standardisierte Spezialfälle einseitiger Schutzstreifen

Neben dem Einsatzbereich einseitiger Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen sind in den gültigen Richtlinien weitere Fälle beschrieben, in denen einseitige Schutzstreifen einen sinnvollen Einsatz finden (Einbahnstraßen, Steigungs- und Gefällestrassen). Da diese Einsatzbereiche nicht im Zusammenhang mit schmalen Fahrbahnen zu sehen sind, wird auf eine weitere Beschreibung verzichtet.

2.3.3.2 Einseitige und alternierende Schutzstreifen

Bei dem Einsatz von einseitigen Schutzstreifen auf ebenen Strecken wird die erforderliche Fahrbahnbreite reduziert, wodurch ein Einsatz auf schmalen Fahrbahnen möglich wird. Demgegenüber steht die Tatsache, dass der Radverkehr nur noch einseitig gesichert ist. Daraus entwickelt wurde die Idee einseitige Schutzstreifen wechselseitig anzulegen, um eine bestmögliche Sicherung für Radfahrer in beiden Fahrtrichtungen zu erreichen. Die Stadt Lörrach (Mitgliedskommune der AGFK-BW) hat mit dem Beispiel eines solchen alternierenden Schutzstreifens auf einer Verkehrs-

straße mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50km/h (DTV 5.500 Kfz/24h) Aufmerksamkeit erregt. Das Modellprojekt in Lörrach wurde im Rahmen einer Diplomarbeit wissenschaftlich begleitet. Die nachfolgend zusammengefassten Ergebnisse sind durch die Autorin insgesamt positiv bewertet worden^[10].

Die Akzeptanz seitens der Radfahrer ist hoch, der Schutzstreifen wird i.d.R. mittig befahren. Nahezu jedes zweite Kfz überfährt den Schutzstreifen. Die Geschwindigkeiten des Kfz-Verkehrs liegen im Mittel über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Radfahrer werden von Kfz mit einem Seitenabstand von mind. 1,00 m überholt, die Geschwindigkeit seitens der Kfz wird nicht reduziert. Bei einem gleichzeitigen Entgegenkommen eines weiteren Fahrzeuges wird die Fahrgeschwindigkeit reduziert, in einigen Fällen wird der Radfahrer erst nach Passieren des Gegenverkehrs überholt. Die beobachteten Radfahrer änderten ihre Fahrlinie unter Beeinflussung im Regelfall nicht. Dies spricht für ein hohes Sicherheitsgefühl der Radfahrer. Der Kfz-Verkehr weicht in Beeinflussungsfällen insbesondere bei entgegenkommenden Kfz vermehrt auf die Schutzstreifen aus. Bereits beim Begegnungsfall Pkw-Pkw wird der Schutzstreifen von über 85% überfahren.

Die Orientierung und das Verhalten der Verkehrsteilnehmer ist unabhängig vom Vorhandensein der Schutzstreifen, d.h. auf der unmarkierten Fahrbahnseite wird mit nahezu gleichen Abständen zum Fahrbahnrand gefahren bzw. überholt, wie auf der markierten gegenüberliegenden Seite. Es findet keine Änderung der Fahrlinie nach dem Seitenwechsel des Schutzstreifens statt. Die Studie spricht in dem Fall von einem „virtuellen Schutzstreifen“ (vgl. Abb. 8)^[10].

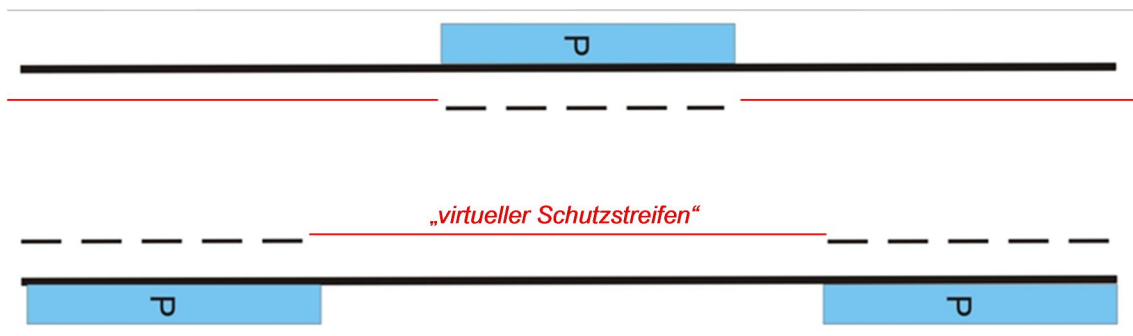


Abb. 8: Funktionsweise eines „virtuellen Schutzstreifens“ bei der Markierung eines alternierenden Schutzstreifens

Offener Forschungsbedarf besteht bei alternierenden Schutzstreifen hinsichtlich genauer Gestaltungsprinzipien und Einsatzgrenzen auf Fahrbahnen unterschiedlicher Gestaltungsform. Erfahrungen aus dem Ausland liegen hierzu nicht vor.

2.3.4 Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

Die Sicherheit für den Radverkehr ist ab einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h gewährleistet. Die Gefahr von schweren Unfällen sinkt mit Abnahme der Geschwindigkeitsdifferenz um ein Vielfaches (vgl. Abb. 9)^[12]. Eine weitergehende Sicherung des Radverkehrs ist gemäß StVO/ERA nicht erforderlich. Bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h sind Schutzstreifen nach VwV-StVO nicht zulässig. Die politische Durchsetzbarkeit einer solchen Maßnahme ist erfahrungsgemäß schwer, die Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmern eher gering.

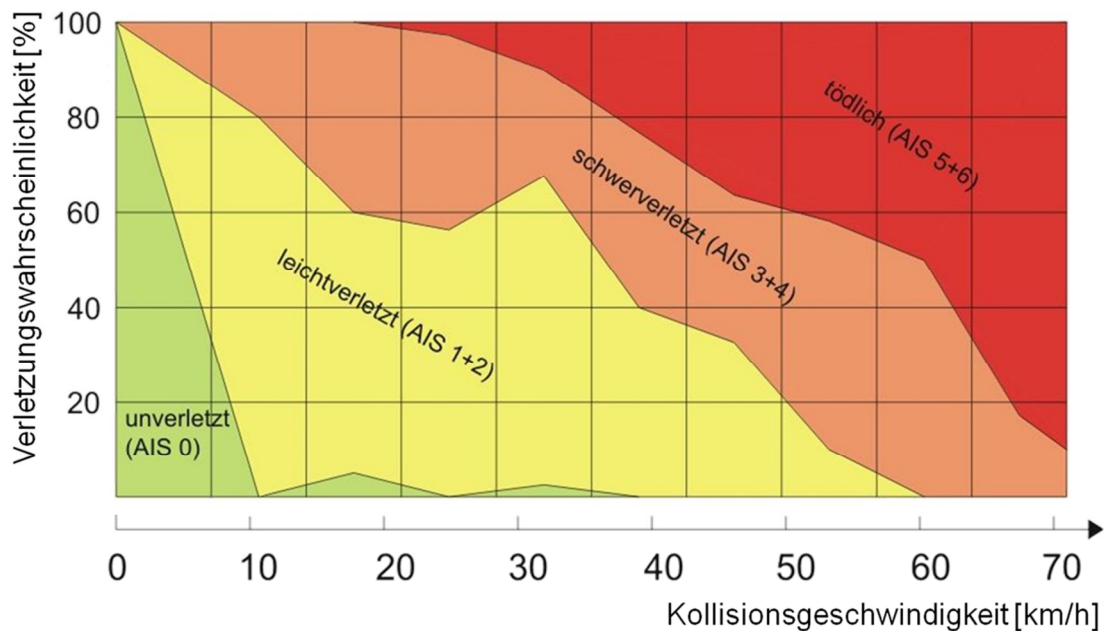


Abb. 9: Verletzungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Aufprallgeschwindigkeit^[16]

2.3.5 Verbot für den Radverkehr

Die VwV-StVO fordert die Sicherung aller Verkehrsteilnehmer [zu den §§ 39 bis 43, Absatz 5]^[22]. Wenn der Verkehr für einen Verkehrsträger eröffnet wird, muss die Sicherung gewährleistet werden. Das heißt im Umkehrschluss, die Straße für den Verkehrsteilnehmer zu sperren, wenn eine Sicherung nicht möglich ist.

In der Realität der Verkehrsplanung ist dies nur umsetzbar, wenn eine qualitativ gleichwertige Alternativroute zur Verfügung steht und die zu sperrende Verbindung keine Erschließungsfunktion besitzt. Für innerörtliche Hauptverkehrsstraßen kommt diese Lösungsmöglichkeit nicht in Frage. Daher wird dieser Fall nicht weitergehend betrachtet.

3. Untersuchungsstrecken

3.1 Auswahl der Strecken

Zur Beurteilung der Verkehrssicherheit von Schutzstreifen auf schmalen Kernfahrbahnen (vgl. Definition Kap. 0) wurden unterschiedliche Führungsformen im Rahmen des Projektes auf ausgewählten Strecken umgesetzt und begleitend untersucht. Zu diesem Zweck bat die AGFK-BW die Mitgliedsgemeinden Straßenabschnitte auf folgende Bedingungen zu prüfen und zu melden:

- Schmale Fahrbahn nach Definition (vgl. Definition „Schmale Fahrbahn“),
- Mindestmaß der Fahrbahn 6,00 m (kritischer Bereich der niederländischen Forschungsergebnisse, vgl. Kapitel 2.3.1),
- keine oder nur geringe Längsneigung,
- gute Übersichtlichkeit,
- maßgebend ist der Streckenabschnitt mit dem schmalsten Fahrbahnquerschnitt, welcher eine Länge von Mindestens 200 Metern aufweisen sollte.

Um valide und übertragbare Ergebnisse sowohl für alternierende, als auch für beidseitige Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnquerschnitten zu erzielen, erfordert es, ein breiteres Spektrum an Untersuchungsstrecken auszuwählen. Um ggf. vorhandene, streckenspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen, wurden alle Strecken durch das SVK vor Ort begutachtet. Es konnten auf diese Weise die von den Kommunen übermittelten Planunterlagen verifiziert werden.

Zunächst erfolgte für alle Strecken eine Grobdefinition möglicher Sicherungsmaßnahmen für den Radverkehr. Auf Basis dieser ersten Hinweise wurden gemeinsam mit einem projektbegleitenden Arbeitskreis die Untersuchungsstrecken festgelegt. Strecken, bei denen die oben genannten Bedingungen nicht erfüllt wurden, fanden keine Berücksichtigung. Von den 21 eingereichten möglichen Untersuchungsstrecken wurden durch den Arbeitskreis 13 Strecken für die Untersuchung bestimmt. Diese sind in Tab. 1 aufgelistet und werden im nachfolgenden Kapitel 3.3 kurz beschrieben.

Auf den Strecken in Leonberg (Leonberger Straße), Lörrach (Mühlestraße) und Friedrichshafen (Klufterner Straße) waren zum Zeitpunkt des Projektstarts bereits einseitige und alternierende Schutzstreifen markiert. Alle anderen Strecken kommen grundsätzlich für einen Vorher-/Nachher-Vergleich in Frage. Für die Strecke in Offenburg lagen bereits abgestimmte Planungen für einen einseitigen und alternierenden Schutzstreifen vor.

Nr.	Straße				Parken	Verkehrsbelastung pro Tag		
	Kommune	Name	Länge	Fahrbahn		DTV	SV-Anteil	Rad
	Ortsname	Straßenname	[m]	[m]		[Kfz/d]	[%]	[R/d]
1	Filderstadt	Hohenheimer Straße	500	6,98	kein	10000		
2	Friedrichshafen	Kluftener Straße			kein	7000	4,5	ca. 700
3	Heidelberg	Bürgerstraße	380	6,00	einseitig	6100	8,9	1900
4	Heidenheim	Zöppritzstraße	270	7,00 inkl.	einseitig	10000	3,1	200
5	Heilbronn	Bismarckstraße	800	6,50	kein	11600	3,0	530
6	Heilbronn	Wollhausstraße	920	7,00	einseitig	8700	3,0	
7	Leonberg	Leonberger Straße	500	6,10	einseitig	9000	4,0	
8	Lörrach	Röttler Straße	232	6,00	kein	6500	3,5	300
9	Lörrach	Mühlestraße	450	6,50	einseitig	5500	3,0	170
10	Offenburg	Kehler Straße	500	6,50	kein	11400	3,8	
11	Heidenheim	Steinheimer Straße	1100	6,90	kein	4500	11,0	
12	Heilbronn	Römerstr.	400	6,60	einseitig	5000	3,0	210-270
13	Tübingen	Kelternstraße	160	6,75	einseitig	14900	2,6	1200

	umgesetzte Strecken
	nicht umgesetzte Strecken

Tab. 1: Übersicht ausgewählter Streckenabschnitte

3.2 Planungshinweise für die Untersuchungsstrecken

3.2.1 Planungshinweise für die Modellstrecken

Um erste Planungshinweise für die ausgewählten Untersuchungsstrecken zu erarbeiten, wurde eine Vorher-Analyse auf den Modellstrecken durchgeführt sowie die Strecken mit bestehenden Schutzstreifen untersucht (Strecken 11, 12, 13, vgl. Projektstruktur Kap.0). Zudem wurden die Erkenntnisse aus der Literaturanalyse (vgl. Kapitel 2) herangezogen. Die ersten Planungshinweise des Gutachters dienten den Kommunen als Planungshilfe. Die Planung der Schutzstreifen auf den Modellstrecken unterlag den Kommunen. Die Methodik des Vorgehens ist in Abb. 10 dargestellt.

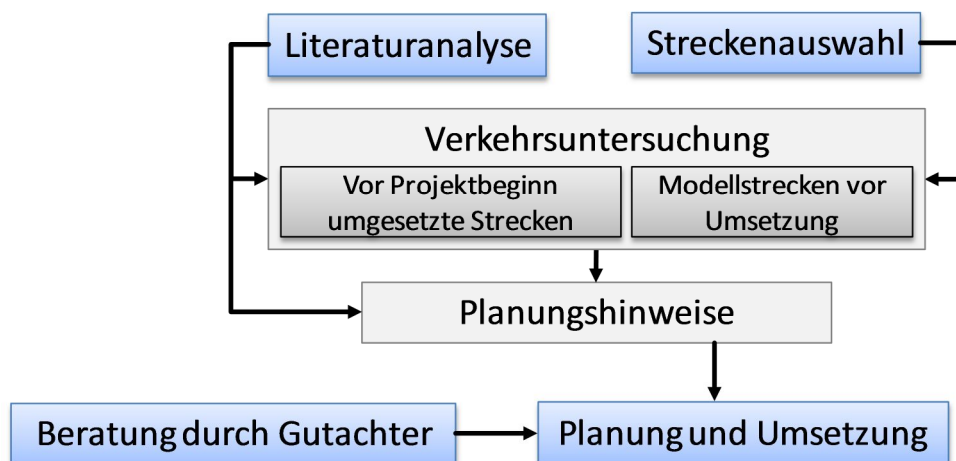


Abb. 10: Vorgehen bei der Planung der Modellstrecken

Da die Ergebnisse der Vorher-Analyse sowie der Verkehrsuntersuchung auf den drei Bestandsstrecken neben der Formulierung erster Planungshinweise auch für die spätere Gesamtbeurteilung verwendet werden, sind alle Ergebnisse, um Doppelungen im Bericht zu vermeiden, zusammenfassend in Kapitel 5 dargestellt.

3.2.2 Definition der Untersuchungsfälle

Auf Basis der ersten Planungsempfehlungen wurden folgende Streckentypen zur Beschreibung der Untersuchungstrecken definiert und im Folgenden verwendet:

- Beidseitige Schutzstreifen: **Durchgängige** Markierung von Schutzstreifen auf **beiden** Fahrbahnseiten.
- Einseitige Schutzstreifen: **Durchgängige** Markierung von Schutzstreifen auf **einer** Fahrbahnseite
- „Unechte“ alternierende Schutzstreifen: **Einseitige** Schutzstreifen, die im Streckenverlauf **einmalig** die Lage bezüglich der Fahrbahnseite wechseln

„Echte“ alternierende Schutzstreifen: **Einseitige** Schutzstreifen, die im Streckenverlauf **mind. zweimal** die Lage bezüglich der Fahrbahnseite wechseln.

3.3 Vorstellung der Untersuchungsstrecken

Aus insgesamt neun Mitgliedskommunen der AGFK-BW wurden Untersuchungsstrecken ausgewählt. Auf drei Strecken wurden bereits im Vorfeld der Untersuchung alternierende Schutzstreifen angelegt (hellgrün). Diese Strecken konnten nur im Nachher-Fall untersucht werden. Alle anderen ausgewählten Strecken wurden in einer Vorher-Analyse untersucht und darauf aufbauend Planungsempfehlungen erarbeitet. Diese Strecken werden im Folgenden kurz vorgestellt. Es wird zwischen Strecken unterschieden, auf denen die Schutzstreifen umgesetzt wurden (dunkelgrün) und Strecken, auf denen die Schutzstreifen nicht umgesetzt wurden (rot). **Alle umgesetzten Strecken wurden in einer Nachher-Untersuchung analysiert.**

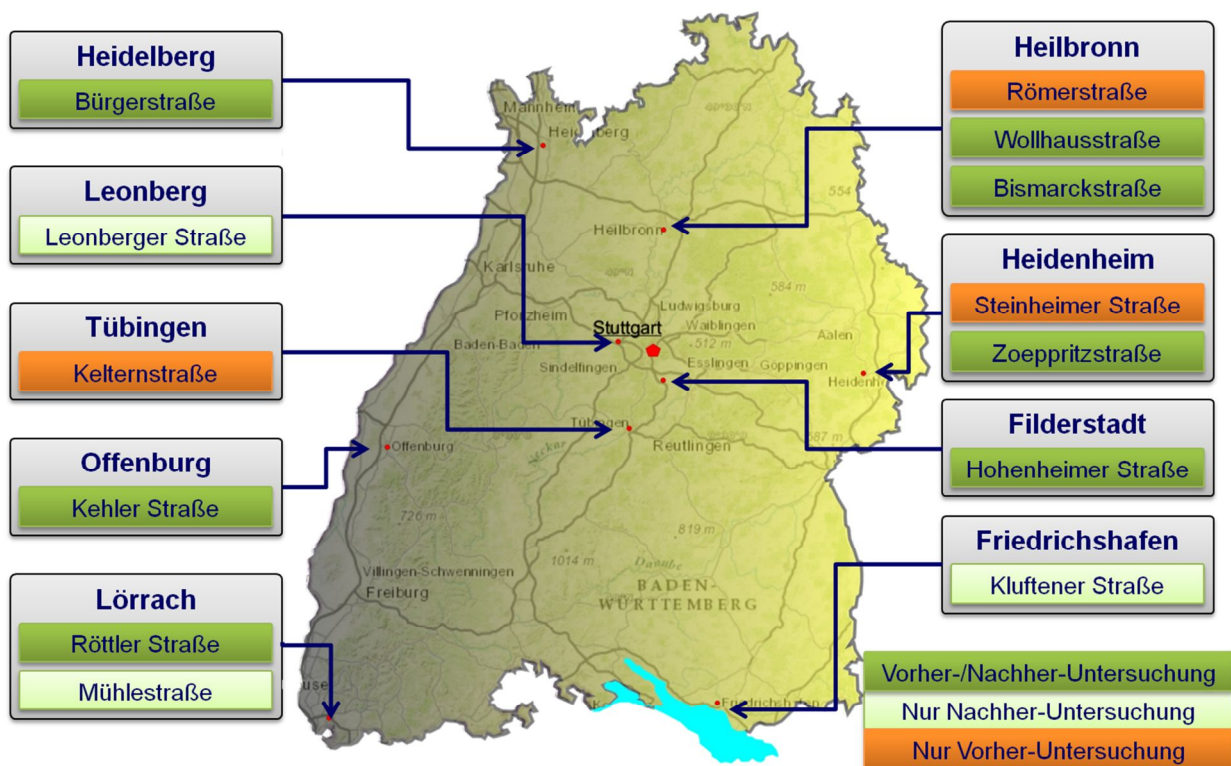


Abb. 11: Lage der Untersuchungsstrecken in Baden-Württemberg

3.3.1 Umgesetzte Streckenabschnitte

3.3.1.1 Filderstadt, Hohenheimer Straße (Beidseitige Schutzstreifen)

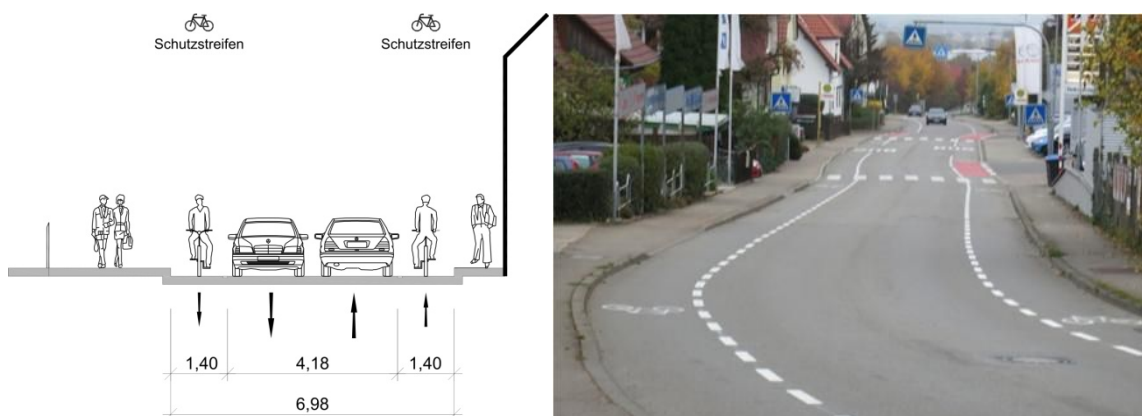


Abb. 12: Filderstadt, Hohenheimer Straße

Die Hohenheimer Straße in Filderstadt verbindet den Stadtteil Plattenhardt mit dem größten Stadtteil Bernhausen. Die Hohenheimer Straße stellt den Anschluss an die B 27 (Tübingen - Stuttgart) her und bindet Filderstadt damit an die Region Stuttgart an. Die Hohenheimer Straße ist Bestandteil des Radverkehrsnetzes und eine wichtige Route für den Schülerverkehr.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
500 m	6,98 m	Keine	10.000 Kfz/24h	unbekannt	Nicht ermittelt

Der Radverkehr wurde auf dem Abschnitt zwischen Osttangente und Schülerstraße auf einem einseitigen Zweirichtungsradweg (Südseite) geführt, auf dem Abschnitt Schillerstraße bis Stuttgarter Straße bestanden keine Sicherungsmaßnahmen. Auf dem ungesicherten Abschnitt liegen eine beträchtliche Längsneigung sowie eine S-förmig geschwungene Kurve vor.

Ziel der Stadt Filderstadt war es, den Zwei-Richtungsradweg aufzulösen, da diese Führungsform im Bereich von Einmündungen und Kreuzungen ein nachweislich erhöhtes Sicherheitsrisiko für den Radverkehr aufwies und die Benutzungspflicht aufgrund der Dimensionierung nicht aufrechterhalten werden konnte. Die Mindestmaße für Kernfahrbahnen nach ERA mit beidseitigen Schutzstreifen wurden geringfügig ($\leq 7,00$ m) unterschritten. Es wurden beidseitige Schutzstreifen oberhalb der Mindestmaße empfohlen, bei gleichzeitiger Reduzierung der Kernfahrbahnbreite auf $\leq 4,20$ m. Im Bereich der Steigungstrecke sollte lediglich ein einseitiger Schutzstreifen in Richtung der Steigung markiert werden.

Die Markierung der beidseitigen Schutzstreifen mit reduzierter Kernfahrbahn erfolgte Anfang Juli 2012. Die Markierung wurde wie abgestimmt umgesetzt. Die vorhandene Markierung des Zweirichtungsradweges wurde entfernt. Im Verlauf des Planungsprozesses gab es Unsicherheiten im Bezug auf die Markierung der Schutzstreifen im Bereich der Mittelinseln. Nach erneuter Abstimmung wurde die Markierung im Bereich der Mittelinseln nicht unterbrochen, sondern nur im Bereich der Bushaltestelle. Am nördlichen Beginn des Schutzstreifens wurden Überleitung- und Querungshilfen errichtet. Die Stadt Filderstadt hat im Rahmen einer Schüler- und Elterninformation sowie über eine Berichterstattung in der Presse über das Projekt ausführlich informiert (vgl. Kapitel 3.4).

3.3.1.2 Friedrichshafen, Klufterner Straße (Alternierender Schutzstreifen)

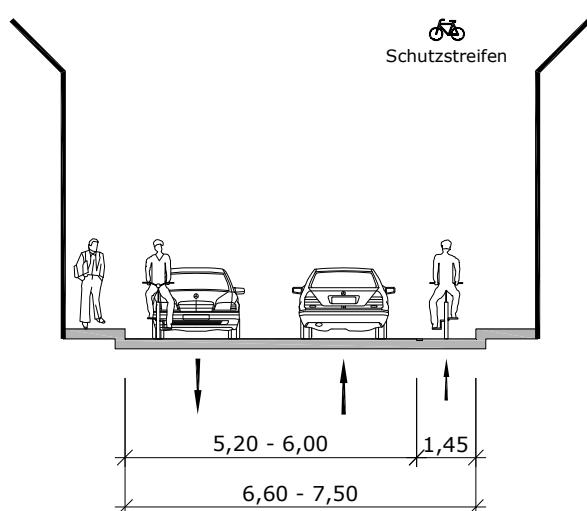


Abb. 13: Friedrichshafen, Klufterner Straße

Die Klufterner Straße in Friedrichshafen verbindet das Ortszentrum mit dem Stadtteil Kluftern und stellt eine touristisch bedeutsame Verbindung zum Bodensee dar. Der Streckenabschnitt der Verkehrsbeobachtung liegt südlich im Stadtteil Kluftern. Im weiteren Verlauf Richtung Süden (Bodensee und Ortsmitte) schließt auf dem außerörtlichen Streckenabschnitt ein baulicher Radweg an.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
1.000 m	variiert	Keine	7.000 Kfz/24h	4,5 %	700 R/24h

Der Schutzstreifen wurde alternierend angelegt und wechselt mehrfach die Seite der Fahrbahn. Dabei wurde der Schutzstreifen bevorzugt auf der Kurveninnenseite markiert. Die Breite des Schutzstreifens ist konstant, die Breite der Kernfahrbahn variiert zwischen 4,20 m und bis zu 6,00 m. Die breiten Querschnitte werden in den Kurvenbereichen erreicht. Die Klufterner Straße durchläuft bewegtes Gelände und weist daher unterschiedliche und abwechselnde Längsneigungen auf.

Der Schutzstreifen wurde unabhängig vom AGFK-BW Projekt markiert. Da die Stadt Friedrichshafen bisher keine Probleme hinsichtlich der Verkehrssicherheit oder des Verkehrsablaufes feststellen konnte, wurde diese Sonderlösung langfristig beibehalten.

3.3.1.3 Heidelberg, Bürgerstraße (Unechter alternierender Schutzstreifen)

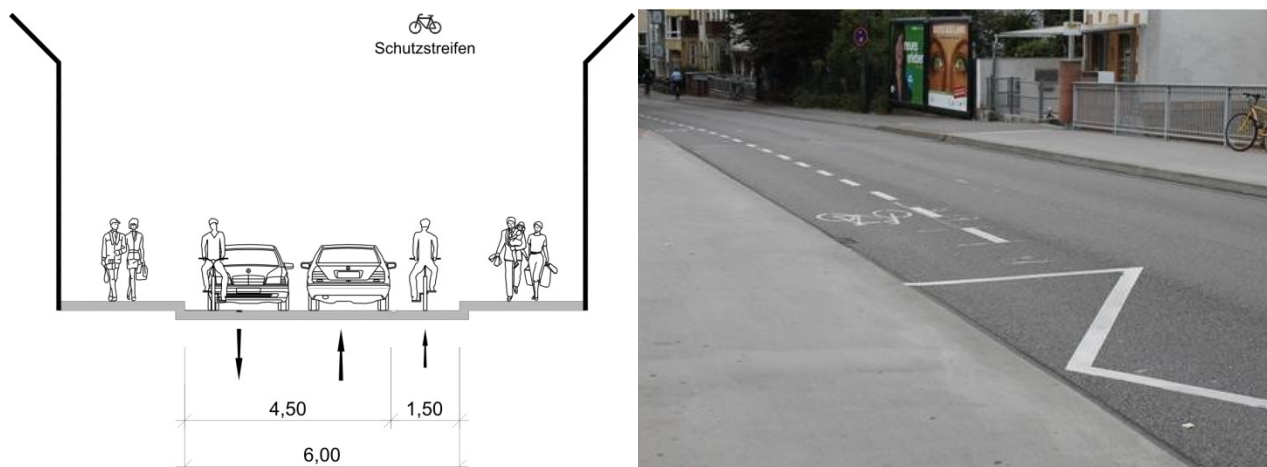


Abb. 14: Heidelberg, Bürgerstraße

Die Bürgerstraße in Heidelberg stellt eine wichtige Ost-West-Verbindung im Stadtteil Kirchheim dar. Sie ist im Umkreis von rund 1,2 km die einzige Möglichkeit, die S-Bahn-Trasse auf einem komfortablen Weg zu queren. Die Bürgerstraße erschließt die angrenzende S-Bahnhaltestelle Heidelberg Kirchheim-Rohrbach. Besonderheit der Bürgerstraße ist die auf der Brücke integrierte Haltestelle für den Busverkehr als direkte Anschlussmöglichkeit zur S-Bahn. Die Bürgerstraße weist als Brückenrampe eine entsprechende Längsneigung auf. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit liegt bei 30 km/h (Piktogramme auf der Fahrbahn, keine Beschilderung). Damit liegt die Bürgerstraße außerhalb der geforderten Auswahlkriterien. Aufgrund der hohen Anzahl der Radfahrer, die den Gehweg befuhren, wurde die Strecke als Modellstrecke gewählt.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
380 m	6,00 m	Keine/Einseitig	6.100 Kfz/24h	8.9 %	1.900 R/24h

Heidelberg hat einen hohen Radverkehrsanteil im Modal-Split. Dies und die wichtige Verbindungsfunktion (Bestandteil des Radverkehrsnetzes) der Bürgerstraße führen auf diesem Streckenabschnitt zu einer erhöhten Zahl von Radfahrern. Die Bürgerstraße wird von vielen Fußgängern genutzt. Entsprechende Querungsstellen (FGÜ) stehen zur Verfügung.

Für den Radverkehr wurde im Seitenbereich beidseitig ein baulicher Radweg angelegt, dessen Benutzungspflicht aufgrund zu schmaler Seitenräume aufgehoben wurde. Ziel war es den Radverkehr auf der Fahrbahn zu führen.

Der Stadt Heidelberg wurden für die Bürgerstraße einseitige Schutzstreifen in Richtung der Brücke (bergauf) vorgeschlagen. Die Schutzstreifen wechseln einmalig am Scheitelpunkt der Brücke die Fahrbahnseite. Für den Wechsel wurden die dort befindlichen Bushaltestellen genutzt, vor denen die Schutzstreifen jeweils enden. Wichtiger Planungsbestandteil war die vollständige Entfernung der Radwegemarkierung, um eine eindeutige Führung des Radverkehrs zu erhalten.

Die einseitigen und alternierenden Schutzstreifen wurden Mitte August 2012 nach den abgestimmten Vorschlägen markiert. Die stellenweise noch vorhandene Markierung der Radwege im Seitenraum wurde entfernt.

3.3.1.4 Heidenheim, Zoeppritzstraße (Beidseitiger Schutzstreifen)

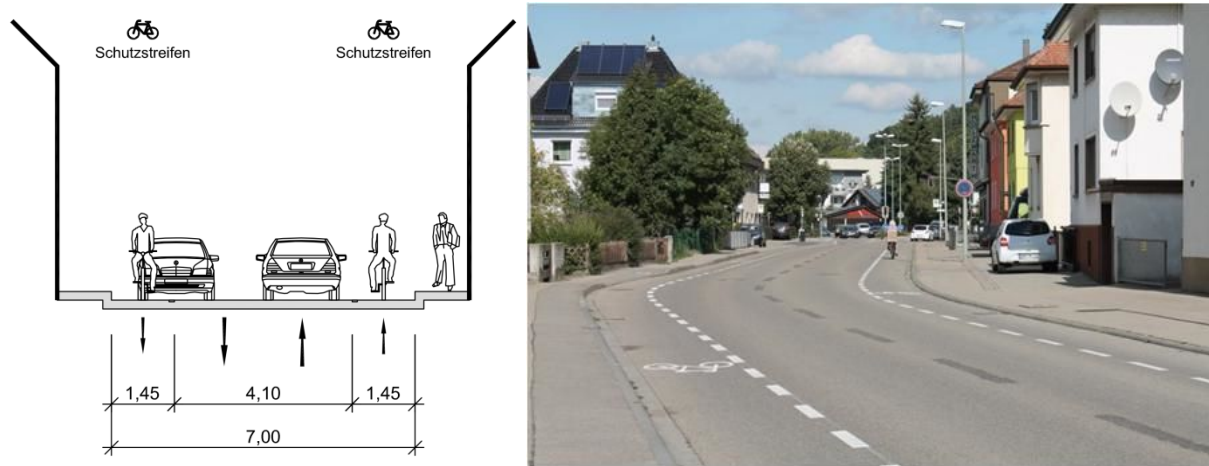


Abb. 15: Heidenheim, Zoeppritzstraße

Die Zoeppritzstraße in Heidenheim ist Teil einer südlichen Ausfallstraße im Stadtteil Mergelstetten im Tal der Brenz, rund 5,5 km von der Stadtmitte entfernt. Die Zoeppritzstraße stellt die Verbindung zur Innenstadt sowie über mehrere Querstraßen zur B 19 her. Der Untersuchungsabschnitt ist durch Wohnbebauung geprägt. Am Südenende befindet sich auf der Ostseite eine Grund- und Hauptschule und der Mitte auf der Westseite eine katholische Kirche. Nördlich sowie südlich schließen jeweils Gewerbegebiete an, westlich der Zoeppritzstraße befinden sich weitere Wohngebiete. Die Zoeppritzstraße weist keine Längsneigung auf und ist durchgängig gut einsehbar. Stellenweise wurde vor Markierung der Schutzstreifen auf der Fahrbahn geparkt. Der Parkdruck war gering. Die Anschlussknoten sind jeweils LSA-geregt. Auf der Fahrbahn war eine Leitlinie markiert.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
270 m	7,00 m	einseitig	10.000 Kfz/24h	3,1 %	200 R/24h

Als steigungsarme Verbindungsstrecke in Richtung Innenstadt sowie als Schulweg hat die Zoeppritzstraße eine hohe Bedeutung für den Radverkehr. Der Radverkehr wurde bisher ungesichert geführt.

Da die Zoeppritzstraße nur abschnittsweise die erforderliche Mindestbreite von 7,00 m für eine beidseitige Markierung von Schutzstreifen und einer Kernfahrbahn nach Standardmaßen der ERA unterschritt, wurden der Stadt Heidenheim beidseitige Schutzstreifen vorgeschlagen. Anhand der Strecke sollte die Möglichkeit geprüft werden, die Schutzstreifen deutlich über den Mindestmaßen zu dimensionieren und hierfür die Kernfahrbahn zu reduzieren.

Die beidseitigen Schutzstreifen mit reduzierter Kernfahrbahn wurden Ende Juli 2012 markiert.

3.3.1.5 Heilbronn, Bismarckstraße/Jägerhausstraße (Alternierender Schutzstreifen)

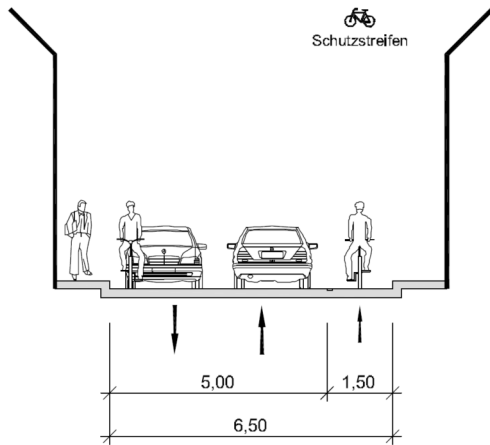


Abb. 16: Heilbronn, Bismarckstraße/Jägerhausstraße

Die Bismarckstraße und Jägerhausstraße in Heilbronn bilden eine gemeinsame Straßenachse. Die Achse verläuft von der Innenstadt in östlicher Richtung stadtauswärts (im Weiteren wird diese Straßenachse als Bismarckstraße bezeichnet). Parallel zu dieser Straßenachse verlaufen die Bahngleise der Stadtbahn Heilbronn. Im Untersuchungsabschnitt liegt die Haltestelle Pfühlpark in Straßenrandlage. Zudem verläuft auf diesem Abschnitt eine Parallelstraße (verkehrsberuhigter Bereich). Die Untersuchungsstrecke weist kaum Längsneigung auf und ist durchgängig gut einsehbar. Sie ist geprägt durch eine Mischbebauung aus Wohnhäusern, einem Altenheim sowie Gewerbeflächen.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
800 m	6,50 m	Keine	11.600 Kfz/24h	3,0 %	530 R/24h

Auf dem Streckenabschnitt wurde ein einseitiger und alternierender Schutzstreifen mit einer Breite von 1,50 m markiert. Der Schutzstreifen wechselt mehrfach die Fahrbahnseite und verläuft im Bereich von Einmündungen auf der Seite dieser Einmündung. Ein beidseitiger Schutzstreifen (1,25 m) mit schmaler Kernfahrbahn (4,00 m) wurde im Rahmen des Abstimmungsgesprächs verworfen, da Bedenken hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Straße bestanden.

Die Markierung der einseitigen und alternierenden Schutzstreifen erfolgte Mitte Juni 2012. Die Schutzstreifen wurden wie abgestimmt umgesetzt. Bei der Markierung an den LSA-geregelten Kreuzungsbereichen gab es zunächst Unsicherheiten bezüglich der Fragestellung, ob eine Leitlinie auf der verbleibenden Kernfahrbahn markiert werden kann. Nach Abstimmung mit den Beteiligten wurde die Leitlinie vergleichend zu den Standardfällen der ERA markiert.

3.3.1.6 Heilbronn, Wollhausstraße (Beidseitiger Schutzstreifen)

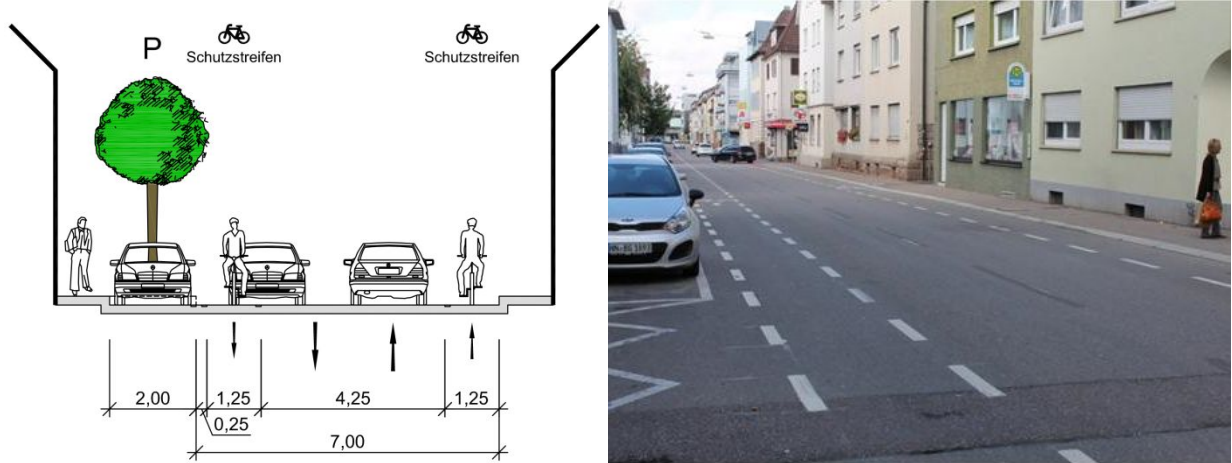


Abb. 17: Heilbronn, Wollhausstraße

Die Wollhausstraße in Heilbronn liegt im Zentrum von Heilbronn und verbindet die Urbanstraße mit der Oststraße. Die Strecke weist keine Längsneigung auf und ist aufgrund der Linienführung gut einsehbar. Es sind einseitige bauliche Parkbuchten angelegt. Die Wollhausstraße ist Bestandteil des ÖV Liniennetzes. Die Anschlussknoten sind jeweils LSA-geregelt. Die Bebauung besteht aus einer mehrgeschossigen dichten Wohnbebauung mit kleinteiligen Flächen für den Einzelhandel im Erdgeschoß der Gebäude.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
920 m	7,00 m	einseitig	8.700 Kfz/24h	3,0 %	Nicht ermittelt

Der Radverkehr wurde bisher ungesichert auf der Fahrbahn (7,00 m) geführt. Aufgrund des notwendigen Sicherheitstrennstreifens wurden das notwendige Mindestmaße der Fahrbahnbreite nach ERA für die Markierung eines beidseitigen Schutzstreifens (1,25 m) mit einer Kernfahrbahn von 4,50 m nicht erreicht. Der Stadt Heilbronn wurden beidseitige Schutzstreifen (1,25 m) mit verminderter Kernfahrbahnbreite (4,10 m) vorgeschlagen. Zusätzlich wurde zum Parkstreifen (2,00 m) ein Sicherheitstrennstreifen (0,40 m) markiert. Die Markierung der beidseitigen Schutzstreifen mit reduzierter Kernfahrbahn erfolgte Ende Juni 2012. Die Schutzstreifen wurden wie abgestimmt umgesetzt.

3.3.1.7 Leonberg, Leonberger Straße (Alternierender Schutzstreifen)

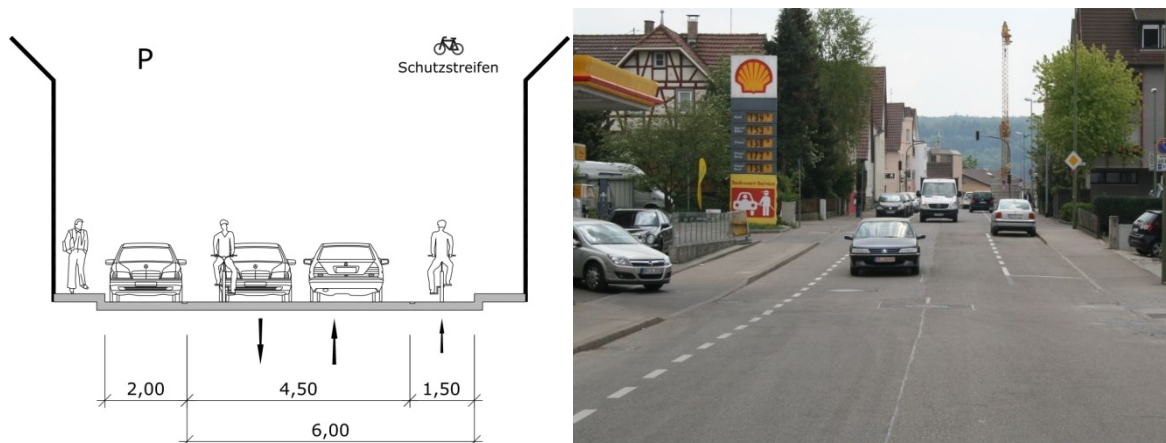


Abb. 18: Leonberg, Leonberger Straße

Die Leonberger Straße in Leonberg ist eine zentrale Verbindungachse im Stadtzentrum. Sie verbindet den südlichen zentralen Stadtteil mit dem nördlichen in Richtung des S-Bahnhaltepunktes. Die Leonberger Straße weist eine durchgängig leichte Längsneigung auf, sie ist eine gerade Linieneinführung ist daher gut einsehbar. Wechelseitig sind Längsparkplätze mittel Schmalstrich angelegt. Innerhalb dieser Bereiche ist die Sicht für einfahrende Fahrzeuge entsprechend eingeschränkt.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
500 m	6,10 m	einseitig	9.000 Kfz/24h	4,0 %	Nicht ermittelt

Auf der Leonberger Straße wurde projektunabhängig ein alternierender Schutzstreifen mit mehrfachem Seitenwechsel markiert, da die vorhandene Fahrbahnbreite keine Standardlösung nach ERA zuließ. Die Markierung erfolgte zudem bereits weit vor Projektbeginn. Der Schutzstreifen verläuft dabei immer auf der entgegengesetzten Seite zu den markierten Parkstreifen. Die Anordnung der Schutzstreifen erfolgte daher unabhängig von der Längsneigung.

Die Planungen wurden unabhängig vom Projekt durch die Kommune durchgeführt. Die Stadt Leonberg bewarb sich für das Projekt, um eine fundierte Aussage bezüglich der Verkehrssicherheit im Zusammenhang mit der Anordnung der Schutzstreifen zu erhalten.

3.3.1.8 Lörrach, Röttler Straße (Einseitiger Schutzstreifen)

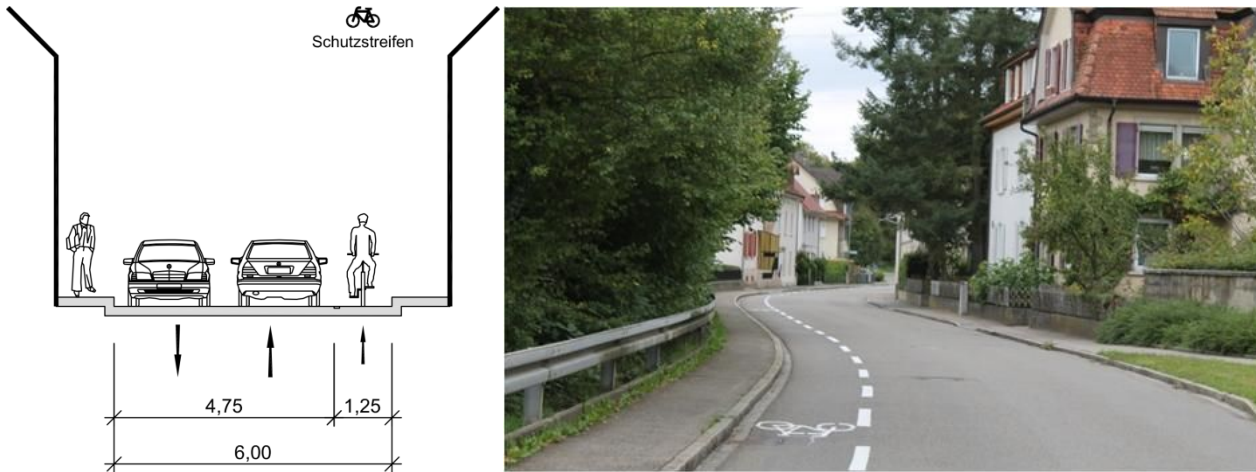


Abb. 19: Lörrach, Röttler Straße

Die Röttler Straße in Lörrach verbindet die Stadtteile Tumringen und Haagen. Zudem stellt die Röttler Straße als Verlängerung der Mühlestraße sowie der Hauinger Straße den Anschluss an die Stadtmitte sowie den Stadtteil Hauingen her. Sie verläuft parallel zur B 317 (Basel/Weil am Rhein - Schwarzwald) im Wiesental. Der kurze Streckenabschnitt der Röttler Straße bildet den Lückenschluss zwischen den für den Radverkehr attraktiven Wegen entlang der Wiese und der Schlossstraße. Zur Verbindung der Anschlussstrecken ist die einmalige Querung der Röttler Straße unerlässlich.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
230 m	6,00 m	Keine	6.500 Kfz/24h	3,5 %	300 R/24h

Der Radverkehr wurde bisher auf dem Abschnitt ohne Sicherungsmaßnahmen auf der Fahrbahn geführt. Der Gehweg (Nordseite) war am westlichen Anschlusspunkt zusätzlich für Radfahrer in beiden Fahrtrichtungen freigegeben. Der Streckenabschnitt weist kaum Längsneigung auf, die Sichtachse ist aufgrund einer leichten Kurvigkeit eingeschränkt.

Aufgrund des kurzen Streckenabschnittes mit einer hohen Bedeutung für den Radverkehr wurde der Stadt Lörrach die Markierung eines beidseitigen Schutzstreifens mit schmaler Kernfahrbahn vorgeschlagen. Aufgrund von Einwänden der Straßenverkehrsbehörde sowie der Polizei auf Basis einer Ortsbegehung wurde lediglich ein einseitiger Schutzstreifen markiert.

3.3.1.9 Lörrach, Mühlestraße (Alternierender Schutzstreifen)

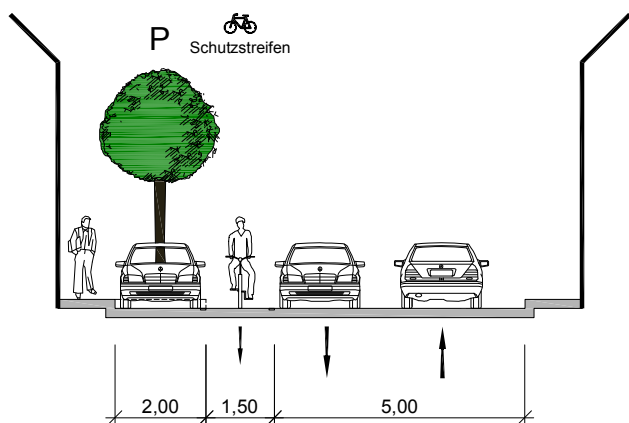


Abb. 20: Lörrach, Mühlestraße

Die Mühlestraße liegt nördlich des Stadtzentrums der Stadt Lörrach und verläuft in Ost-West-Lage vom Übergang zur Röttler Straße (vgl. Kap. 3.3.1.8) bis zur Freiburger Straße. Der östliche Abschnitt zum Übergang zur Röttler Straße hat einen außerörtlichen Charakter. Auf diesem Abschnitt darf der Radverkehr den Gehweg nutzen. Entlang der Mühlestraße liegen mehrere Einmündungen und eine LSA (FGÜ). Die Mühlestraße ist Bestandteil des ÖV-Netzes (Busverkehr).

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
450 m	6,50 m	einseitig	5.500 Kfz/24h	3,0 %	170 R/24h

In der Stadt Lörrach sind Schutzstreifen zur Sicherung des Radverkehrs bereits lange etabliert. Es wurden erstmalig in Baden-Württemberg einseitige und alternierende Schutzstreifen angelegt. Die Markierung des Schutzstreifens auf der Mühlestraße erfolgte 2002, unabhängig von diesem Projekt. Die Schutzstreifen wechseln dabei mehrfach die Seite. Sie verlaufen teilweise entlang von Parkstreifen (ohne Sicherheitstrennstreifen) und teilweise entlang des freien Bordes.

Das Verhalten der Verkehrsteilnehmer wurde in Lörrach erstmalig für alternierende Schutzstreifen untersucht (vgl. Kap. 2.3.3.2).

3.3.1.10 Offenburg, Kehler Straße (Unechter alternierender Schutzstreifen)

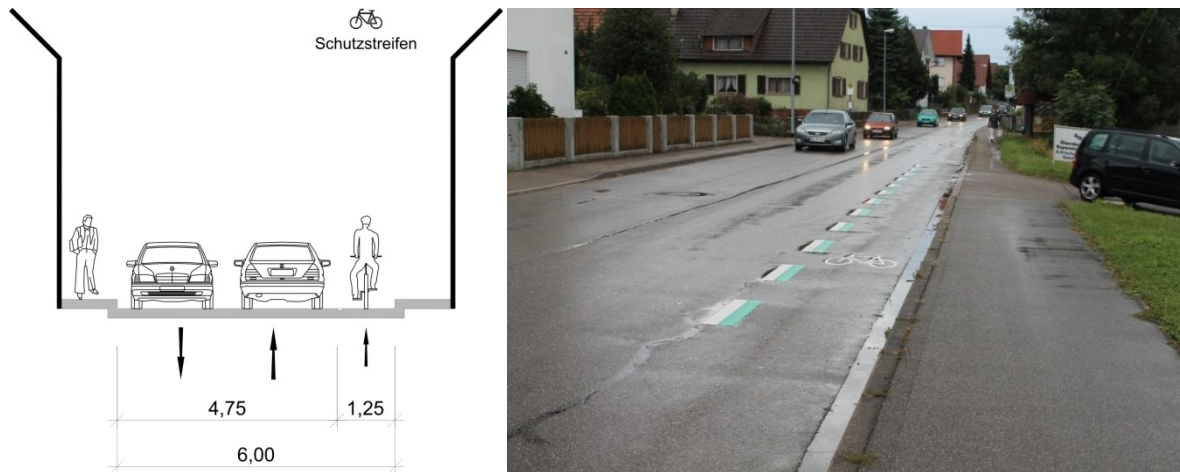


Abb. 21: Offenburg, Kehler Straße

Der Untersuchungsabschnitt der Kehler Straße (Bundesstraße 33) bildet die Ortsdurchfahrt im Stadtteil Bühl. Damit ist der Streckenabschnitt von großer verkehrlicher Bedeutung und entsprechend hoch belastet. Teile des Untersuchungsabschnittes bilden einen Bestandteil des Schulwegenetzes. Die Kehler Straße ist im ÖV-Netz integriert.

Die Linienführung weist eine leichte Kurvigkeit und eine leichte Längsneigung auf. Die Sichtverhältnisse werden hierdurch nicht beeinträchtigt. Das Parken entlang des Streckenabschnittes war auch vor Markierung der Schutzstreifen verboten.

Abschnittslänge	Fahrbahnbreite	Parkplätze	DTV	SV-Anteil	Radverkehrsmenge
500 m	6,50 m	Keine	11.400 Kfz/24h	3,0 %	Nicht ermittelt

Bereits zu Projektbeginn lagen für die Kehler Straße abgestimmte Planungsunterlagen für die Markierung von einseitigen und alternierenden Schutzstreifen vor, die kurzfristig umgesetzt werden sollten. Daher wurde bereits im Sommer 2011 die Vorher-Untersuchung durchgeführt. Die Markierung der einseitigen und alternierenden Schutzstreifen erfolgte Anfang Juni 2012. Die Schutzstreifen wurden entsprechend der Planungen umgesetzt und wurden örtlich mit grünem Ergänzungsstrich markiert. Der einseitige und alternierende Schutzstreifen (1,25 m) wechselt im Verlauf des Streckenabschnittes einmal die Seite.



3.3.2 Bisher nicht umgesetzte Streckenabschnitte

Auf den folgenden Abschnitten wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen bisher nicht umgesetzt:

- Heidenheim, Steinheimer Straße: Die Markierung von beidseitigen Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn wurde bisher nicht umgesetzt, da es bei additiven baulichen Maßnahmen (Brücke und Querungshilfe) zu Verzögerungen kam. Die Umsetzung wird weiterhin angestrebt. Die Gelder hierfür sind bewilligt.
- Heilbronn, Römerstraße: Die Planungen eines einseitigen Schutzstreifens wurden verworfen, da die vorgesehene kontinuierliche Sicherung des Radverkehrs im weiteren Streckenverlauf mittels beidseitiger Schutzstreifen auf dem angrenzenden Streckenabschnitt (Römerstraße Nord) ebenfalls nicht realisiert wurden.
- Tübingen, Kelterstraße: Als alternative Lösungsmöglichkeit wurde bereits zu Projektbeginn eine bauliche Verbreiterung der Fahrbahn in Betracht gezogen. Auf Basis eines kommunalen Abstimmungstermins wurde beschlossen, vorerst keine beidseitigen Schutzstreifen mit schmalere Kernfahrbahn zu markieren. Die Planungen zur baulichen Umgestaltung werden weiterverfolgt und stellen eine gute Lösungsmöglichkeit dar.

3.4 Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Umsetzung

Als Reaktion auf Diskussionen innerhalb der Bevölkerung oder im Zusammenhang mit Unklarheiten zum Sicherungselement des Schutzstreifens seitens der Verkehrsteilnehmer reagierten einzelne Kommunen mittels Öffentlichkeitsarbeit. Daher wurden alle projektbeteiligten Kommunen auf öffentliche Reaktionen seitens der Bevölkerung und auf ihre Kommunikationsstrategie befragt.

3.4.1 Öffentliche Reaktionen

Mehrheitlich gab es keine Reaktionen, die über das bei Änderungen im Straßenraum normale Maß hinausgingen. In Filderstadt sowie in Heilbronn und Heidelberg wurde in der Presse über Beschwerden berichtet. Die Proteste in Filderstadt fielen teils massiv aus. Folgende Themen wurden von der Bevölkerung wiederholt aufgegriffen:

Gefährdung des Kfz-Verkehrs aufgrund schmaler (Kern-)Fahrbahnen:

- Autofahrer fürchteten Kollisionen auf der verregneten Fahrbahn, insbesondere im Kurvenbereich.
- Beim Überholen eines Radfahrers müsse auf die Flächen des Gegenverkehrs ausgewichen werden.

Gefährdung des Radverkehrs bei Nutzung der Fahrbahn:

- Eltern von Schülern äußerten Bedenken hinsichtlich der Sicherheit der Radfahrer.
 - Verkehrsteilnehmer bezeichneten das Radfahren auf dem Gehweg als sicherere Lösung. In diesen Fällen war die vorherrschende Meinung, dass der einseitige Zweirichtungsradweg deutlich sicherer sei.

Unklarheiten bezüglich der Nutzung von alternierenden Schutzstreifen:

- In Heilbronn gab es Beschwerden im Anschluss an die Markierung der einseitigen und alternierenden Schutzstreifen. In diesem Zusammenhang wurde über teils erhebliche Probleme hinsichtlich der Benutzung dieses Sicherungselements berichtet (Thematik: selbsterklärende Straße). Da sich die Anmerkungen aus der Bevölkerung auf direkte Auswirkungen auf die Sicherheit des Schutzstreifens beziehen, werden diese Berichte im Rahmen der Sicherheitsanalyse (vgl. 5.7.3) aufgegriffen.

In den Reaktionen der Bürgerinnen und Bürger zeigt sich ein differenziertes Bild. Während in einigen Kommunen das Element Schutzstreifen bereits in der öffentlichen Wahrnehmung bekannt und akzeptiert ist, herrschen in anderen Städten und Gemeinden noch teils erhebliche Unsicherheiten bezüglich dieser Führungsform vor. Einige geäußerten Bedenken sind unabhängig den Fragestellungen des Forschungsvorhabens sondern beziehen sich auf die Grundprinzipien der Radverkehrsführung.

3.4.2 Reaktion der Städte

Die Mehrheit der Kommunen reagiert unabhängig von diesem Projekt zurückhaltend auf Reaktionen aus der Öffentlichkeit, insbesondere wenn diese im normalen Rahmen liegen. Meist erfolgt eine Stellungnahme im Rahmen von Presseberichten zu einzelnen Projekten.

In Filderstadt wurde parallel zur Umsetzung der Schutzstreifen umfangreich über das Projekt informiert und so den Widerständen aus Teilen der Bevölkerung entgegengewirkt. Hierzu wurde neben Veröffentlichungen in der lokalen Presse eine Schülerinformation erstellt, die über Sinn und Zweck sowie der Funktion der Schutzstreifen informierte. Zusätzlich antwortete die Stadt Filderstadt individuell auf alle geäußerten Bedenken seitens der Bevölkerung. Im Rahmen einer Ortsbegehung wurde auf die Ängste und Sorgen der Anwohner eingegangen. Unterstützt wurde die Verwaltung sowohl von der Straßenverkehrsbehörde, von der Polizei, dem Gutachter als auch von der AGFK-BW.

Die Stadt Heidelberg antwortete auf die kritischen Einwände, dass die Führung im Seitenraum aufgrund des hohen Konfliktpotentials keine bessere Lösung darstellt und dass dies der Grund für die Wahl der Schutzstreifen gewesen sei. Zudem verwies die Stadt auf das Forschungsvorhaben der AGFK-BW.

Die Stadt Heilbronn reagierte mittels zusätzlicher Markierungen auf die geäußerten Unklarheiten von alternierenden Schutzstreifen (vgl. Kap. 5.7.3) und erläuterte in der Presse das Forschungsvorhaben sowie die Funktionsweise der Schutzstreifen. Nach Abschluss der Markierungsarbeiten in Heilbronn wurde im Lokalfernsehen über die Maßnahmen berichtet.

3.5 Besonderheiten im Rahmen der Umsetzung

In Offenburg (Kehler Straße) gingen vereinzelte Beschwerden aufgrund von Lärmentwicklung beim Überfahren der Markierung ein. Der Schutzstreifen wurde mittels Kaltplastik aufgebracht, die Markierung liegt wenige Millimeter oberhalb der Asphaltfläche. Aufgrund des geringfügigen Höhenunterschiedes kommt es bei Überfahren der Markierung zu einer Lärmentwicklung.

Über eine Abfrage zur geschilderten Problematik bei den Mitgliedskommunen der AGFK-BW wurde die Problematik analysiert. Acht weitere Kommunen gaben hierzu Rückmeldung:

- fünf Kommunen setzten aufgrund der Haltbarkeit Kaltplastik ein,
- eine Kommune verwendet bei Kleinprojekten aus Kostengründen Farbe zur Fahrbahnmarkierung. Die Farbmuss regelmäßig erneuert werden. Bei Großprojekten wird, aufgrund der Haltbarkeit und der daraus resultierenden höheren Wirtschaftlichkeit, Kaltplastik verwendet.
- zwei Kommunen verwenden Heißplastik aufgrund kurzer Trocknungszeiten und einer damit verbundenen geringen Einschränkung des Verkehrs. Für Roteinfärbungen wird Kaltplastik verwendet.

Eine geringe Lärmentwicklung ist bekannt, nach einer ersten Abnutzung der Markierungen werden diese meist vernachlässigbar klein. In Freiburg wurde ein Richtungspfeil, welcher zu Lärmbeschwerden führte, demarkiert.

4. Methodik der Verkehrsbeobachtung

Im Rahmen einer Literaturanalyse wurden Untersuchungsstandards von Verkehrsuntersuchungen verglichen und hinsichtlich einer Anwendbarkeit auf die Untersuchung der vorliegenden Aufgabenstellung hin bewertet. Auf dieser Basis wurde das nachfolgend beschriebene Untersuchungsdesign entwickelt.

4.1 Bewertungskriterien

4.1.1 Verkehrsmengen

Die Verkehrsmengen werden getrennt für die Fahrzeuggruppen

- Pkw,
- Schwerverkehr,
- Sonderfahrzeuge
- Krafträder und
- Radverkehr

für den gesamten Erhebungszeitraum (12/13 bis 19 Uhr) ermittelt. Ergänzend zu den erhobenen Daten stehen Verkehrsdaten der Kommunen zur Verfügung. Anhand des Zählzeitraumes 15:00 bis 19:00 Uhr wurde mittels Hochrechnung nach HBS die DTV und der SV-Anteil errechnet, um die Daten der Kommunen zu verifizieren.

Die erhobenen verkehrlichen Daten werden als statistische Rahmenbedingungen bei der Sicherheitsbewertung herangezogen, um potentielle Abhängigkeiten der Ergebnisse von den Verkehrsmengen zu erhalten. Der Radverkehrsanteil ist ein Indiz für den Erfolg der Maßnahme bezüglich der Radverkehrsförderung. Die Radverkehrsmenge/-anteil kann als eigenständiger Sicherheitsparameter gesehen werden (vgl. Anhang 8.1.2).

Da die Verkehrszählung zeitnah zur Markierung der Schutzstreifen erfolgte und die Verkehrsmengen erfahrungsgemäß träge auf Veränderungen der Verkehrsführung reagieren, ist die Aussagekraft der Daten hinsichtlich einer signifikanten Veränderung der Mengen als gering einzuschätzen. Eine Langzeitzählung bzw. eine Prüfung der Mengen in einem größeren Abstand zur Markierung ist anzuregen.

4.1.2 Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs

Es wurde die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit des unbeeinflussten Kfz-Verkehrs im Vorher-/Nachher-Vergleich betrachtet. Ziel war es Veränderungen des Verhaltensmusters bezüglich der Höchstgeschwindigkeit zu ermitteln und daraus Rückschlüsse auf das Sicherheitsniveau zu erhalten. Eine Reduzierung der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten erhöht die allgemeine Verkehrssicherheit (vgl. Anhang 8.1.3).

Um Abhängigkeiten der Streckendimensionierung, Streckengeometrie und des Sicherungsprinzips zu beurteilen wurden bei einseitigen Schutzstreifen die Geschwindigkeiten für die jeweiligen Fahrbahnseiten getrennt bewertet.

4.1.3 Unfälle und Verkehrskonflikte

Da Unfallstatistiken i.d.R. Bezug auf einen Dreijahreszeitraum nehmen, war im Rahmen des Gutachtens keine Unfallanalyse im Vorher-/Nachhervergleich möglich. Die Unfalldaten im Zeitraum vor Markierung der Schutzstreifen wurden auf Basis der standardisierten Verfahren ausgewertet^[14].

Mittels einer ergänzenden Analyse von **Konflikten und gefährlichen Situationen** sollten Verkehrssituationen erkannt werden, die potentiell zur Gefährdung und Unfällen führen können. Zur Beurteilung der Konflikte und der kritischen Situationen werden in der Verkehrskonflikttechnik bestimmte Fahrmanöver festgelegt, die für Konflikte, kritische Situationen und Behinderungen typisch sind^[5]. Folgende Verkehrssituationen wurden daher erfasst:

- **Konflikte:** Überschneidung der Fahrlinien zweier Verkehrsteilnehmer erfordert eine erkennbare Reaktion, um eine Kollision zu vermeiden.
- **Gefährliche Situationen:** Als gefährliche Situationen wurden Verhaltensweisen definiert, die unbeeinflusst keinen Konflikt darstellen, bei Beeinflussung eine erhebliche Gefährdung verursachen. Hierzu gehörte beispielsweise das Queren der Fahrbahn ohne ersichtliche Beobachtung des Verkehrs.
- **Behinderungen**, wie z.B.: Halten in der zweiten Reihe.

Die Auftrittswahrscheinlichkeit von Konflikten nach den Erkenntnissen der Verkehrskonflikttechnik ist im reinen Längsverkehr gering, da sich kreuzende Fahrlinien als Voraussetzung für einen Konflikt im Längsverkehr i.d.R. nicht vorliegen. Eine geringe Datenmenge wurde aus dem Grund erwartet. Eine reine numerische Auswertung der Häufigkeit würde das Ergebnis daher positiver darstellen als es in Wirklichkeit war. Aus diesem Grund wurden die beobachteten Situationen nicht eingestuft, sondern lediglich qualitativ beschrieben.

4.1.4 Akzeptanz der Radverkehrsführung durch Radfahrer

Über die Flächenwahl der Radfahrer sollte die Akzeptanz der Radverkehrsführung überprüft werden. Aus diesem Grund wurde für jede Strecke die Anzahl der Radfahrer auf der Fahrbahn (Schutzstreifen) und auf dem Gehweg/im Seitenraum erfasst. Ergänzend konnte die Flächenwahl als Indikator zur Risikoabschätzung verwendet werden, da Radfahrer, die entgegen der vorgegebenen Radverkehrsführung („Falschfahrer“) fahren, einem erhöhten Konfliktrisiko^[19] unterliegen.

4.1.5 Akzeptanz von Schutzstreifen durch Kfz

Über einen Vergleich der Fahrpositionen des Kfz-Verkehrs vor, während und nach einem Überholvorgang eines Radfahrers wurde eine Aussage zur gegenseitigen Wahrnehmung getroffen. Je bewusster die Überholmanöver durchgeführt wurden, desto bewusster wurden die Belange des Radfahrers wahrgenommen.

Analog hierzu wurden ergänzend die Fahrpositionen des Pkw-Verkehrs ausgewertet. Da in diesem Fall keine cm-genauen Angaben erforderlich waren, wurde die Fahrposition des Kfz-Verkehrs in drei Gruppen unterteilt:

- Gruppe A: Fahrzeuge überfahren den Schutzstreifen deutlich,
- Gruppe B: Fahrzeuge befuhren die Markierung des Schutzstreifen oder überfahren den Schutzstreifen gering,
- Gruppe C: Fahrzeuge überfahren den Schutzstreifen nicht.

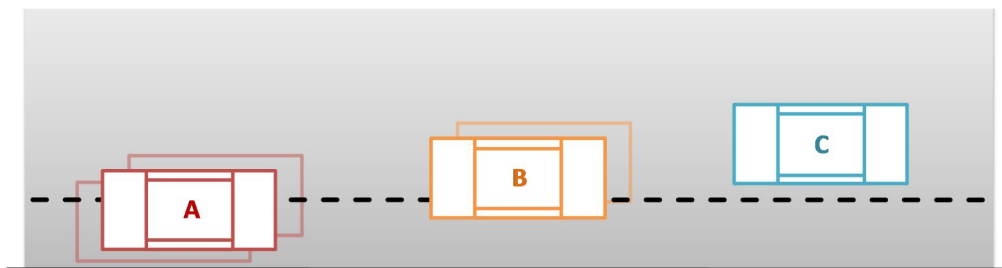


Abb. 22: Differenzierung der Fahrpositionen des Kfz-Verkehrs

4.1.6 Abstandsverhalten bei Überholung

Das Abstandsverhalten im Fall einer Überholung durch den Kfz-Verkehr wurde hinsichtlich der seitlichen Abstände bei einer Überholung ausgewertet. Es existierten diesbezüglich keine numerisch benannten gesetzlichen Mindestabstände. Der geforderte ausreichende Seitenabstand zu anderen Verkehrsteilnehmer (StVO §5 Absatz 4)^[22] wurde bisher durch Gerichtsurteile zahlenmäßig interpretiert und liegt zwischen 1,50 m und 2,00 m (vgl. Anhang 8.1.4). Seitens der Verkehrswissenschaft wurden bisher unterschiedliche Ansätze zur Bewertung der Abstände formuliert (vgl. Anhang 8.1.4). Auf dieser Basis und unter Berücksichtigung aktueller Gerichtsurteile zum seitlichen Überholabstand wurden die bisherigen Grenzwerte der Literatur präzisiert.

Auf Basis der Datengrundlage und den zuvor beschriebenen Bedingungen wurden vier sicherheitsrelevante Bereiche von seitlichen Abständen bei Überholvorgängen definiert:

Bereich I: Unsichere Abstände (bis 0,60 m)

Der unterste Grenzwert (0,6 m) bildet den minimalen Flächenbedarf eines Radfahrers ab. Überholmanöver mit seitlichen Abständen bis 0,60 m führen daher zu einer konkreten Gefährdung des Radfahrers, da Schwankungen außerhalb der beobachteten Normalbereiche zu einem Kontakt zwischen den Verkehrsteilnehmern führen können.

Bereich II: Kritische Abstände (0,60 bis 1,00 m)

Im Bereich von seitlichen Abständen zwischen 0,60 und 1,00 m liegt weiterhin eine konkrete Gefährdung des Radfahrers vor. Für diesen Bereich gilt, je häufiger Radfahrer mit diesen Abständen überholt werden, desto höher liegt die Gesamtgefährdung. Bei einer hohen Anzahl von Überholmanövern innerhalb von Bereich II muss aus diesem Grund für den Einzelfall die Sicherheit der betroffenen Strecke geprüft und ggf. weitere additive Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Bereich III: Bedingt sichere Abstände (1,00 bis 1,50 m)

Bereich III stellt den bedingt sicheren Bereich dar. Dieser Bereich wurde gebildet, da die maximalen Abstände auf Basis der Gerichtsurteile in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen nicht zwangsläufig auf konkrete Konflikte hindeuten. Daher wurde von Experten und Studien ein weiterer Grenzwert definiert, um einen bedingt sicheren Bereich zu definieren. Der bedingt sichere Bereich umfasst den von der BaSt sowie von Experten als sicher eingestuften Bereich.

Bereich IV: Sichere Abstände (ab 1,50 m)

Bereich IV stellt den sicheren Bereich dar. Selbst bei grobem Fehlverhalten einzelner Verkehrsteilnehmer ist die Sicherheit der Radfahrer gewährleistet.

Die oberen Grenzwerte (1,50 m) basiert auf Gerichtsurteilen. Die Gerichte gingen in der Festlegung der Maße von einem ungünstigen Fall aus. Diese Grenzwerte bedeuten die maximal mögliche Sicherheit. Die Einhaltung dieser Abstände ist anzustreben.

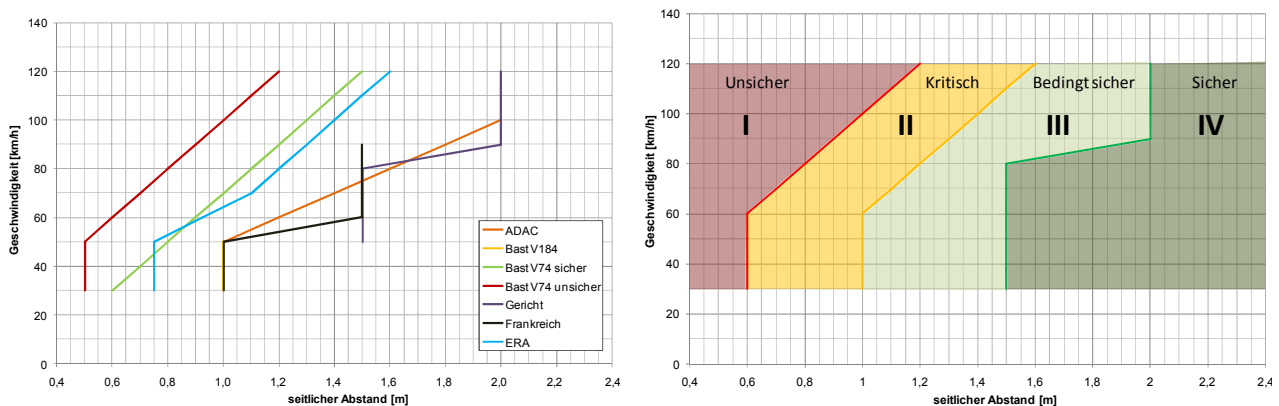


Abb. 23: Definition von vier Bewertungsbereichen aus den unterschiedlichen Grenzwerten zum Überholabstand

Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs

Eine Differenzierung der Überholabstände in Abhängigkeit der Kfz-Geschwindigkeit wurde für den Bereich bis 50 km/h und darunter nicht mehr vorgenommen. Grund hierfür war, dass bei Geschwindigkeiten von 50 km/h und weniger, die Grenzwerte nicht weiter linear gesenkt werden konnten, da diese gegen Null laufen würden. Die Kfz-Geschwindigkeit wird daher in der Gesamtbewertung der Verkehrssicherheit berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.1.2 und 5.2).

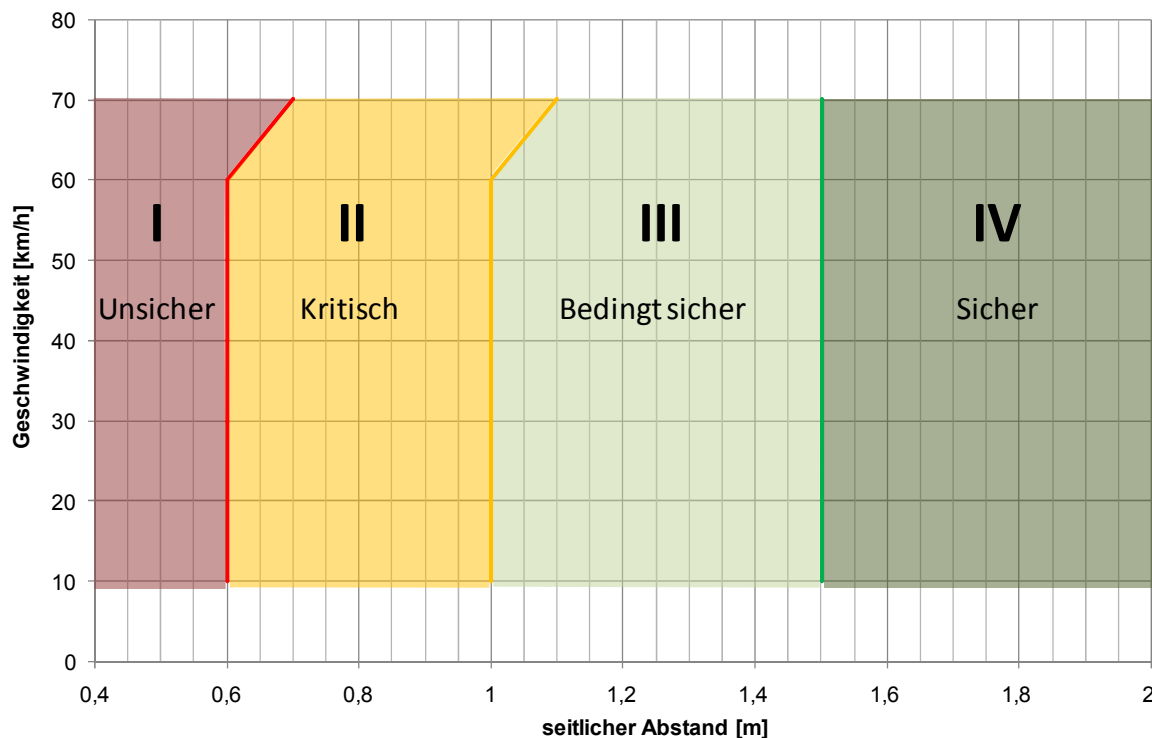


Abb. 24: Seitlicher Überholabstand: Bewertungsbereiche in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit

4.1.7 Abstände zum Fahrbahnrand

Die Abstände zum Fahrbahnrand (Bordstein oder zum Ruhenden Verkehr) beeinflussen die Gefahr der Verunfallung. Daher wurden analog zum seitlichen Überholabstand Grundlagendaten in ein Bewertungsschema überführt. Die Einteilung in die vier Bereiche sollte auch hier Verwendung finden. Es musste aufgrund der unterschiedlichen Gefahrenlage zwischen den Abständen zum freien Fahrbahn und zu parkenden Fahrzeugen unterschieden werden.

4.1.7.1 Beurteilungskriterium: Abstand zum freien Fahrbahnrand

Zunächst wurde ein unterer Grenzwert festgelegt, bei dessen Unterschreitung die Gefahr des Sturzes hoch ist. Hierfür wurde ein Abstand von 0,30 m zwischen Fahrradreifen und Bordstein gewählt. Es besteht eine konkrete Sturzgefahr, da die Pedale auf dem Bordstein aufsetzen können. Zudem gefährden Unebenheiten der Straßeneinläufe und Rinnen die Radfahrer.

Der obere Grenzwert (sicher) wurde in Anlehnung an die RAS 06 als maßgebendes Regelwerk mit einem Wert von 0,90 m für beengte Verhältnisse definiert. Dies liegt auf Fahrbahnen unter 7,00 m Breite zweifelsohne vor. Der angemessene Abstand zwischen einem Radfahrer auf der Fahrbahn (Reifen) und einem Fußgänger auf dem Gehweg (Schulter) unter Berücksichtigung des Rechtsfahrgebotes beträgt in Anlehnung an die Rechtsprechung 1,10 m. Bei diesem Abstand können starke Ausgleichbewegungen ohne Gefahr bewältigt werden können. Somit ist ein hohes Maß an Sicherheit gegeben. Da nicht der gesamte Sicherheitsabstand zwangsläufig auf der Fahrbahn liegen muss, sondern auch Bereiche des Gehweges umschließen kann, wurde anders als beim Überholabstand die obere Grenze (sicher) nicht anhand der Gerichtsurteile definiert.

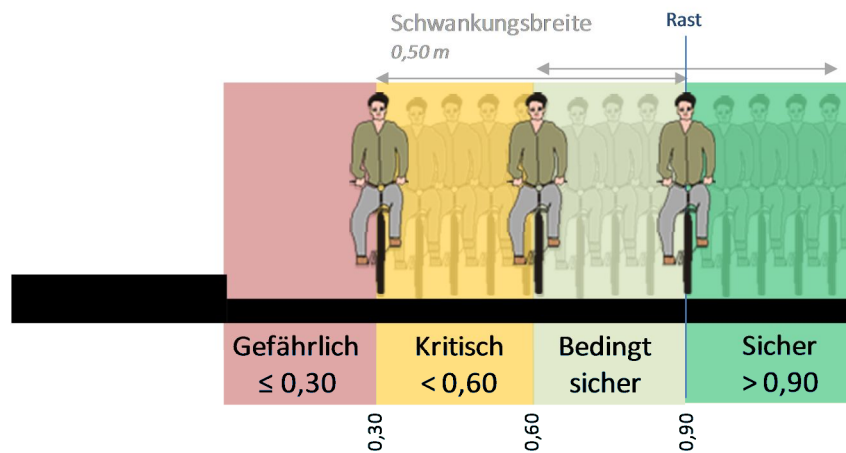


Abb. 25: Bewertungsbereiche: Abstand zum Fahrbahnrand

Der verbleibende Bereich zwischen 0,30 m und 0,90 m wurde unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite (0,50 m) eines Radfahrers in den Bewertungsbereich „kritisch“ und „bedingt sicher“ unterteilt. Die als bedingt sicher definierten Abstände reichen für ein sicheres Fahren ohne Extremsituationen aus. Der Fahrkomfort und die Sicherheit sind aufgrund von Straßeneinläufen nicht beeinträchtigt.

Zwischen 0,60 und 0,30 m verbleibt der kritische Bereich. Innerhalb dieses Bereiches können starke Ausweichmanöver zum Sturz führen oder Straßeneinläufe den Fahrkomfort verringern. Im Bereich der normalen Schwankungsbreite wird der gefährliche Bereich nicht erreicht.

Analog zu den Überholabständen wurden so vier Bereiche definiert (vgl. Abb. 25).

4.1.7.2 Bewertungskriterium: Abstand zum ruhenden Verkehr

Markierungstechnisch lösbar sind nur markierte oder baulich angelegte Stellplätze. Es wurde daher bei der Festlegung der sicherheitsrelevanten Abstände von markierten oder baulich getrennten Parkstreifen mit dem Regelmaß von 2,00 m ausgegangen, so dass ein Abstellen von Lkw auf diesen Parkstreifen nicht möglich ist. Daraus folgte der Bemessungsfall Abstand Radfahrer zu Pkw. Auch für den Fall Abstand zum ruhenden Verkehr wurde eine Abstufung der Gefährdungsbereiche vorgenommen.

Bei einem Abstand unter 0,30 m kommt es zwangsläufig zum Kontakt zwischen Radfahrer und Seitenspiegel. Dieser untere Grenzwert (gefährlich) wurde in diesem Fall auf 0,50 m erhöht, um Einflüsse von ansatzweise geöffneten Autotüren zu berücksichtigen. Innerhalb des kritischen Bereiches wurden Abstände definiert, bei denen eine geöffnete Autotür zu einer Gefährdung des Radfahrers führen kann (Rechtsprechung: 0,80 m). Hierbei wurde berücksichtigt, dass leichte Ausweichmanöver noch problemlos möglich sind und Autotüren nicht zwangsweise vollständig geöffnet werden. Die Grenze von 0,80 m wurde als Abstand Reifen – Seitenspiegel festgelegt.

Der Bereich zwischen 0,80 m und 1,50 m wurde als bedingt sicher definiert. Unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite liegt dieser Bereich innerhalb der Anforderungen der RAS 06, ohne dass die Radfahrer in den kritischen Bereich geraten. Innerhalb dieses Bereiches ist eine Gefährdung durch den Ruhenden Verkehr, mit Ausnahme von Lkw, gering.

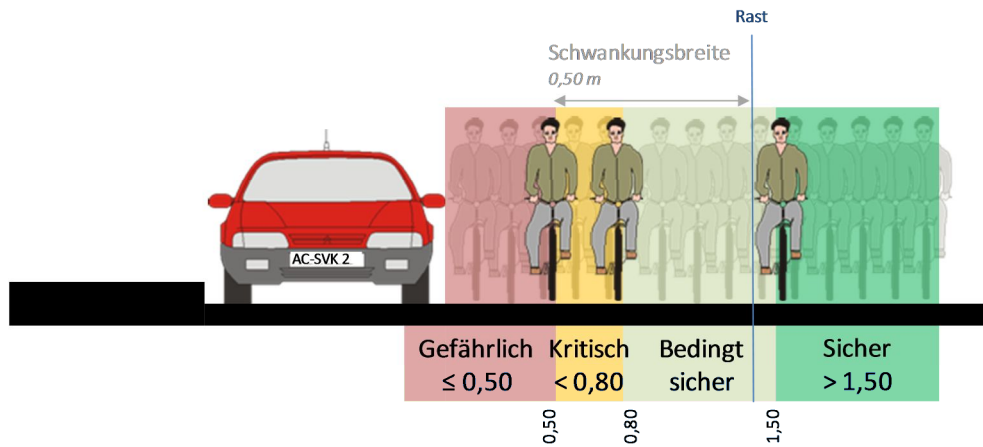


Abb. 26: Bewertungsbereiche: Abstand zum ruhenden Verkehr

4.1.7.3 Seitenvergleich bei einseitigen Schutzstreifen

Auf Strecken mit einseitigen oder alternierenden Schutzstreifen wurde die Positionsermittlung der Radfahrer jeweils auf dem Schutzstreifen und im weiteren Streckenverlauf außerhalb des Schutzstreifens durchgeführt. Über einen direkten Vergleich der Daten wurden Positionsveränderungen der Radfahrer ermittelt und der Einfluss der Schutzstreifen auf die Fahrposition bestimmt („virtuellen Schutzstreifen“).

4.2 Datenerhebung

4.2.1 Videoanalyse

Die Datenerhebung im Rahmen des Gutachtens erfolgt mittels digitaler Videotechnik. Auf diese Weise können alle relevanten Daten ermittelt werden:

- seitliche Abstände beim Überholen,
- Geschwindigkeit Kfz-Verkehr,
- Verkehrsmengen,
- Verkehrszusammensetzung,
- Fahrlinien bzw. Flächennutzung aller Verkehrsteilnehmer,
- Konflikte, Behinderungen, kritische Situationen und
- Verhalten, Regelverstöße der Verkehrsteilnehmer.

Vorteil einer Videoanalyse ist die Möglichkeit die Sequenzen beliebig oft wiederholen zu können. Die Standorte werden so gewählt, dass

- ein geradliniger Streckenabschnitt im Bild vorliegt,
- der Bildausschnitt in der Vorher- und der Nachher-Analyse gleich ist,
- eine Beeinflussung des Verkehrs durch den Standort ausgeschlossen wird.



*Abb. 27: Videoanalyse mittels digitaler Videotechnik:
Anbringung der Kamera (links); Blickfeld der Kamera (rechts)*

Die Erhebung erfolgte jeweils Ende September der Jahre 2011 (Vorher-Fälle bei noch nicht markierten Maßnahmen und Nachher-Fälle der bereits markierten Maßnahmen) und Frühsommer 2012 (Nachher-Fälle). Damit lagen die Zeiträume außerhalb der Schulferien und gleichzeitig innerhalb der „Fahrradsaison“.

Die Strecken in Tübingen und Offenburg wurden bereits im Juli und August 2011 (Vorher-Fall) erhoben, da die Kommunen eine schnelle Umsetzung wünschten. In Friedrichshafen wurde abweichend innerhalb der Ferienzeit beobachtet, da es sich um eine touristische Strecke handelte.

Die Videoanalyse wurde jeweils von 12:00 bzw. 13:00 bis 19:00 Uhr durchgeführt, um

- die Schulschlusszeiten zu berücksichtigen und
- um die Verkehrsdaten zur Hochrechnung des DTV verwenden zu können.

Bis auf die Nachher-Untersuchung in Offenburg waren die Wetterverhältnisse sonnig und trocken.

4.2.2 Weitere Daten

Zusätzlich wurden seitens der Kommunen weitere Datensätze (falls vorhanden) zur Verfügung gestellt:

- Verkehrsmengen der Modellstrecken (DTV, SV-Anteil, Radverkehrsmengen),
- Unfallprotokolle der Demonstrationsstrecken für die letzten drei Jahre für alle Unfälle mit Radfahrerbeteiligung,
- Planungsunterlagen, Fotos und Luftbilder sowie
- Berichte der Presse und Beschwerden/Rückmeldungen aus der Bevölkerung.

4.2.3 Datenermittlung aus dem Videobild

Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs wird anhand einer Messgrafik aus dem Videobild ermittelt, indem die Zeitdifferenz zur Überbrückung einer festgelegten Wegstrecke gemessen wird. Hierfür werden nur unbeeinflusste Kfz erfasst, um eine Beeinflussung z.B. durch Rückstau oder Überholmanöver auszuschließen. Auf diese Weise kann der alleinige Einfluss der Schutzstreifen auf die Fahrgeschwindigkeit ermittelt werden und so eine Aussage über die optische Wahrnehmung der Schutzstreifen formuliert werden.

Abstände bei Überholung

Für jeden Überholvorgang von Radfahrern durch Kraftfahrzeuge werden zur Bewertung folgende Daten erhoben:

- Abstand zwischen den Fahrradreifen und der Fahrzeugbereifung,
- Art des überholenden Kfz (Pkw, Lkw, K-Rad),
- Verkehrssituation
 - Überholvorgänge mit/ohne Gegenverkehr,
 - direkte oder verzögerte Überholung.

Die Datensätze werden aus dem Videobild ermittelt. Zur Ermittlung der Abstände wird eine Messgrafik in das Videobild gelegt, mit deren Hilfe die Abstände abgelesen werden können. Die Lage der Messgrafik basiert auf den Planungsunterlagen der Kommunen sowie auf eigenen Messungen vor Ort. Es werden alle Überholvorgänge ausgewertet, unabhängig von der Position des Vorgangs im Bild selber.

Die Abstände zwischen den Reifen der Fahrzeuge werden zunächst pauschalisiert auf den Abstand Schulter-Außenspiegel umgerechnet. Hierfür wird ein genormter Außenspiegel (Fall Pkw) von 0,20 m und ein Standardradfahrer mit 0,60 m Breite angenommen. Somit wird von jedem gemessenen (Brutto-)Abstand 0,50 m ($0,60/2 + 0,20$) abgezogen, um den relevanten (Netto-)Abstand zu erhalten.

Für den Überholungsfall Radfahrer-Lkw werden aufgrund der differenzierten Abmessung der Fahrzeuge, die exakten Abstände ermittelt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt anhand von Boxplot Diagrammen (vgl. Erläuterungen Kap. 8.2.2).

Abstände zum Fahrbahnrand

Für jede Überholung von Radfahrern durch Kraftfahrzeuge werden zur Bewertung folgende Daten erhoben:

- Abstand zwischen dem Fahrradreifen und Bordstein für die Fälle
 - vom Kfz-Verkehr beeinflusst
 - unbeeinflusst.

Die Erfassung der Datensätze erfolgt analog zur Messung der Überholabstände aus dem Videobild. Die Abstände zum Seitenrand werden hiervon abweichend immer an derselben Bildposition gemessen. Die Abstände zwischen der Bereifung der Fahrzeuge werden zunächst pauschalisiert auf den Abstand Schulter-Außenspiegel umgerechnet. Hierfür wird ein genormter Außenspiegel von 0,20 m und ein Standardradfahrer mit 0,60 m Breite (vgl. RAST 06) angenommen. Somit wird von jedem gemessenen (Brutto-)Abstand 0,50 m abgezogen, um den relevanten (Netto-)Abstand zu erhalten. Die Darstellung und Auswertung erfolgt analog zur Analyse der Überholabstände.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt anhand von Box-Plot Diagrammen (vgl. Erläuterungen Kap. 8.2.2).



Abb. 28: Messgrafiken zur Ermittlung der Geschwindigkeit (links) und der Abstände (rechts)

Akzeptanz: Fahrlinie und Fahrverhalten

Es werden die Datensätze aus der Messung der Abstände zum Seitenraum verwendet. Zur Ermittlung möglicher Unterschiede zwischen Abschnitten mit und ohne Schutzstreifen werden die Abstände an zwei Positionen (mit/ohne Schutzstreifen) ermittelt. Über einen direkten Vergleich der Abstandswerte (Differenz) werden mögliche Unterschiede tabellarisch dargestellt.

Weiterhin wurde eine Verhaltensbeobachtung durchgeführt, die textlich dargestellt wird.

Im Rahmen der Verkehrszählung werden für die Gruppe der Radfahrer neben der reinen Anzahl, die Fahrtrichtung und Fahrposition aufgenommen. Die Datenerfassung erfolgt an einer für jede Strecke festgelegten Messposition im Videobild.

5. Ergebnisse der Verkehrsbeobachtung

Hinweis: Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf der Vorstellung der Ergebnisse. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind alle relevanten Boxplot-Diagramme im Anhang dargestellt. Bei der Erläuterung der Ergebnisse wird auf die entsprechenden Diagramme verwiesen.

5.1 Verkehrsmengen

Ergebnisse der Verkehrszählung für jede Strecke: Anhang 8.2.1

Stadt	Straße	Fall	Stadt		SVK: Vorher-Fall			SVK: Nachher-Fall		
			DTV	SV-Anteil	DTV	SV-Anteil	Radfahrer	DTV	SV-Anteil	Radfahrer
		s. Legende	[Kfz/d]	[%]	[Kfz/d]	[%]	[R/13-19]	[Kfz/d]	[%]	[R/13-19]
Tübingen	Kelternstraße	-	15000	2,6	14700	1,2	405	-	-	-
Heidenheim	Steinheimer	-	4500	11	1700	2,2	105	-	-	-
Heilbronn	Römerstraße	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heidenheim	Zoeppritzstraße	B	10000	3,1	7700	4,1	217	8100	4,3	180
Heilbronn	Wollhausstraße	B	8700	3	9300	3	122	8800	3,5	138
Filderstadt	Hohenheimer Straße	B	10000	-	8900	1,9	184	7900	1,6	179
Lörrach	Röttler Straße	E	6500	3,5	5000	3,2	229	4900	2,7	140
Offenburg	Kehler Straße	E+A	11400	3,8	12000	1,4	161	12300	1,1	88
Heilbronn	Bismarckstraße	E+A	8800	3	8700	1,5	113	7900	0,5	138
Friedrichshafen	Kluftener Straße	E+A	7000	4,5	-	-	-	6600	2,8	102
Lörrach	Mühlestraße	E+A	5500	3	-	-	-	5800	1,9	146
Leonberg	Leonberger Straße	E+A	9000	4	-	-	-	10900	0,3	125
Heidelberg	Bürgerstraße	E+A	6100	8,9	7800	2,1	810	7515	2	889

B = Bedseitige Schutzstreifen

E+A = Einseitig und alternierende Schutzstreifen

E = Einseitiger Schutzstreifen

Abb. 29: Übersicht der Verkehrsmengen

5.1.1 DTV und SV-Anteil

Die ermittelten Verkehrsmengen liegen auf allen Streckenabschnitten im Bereich der im Jahr zuvor erhobenen Mengen, signifikante Veränderungen können nicht festgestellt werden. Die geringen Abweichungen sind auf die Ungenauigkeiten der Hochrechnung zurückzuführen.

5.1.2 Radverkehrsmengen

Die Anzahl der erfassten Radfahrer und deren Veränderung im Vorher-/Nachher-Vergleich zeigt kein einheitliches Bild. Den Strecken mit einer Zunahme des Radverkehrs stehen ebenso viele Strecken mit einer Abnahme gegenüber, unabhängig von der Sicherungsart. Ebenso wie beim DTV und SV-Anteil schwanken die ermittelten Mengen aufgrund der einmaligen Stichprobengröße. Auch Witterungsbedingungen beeinflussen die Radverkehrsmengen, wie in Offenburg (Niederschläge im Nachherfall), teils erheblich. Für eine differenzierte Aussage empfiehlt sich eine Messung über den gesamten Wochenverlauf und mit größerem Abstand zur Umsetzung der Markierungen. Aussagekräftige Veränderungen der Verkehrsmengen (Akzeptanz der Schutzstreifen) tre-

ten eher langfristig ein. Aus diesem Grund können die Verkehrsmengen als selbständiges Beurteilungskriterium nicht berücksichtigt werden.

Resümee: Es können keine signifikanten Änderungen der Verkehrsmengen im direkten Bezug zur Markierung der Schutzstreifen ermittelt werden. Eine langfristige Überprüfung der Verkehrsmengen ist anzustreben.

5.2 Kfz-Geschwindigkeiten

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.3

alle Werte in km/h		Hohenheimer Straße	Wollhausstraße	Zoeppritztstraße	Bismarckstraße	Kehler Straße	Röttler Straße	Bürgerstraße	Leonberger Straße	Mühlestraße	Kluffener Straße
Nachher	Mittelwert	51,96	36,31	45,04	44,56	45,89	45,92	35,84	38,21	49,40	49,97
	Minimaler Wert	36,00	18,95	29,79	30,24	31,30	31,30	24,00	25,71	33,81	33,81
	Maximaler Wert	80,00	51,43	72,00	63,00	65,45	65,45	52,36	72,00	70,69	72,00
Vorher	Mittelwert	44,07	47,60	48,54	46,92	48,46	48,46	33,65	-	-	-
	Minimaler Wert	28,47	25,71	33,52	25,20	31,30	31,30	19,38	-	-	-
	Maximaler Wert	58,29	65,45	69,43	68,73	72,00	72,00	50,40	-	-	-
Diff.	Mittelwert	7,89	-11,28	-3,50	-2,36	-2,58	-2,54	2,19	-	-	-
	Minimaler Wert	7,53	-6,77	-3,72	5,04	0,00	0,00	4,62	-	-	-
	Maximaler Wert	21,71	-14,03	2,57	-5,73	-6,55	-6,55	1,96	-	-	-
	Fahrbahnbreite	7,00	7,00	7,00	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,50-7,50
	Kernfahrbahnbreite	4,20	4,10	4,10	5,00	5,25	4,75	4,50	4,50	4,50	4,50-5,50
	Typ	B	B	B	EA	E(A)	E	E(A)	EA	EA	EA

Tab. 2: Geschwindigkeitsanalyse im Vorher-/Nachher-Vergleich

Einen positiven Effekt (Erhöhung der Verkehrssicherheit) erzielt die Markierung von Schutzstreifen im Bereich der Fahrgeschwindigkeiten des Kfz-Verkehrs. Bei einem Geschwindigkeitsniveau im Bereich von 50 km/h im Vorher-Fall führt die Markierung von Schutzstreifen zu einer Geschwindigkeitsreduzierung der durchschnittlich gemessenen Fahrgeschwindigkeit. Je schmaler die Kernfahrbahnen werden, desto größer der Effekt. Die schmalsten Kernfahrbahnen wurden mit 4,10 m auf den Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen realisiert. Auf der Wollhausstraße (Heilbronn) konnte die Geschwindigkeit um 11,2 km/h reduziert werden, auf der Zoeppritztstraße (Heidenheim) um 3,5 km/h. Die Reduktion auf den anderen Strecken liegt mit 2,5 km/h unterhalb dieser Werte.

Ein Vergleich der Fahrbahnseiten bei einseitigen und alternierenden Schutzstreifen zeigt kein einheitliches Geschwindigkeitsmuster. Während in Offenburg (Kehler Straße) auf der Schutzstreifen-seite durchschnittlich 3 km/h langsamer gefahren wird, ist es in Lörrach (Mühlestraße) genau umgekehrt (ohne Schutzstreifen 3 km/h langsamer). Bei den Fahrbahnseiten mit geringerer Durchschnittsgeschwindigkeit handelt es sich jeweils um die Kurveninnenseiten. Auf den Strecken mit gerader Linienführung (Bürger Straße und Leonberger Straße) sind keine Geschwindigkeitsunterschiede der Fahrbahnseiten zu erkennen.

Auf Strecken mit bereits niedrigem Geschwindigkeitsniveau im Vorher-Fall zeigen Schutzstreifen keine positiven Effekte. Die Bürgerstraße (Heidelberg) mit einem niedrigen Geschwindigkeitsni-

veau im Vorher-Fall von 33 km/h kann trotz Zunahme der Geschwindigkeit im Durchschnitt um zwei km/h im Nachher-Fall als sicher bezeichnet werden.

Das höchste Geschwindigkeitsniveau wurde auf der Hohenheimer Straße (Filderstadt) im Nachher-Fall gemessen (52 km/h). Als Ortsausfallstraße mit einer gerade Linienführung und durchgängiger Längsneigung, muss von einem Zusammenhang mit der Streckengeometrie ausgegangen werden. Im Vorher-/Nachher-Vergleich kann zur Hohenheimer Straße keine Aussage getroffen werden, da unterschiedliche Kamerastandorte verwendet werden mussten. Der Standortwechsel wurde gemeinsam mit der Kommune abgestimmt, um im Nachher-Fall das Verhalten der Radfahrer im Bereich der Engstelle (Mitteltrennung) zu beobachten.

Resümee: Schutzstreifen beeinflussen das Geschwindigkeitsniveau des Kfz-Verkehrs. Nach Markierung von Schutzstreifen nimmt das Geschwindigkeitsniveau ab. Bei schmalen Kernfahrbahnen mit beidseitigen Schutzstreifen ist die Geschwindigkeitsreduzierung größer als bei einseitigen Lösungen. Bei einseitigen Lösungen muss zunächst von einem bevorzugten Einfluss der Streckengeometrie gegenüber der Schutzstreifen ausgegangen werden.

5.3 Unfälle und Verkehrskonflikte

5.3.1 Unfälle

Weder im Vorher-Fall (Drei-Jahre vor Markierung der Maßnahmen) noch im Nachher-Fall wurden Unfälle mit Radfahrerbeteiligung auf den Untersuchungsstrecken gemeldet. Der Zeitraum der Nachher-Analyse von Sommer 2012 bis zur Auswertung der Daten (Oktober 2012 bis Januar 2013) ist für eine Unfallanalyse nicht ausreichend.

5.3.2 Konflikte

Konflikte wurden ebenfalls nur in einem geringen Ausmaß beobachtet. In Tübingen und Heidelberg konnten jeweils im Vorher-Fall vereinzelte Konfliktsituationen gezählt werden:

- Radverkehr in falscher Richtung im Seitenraum und infolge dessen
 - notwendige Ausweichmanöver bei der Begegnung Fußgänger/Radfahrer und
 - Beinahe Unfall mit in Einfahrt einbiegendem Kfz (Tübingen, Kelternplatz).

Resümee: Die Unfall- und Konfliktanalyse zeigen keine sicherheitsrelevanten Erkenntnisse.



Abb. 30: Kelternstraße, Tübingen: Kfz-Fahrer übersieht „Geisterradler“ und wiederholte Konfliktsituationen zwischen falschfahrenden Radfahrern und Fußgängern

5.3.3 Gefährliche Situationen

Folgende gefährliche Situationen wurden beobachtet:

- Radverkehr auf dem Gehweg im Seitenraum:
 - Querungen der Fahrbahn, die teilweise plötzlich und ohne erkennbaren Sichtkontakt erfolgten,
 - Behinderungen durch Hindernisse im Seitenraum, wie Mülltonnen oder haltende Fahrzeuge sowie
 - Begegnung von Fußgängern und Radfahrern.
- Radverkehr auf der Fahrbahn: Behinderung durch haltende Fahrzeuge auf der Fahrbahn/auf den Schutzstreifen und in Folge dessen Ausweichen der Radfahrer.
- Geometrisch bedingte Gefahrenpunkte: Grundsätzliches Gefahrenpotential durch unzureichende Sichtbeziehungen an Einfahrten und Knotenpunkten.

Haltende Fahrzeuge wurden im **Vorher-Fall** auf allen Strecken beobachtet. Bei nicht ausreichenden Flächen im Seitenraum wurde auf dem Gehweg oder vollständig auf der Fahrbahn gehalten. In der Regel handelte es sich hierbei um Lieferverkehre. Auch im **Nachher-Fall** wurden solche Fälle beobachtet.



*Abb. 31: Wiederholt beobachtete Gefahrensituation aufgrund von Radfahrern im Seitenraum
Links: Gefährdung von Fußgängern; Rechts: Gefahr durch unzureichende Sicht*

In Offenburg, Tübingen und Filderstadt wurden im **Vorher-Fall** unkontrolliert wirkende Querungen der Fahrbahn beobachtet, d.h. Querungen ohne erkennbaren vorherigen Sichtkontakt in beide Richtungen der Fahrbahn. Eine vertiefende Analyse zeigt drei mögliche Ursachen:

- In Filderstadt wird am Ende des Zwei-Richtungs-Radweges gequert. Hier befindet sich ein Fußgängerüberweg, der von den Rad fahrenden Kindern zur Querung der Fahrbahn genutzt wird. Die Querung erfolgt oftmals ohne Sichtkontakt und Halten sowie häufig diagonal. Der Fußgängerüberweg suggeriert den Radfahrern hierbei eine Sicherheit, die es nach StVO nicht gibt. Der Kfz-Verkehr ist an Fußgängerüberwegen keinesfalls gegenüber Radfahrern wartepflichtig.
- In Offenburg liegt im Bereich der Messstrecken die Einmündung einer vielbefahrenen Radroute (Schulweg). Radfahrer queren an dieser Stelle oftmals unmittelbar die Fahrbahn oder



fahren zunächst auf dem Gehweg in Gegenrichtung und queren im Verlauf der Strecke. Auffällig ist hierbei, dass es sich größtenteils um in Gruppen fahrende Schüler handelt.

- In Tübingen liegen die Ursachen in der Umsetzung der an die Messstrecken angeschlossenen weiterführenden Radrouten. In den anschließenden Knoten fehlen wichtige Fahrtbeziehungen für den Radverkehr, was dazu führt, dass bereits auf der Strecke durch ungesicherte Querung der Fahrbahn frühzeitig der Seitenraum genutzt wird.

In Filderstadt und Offenburg wird die Gefahr noch einmal durch die Tatsache erhöht, dass die in Gruppen fahrende Schüler, durch die Interaktionen in der Gruppe zusätzlich abgelenkt werden.

Für den **Nachher-Fall** können in Tübingen keine Aussagen getroffen werden, da keine Maßnahmen umgesetzt wurden. In Offenburg wird eine Abnahme der gefährlichen Situationen registriert. Ein Zusammenhang mit der geringeren Anzahl der Radfahrer kann nicht ausgeschlossen werden. In Filderstadt fahren weiterhin viele Radfahrer im Seitenraum (81%). Neben der bestehenden Problematik der Querung, kommt erschwerend hinzu, dass Kfz-Lenker nicht mehr mit Radfahrern im Seitenraum rechnen, da für die Radfahrer Schutzstreifen auf der Fahrbahn angebracht wurden.

Hindernisse in den beobachteten Seitenraum sowie Begegnungsfälle zwischen Radfahrern und Fußgängern werden auf allen Strecken beobachtet auf denen Radfahrer im Seitenraum fahren. Da im Nachher-Fall deutlich mehr Radfahrer die Fahrbahn (vgl. Kap. 5.4) nutzen, kommen diese Situationen seltener vor.

Auf allen anderen Strecken wurden keine Auffälligkeiten beobachtet.

Resümee: Die Mehrheit der Gefahrenstellen liegen in der Nutzung des Seitenraums begründet. Eine gesicherte Führung auf der Fahrbahn senkt das Gefahrenrisiko.

5.4 Akzeptanz der Radverkehrsführung durch Radfahrer

5.4.1 Flächennutzung der Radfahrer

Stadt	Straße	Fall	Vorher		Nachher		Veränderung
			Radfahrer	davon auf Fahrbahn	Radfahrer	davon auf Fahrbahn	
		s. Legende	R/13-19	[%]	R/13-19	[%]	[%]
Tübingen	Kelternstraße	-	405	51	-	-	-
Heidenheim	Steinheimer Straße	-	105	91	-	-	-
Heilbronn	Römerstraße	-	-	-	-	-	-
Heidenheim	Zoeppritzsstraße	B	217	71	180	84	13
Heilbronn	Wollhausstraße	B	122	74	138	88	14
Filderstadt	Hohenheimer Straße	B	184	14	179	19	5
Lörrach	Röttler Straße	E	229	83	140	86	3
Offenburg	Kehler Straße	E+(A)	161	66	88	56	-10
Heilbronn	Bismarckstraße	E+A	113	63	138	59	-4
Friedrichshafen	Kluftener Straße	E+A	-	-	102	91	-
Lörrach	Mühlestraße	E+A	-	-	146	73	-
Leonberg	Leonberger Straße	E+A	-	-	125	54	-
Heidelberg	Bürgerstraße	E+(A)	810	12	889	60	48

B = Beidseitige Schutzstreifen

E+A = Einseitig und alternierende Schutzstreifen

E+(A) = Unechte alternierende Schutzstreifen

E = Einseitiger Schutzstreifen

Tab. 3: Nutzung der Fahrbahn durch Radfahrer

Die Quote der Radfahrer, die die vorgesehene Radverkehrsführung nutzen, ist unterschiedlich ausgeprägt. Hohe Werte im Nachher-Fall (Fahrbahnführung als „benutzungspflichtige“ Radverkehrsführung) sprechen für eine Annahme der Radverkehrsführung, niedrige Werte für eine Verweigerung der Radverkehrsführung. Im Vorher-Fall reicht die Akzeptanz der Radverkehrsführung von 12% bis 91 % und im Nachher-Fall von 19% in Filderstadt bis 91 % in Friedrichshafen.

Vorher-Fall

Die Flächenwahl (Fahrbahn oder Seitenraum) der Radfahrer ist weder vom DTV noch von dem Radverkehrsanteil abhängig, sondern von der Breite der Gehwege. Auch ein Zusammenhang mit der Radverkehrsführung an sich und der Radverkehrsführung in nachfolgenden/vorausgehenden Knoten erscheint plausibel.

Der durchschnittliche Anteil der Radfahrer, die nicht die vorgegebene Radverkehrsführung wählen, liegt bei rund einem Drittel. Wie bereits in der Konfliktanalyse beschrieben, sind im Vorher-Fall zwei Untersuchungsstrecken besonders hervorzuheben:

- Tübingen - Kelterstraße: Der insgesamt breite Seitenraum und die mangelhafte Querungsmöglichkeiten in den Knoten kann als eine Ursache betrachtet werden, dass 41 % der Radfahrer die vorgegebene Radverkehrsführung nutzen, 59% wählen eine andere Fläche (Kelterplatz).
- Heidelberg - Bürgerstraße: Der gut erkennbare markierte Radweg im Seitenraum ohne Benutzungspflicht kann die überdurchschnittliche Nutzung der Gehwege von 88 % begünstigen. 12 % fahren wie vorgesehen auf der Fahrbahn.

Nachher-Analyse

Nach der Verifizierung der Daten verbleiben acht Strecken mit verwertbaren Vorher-/Nachher-Daten:

- Auf den beiden Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen nutzen 80% der Radfahrer die Schutzstreifen und damit die Fahrbahn.
- Die Röttler Straße in Lörrach mit einseitigem Schutzstreifen weist ebenfalls eine hohe Quote (86%) der Fahrbahnnutzer auf.
- Die Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen weisen eine Quote der Fahrbahnnutzer von 50-60 % auf, eine Strecke von 70% und eine von 91 %.

Die Quote der Falschfahrer ist auf Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen im Durchschnitt geringer. Ein Indikator für eine höhere Akzeptanz der Schutzstreifen. Im **Vorher-/Nachher-Vergleich** bestätigt sich dies. Auf den Strecken mit beidseitigem Schutzstreifen nimmt die Quote der falsch fahrenden Radfahrer ab, auf den Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen ist keine allgemeine Verbesserung zu verzeichnen. Auf Basis der Meldungen aus Heilbronn (Bismarckstraße/Jägerhausstraße, vgl. Kap 3.4.1) kann davon ausgegangen werden, dass bei der Benutzung von alternierenden Schutzstreifen Unsicherheiten existieren oder das einseitige Fehlen von Sicherungsmaßnahmen zu einer verringerten Fahrbahnnutzung führt.



Abb. 32: Im Vorher-/Nachher-Vergleich werden nach Markierung der Schutzstreifen (rechts) weniger „Falschfahrer“ (links) beobachtet. Dieser Effekt ist bei beidseitigen Schutzstreifen stärker ausgeprägt.

Die stark streuenden Werte bei Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen können auf die Attraktivität des Seitenraums und die Beibehaltung bestehender Verhaltensmuster zurückgeführt werden. Bei schmalen Gehwegen (z.B. Röttler Straße, Lörrach, 9%) liegt die Falschfahrer-

quote deutlich niedriger als bei Strecken mit breiten Gehwegen (z.B. Bismarckstraße, Heilbronn, 41%). Uneindeutige (z.B. erkennbare, aber nicht benutzungspflichtiger Radwege) oder unkomfortable (z.B. keine Sicherstellung notwendiger Fahrtbeziehungen im nachfolgenden Knoten) Führungen des Radverkehrs verstärken den Effekt der stark streuenden Falschfahrerquoten. So kann eine fehlende Querungshilfe im Bereich der Einmündung einer wichtigen Fahrradachse zu einer häufigen Gehwegnutzung führen (Kehler Straße, Offenburg, vgl. Keltern Straße, Tübingen Vorher-Fall).

Zwei Strecken werden aufgrund der besonderen örtlichen Verhältnisse zunächst gesondert bewertet. In Filderstadt nutzen weiterhin 81% aller Radfahrer, insbesondere Schüler, den Gehweg (ehemals Radweg) im Seitenraum. Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, gibt es in Filderstadt hohe Akzeptanzprobleme seitens der Schüler. Eine Umgewöhnung von der bisherigen Radverkehrsführung mittels baulicher Radwege tritt erfahrungsgemäß träge ein. Diese Akzeptanzprobleme spiegeln sich klar in der Quote wider. Zählungen der Stadt Filderstadt zu Schulbeginn und Schulende bestätigen die Messung. Die Quote der Falschfahrer ist mittags höher als morgens. Der Schutzstreifen auf der Fahrbahnseite des ehemaligen Radweges wird besser angenommen, die gesicherte Querung zum Schutzstreifen auf der Gegenseite wird als unattraktiv empfunden. Das Fahren nebeneinander in Gruppen ist für Schüler attraktiv und dies ist nur im Seitenraum möglich.

In Heidelberg (Bürgerstraße) verdoppelt sich die Zahl der Radfahrer auf der Fahrbahn. Die Markierung der Schutzstreifen auf der Fahrbahn verdeutlicht die bisher unklare Radverkehrsführung, bei der die ehemaligen Radwege im Seitenraum eindeutig erkennbar waren. Die vollständige Entfernung der Radwegmarkierung sowie das gleichzeitig geschaffene Angebot der Radverkehrsführung auf der Fahrbahn haben zu einer Verlagerung geführt. Mit 40% liegt die Quote der Gehwegnutzer weiterhin im Vergleich recht hoch, es ist nach einem Gewöhnungseffekt mit einer weiteren Steigerung der Fahrbahnnutzung zu rechnen. Es zeigt sich in den Videobildern, dass der S-Bahnhaltepunkt auf der Brücke als Quell- und Zielpunkt des Radverkehrs das Fahren über den Gehweg fördert.

Resümee: Die Akzeptanz der Radverkehrsführung auf der Fahrbahn wird durch Schutzstreifen gesteigert. Bei beidseitigen Schutzstreifen ist der Effekt größer. Bei der Aufhebung von benutzungspflichtigen Radwegen sind ergänzende Maßnahmen zu treffen, um die Vorteile der Fahrbahnführung eindeutig vor Ort zu kommunizieren und die Umgewöhnung zu beschleunigen.

5.4.2 Zusammenhang zwischen Flächennutzung, Gefahrenpotential und Gestaltungsmuster

Größtes Gefahrenpotential besitzen Strecken ohne eindeutige Radverkehrsführung und Strecken mit Zweirichtungsradwegen. Uneindeutige Radverkehrsführungen können durch breite und damit attraktive Seitenräume bei gleichzeitiger Benutzungspflicht der Fahrbahn, unzureichende Führung im Bereich von Zufahrten und durch mangelnde Radverkehrsverbindungen der angrenzenden Strecken und Knoten verursacht werden. Daraus folgt, dass die Radverkehrsführungen kontinuierlich, eindeutig und sicher zu gestalten ist. Der Planungsgrundsatz der selbsterklärenden Straße gilt als Stand der Technik.

Die Analyse zeigt, dass Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen ein geeignetes Element sind, um ein eindeutiges Führungsprinzip auf Streckenabschnitten umzusetzen. Dies führt zu einer vermehrten Nutzung der vorgesehenen Radverkehrsführung. Dieser Effekt wird besonders bei beidseitigen Schutzstreifen beobachtet. Die Anzahl falschfahrender Radfahrer kann durch dieses Angebot auf der Fahrbahn deutlich reduziert werden, mögliche Gefahrenpunkte im Seitenraum entfallen. Einseitige Lösungen erzielen gute Ergebnisse im Rahmen der Analyse nur bei entsprechenden Rahmenbedingungen (hier: Schutzstreifen auf Steigungsstrecken).

Die Analyse verdeutlicht, dass die angrenzenden Streckenabschnitte und Knoten entsprechend der Wahl der Radverkehrsführung auf der Strecke anzupassen sind, da diese Bereiche die Flächenwahl der Radfahrer maßgeblich beeinflussen.

5.5 Seitliche Abstände bei Überholvorgängen

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.5

Die Fallzahlen zur Beurteilung der Überholungen sind im Rahmen der Untersuchung gering. Die nachfolgenden Aussagen sind im Grundsatz abgeleitet.

5.5.1 Vorher-Fall: Vor Markierung der Schutzstreifen

Wie von Studien aus dem Ausland belegt, gibt es bestimmte Querschnittsbreiten bei denen Überholvorgänge in kritischen Bereichen gehäuft auftreten. Der gemessene seitliche Überholabstand zwischen Kfz und Radfahrern ist auf den Untersuchungsstrecken mit schmalen Fahrbahnbreiten (6,00 bis 6,50 m) deutlich größer als bei breiteren Fahrbahnen.

Auf Fahrbahnen zwischen 6,50 und 7,00 m Breite wird für den entgegenkommenden Verkehr intuitiv eine Fahrgasse frei gehalten, unabhängig ob Gegenverkehr tatsächlich auftritt oder nicht. Die Orientierung erfolgt an der Mittelachse der Fahrbahn bzw. der Leitlinie. Diese Orientierung ist eine Ursache für die verminderten Überholabstände. Eine Leitlinie verstärkt diesen Effekt deutlich. Der Median der Abstandswerte liegt auf diesen Strecken im Bereich zwischen 110 bis 120 cm. Rund 30% bis 40% aller Überholmanöver werden mit weniger als 100 cm (Kritisch) seitlichem Abstand durchgeführt.



Abb. 33: Schmale Fahrbahnquerschnitte (< 6,50 m) führen zu großen Überholabständen (Steinheimer Straße, Heidenheim), breitere Querschnitte (> 6,50 m) und Leitlinien fördern kritische Überholabstände (Wollhausstraße, Heilbronn)

Bei schmalen Fahrbahnen ist eine Mittenorientierung bei einer Überholung nicht mehr möglich. Stattdessen kann eine Orientierung zum linken Fahrbahnrand festgestellt werden, die Überholabstände werden daher größer. Der Median liegt bei 130 bis 150 cm und weniger als 15% aller Abstandswerte sind kleiner als 100 cm.

Breitere Querschnitte (6,50 - 7,00 m) zeigen ein Überholen von Radfahrern bei gleichzeitigem Gegenverkehr unter geringen seitlichen Abständen. Überholvorgänge bei Gegenverkehr wurden im Vorher-Fall nur auf der Wollhausstraße (Heilbronn, 7,00 m mit Leitlinie) sowie auf der Kehler Straße (Offenburg, 6,50 m, hohe DTV 11.400 Kfz/d) beobachtet. Neben der Dimensionierung sind Abhängigkeiten von der Verkehrsstärke zu erwarten. Diese Zusammenhänge sind vertiefend in weiteren Studien zu prüfen. Bei Fahrbahnen von rund 6,00 m Fahrbahnbreite konnten keine Überholvorgänge bei Gegenverkehr beobachtet werden, die Straßendimensionierung schließt diese aus.

Resümee Vorher-Fall: Schmale Fahrbahnquerschnitte (< 6,50 m) können große Überholabständen fördern, breitere Querschnitte (> 6,50 m) und Leitlinien dagegen kritische Überholabstände.



Abb. 34: Überholvorgang bei Gegenverkehr mit Orientierung an der Mittelachse (Kehler Straße, Offenburg)

5.5.2 Nachher-Fall: Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen

Überholungen ohne Gegenverkehr

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.5.1

Die Mehrheit der gemessenen Abstände liegt bei allen Straßen über 1,10 m und damit im sicheren Bereich. Nur auf der Zoeppritzstraße (Heidenheim) wurden vereinzelte Überholabstände im gefährlichen Bereich (< 0,60 m) gemessen. Deren Häufigkeit liegt bei 5% aller Überholvorgänge. Auf der Wollhausstraße (Heilbronn) sowie der Hohenheimer Straße (Filderstadt) wurden keine gefährlichen Überholvorgänge gemessen.

Abhängigkeiten von der Kernfahrbahn- bzw. Fahrbahnbreite sind nicht erkennbar, da alle Strecken ähnliche Dimensionierungen aufweisen.

Im Vorher-/Nachher-Vergleich zeigt sich eine leichte Abnahme der gemessenen gefährlichen und kritischen Überholabstände. Auf der Zoeppritzstraße (Heidenheim) wurden 5% weniger gefährliche Abstände, auf Wollhausstraße 18% weniger kritische Abstände gemessen. Die Lage des Median bleibt nahezu unverändert. Die geringe Anzahl der Fallzahlen erschwert eine Interpretation

hinsichtlich der Sicherheit. Für die Hohenheimer Straße (Filderstadt) liegen keine Vorher-Daten vor, da wenig Radfahrer die Fahrbahn im Vorher-Fall nutzten.

Auffällig sind die deutlichen Unterschiede im Bereich der Auftrittshäufigkeit von Überholvorgängen. Auf den drei betrachteten Strecken mit ähnlichen DTV-Werten (9.000 bis 10.000 Kfz/24h) kann kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der beobachteten Überholvorgänge (9 bis 75 im Messzeitraum) und des Radverkehrsanteils (34 bis 151 Radfahrer im Messzeitraum) festgestellt werden. Vielmehr kann für den innerstädtischen Bereich davon ausgegangen werden, dass Streckenlängen bzw. der Abstand der Knotenpunkte die Häufigkeit der Überholvorgänge bestimmen.

Resümee: Die Veränderungen bei den Überholabständen sind gering. Kritische und gefährliche Überholabstände werden in der Tendenz verringert.

Überholvorgänge mit gleichzeitigem Gegenverkehr

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.5.3

Grundsätzlich tritt der Fall „Überholvorgang bei gleichzeitigem Gegenverkehr“ selten auf (maximal 17 Messwerte im Analysezeitraum). Auf keiner Strecke konnten Überholungen mit Gegenverkehr sowohl im Vorher-Fall als auch im Nachher-Fall beobachtet werden. Eine numerische Auswertung ist nicht zweckmäßig.

Beobachtet wurde, dass bei Gegenverkehr zunächst hinter dem Radfahrer abgewartet wird und anschließend überholt wird (vgl. Kap. 5.7.1). Ein sicherheitsrelevanter Zusammenhang zwischen Strecken mit und ohne Schutzstreifen sowie zur Kernfahrbahnbreite muss vertiefend geprüft werden.



Abb. 35: Bei beidseitigen Schutzstreifen erhöhen sich die Überholabstände, da sich nicht mehr an der Leitlinie orientiert werden kann (links). Bei Gegenverkehr wird selten überholt, der Kfz-Fahrer bleibt hinter dem Radfahrer (rechts)

5.5.3 Nachher-Fall: Einseitige Schutzstreifen und alternierende Schutzstreifen

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.5.2

Auf der Kehler Straße (Offenburg) verringern sich die Überholabstände ausschließlich auf der Seite des Schutzstreifen von 130 auf 90 cm (Werte der Mediane der Abstandswerte), während auf der freien Seite die Abstände gleich bleiben (Median 130 cm). Auf Fahrbahnseiten mit Schutzstreifen werden keine Werte im gefährlichen Bereich gemessen. Auf der freien Seite treten dagegen ver-

einzelte ($< 5\%$) Werte im gefährlichen Bereich auf. Die Streuweite aller Messwerte ist auf der Schutzstreifenseite deutlich geringer (70 – 120 cm) als auf der freien Seite (50 – 230 cm).

Der Vorher-/Nachher-Vergleich der Bismarckstraße (Heilbronn) zeigt ähnliche Ergebnisse. Auf der Seite mit Schutzstreifen kann eine leichte Verbesserung der Werte beobachtet werden (Median von 130 auf 150 cm), während sich die freie Seite verschlechtert (Median 130 auf 120 cm) und vermehrt Extremwerte auftreten (8% im gefährlichen Bereich, vorher 0%).

Auf der Röttler Straße (Lörrach) kann im Vorher-/Nachher-Vergleich eine Verbesserung auf beiden Fahrbahnseiten beobachtet werden, da die Extremwerte abnehmen und sich die Streuweite reduziert. Die Verbesserung auf der freien Seite ist deutlich größer ausgeprägt. Hierbei handelt es sich um einen rein einseitigen Schutzstreifen.

Die Überholabstände steigen mit verminderter Fahrbahnbreite an. Dies kann streckenübergreifend beobachtet werden. Dies wurde bereits im Vorher-Fall festgestellt und ist damit kein Effekt von einseitigen und alternierenden Schutzstreifen.

Ein Sonderfall ist die Bürgerstraße (Heidelberg), auf der mit 15% aller Werte im gefährlichen Bereich gemessen wurden. Ursachen hierfür können nicht eindeutig ermittelt werden. Ein Zusammenhang mit dem niedrigen Geschwindigkeitsniveau oder die schmale Fahrbahnbreite (6,00 m) in Verbindung mit der noch erkennbaren Mittellinie kann nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der niedrigen Geschwindigkeiten ist die allgemeine Verkehrssicherheit (vgl. Kapitel 4.1.2) als gut einzustufen.

Bei der Betrachtung der Überholabstände zeigt sich kein einheitliches Muster, das auf den Einsatz von einseitigen und/oder alternierenden Schutzstreifen zurückzuführen ist. Die Annahme, dass die Verkehrsteilnehmer bei alternierenden Schutzstreifen die Fahrlinien im Sinne eines virtuellen Schutzstreifens beibehalten und es dadurch zu Verbesserungen der Überholabstände kommt, kann nicht bestätigt werden.

Aufgrund der geringen Datenmenge sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Einzelergebnisse verallgemeinern zu können und potentielle Zusammenhänge zur Dimensionierung, DTV oder Radverkehrsanteil aufzuzeigen. Auf diese Weise müssen die Aussagen bezüglich der Sicherheit vertiefend verifiziert werden.

Resümee: Aufgrund der geringen Datenmenge sind keine qualitativen Aussagen möglich.

5.5.4 Zusammenfassende und vergleichende Bewertung der Überholabstände

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.5.4

Auf keiner Strecke werden Ergebnisse erzielt, bei denen alle Radfahrer mit sicheren Abständen ($\geq 1,50$ m) überholt werden. Es werden vereinzelt gefährliche Abstände ($< 0,50$ m) gemessen. Auf den Strecken mit **beidseitigen Schutzstreifen** streuen die Ergebnisse in ihrer Breite wesentlich weniger als auf den anderen Streckenlauf diesen Strecken kann eine geringfügige Verbesserung zum Vorher-Fall festgestellt werden. Die beobachtete Vermeidung bzw. Verringerung von kritischen Überholungen bei Gegenverkehr ist ein Indiz für eine positive Wirkung von reduzierten Kernfahrbahnen.

Bei **einseitigen und alternierenden Schutzstreifen** differieren die Ergebnisse der unterschiedlichen Strecken trotz ähnlicher Streckencharakteristik teils erheblich. Die beobachteten Fallzahlen sind gering. Grundlegende und übertragbare Ergebnisse sind für die zu untersuchenden Anwendungsfälle nicht zu formulieren. Es sind weitere Untersuchungen notwendig.

Vergleichende Bewertung der Ergebnisse mit anderen Studien

Bereits im Rahmen einer BaSt-Studie^[1] wurden Überholabstände auf schmalen Fahrbahnen mit beidseitigen Schutzstreifen (mind. 1,25 m) untersucht, auf denen die Kernfahrbahnen unter 4,50 m breit waren. Die Darstellungsmethode lässt einen Vergleich mit dieser Studie zu, indem die Extremwerte sowie der 80%-Bereich miteinander betrachtet werden.

Während die BaSt-Studie bei Kernfahrbahnen unter 4,50 m geringere Überholabstände als auf Kernfahrbahnen über 4,50 m Breite feststellt, was gegen eine Reduzierung der Kernfahrbahn sprechen würde, kann dies im Rahmen dieser Studie nicht bestätigt werden.

Der 80%-Bereich (Abstände beim Überholen) in der BaSt-Studie liegt bei Kernfahrbahnen ab 4,50 m bei rund 0,90 bis 1,80 m. Bei Kernfahrbahnen unter 4,50 m verringern sich die Abstände auf Werte zwischen 0,60 bis 1,60 m. In der AGFK-Studie liegen die vergleichbaren Werte zwischen 0,70 m bis 1,90 m.

5.6 Abstände zum Fahrbahnrand

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.6

5.6.1 Vorher-Fall: vor Markierung der Schutzstreifen

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.6.1

Im Vorher-Fall zeigt sich eine schwach ausgeprägte Abhängigkeit der Abstände zum Fahrbahnrand von der Fahrbahnbreite. Auf den untersuchten Strecken mit einer Fahrbahnbreite von 6,50 m oder weniger werden vermehrt (bis 45% der Meßwerte) seitliche Abstände zum Fahrbahnrand im kritischen Bereich gemessen, während auf den Fahrbahnen bis 7,00 m Breite (< 10% aller Meßwerte) Einzelfälle im kritischen Bereich auftreten.

Unter Beeinflussung verringern sich diese Abstände nochmal geringfügig. Der Effekt schwächt sich auf schmalen Fahrbahnen ab, da die Radfahrer bereits im unbeeinflussten Fall dicht am Bordstein fahren. Gefährliche Abstände wurden nicht festgestellt, weder in unbeeinflussten noch in beeinflussten Situationen. Auf Gefällestrrecken, bei denen die Mehrheit weit abgerückt vom Bord fährt (z.B. Bürgerstraße, Abstand > 150 cm), ist eine Markierung von Schutzstreifen nicht zweckmäßig.

Es deutet sich eine Abhängigkeit der Abstände von der DTV an. Bei einer geringen DTV ist die Streuweite aller Messwerte unabhängig von der Fahrbahnbreite und einer Beeinflussung (4.500 Kfz/24h, Streuweite 50 – 240 cm) grundsätzlich groß. Bei hoher DTV und damit bei einer häufigen Beeinflussung der Radfahrer ist die Streuweite dagegen geringer ausgeprägt (15.000 Kfz/24h, Streuweite 40 – 100 cm).

Bei einem Vergleich der Abstandswerte aller Strecken zeigt sich, dass unbeeinflusste Radfahrer einen durchschnittlichen Abstand von rund 0,70 bis 0,80 m zum Fahrbahnrand einhalten. Unter der Annahme, dass Schutzstreifen den Bewegungsraum des Radverkehrs gegenüber dem Kfz-Verkehr verdeutlichen sollen, sind Schutzstreifenbreiten von 1,40 m oder mehr anzustreben (Radfahrer sollen mittig fahren).

Resümee: Radfahrer fahren bei hoher DTV gleichmäßiger am Fahrbahnrand orientiert, unabhängig von einer direkten Beeinflussung. Im Falle einer direkten Beeinflussung wird unabhängig vom DTV näher am Bordstein gefahren. Schutzstreifenbreiten von 1,40 m sind anzustreben.

5.6.2 Nachher-Fall: Beidseitige Schutzstreifen

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.6.2

Die seitlichen Abstände zum Bordstein, die von den Radfahrern gewählt werden, sind grundsätzlich ausreichend, um die Sturzgefahr zu minimieren. Es wurde kein Abstand im gefährlichen Bereich gemessen. Schutzstreifen mit 1,40 m Breite werden mittig befahren (Median im Bereich von 70 cm), Schutzstreifen mit 1,25 m linkslastig. Dies bestätigt die Annahme, dass Radfahrern 1,25 m breite Schutzstreifen als zu schmal erscheinen.

Eine Ausnahme bildet die Hohenheimer Straße (Filderstadt). Hier sind die Abstände zum Fahrbahnrand geringer, der Schutzstreifen (1,40 m) wird rechtslastig befahren (Median des Abstandes 55 cm). Gefährliche Abstände wurden nicht festgestellt. Die Dimensionierung, die DTV oder der Radverkehrsanteil als Ursache für die Verschiebung können ausgeschlossen werden, da die Strecken ähnliche Parametern aufweisen. Ein Zusammenhang mit den vergleichsweise hohen Kfz-Geschwindigkeiten auf der Hohenheimer Straße (Filderstadt) ist anzunehmen.



Abb. 36: Schutzstreifen werden mittig befahren, wenn sie ausreichend dimensioniert sind (links). Die Reaktion auf die Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr ist bei Schutzstreifen weniger ausgeprägt, d.h. das Abstandverhalten entwickelt sich positiv (rechts).

Im **Vorher-/Nachher-Vergleich** zeigt sich, dass die Schutzstreifen über den 80%-Bereich eine gleichmäßigere Verteilung der Abstandswerte bewirken. Gleichzeitig treten größere Extremwerte auf. Eine Vergrößerung des Abstandes vom Bordstein im unbeeinflussten Fall kann auf diesen Strecken entgegen bisheriger Ergebnisse nicht bestätigt werden. Auf der Zoeppritzstraße (Heidenheim) sind die Abstände im Fall der Beeinflussung leicht größer als im Vorher-Fall.

Auf der Hohenheimer Straße (Filderstadt) liegen aufgrund des zuvor vorhandenen benutzungspflichtigen Radweges keine ausreichenden Daten des Vorher-Falls vor.

Resümee: Die Abstandswerte sind als sicher einzustufen. Die Schutzstreifen werden mittig befahren, bei hohen Kfz-Geschwindigkeiten eher rechtsseitig. Die Reaktion auf eine direkte Beeinflussung wird durch beidseitige Schutzstreifen reduziert.

5.6.3 Nachher-Fall: Einseitige und alternierende Schutzstreifen

Boxplot-Diagramme: Anhang 8.2.6.3

5.6.3.1 Alternierende Schutzstreifen

Auf Strecken mit alternierenden Schutzstreifen mit mehr als einem Seitenwechsel ist das Abstandsverhalten zum Fahrbahnrand ebenfalls als sicher einzustufen. Die Werte liegen über den Messwerten des Vorher-Falls, hier konnte eine Verbesserung erzielt werden. Bei Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr sind keine Verbesserungen erkennbar.

Die Streuweite aller gemessenen Abstände ist verhältnismäßig groß und erstreckt sich mit Ausnahme der Klufterner Straße (Friedrichshafen) über drei Bewertungsbereiche. Im Extremfall liegt die Streuweite zwischen 30 und 200 cm. Eine Harmonisierung der Fahrlinien wird nicht erreicht.

Auf der Klufterner Straße (Friedrichshafen) wird der Schutzstreifen eher linksseitig (Median 90 cm, Schutzstreifen 1,40m) befahren, auf der Leonberger Straße (Leonberg) und der Bismarckstraße (Heilbronn) eher rechtsseitig (Median 70 cm, Schutzstreifen 1,50 m). Auf der Mühlestraße (Lörrach) werden die Schutzstreifen mittig befahren (Median 70 cm, Schutzstreifen 1,40 m).



Abb. 37: Die Mehrheit der Radfahrer verändert bei alternierenden Schutzstreifen die Fahrposition, sowohl positiv als auch negativ

Ein Vergleich der Fahrbahnseiten zeigt ein differenziertes Bild. Auf der Bismarckstraße (Heilbronn) und der Mühlestraße (Lörrach) sind die durchschnittlichen Werte nahezu unabhängig vom Schutzstreifen. Der Effekt des virtuellen Schutzstreifens kann hier durchaus angenommen werden. Die Streckengeometrie beider Messstrecken ist gleichmäßig. Es liegen weder Steigungen noch Kurven oder Versätze der Fahrlinien vor.

Auf der Klufterner Straße (Friedrichshafen) sowie der Leonberger Straße (Leonberg) sind Unterschiede der Fahrbahnseiten vorhanden. Auf der Klufterner Straße (Friedrichshafen) sind die Abstandswerte der Seite ohne Schutzstreifen als unsicherer einzustufen (30% im kritischen Bereich) als auf der Seite mit Schutzstreifen (< 5% im kritischen Bereich). Die Ursache hierfür kann in der kurvenreichen Strecke liegen. Auf der Leonberger Straße (Leonberg) sind die Abstandswerte der freien Seite sicherer (Kein Messwert unter 60 cm) im Vergleich zur Seite mit Schutzstreifen (10% kritische Abstände). Allerdings sind auf der freien Seite Parkplätze markiert. Der größere Abstand

ist hier dem ruhenden Verkehr zuzuordnen (Angst vor Aufschlagen von Autotüren?). Zudem liegen auf der Leonberger Straße (Leonberg) deutliche Versätze der Fahrlinie vor, so dass beim Wechsel der Schutzstreifenseite eine neue Fahrlinie gesucht werden muss.

Außer auf der Klufthener Straße (Friedrichshafen) ist eine starke Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr zu verzeichnen. Die Abstandswerte liegen größtenteils im kritischen Bereich. Auf der Klufthener Straße (Friedrichshafen) fahren die Radfahrer bei Beeinflussung näher am Fahrbahnrand, der Effekt ist geringer, die Abstände bleiben sicher. Gefährliche Abstände treten hier nicht auf.

Auf der freien Seite fahren beeinflusste Radfahrer deutlich näher am Fahrbahnrand. Der Effekt ist geringer ausgeprägt als auf der Schutzstreifenseite. Die Sicherheit bleibt auf einem niedrigeren Niveau bestehen. Gefährliche Abstände treten nicht auf.

Resümee: Die Abstandswerte sind als sicher einzustufen. Die Ergebnisse der unterschiedlichen Strecken variieren teils erheblich. Einseitigen Verbesserungen stehen oftmals Verschlechterungen auf der anderen Fahrbahnseite gegenüber. Verbesserungen sind keiner Seite (Schutzstreifen oder freie Seite) allgemeingültig zuzuordnen.

5.6.3.2 „Unechte“ alternierende Schutzstreifen

Die Abstandswerte auf Strecken mit Schutzstreifen mit maximal einem Seitenwechsel sind die schlechtesten der Gesamtuntersuchung. Sie sind als befriedigend einzustufen, eine Verbesserung zum Vorher-Fall kann auf die gesamte Strecke bezogen nicht festgestellt werden. Im beeinflussten Fall verschlechtern sich die gemessenen Abstände leicht (Verschiebung um 10 cm). Positiv zu werten ist, dass die Abstandswerte weniger streuen. Der Verkehrsablauf ist harmonischer.

Bei der Einzelbetrachtung der Fahrbahnseiten ergibt sich ein differenzierteres Bild. Die freie Fahrbahnseite (ohne Schutzstreifen) schneidet im Vergleich zum Vorher-Fall geringfügig besser ab. Während der schmale Schutzstreifen der Kehler Straße (1,25 m, Offenburg) mittig befahren wird, werden die Schutzstreifen (je 1,50 m) der Röttler Straße (Lörrach) und der Bürger Straße (Heidelberg) rechtslastig befahren. Dies weicht von den vorherigen Ergebnissen ab.

Trotz des im Vergleich größten Fahrbahnquerschnittes auf der Kehler Straße (Offenburg) sind die Abstände hier am geringsten. Mögliche Zusammenhänge sind der schmale Schutzstreifen sowie die hohe DTV.

Resümee: Unechte alternierende Schutzstreifen stellen keine Verbesserung hinsichtlich des Abstandes zum Bordstein dar.

5.6.4 Abstand zum ruhenden Verkehr

Dieser Untersuchungsfall konnte nur auf der Wollhausstraße (Heilbronn) untersucht werden. Daher sind keine allgemeingültigen Aussagen formulierbar.

Die Werte für den unbeeinflussten Fall überwiegend als sicher zu bezeichnen. Im Vergleich ist der 80%-Bereich in Richtung geringerer Abstände verschoben. Nach Markierung der Schutzstreifen wird deutlich harmonischer gefahren, die Streuweite ist geringer, der Schutzstreifen wird mittig befahren.

Bei Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr sind die Werte im Vergleich zum unbeeinflussten Fall (Median 95 cm) in Richtung des kritischen Bereiches verschoben (Median 65 cm). Eine Beeinflussung ist deutlich erkennbar. Vereinzelt (10%) gefährliche Abstandswerte werden im Vorher-Fall unter Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr gemessen, nach Markierung der Schutzstreifen treten diese Werte nicht mehr auf. Nach Markierung der Schutzstreifen wird in diesen Fällen harmonischer gefahren, die Streuweite ist geringer. Im beeinflussten Fall sind die Werte im Nachher-Fall als kritisch zu bewerten. 90% aller Messwerte liegen im kritischen Bereich. Auf den ersten Blick verwundert dies, da bei Ausnutzung der Schutzstreifenbreite (1,25 m zzgl. Sicherheitstrennstreifen 0,40 m) deutlich größere Abstände zu erwarten wären. Der Schutzstreifen wird stattdessen rechtslastig befahren.

5.6.5 Zusammenfassung Abstände zum Seitenrand

Sichere Abstandswerte werden auf den Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen verzeichnet, insbesondere im Fall von Beeinflussung vergrößern sich die Abstände im Vergleich zum Vorher-Fall. Ein hohes Geschwindigkeitsniveau des Kfz-Verkehrs führt zu kleineren Abständen.

Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen können bezüglich des Abstandes zum Bordstein als sicher eingestuft werden, scheiden im direkten Vergleich zu beidseitigen Schutzstreifen bezüglich der Abstände schlechter ab. Während bei alternierenden Schutzstreifen bei günstigen geometrischen Randbedingungen des Streckenverlaufes ein „virtueller Schutzstreifen“ durchaus beobachtet werden könnte, sind diese Effekte auf der Mehrheit der Untersuchungsstrecken nicht nachweisbar. Hier können Unterschiede zwischen den Fahrbahnseiten beobachtet werden, teilweise ohne Abhängigkeit von der Markierung der Schutzstreifen.

Nach Betrachtung der Abstände zum Seitenrand müssen Schutzstreifen mit 1,25 m in Frage gestellt werden, insbesondere dann, wenn noch Restfahrbahn zur Verbreiterung der Schutzstreifen zur Verfügung steht. Der von anderen Studien erwartete Effekt, dass Radfahrer nach Markierung der Schutzstreifen weiter vom Bord abrücken, konnte nicht beobachtet werden.

Die Wirkung des Sicherheitstrennstreifen muss in weiteren Untersuchungen auf unterschiedlichen Strecken verifiziert werden.

5.7 Verhaltensbeobachtung und Fahrlinien

Dieser Abschnitt beschreibt die Akzeptanz der Schutzstreifen durch den Kfz-Verkehr sowie das Verhalten im Falle einer gegenseitigen Interaktion (Abschnitt 5.7.1). Analysiert werden ergänzend das Verhalten der Verkehrsteilnehmer bezogen auf streckenspezifische Parameter, wie Engstellen (Abschnitt 0) und einer alternierenden Anordnung der Schutzstreifen (Abschnitt 5.7.3).

5.7.1 Beschreibung der Fahrlinien des Kfz-Verkehrs

Diagramme: Anhang 8.2.4

Der Schutzstreifen wird auf den Modellstrecken vom Kfz-Verkehr akzeptiert. Rund 90 % aller Kfz-Fahrer befahren den Schutzstreifen im unbeeinflussten Fall nicht. Diese Beobachtung ist un-

abhängig von allen streckenspezifischen Parametern und damit einzig dem Schutzstreifen zuzuordnen.

Der Kfz-Verkehr zeigt eine eindeutige Reaktion im Falle der Beeinflussung. So wird bei entgegenkommendem Verkehr auf den Schutzstreifen ausgewichen, um den Begegnungsabstand zu erhöhen. Anschließend wird der Schutzstreifen wieder weitgehend verlassen. Eine Gefährdung der Radfahrer wurde im Rahmen der Analyse nicht beobachtet.



Abb. 38: Die Mehrheit der Kfz-Lenker beachtet den Schutzstreifen, wenige befahren ihn vollständig.

Die Verhaltensbeobachtung des Kfz-Verkehrs auf den Untersuchungsstrecken zeigt, dass im Falle der Überholung von Radfahrern durch Kfz, ein deutliches Positionsändern des Kfz-Verkehrs beobachtet werden kann. Im Falle von Gegenverkehr verbleibt die Mehrheit des Kfz-Verkehrs hinter dem Radfahrer, bis die Gegenfahrbahn frei ist. Vereinzelt kommt es zu Überholmanövern, dessen Abstände dann gering sind (vgl. 5.5). Auf den Strecken mit Breiten unter 6,80 m werden keine Überholvorgänge bei Gegenverkehr mehr beobachtet. Im Vorher-Fall war dies zumindest noch auf der Kehler Straße (Offenburg, 6,50 m) festzustellen.



Abb. 39: Die Überholvorgänge werden bewusst durchgeführt Eine Änderung der Fahrlinie ist deutlich erkennbar.

Die optische Einengung der (Kern-)Fahrbahn durch Verbreiterung der Schutzstreifen kann Überholmanöver im kritischen Querschnittsbereich zwischen 6,50 und 7,00 m unterbinden. Hierfür sind noch weitere Untersuchungen notwendig, da die Datenmenge im Rahmen dieses Gutachtens für eine abschließende Aussage zu gering ist und nur Strecken mit einer DTV bis rund 12.000 Kfz/d erfasst wurden.

Resümee: Die Schutzstreifen wird vom Kfz-Verkehrs wahrgenommen und akzeptiert. Überholmanöver bei kritischen Fahrbahnbreiten (um 6,50 m) können durch die Einengung der Kernfahrbahn verringert werden.

5.7.2 Verhalten an Engstellen und Bushaltestellen

Auf den folgenden Streckenabschnitten wurden gesonderte Beobachtungen durchgeführt:

- Filderstadt, Hohenheimer Straße: Querungshilfe (Mitteltrennung) mit Bushaltestelle.
- Heidelberg, Bürgerstraße: Bereich der Bushaltestelle.

Ziel der Beobachtung war es, die Reaktion der Verkehrsteilnehmer zu beurteilen hinsichtlich der Begegnung

- eines Radfahrers mit haltenden Bussen sowie
- des Kfz-Verkehrs mit einem Radfahrer im Bereich der Engstelle.

Ergebnis der Beobachtung:



Abb. 40: Innerhalb der Stoßzeiten selten: Begegnungsfall Bus-Radfahrer an Engstellen (links); Die Mehrheit der Kfz überholen Radfahrer an Engstellen nicht (rechts)

Trotz hoher Radverkehrsanteile, in Heidelberg ganztägig und in Filderstadt zu den Hauptverkehrszeiten, wurden nur insgesamt vier Begegnungsfälle eines haltenden Busses mit einem Radfahrer beobachtet. Die Wahrscheinlichkeit einer Interaktion ist bei hohen Verkehrsbelastungen gering.

Auf der Hohenheimer Straße (Filderstadt) konnten wenige Fälle beobachtet werden, bei denen Radfahrer im Bereich der Mitteltrennung auf den Rückstau des Kfz-Verkehrs des nachfolgenden Kreisverkehrs trafen.

In Filderstadt wichen die Radfahrer in allen Fällen frühzeitig auf den Gehweg aus, auf der Bürgerstraße (Heidelberg) blieben die Radfahrer auf der Fahrbahn. Ein Radfahrer überholte den haltenden Bus gefahrlos.

Im Bereich der Engstelle auf der Hohenheimer Straße (Filderstadt) wurden die Radfahrer nicht durch Pkw überholt.

5.7.3 Verhaltensbeobachtung auf Strecken mit alternierenden Schutzstreifen

Das Verhalten der Radfahrer in Leonberg unterscheidet sich hinsichtlich der Fahrposition und des Abstandsverhaltens auf den unterschiedlichen Streckenabschnitten in Abhängigkeit der Schutzstreifen (vgl. parkende Kfz). Die durch die Schutzstreifen vorgesehene Radverkehrsführung auf der Fahrbahn wird von 54 % der Radfahrer genutzt, die Akzeptanz ist gering. Ursache kann die unklare, uneindeutige oder unbekannte Führung sein.

Auf der Fahrbahn der Leonberger Straße (Leonberg) sind Parkplätze markiert (1). Dieser fordert einen Versatz in der Fahrlinie (3). Durch die Markierung der Schutzstreifen auf der freien Seite (2b) wurde die Versatztiefe für den Kfz-Verkehr im Wechselbereich minimal gehalten, dem steht die fehlende Sicherung der Radfahrer entlang der parkenden Kfz gegenüber (2a). Die Radfahrer sind im Versatz generell ungeschützt (3).

Es besteht eine Verwechselungsgefahr der Schutzstreifen mit ungenutzten Parkplätzen (1). Die Parkplätze sind nicht eindeutig erkennbar. Die Markierung von Parkplätzen und Schutzstreifen erfolgte jeweils mit ähnlichem Schmalstrich (2a/2b).

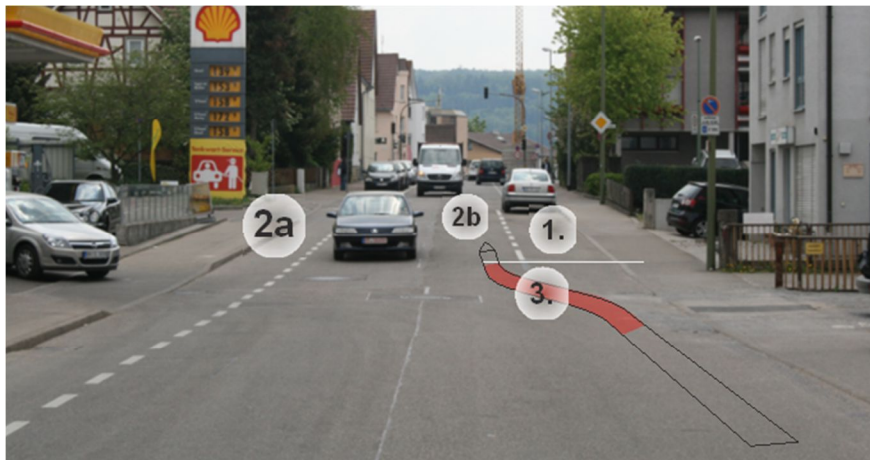


Abb. 41: Alternierender Schutzstreifen Leonberger Straße (Leonberg)

Ähnlich wie in Leonberg ist das Verhalten (Fahrposition/Abstände) der Radfahrer in Friedrichshafen je nach Streckenabschnitt (mit/ohne Schutzstreifen) differenziert. Die Anzahl der Radfahrer, die auf der Fahrbahn fahren unterscheidet sich je nach der Fahrbahnseite des Schutzstreifens. Trotz fehlender Parkbuchten und dem Verzicht auf Versätze in der Fahrlinie funktioniert die Idee des „virtuellen Schutzstreifens“ (vgl. Kapitel 2.3.3.2) hier nicht. Die Ursache hierfür kann in der Längsneigung und Kurvigkeit der Strecke liegen, die ständig neue Orientierungspunkte für den Kfz-Lenker erfordern.

Das Verhalten der Verkehrsteilnehmer auf allen Streckenabschnitten der Mühlestraße (Lörrach) ist nahezu gleich, unabhängig vom Schutzstreifen. Dieses Verhalten wurde in Lörrach mit dem Begriff des **virtuellen Schutzstreifens** (6) umschrieben. Die Verkehrsteilnehmer behalten ihre Fahrlinien bei. 73 % aller Radfahrer befahren die Fahrbahn entsprechend der Radverkehrsführung. Allerdings ist die Beeinflussung der Radfahrer gering sowie die Attraktivität der Fahrbahn hoch, da die DTV auf der Mühlestraße die niedrigste im Rahmen der Untersuchung ist.

In Lörrach sind die Parkstreifen baulich im Seitenraum angelegt (4), hierdurch existiert eine gerade Linienführung ohne Versatz. Die Schutzstreifen wurden streckenweise auf der freien Seite (5a) oder entlang des Parkstreifens markiert (5b). Dies ermöglicht geometrisch das einheitliche Fahrverhalten.

Ein ähnliches Verhalten auf Basis der durchschnittlichen Werte (Fahrlinien) wurde auf der Bismarckstraße (Heilbronn) beobachtet. Hier liegt eine gerade Linienführung vor. Die Akzeptanz ist deutlich geringer. 41 % aller Radfahrer fahren entgegen der Vorschrift auf dem Gehweg. Die DTV der Strecke ist deutlich höher als in Lörrach.

Bei der Einzelbetrachtung der Fahrlinien, zeigt sich, dass rund die Hälfte aller Radfahrer nach Ende des Schutzstreifens weiter an den Fahrbahnrand heranrücken und die andere Hälfte mit größerem Abstand fahren. Die Wirkung eines „virtuellen Schutzstreifens“ hätte ein gleichmäßigeres Verhalten erwarten lassen. Es kann in Heilbronn beobachtet werden, dass sich im Wechselbereich der Schutzstreifen der Kfz-Verkehr an der gefrästen Leitlinie orientiert und daher die Fahrposition verändert. Der Effekt eines virtuellen Schutzstreifens wird aufgehoben.



Abb. 42: Alternierende Schutzstreifen Mühlestraße (Lörrach, linkes Bild);
Klutterner Straße (Friedrichshafen, rechtes Bild)

Resümee: Der Effekt von virtuellen Schutzstreifen kann nicht pauschalisiert für alternierende Schutzstreifen formuliert werden. Die Straßencharakteristik ist eine entscheidende Einflussgröße. Bei alternierenden Schutzstreifen sind Abschnitte ungesichert und weisen ein Gefahrenpotential auf. Akzeptanz und Verständlichkeit sind bei alternierenden Schutzstreifen geringer als bei beidseitigen Schutzstreifen.

Nach Markierung der Schutzstreifen auf der Bismarckstraße/Jägerhausstraße (Heilbronn) gab es vereinzelte Meldungen von Radfahrern, die von Problemen mit der Nutzung der alternierenden Schutzstreifen berichteten. Dies betraf das Verhalten am Ende der Schutzstreifen. Es war unklar, ob die Straßenseite gewechselt werden müsste. Da in diesen Fällen eine akute Gefährdung der Radfahrer vorliegt, wurde kurzfristig mittels Pressemitteilungen über die Funktion der Schutzstreifen informiert. Auf der Strecke wurden zusätzliche Piktogramme mit Richtungspfeilen aufgebracht. Seitdem sind keine Probleme mehr gemeldet worden.

Resümee: Es liegen Hinweise vor, dass alternierende Schutzstreifen in ihrer Funktion nicht selbsterklärend sind. Daraus resultierendes falsches Verhalten der Radfahrer kann zu einer Gefährdung führen.

5.8 Verkehrsbeobachtung: Zusammenfassung der Ergebnisse

Ziel der Verkehrsuntersuchung von einseitigen und alternierenden Schutzstreifen sowie von beidseitigen Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn auf Strecken zwischen 6,00 und 7,00 m Breite war es, die Sicherheit dieser Sicherungsinstrumente bezüglich des erreichten Ist-Zustandes sowie einer Veränderung zum Vorher-Fall zu bewerten. Auf dieser Basis sollen erste Empfehlungen zur Sicherung des Radverkehrs auf schmalen Fahrbahnen mittels Schutzstreifen abgeleitet. Diese sollen die Regeleinsatzbereiche nach ERA 2010 ergänzen.

Ergebnisse:

Der Schutzstreifen als Radverkehrsführung auf schmalen Fahrbahnen wird akzeptiert. Es fahren vermehrt Radfahrer entsprechend der StVO-Anordnung als im Vorher-Fall, die ordnungswidrige Nutzung der Gehwege wird reduziert. Gefährliche Situationen und Konflikte, die bei der Radverkehrsführung im Seitenraum auftreten, werden vermieden. Während auf Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen gute Ergebnisse erzielt werden, sind auf Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen deutliche Verbesserungen nur in Einzelfällen zu beobachten, wie z.B. auf Steigungsstrecken. Die Unsicherheiten im Umgang mit alternierenden Lösungen bzw. das Fehlen des Schutzstreifens auf einer Seite mindert die Attraktivität, was sich in den vergleichend zu beidseitigen Schutzstreifenschlechteren Ergebnissen widerspiegelt.

Schutzstreifen werden vom Kfz-Verkehr wahrgenommen unabhängig von ihrer Anordnung. Kernfahrbahnen unter 4,50 m Breite haben zu keinerlei erkennbaren Einschränkungen oder negativen Veränderungen im Verkehrsablauf auf Strecken bis 10.000 Kfz/d geführt. Das Geschwindigkeitsniveau des Kfz-Verkehrs sinkt auf allen Strecken nach Markierung der Schutzstreifen aufgrund der optischen Einengung der Fahrbahn. Je schmaler die Kernfahrbahn desto deutlicher wird der Effekt. Die besten Ergebnisse erzielen hierbei Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen. Die Kernfahrbahnen sind hier am schmalsten.

Die Überholabstände liegen vermehrt im bedingt sicheren oder sicheren Bereich, verbessern sich im Vergleich zum Vorher-Fall geringfügig. Aufgrund geringer Fallzahlen sind hieraus keine sicherheitsrelevanten Ergebnisse abzuleiten. Die Veränderungen im Bereich der Abstände der Radfahrer zum Fahrbahnrand sind ebenfalls marginal. Leichte Verbesserungen können bei beidseitigen Schutzstreifen beobachtet werden, während bei einseitigen und alternierenden Lösungen das Ergebnis differiert oder negative Entwicklungen gemessen wurden. Verbesserungen auf einer Fahrbahnseite stehen teilweise schlechteren Ergebnissen auf der anderen Seite gegenüber. Die Ausprägungen sind von der Streckengeometrie abhängig. Die positivsten Effekte hinsichtlich einer Verhaltensänderung (Abstände zum Fahrbahnrand) sind bei Schutzstreifen ab 1,40 m zu beobachten.

Fazit

Der Einsatz von Schutzstreifen auf Strecken unter 7,00 m Breite und damit außerhalb der standardisierten Einsatzbereiche der aktuellen Regelwerke zeigt eine nachweislich positive Wirkung auf die Sicherheit des Radverkehrs. Das Verkehrsverhalten wird positiv beeinflusst (s.o.). Kein Streckenabschnitt kann nach Markierung der Schutzstreifen kritischer eingestuft werden als im Vorher-Fall.

Die Untersuchung zeigt die Bedeutung einer kontinuierlichen und eindeutigen Radverkehrsführung auf der Fahrbahn hinsichtlich einer Verbesserung der Verkehrssicherheit. Schutzstreifen bieten ein großes Potential dieses Ziel zu erreichen.

Positive Effekte, wie ein geringeres Geschwindigkeitsniveau und eine Verringerung der Anzahl von Radfahrern im Seitenraum und damit eine Erhöhung der Verkehrssicherheit, sind auf Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen feststellbar. Die positiven Effekte sind auf Strecken mit **beidseitigen Schutzstreifen** deutlicher ausgeprägt, da die Verbesserungen unabhängig von der Straßenseite aufgetreten und alle Untersuchungskriterien umfassen.

Alternierende Schutzstreifen (mind. zwei Seitenwechsel im Streckenverlauf) sind keine gleichwertige Alternative zu beidseitigen Schutzstreifen. Die geometrischen Randbedingungen der Strecke sind für deren Wirksamkeit entscheidend. Diese streckenbezogenen Wirkmechanismen erschweren die Formulierung von allgemeinen Planungsempfehlungen und können daher zu nicht selbst-erklärenden Lösungen führen. Bedenklich zu sehen sind die Unsicherheiten der Radfahrer im Umgang mit der Anordnung der Schutzstreifen im Wechselbereich.

Einseitige Schutzstreifen und alternierende Schutzstreifen mit einem Seitenwechsel im Streckenverlauf sind kritisch zu sehen. Verbesserungen liegen hier oftmals nur einseitig vor, während sich die Situation auf der gegenüberliegenden Seite in einigen Fällen verschlechtert und sich die Effekte streckenbezogen damit neutralisieren. Ausnahmen bilden z.B. Steigungsstrecken, diese sind nach ERA bereits Standardanwendungsfälle.

Grundsätzlich haben Schutzstreifen mit 1,40 m oder mehr besser abgeschnitten als Schutzstreifen mit Mindestmaß (1,25 m). Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass eine Reduzierung der Kernfahrbahn zugunsten der Schutzstreifen auf Fahrbahnen bis 7,50 m, die bessere Lösung im Vergleich zu Schutzstreifen mit Mindestmaß (1,25 m) bei einer Kernfahrbahn mit Regelmaß (4,50 m) ist. Ein bewussteres Überholen wird durch eine Einengung der Kernfahrbahn gefördert.

Der Sicherheitstrennstreifen zwischen Schutzstreifen und Parkstreifen ist in allen Anwendungsfällen zu markieren. Die Auswirkung des Sicherheitstrennstreifen ist vertiefend zu prüfen, die Ergebnisse im Rahmen dieses Gutachtens sind nicht zufriedenstellend. Der Sicherheitstrennstreifen hat geometrisch gesehen einen größeren Einfluss auf den Abstand zum ruhenden Verkehr als der Schutzstreifen selber. In diesen Fällen ist ein Schutzstreifen mit 1,25 m vertretbar sofern der daraus erzielte Flächengewinn in den Sicherheitstrennstreifen einfließt. Der Abstand vom ruhenden Verkehr ist höher zu gewichten als der Abstand zum Bordstein, sofern die Beschaffenheit des Fahrbahnrandes dies zulässt. Bei nach Richtlinien fehlenden Flächen für einen Sicherheitstrennstreifen kann hier die Reduzierung der Kernfahrbahn mit beidseitigen Schutzstreifen eine gute Lösung darstellen.

	Beidseitige Schutzstreifen	Alternierende Schutzstreifen	Einseitige & Unechte alternierende Schutzstreifen
Verkehrsmengen	<i>Keine Aussage</i>		
Kfz-Geschwindigkeit	++	+	+
Konflikte/Verhalten	++	+ (-)	+
Fahrverhalten	+	o (-)	o
Abstände Überholung	o	o	o
Abstände Seitenrand	o	o	o

(-) Mögliche Abwertung aufgrund berichtetem, jedoch nicht selber beobachtetem Fahrverhalten

Tab. 4: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten Sicherungsmöglichkeiten

6. Abschließende Planungsempfehlungen

6.1 Allgemeine Grundlagen

Die Sicherung des Radverkehrs ist auf allen Verkehrsstraßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von **50 km/h** notwendig. Das Prinzip des Schutzstreifens ist integraler Bestandteil der StVO und stellt für Fahrbahnbreiten zwischen 7,00 m und 9,50 m auf innerörtlichen Verkehrsstraßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse eine anerkannte Standardlösung zur Sicherung des Radverkehrs dar. Für diese Fahrbahnbreiten sind Lösungsansätze nach den aktuellen Richtlinien und Empfehlungen (ERA 2010 und RAS 06) ausgearbeitet. Da das Element des Schutzstreifens in vielen Kommunen Baden-Württembergs bisher zögerlich als Standardlösung zur Sicherung des Radverkehrs auf Fahrbahnen über 7,00 m Breite eingesetzt wird, ist es empfehlenswert, dass das Sicherungselement Schutzstreifen zunächst im Rahmen der Standardanwendungsfälle zu etablieren. Neben der reinen infrastrukturellen Maßnahme sollte eine intensive kommunikative Begleitung angestrebt werden, um über die Funktion des Schutzstreifens zu informieren und somit positiv auf das Verhaltensmuster der Verkehrsteilnehmer einzuwirken (vgl. Kapitel 6.6).

Hinweis: Für die Standardanwendungsfälle von Schutzstreifen wird die AGFK-BW eine Broschüre erarbeiten lassen, die Hinweise zu den wichtigsten Fragen bezüglich der Randbedingungen, Einsatzbereiche und Planungsdetails zum Einsatz von Markierungslösungen zusammenfasst.

6.1.1 Auswahl des Führungsprinzips

Grundsätzlich sind die Einsatzbereiche und das Abwägungsgebot der ERA 2010 zu berücksichtigen.

Beidseitige Schutzstreifen sind im Regelfall (ebene Streckenabschnitte) einzusetzen. Einseitige Lösungen, dies umfasst alternierenden Schutzstreifen mit nur einem Seitenwechsel, werden daher auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung nicht empfohlen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Eine Ausnahme bilden Anwendungsfälle, die bereits in der ERA 2010 dokumentiert sind, wie einseitige Schutzstreifen an Steigungsstrecken.

Sollten nach Abwägung Gründe gegen beidseitige Schutzstreifen mit schmalen Fahrbahnquerschnitten sprechen, ist zunächst die Prüfung von Alternativen (vgl. Abb. 43 und Kapitel 6.5) zu empfehlen:

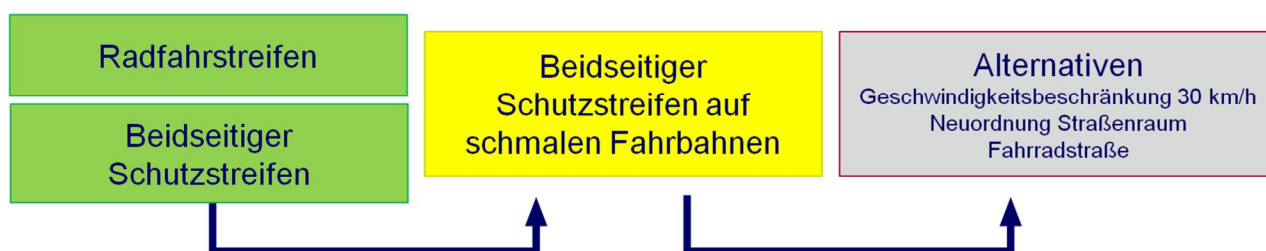


Abb. 43: Empfohlene Auswahl eines Sicherungsprinzips

6.1.2 Schutzstreifen

Das Mindestmaß für Schutzstreifen beträgt nach StVO/ERA 2010 1,25 m. Auf Basis der Ergebnisse des Gutachtens soll eine Dimensionierung mit 1,40 m Breite angestrebt werden.

6.1.3 Sicherheitstrennstreifen

Sicherheitstrennstreifen entlang von Parkstreifen sind immer als separater Raum zu markieren und sollten nicht in den Schutzstreifen integriert werden. Es gilt, je breiter der Sicherheitstrennstreifen, desto größer werden die Abstände des Radfahrers zum ruhenden Verkehr. Daher sind 0,50 m anzustreben, auf schmalen Fahrbahnen sind 0,25 m bis 0,40 m möglich. Eine Reduzierung der Breite des Sicherheitstrennstreifens sollte erst dann erfolgen, wenn durch eine Verschmälerung der Kernfahrbahn und Schutzstreifen auf die Mindestmaße keine Flächenpotentiale mehr erschlossen werden können.

6.1.4 Kernfahrbahn

Kernfahrbahnbreiten bis 4,10 m auf Strecken bis 12.000 Kfz/24h wurden im Rahmen des Gutachtens untersucht und als unbedenklich eingestuft. Für höhere DTV und Kernfahrbahnen unter 4,10 m sind weitere Untersuchungen notwendig. Eine Berücksichtigung des SV-Anteils ist notwendig.

6.1.5 Streckenspezifische Prüfung

Da sich das Gutachten auf wenige Streckenabschnitte bezieht und ein Einfluss der Streckengeometrie auf die Ergebnisse nicht ausgeschlossen ist, sind alle Planungen und Maßnahmen im Rahmen von Einzelfallprüfungen zu justieren. Eine Überprüfung der Radverkehrsführung nach Umsetzung der Maßnahmen ist anzustreben.

6.2 Beidseitige Schutzstreifen

6.2.1 Prüfung auf Realisierbarkeit

Da es sich bei beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnquerschnitten um Sonderfälle handelt, ist eine ausführliche Prüfung auf Realisierbarkeit zwingend notwendig. Neben der Prüfung der nachfolgend vorgestellten allgemeinen Parameter sind insbesondere streckenbezogene Besonderheiten zu berücksichtigen.

6.2.1.1 Anwendungsfälle

Beidseitige Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnquerschnitten kommen bei folgenden Anwendungsfällen in Frage, falls die Standardanwendungen nach ERA nicht realisierbar sind:

- Fahrbahnen mit angrenzendem Parkstreifen:
 - Fahrbahnen unter 7,50 m Breite mit einseitigem Parkstreifen oder
 - Fahrbahnen unter 8,00 m Breite mit beidseitigem Parkstreifen,



- Fahrbahnen unter 7,50 m Breite bei denen die Anwendung der Mindestmaße für Schutzstreifen nicht ausreichen, z.B. wegen
 - hoher Radverkehrsmengen,
 - breiten Rinnen am Fahrbahnrand,
 - Kurven,
 - etc.
- Fahrbahnen unter 7,00 m Breite.

6.2.1.2 Verkehrsmengen und Verkehrszusammensetzung

Im Rahmen des Gutachtens wurden Strecken bis zu einer DTV von 12.000 Kfz/d betrachtet. Im Rahmen dieser Verkehrsstärken konnten keine Abhängigkeiten zwischen den Verkehrsmengen, der Verkehrssicherheit oder des Verkehrsablaufes festgestellt werden. Für Strecken mit DTV von über 12.000 Kfz/d fehlen Aussagen. Bei höheren Verkehrsstärken ist der Einsatz von beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnquerschnitten für Einzelfälle zu überprüfen.

Der Begegnungsfall Pkw-Lkw ist relevant, da hierbei der Schutzstreifen überfahren werden muss. Da auf den Demonstrationstrecken das Verhältnis DTV zu SV-Anteil variiert (vgl. Tab. 1), können zu etwaigen Einsatzgrenzen keine Aussagen formuliert werden. Für jeden Einzelfall ist die Begegnungshäufigkeit Pkw/Lkw bzw. Lkw/Lkw anhand der Verkehrsmengen und Verkehrszusammensetzung abzuschätzen.

Nicht zu vernachlässigen ist die Berücksichtigung der Radverkehrsmengen. Der vorliegende oder erwartete Radverkehrsanteil beeinflusst das Verkehrsverhalten und den Verkehrsablauf. Die Auswahl des Sicherungsprinzips bzw. der Dimensionierung der Schutzstreifen muss unter Berücksichtigung der Radverkehrsmengen erarbeitet werden.

6.2.2 Straßenverkehrsrechtliche Umsetzung

Die Vorgabe der StVO, dass die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer vor der Flüssigkeit des Verkehrs zu berücksichtigen ist, stellt die maßgebende Anforderung an die Verkehrsplanung dar. Die ERA 2010 fordert vom Verkehrsplaner einen streckenspezifischen Abwägungsprozess bei der Auswahl eines geeigneten Sicherungsprinzips als primäre planerische Maßgabe.

Die gesetzlichen Vorgaben der StVO sowie der VwV-StVO formulieren lediglich Randbedingungen für die Dimensionierung von Schutzstreifen und Kernfahrbahn, während die Richtlinien der FGSV diese Vorgaben in konkrete standardisierte Planungsempfehlungen umsetzen.

Nach StVO/VwV-StVO soll eine Mitbenutzung des Schutzstreifens durch den Kfz-Verkehr nur in seltenen Fällen erfolgen. Eine Kernfahrbahnbreite unter 4,50 m wird damit nicht ausgeschlossen, sondern die Begegnungshäufigkeit, bei denen eine Mitbenutzung des Schutzstreifens erforderlich wird (Pkw-Lkw) als Einsatzgrenze formuliert. Es wird an Kernfahrbahnen die Anforderung gestellt, dass diese ein gefahrloses Begegnen zweier Pkw ermöglichen soll.

Während die ERA 2010 eine Regelbreite von 4,50 m empfiehlt, wird in der RASt ein Bewegungsraum von 4,10 m für den Fall reduzierter Fahrgeschwindigkeiten und einer umsichtigen Fahrweise (unabhängig vom Sicherungsprinzip des Schutzstreifens) festgelegt.

Die straßenverkehrsrechtliche Umsetzbarkeit ist bereits im Rahmen der gültigen Rechtslage möglich, wenn die Notwendigkeit der Maßnahme ausführlich begründet wird. Folgende Aspekte bedürfen eines Nachweises der planerischen Berücksichtigung:

- Maßgabe: Sicherheit vor Flüssigkeit des Verkehrs (StVO),
- Maßgabe: Alle Verkehrsteilnehmer sind zu sichern (StVO),
- Maßgabe: Seltenes Befahren der Schutzstreifen (vgl. Kapitel 6.2.1.2) und gefahrloses Begegnen zweier Pkw,
- Ergebnisse und Erfahrungen des Gutachtens zum Einsatz und zur Wirkung von einseitigen, alternierenden und beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerorts (AGFK-BW) und
- Nachweis einer ausführlichen Prüfung vor Ort und Ausschluss alternativer Führungsmöglichkeiten.

6.2.3 Umsetzung auf Streckenabschnitten

Es gelten die allgemeinen Anforderungen nach Kapitel 6.1:

- Kernfahrbahn ab 4,10 m Breite möglich,
- Schutzstreifen sollten im Regelfall mit 1,40 m Breite dimensioniert werden und
- Sicherheitstrennstreifen zwingend notwendig
 - separat markiert und
 - 0,50 m, bei beengten Verhältnissen mindestens 0,25 m.

Die nachfolgende Grafik zeigt die empfohlene Aufteilung der Fahrbahn für unterschiedliche Fahrbahnbreiten. Bei erweiterter Flächenverfügbarkeit, ist das Ziel zunächst die Flächen des Sicherheitstrennstreifens und für den Radverkehr mit Regelmanßen zu dimensionieren.

kein Parken				einseitiges Parken						beidseitiges Parken					
6,60	1,25	4,10	1,25	6,85	1,25	4,10	1,25	0,25	Parken	7,10	0,25	1,25	4,10	1,25	0,25
6,70	1,30	4,10	1,30	7,10	1,25	4,10	1,25	0,5		7,60	0,5	1,25	4,10	1,25	0,5
6,80	1,35	4,10	1,35	7,20	1,30	4,10	1,30	0,5		7,70	0,5	1,30	4,10	1,30	0,5
6,90	1,40	4,10	1,40	7,30	1,35	4,10	1,35	0,5		7,80	0,5	1,35	4,10	1,35	0,5
7,00	1,45	4,10	1,45	7,40	1,40	4,10	1,40	0,5		7,90	0,5	1,40	4,10	1,40	0,5
7,50	1,50	4,50	1,50	7,50	1,45	4,10	1,45	0,5		8,00	0,5	1,45	4,10	1,45	0,5

Abb. 44: Anwendungsfälle für beidseitige Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn bis 4,10 m



Das Führungsprinzip ist auf den angrenzenden Streckenabschnitten und Knoten kontinuierlich fortzuführen. Für die Markierung der Schutzstreifen gelten die Empfehlungen der ERA 2010 entsprechend.

6.2.4 Gefahrenstellen an Streckenabschnitten

Für die Gefahrenstellen an Streckenabschnitten, wie

- Einfahrten und Einmündungen,
- Engstellen und
- Bushaltestellen

gelten die Empfehlungen der ERA 2010 entsprechend.

6.2.5 Führung an vorfahrtberechtigten und LSA-geregelten Knoten

Für die Sicherung von Knotenpunkten mittels Schutzstreifen existiert ein umfangreiches Instrumentarium. Da die Demonstrationstrecken nur wenige dieser Sicherungsinstrumente umfassten, konnten im Rahmen des Gutachtens keine ausreichenden Daten hinsichtlich allgemeingültiger Aussagen bewertet werden. Standardanwendungsfälle wie

- vorgezogenen Haltelinien und
- aufgeweitete Aufstellbereiche

sollten nach Möglichkeit analog zu Fahrbahnquerschnitten über 7,00 m angewendet werden, da ihre Sicherheitsvorteile in einer verbesserten Sicht begründet sind und dies unabhängig von Fahrbahnbreiten ist. Schutzstreifen entlang der vorfahrtberechtigten Verkehrsrichtung sind durchgängig zu markieren.

Forschungsbedarf besteht im Bereich der Knotenpunktzufahrten oder an Engstellen, an denen der Schutzstreifen durch die Markierung einer Leitlinie oder aufgrund einer Mitteltrennung ggf. überfahren werden muss. Dies entspricht nicht der Anforderung der VwV-StVO, dass Schutzstreifen nur selten überfahren werden dürfen. Hier muss die Fragestellung lauten, ob dies auf der freien Strecke oder auch an Knoten (andere Gefahrenlage) Gültigkeit besitzt.

6.3 Alternierende Schutzstreifen

Alternierende Schutzstreifen sind kein gleichwertiger Ersatz für beidseitige Schutzstreifen. Ihre Anwendung ist auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung nicht zu empfehlen, da keine durchgängige Sicherung geschaffen wird. Das Führungsprinzip dieser Lösung ist schwer vermittelbar und entspricht nicht der Forderung nach einer selbsterklärenden Straße.

Im Rahmen der Verkehrsuntersuchung konnten folgende gestalterische Schwierigkeiten ermittelt werden, die zu beachten sind (und bei bestehenden Lösungen nachzubessern sind):

- Versätze in den Fahrlinien sind zu vermeiden,
- der Schutzstreifen sollte auf der Seite mit erhöhtem Gefahrenpotential markiert werden:
 - Einmündungen und
 - Parkstreifen,
- Ein irrtümlicher Fahrseitenwechsel im Wechselbereich des Schutzstreifen ist durch eindeutige Piktogramme und Richtungspfeilen in den Wechselbereichen zu verdeutlichen,
- Seitenwechsel, dort wo Schutzstreifen im Regelfall unterbrochen werden:
 - Kreuzungen
 - Fußgängerüberwege,
 - Bushaltestellen.

6.4 Einseitige Schutzstreifen

Einseitige Schutzstreifen sind keine Alternative zu Sicherung des Radverkehrs mit Ausnahme der bereits in der ERA 2010 aufgeführten Sonderfälle, wie z.B. Steigungsstrecken.

6.5 Alternative Führungsmöglichkeiten

Als alternative Sicherungsmaßnahmen kommen folgende anerkannte Möglichkeiten in Frage:

- Tempo 30: Eine Geschwindigkeitsreduktion erhöht die Sicherheit maßgeblich. Eine zusätzliche Sicherung mittels Schutzstreifen ist nicht notwendig.
- Fahrradstraßen: Auf besonders wichtigen Radverkehrsrouten können Fahrradstraßen eingerichtet werden. Es gelten die Anforderungen der StVO, VwV-StVO sowie der ERA 2010.
- Eine bauliche Umverteilung der Flächen zugunsten des Radverkehrs ist vielfach ein geeignetes Instrument. Aufgrund fehlender Flächenreserven und hoher Kosten ist diese Lösung vielfach nicht realisierbar. Flächenumverteilungen sollten nicht auf Kosten von Fußverkehrsflächen erfolgen.

6.6 Begleitende Kommunikation

Die Infrastruktur bildet eine wichtige Säule zur Sicherung des Radverkehrs. Die Kommunikation als weitere zentrale Säule als Basis für Verständnis, Klärung und Veränderung wird oftmals unterschätzt. Die Kommunikation bildet einen zentralen Schlüsselfaktor in allen zukünftigen Handlungsansätzen zur vermehrten Fahrradnutzung und als Werkzeug zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Ein durchgreifender Einstellungs- und Verhaltenswandel kann über eine positive, aufklärende und motivierende Kommunikation erreicht werden.

Die Aufgabe der kommunikativen Begleitung bezieht sich auf die Gruppen

- Verwaltung,
- Politik und
- die Verkehrsteilnehmer

und ist spezifisch auszurichten.

Eine Informationskampagne im Hinblick auf die Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn (Mischverkehr bei Tempo 30 km/h, Schutzstreifen, Radfahrstreifen) ist grundsätzlich ratsam und insbesondere bei Aufhebung von benutzungspflichtigen Radwegen im Seitenraum maßgeblich für den Erfolg von Sicherungsmaßnahmen mitverantwortlich.

7. Weiterer Forschungsbedarf

Dieses Gutachten kann einen Einstieg in das vielfältige Thema der Sicherung des Radverkehrs auf schmalen Verkehrsstraßen (50 km/h) liefern. Die geringen Fallzahlen im Rahmen der Verkehrsuntersuchungen erschweren grundlegende Aussagen bezüglich der Verkehrssicherheit und der Anwendbarkeit von Schutzstreifen mit schmalen Kernfahrbahnen. Eine Vertiefung des Gutachtens ist unter Berücksichtigung erster Tendenzen und Teilergebnissen durch weitere Forschungsarbeiten zu empfehlen. Ein Vergleich der Verkehrssicherheit zwischen schmalen Fahrbahnen und den Regeleinsatzbereichen von Schutzstreifen ist für eine Einordnung in den Gesamtkontext aller Sicherungsprinzipien ebenfalls notwendig.

Es empfiehlt sich eine ausführliche Unfallanalyse für den dreijährigen Zeitraum nach Markierung der Modellstrecken durchzuführen.

Es fehlen bisher Aussagen zu beidseitigen Schutzstreifen auf Fahrbahnen von $\leq 6,50$ m Breite und zu Kernfahrbahnen unter 4,10 m Breite. Im Kontext des Gutachtens sind solche Anwendungsfälle ergänzend zu überprüfen.

Die Verkehrszusammensetzung bedarf einer vertiefenden Analyse. Die betrifft zum einen den SV-Anteil, da dieser die Häufigkeit der Mitbenutzung des Schutzstreifens bestimmt. Zum anderen beeinflusst der Radverkehrsanteil das Verkehrsverhalten und die Möglichkeiten zur Führung des Radverkehrs.

Aus den nachfolgenden Gründen ist bei höheren Verkehrsstärken der Einsatz von beidseitigen Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn zunächst zu hinterfragen:

- Da eine Begegnung von Pkw auf Kernfahrbahnen unter 4,10 m nicht mehr möglich ist ohne die Schutzstreifen zu befahren, müssen folgende Fragestellung geprüft werden:
 - Verliert der Schutzstreifen seine positive Wirkung hinsichtlich der Verkehrssicherheit, wenn der markierte Schutzstreifen vermehrt überfahren wird (Akzeptanz der Schutzstreifen)?
 - Kann es bei höheren Verkehrsmengen zu Einbußen bei der Qualität des Verkehrsablaufes kommen, die Strecke an Leistungsfähigkeit verlieren?
- Bei Kernfahrbahnen von 4,50 m bis 4,10 m sind bei hohen Verkehrsbelastungen vermehrte Überholmanöver bei gleichzeitigem Gegenverkehr zu erwarten. Diese sind als besonders kritisch einzustufen. Hier ist insbesondere der Begegnungsfall Pkw-Lkw relevant.

Für Knotenpunkte sind punktuelle Verkehrsbeobachtungen zu empfehlen, um die Anwendungsfälle der ERA für den Einsatz von beidseitigen Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn zu überprüfen. In diesem Zusammenhang bieten sich Verkehrsuntersuchungen an Engstellen durch Fahrbahnteiler an. In beiden Fällen ist bei der Anordnung von Schutzstreifen das Befahren der Schutzstreifen aufgrund der Fahrspurbegrenzung durch den Kfz-Verkehr zwingend notwendig. Die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit sind zu bewerten. Erste Beobachtungen hierzu deuten an, dass dieses erzwungene Befahren von Schutzstreifen einen Sicherheitsgewinn bedeuten kann, da



dem Kfz-Verkehr das „Eindringen“ in den Schutzraum des Radverkehrs visualisiert wird (Anwendungsfall: Schmale Kernfahrbahn auf Richtungsfahrbahnen).

Eine langfristige Überprüfung der Radverkehrsmengen kann Erkenntnisse über die nachhaltige Förderwirkung des Radverkehrs mittels Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerörtlicher Hauptverkehrsstraßen liefern.

8. Anhang

8.1 Basisdaten zur Definition der Untersuchungskriterien

8.1.1 Kfz-Verkehrsmengen

Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Verkehrssicherheit und der Kfz-Verkehrsmenge als selbstständiges Sicherheitskriterium^{[1][16]}. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Kfz-Verkehrsmenge die Überholabstände für den Begegnungsfall Rad-Pkw-Pkw beeinflusst. Daher muss die Kfz-Verkehrsmenge als Rahmenbedingung in eine Sicherheitsbewertung über alle Parametereinfließen. Es wird die Kfz-Verkehrsmenge und in diesem Zusammenhang der SV-Anteil für die Bewertung der Leistungsfähigkeit der Straßenquerschnitte herangezogen.

8.1.2 Radverkehrsmenge

Es liegen Studien vor, die einen Zusammenhang zwischen Radverkehrsanteil und Unfallrisiko herstellen. Dies bezieht sich jedoch auf eine globale Betrachtung und ist für einzelne Strecken nicht anwendbar^{[18][20]}.

Die Radverkehrsmenge kann ein Indikator für die Förderung des Radverkehrs sein. Grundvoraussetzung für eine positive Förderwirkung ist die Schaffung einer entsprechenden Radverkehrsinfrastruktur. Hierzu können auch Schutzstreifen zählen.

8.1.3 Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs

Die Geschwindigkeit stellt als eigenständiger Parameter eine maßgebliche Größe im Bezug auf die allgemeine Verkehrssicherheit dar. Am Beispiel der Tötungswahrscheinlichkeit von Fußgängern in Abhängigkeit der Aufprallgeschwindigkeit wird deutlich, dass bereits eine geringe Reduzierung der Geschwindigkeit im Bereich zwischen 40 und 50 km/h die Verkehrssicherheit deutlich erhöht (vgl. Abb. 45). Neben den Radfahrern profitieren davon Fußgänger. Daher ist die Geschwindigkeit ein besonders starker Einflussfaktor auf die allgemeine Verkehrssicherheit^{[21][23]}.

Vorausgegangene Studien haben gezeigt, dass Schutzstreifen das Geschwindigkeitsniveau auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen senken können. In diesem Zusammenhang ist die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit des unbeeinflussten Kfz-Verkehrs im Vorher-/Nachher-Vergleich von Bedeutung und Gegenstand der Arbeiten.

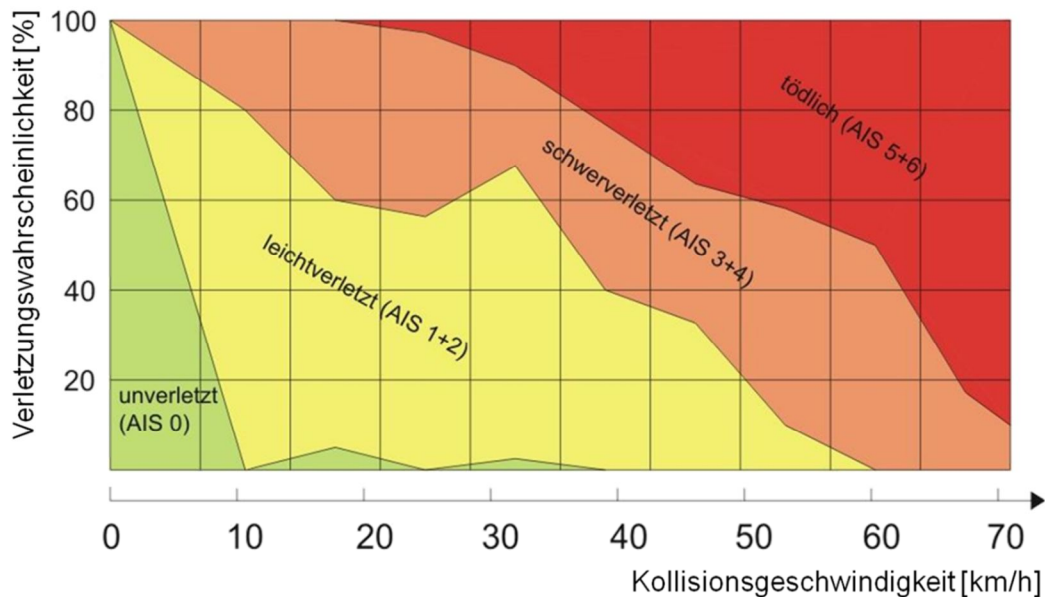


Abb. 45: Verletzungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Aufprallgeschwindigkeit^[16]

8.1.4 Abstandsverhalten bei Überholung

8.1.4.1 Zusammenfassung und Bewertung von potentiellen Grenzwerten

Grenzwerte aus Forschungsprojekten

Die BaSt^[1] nutzt im Rahmen ihrer Untersuchungen drei unterschiedliche Grenzwerte zur Bewertung der **seitlichen Überholabstände**. Gebildet werden die Grenzwerte anhand von bekannten Daten aus der Verkehrskonflikttechnik, eigenen Untersuchungen zum Schwankungsverhalten von Radfahrern und in Anlehnung an Empfehlungen anderer Autoren und Experten.

- Als durchschnittliche Schwankungsbreite eines Radfahrers wurde im Zuge von Verkehrsuntersuchungen 0,50 m ermittelt. Dies wurde als unterster Grenzwert (Mindestabstand) festgelegt für Kfz-Geschwindigkeiten bis 50 km/h. Für höhere Geschwindigkeiten wird dieser Mindestabstand mit einem Zuschlag versehen, den die Autoren der BaSt-Studie nicht näher begründen.
- Als sicher werden von der BaSt unter Berücksichtigung gültiger Empfehlungen Abstände von 0,60m bei 30 km/h angesehen. Bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h werden 0,80 m angesetzt, was der maximal gemessenen Schwankungsbreite im Verkehrsversuch entspricht. Entsprechend der linearen Steigerung zwischen diesen Grenzwerten werden die erforderlichen Abstände für höhere Geschwindigkeiten berechnet.
- Bei einer erneuten Sicherheitsbeurteilung setzt die BaSt für innerörtliche Strecken bis 50 km/h einen pauschalen Sicherheitsabstand von 1,00 m an, was der damaligen Rechtsprechung (2000) entspricht.

Bei Über- oder Unterschreiten der verschiedenen Werte, werden die Überholmanöver in sichere, unsichere, potentiell unsichere oder kritische Situationen eingestuft. Liegen mehr als 10% aller

Überholmanöver im unsicheren oder mehr als 50% im potentiell unsicheren Bereich wird die Strecke als unsicher bewertet.

Richtlinien und Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung

Auf Basis der Fahrzeug-/Radfahrerbreiten werden in der ERA 2010 bzw. RAS 06 Mindestmaße (Lichtraumprofile) für Begegnungsfälle festgelegt^{[12][13]}. Diese Maße finden Berücksichtigung in der Dimensionierung von Fahrstreifen. Hieraus wurden entsprechende Grenzwerte abgeleitet.

Gesetzliche Mindestabstände im Ausland

Als einziges europäisches Land, existieren in Frankreich gesetzlich festgeschriebene Überholabstände. Diese liegen innerorts bei 1,00 m und außerorts bei 1,50 m^[9]. Entsprechend der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten nach französischem Recht wurden entsprechende Grenzwerte dargestellt.

Abstände nach deutscher Rechtsprechung

Aktuelle Gerichtsurteile in der Bundesrepublik Deutschland verlangen Überholabstände von mindestens 1,50 m, bei Geschwindigkeiten ab 90 km/h von mindestens 2,00 m^[9]. Diese Grenzwerte basieren auf der Annahme, dass bei diesen Abständen eventuelle Kollisionen oder ein Abkommen von der Fahrbahn bei maximaler Abweichung der Fahrlinie vermieden werden, indem keine Reaktion des beeinflussten Verkehrsteilnehmers mehr notwendig wird.

Grenzwerte ADAC

Der ADAC spricht von einzuhaltenden seitlichen Überholabständen zwischen 1,00 m und 2,00 m je nach gefahrener Geschwindigkeit^[9]. Genauere Abstufungen werden nicht genannt. Da der ADAC sich an den Gerichtsurteilen orientiert wird eine ähnliche Abhängigkeit von der Geschwindigkeit angenommen. Zur Vereinfachung wird diese Abhängigkeit linear dargestellt.

Druckwellen

Druckwellen von vorbei fahrenden Fahrzeugen spielen im Geschwindigkeitsbereich von innerörtlichen Straßen keine Rolle^[24].

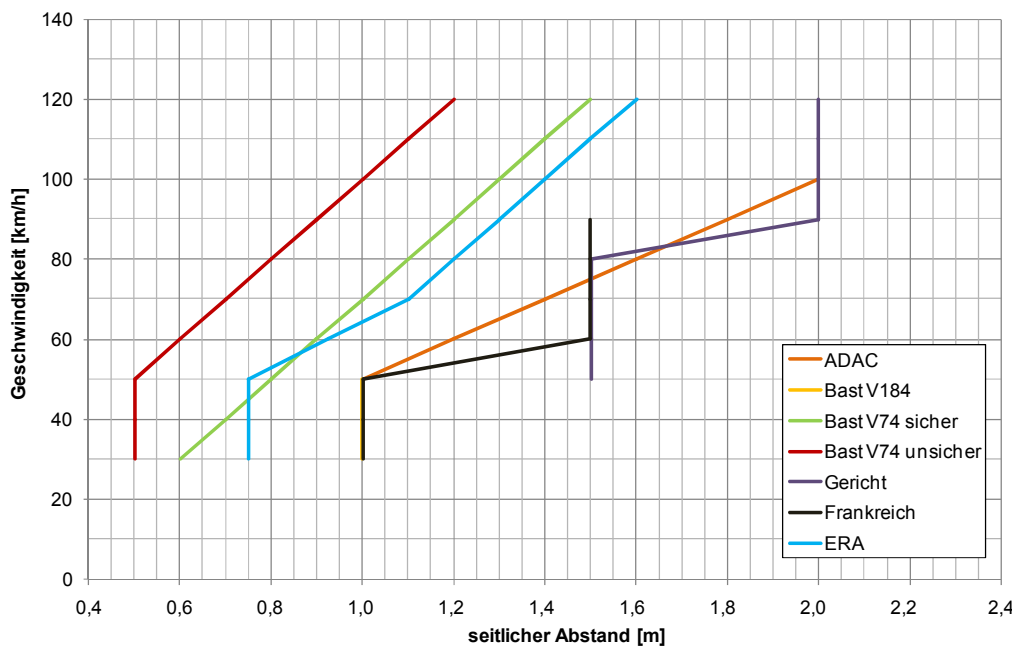


Abb. 46: Gegenüberstellung aller ermittelten Grenzwerte zum Überholabstand

8.1.5 Abstände zum Fahrbahnrand

Bisherige Studien betrachten den Abstand zum Fahrbahnrand unter zwei Aspekten:

Verkehrssicherheit: Die Abstände zum Fahrbahnrand beeinflussen die Gefahr der Verunfallung

- als Reaktion auf die Beeinflussung durch andere Verkehrsteilnehmer,
 - bei Überholvorgängen, insbesondere mit geringen seitlichen Abständen,
 - durch parkende Fahrzeuge, beispielsweise aufgrund unbedacht geöffneter Fahrzeugtüren,
- durch Schwankungen des Radfahrers durch
 - die normale Pendelbewegung,
 - als Reaktion auf Schlaglöcher, Straßeneinläufe, etc.,
 - aufgrund von Seitenwinden.

Dimensionierung der Schutzstreifen: Rückschlüsse auf die erforderliche Schutzstreifenbreite werden rein statistisch über das Schwankungsverhalten der Radfahrer innerhalb des Schutzstreifens gewonnen.

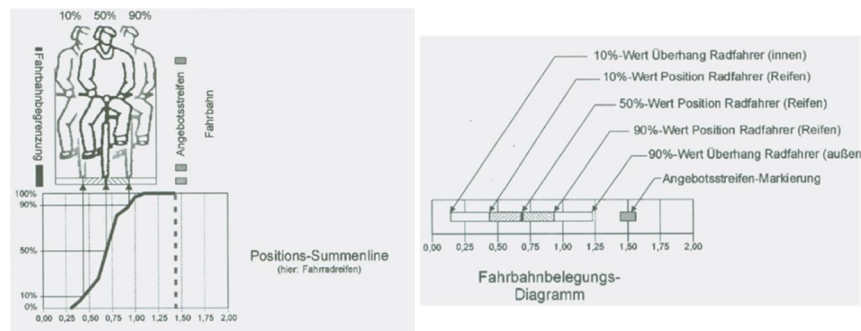


Abb. 47: Ermittlung und Darstellung des mittleren Schwankungsverhaltens von unbeeinflussten Radfahrern nach BAST^[1]

Das Schwankungsverhalten wird über eine punktuelle Messung der Abstände zum Bordstein ermittelt. Ragt die Mehrheit der Radfahrer nicht regelmäßig über die Schutzstreifenmarkierung hinaus, so wird die Dimensionierung als ausreichend angesehen. Auf diese Weise wurde das Mindestmaß von 1,25 m definiert^[1] und schmalere Schutzstreifen als ungeeignet eingestuft (vgl. Abb. 47).

Im Gegensatz zu den Überholabständen wird in den betrachteten Studien^[1] der Abstand der Radfahrer zur Fahrbahnbegrenzung hinsichtlich der Verkehrssicherheit nicht im Rahmen von Grenzwerten definiert, sondern über einfache Vorher-/Nachher-Vergleiche Verbesserungen oder Verschlechterungen der Abstände bewertet. Folgende Angaben zum notwendigen Abstand zum Fahrbahnrand sind in der Literatur bekannt:

- Empfehlungen zum seitlichen Abstand seitens Verkehrsexperten beruhen i.d.R. auf Gerichtsurteilen, die einen erforderlichen Abstand von Radfahrern zu Gehwegen von 0,75 bis 0,8 m als ausreichend ansehen. Dies stellt nicht automatisch den Abstand zum Bordstein dar, da oftmals der Lichtraum auf dem Gehweg selber einbezogen ist. Der Abstand zu parkenden Fahrzeugen soll die Breite einer Autotür betragen, 0,80 bis 1,50 m je nach Fahrzeugtyp.
- Die Rast 06^[13] definiert den benötigten Verkehrsraum eines Radfahrers über einen lichten Raum von 1,00 m, bei beengten Verhältnissen von 0,80 m zuzüglich eines Sicherheitsabstands zum Fahrbahnrand von 0,50 m.
- Der Sicherheitsabstand zu parkenden Fahrzeugen in Längsaufstellung soll 0,75 m betragen. Der notwendige Gesamtabstand beträgt dann 1,15 m.



8.2 Ergebnisse

8.2.1 Verkehrsmengen der Untersuchungsstrecken

Filderstadt, Hohenheimer Straße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung HIN		Fahrtrichtung WEG	
Pkw	4405	92,2%	1973	94%	2432	91%
SV	90	1,9%	42	2%	48	2%
SOF	7	0,1%	4	0%	3	0%
K-Rad	90	1,9%	38	2%	52	2%
Rad	184	3,9%	48	2%	136	5%
Gesamt	4776	100%	2105	100%	2671	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	184
davon falsch	25
	14%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung HIN		Fahrtrichtung WEG	
Pkw	4110	92,3%	1779	96%	2331	90%
SV	71	1,6%	33	2%	38	1%
SOF	37	0,8%	3	0%	34	1%
K-Rad	56	1,3%	21	1%	35	1%
Rad	179	4,0%	26	1%	153	6%
Gesamt	4453	100%	1862	100%	2591	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	179
davon falsch	145
	81%

Heilbronn, Bismarckstraße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Zentrum		Fahrtrichtung Raus	
Pkw	3512	93,6%	1683	91%	1829	88%
SV	63	1,7%	34	2%	29	1%
SOF	3	0,1%	2	0%	1	0%
K-Rad	61	1,6%	25	1%	36	2%
Rad	113	3,0%	108	6%	178	9%
Gesamt	3752	100%	1852	100%	2073	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	113
davon falsch	42
	37%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Zentrum		Fahrtrichtung Raus	
Pkw	3107	96,0%	1478	97%	1629	96%
SV	25	0,8%	18	1%	7	0%
SOF	1	0,0%	1	0%	0	0%
K-Rad	29	0,9%	12	1%	17	1%
Rad	73	2,3%	21	1%	52	3%
Gesamt	3235	100%	1530	100%	1705	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	73
davon falsch	30
	41%

Heilbronn, Wollhausstraße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Rein		Fahrtrichtung City	
Pkw	3442	92,7%	1811	92%	1631	93%
SV	90	2,4%	50	3%	40	2%
SOF	4	0,1%	1	0%	3	0%
K-Rad	56	1,5%	27	1%	29	2%
Rad	122	3,3%	72	4%	50	3%
Gesamt	3714	100%	1961	100%	1753	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	122
davon falsch	32
	26%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Rein		Fahrtrichtung City	
Pkw	3389	92,1%	1819	93%	1570	92%
SV	104	2,8%	48	2%	56	3%
SOF	0	0,0%	0	0%	0	0%
K-Rad	48	1,3%	23	1%	25	1%
Rad	138	3,8%	75	4%	63	4%
Gesamt	3679	100%	1965	100%	1714	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	138
davon falsch	17
	12%

Heidenheim, Zoeppritzstraße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Auswärts		Fahrtrichtung Zentrum	
Pkw	3130	87,3%	1832	88%	1298	86%
SV	127	3,5%	75	4%	52	3%
SOF	5	0,1%	4	0%	1	0%
K-Rad	108	3,0%	64	3%	44	3%
Rad	217	6,0%	106	5%	111	7%
Gesamt	3587	100%	2081	100%	1506	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	217
davon falsch	63
	29%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Auswärts		Fahrtrichtung Zentrum	
Pkw	3281	89,3%	1859	90%	1422	89%
SV	139	3,8%	79	4%	60	4%
SOF	1	0,0%	1	0%	0	0%
K-Rad	72	2,0%	42	2%	30	2%
Rad	180	4,9%	89	4%	91	6%
Gesamt	3673	100%	2070	100%	1603	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	180
davon falsch	28
	16%



Heidelberg, Bürgerstraße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Auswärts		Fahrtrichtung Zentrum	
Pkw	2679	72,9%	1269	72%	1410	73%
SV	61	1,7%	31	2%	30	2%
SOF	5	0,1%	1	0%	4	0%
K-Rad	122	3,3%	50	3%	72	4%
Rad	810	22,0%	402	23%	408	21%
Gesamt	3677	100%	1753	100%	1924	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	810
davon falsch	714
	88%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Auswärts		Fahrtrichtung Zentrum	
Pkw	2582	70,2%	1243	70%	1339	70%
SV	60	1,6%	30	2%	30	2%
SOF	17	0,5%	7	0%	10	1%
K-Rad	131	3,6%	60	3%	71	4%
Rad	889	24,2%	426	24%	463	24%
Gesamt	3679	100%	1766	100%	1913	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	889
davon falsch	353
	40%

Lörrach, Röttler Straße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung HIN		Fahrtrichtung Weg	
Pkw	1989	82,9%	1064	82%	925	83%
SV	19	0,8%	11	1%	8	1%
SOF	40	1,7%	19	1%	21	2%
K-Rad	123	5,1%	68	5%	55	5%
Rad	229	9,5%	128	10%	101	9%
Gesamt	2400	100%	1290	100%	1110	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	229
davon falsch	38
	17%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung HIN		Fahrtrichtung Weg	
Pkw	2048	88,1%	1114	87%	934	89%
SV	55	2,4%	31	2%	24	2%
SOF	0	0,0%	0	0%	0	0%
K-Rad	82	3,5%	51	4%	31	3%
Rad	140	6,0%	82	6%	58	6%
Gesamt	2325	100%	1278	100%	1047	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	140
davon falsch	20
	14%

Offenburg, Kehler Straße

Vorher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Autobahn		Fahrtrichtung Offenburg Zentrum	
Pkw	5339	94%	2869	94%	2470	95%
SV	71	1%	28	1%	43	2%
SOF	4	0%	2	0%	2	0%
K-Rad	98	2%	55	2%	43	2%
Rad	161	3%	114	4%	47	2%
Gesamt	5673	100%	3068	100%	2605	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	161
davon falsch	54
	34%

Nachher

Modalsplit:	Gesamt		Fahrtrichtung Autobahn		Fahrtrichtung Offenburg Zentrum	
Pkw	4988	96%	2547	95%	2441	97%
SV	40	1%	15	1%	25	1%
SOF	12	0%	5	0%	7	0%
K-Rad	52	1%	37	1%	15	1%
Rad	88	2%	72	3%	16	1%
Gesamt	5180	100%	2676	100%	2504	100%

Radverkehr:	
Rad gesamt	88
davon falsch	39
	44%

Hinweis: Während der Nachher-Analyse kam es wiederholt zu Regenfällen

8.2.2 Darstellung der Ergebnisse mittels Boxplot-Diagrammen

Die Menge aller ermittelten Abstände werden in einem Boxplot-Diagramm differenziert angegeben. Die Darstellung ermöglicht die Visualisierung des gesamten Wertebereiches:

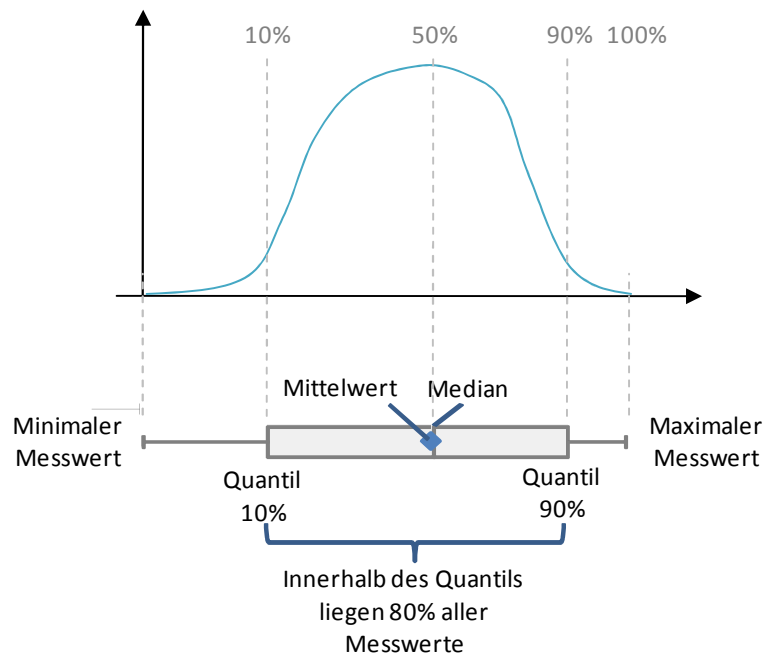


Abb. 48: Darstellung der statistischen Verteilung eines Messwertes anhand eines Boxplot-Diagramms

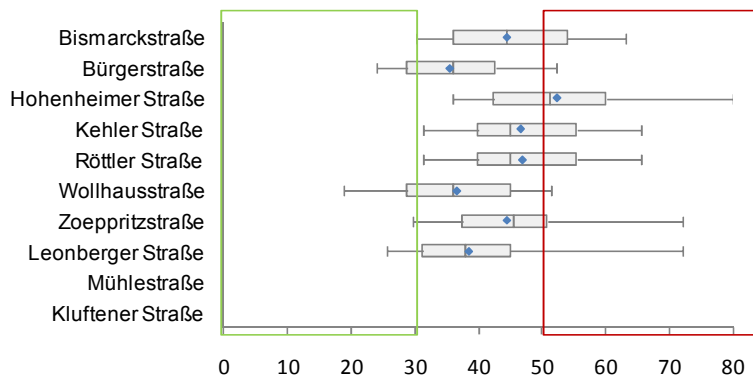
- Der 80%-Bereich wird für die Bewertung der Abstände herangezogen. Da 80% aller Messwerte innerhalb dieses Bereiches liegen, sind diese Werte repräsentativ für die Stichprobe. Der Bereich ist von Extremwerten (Ausreißern) bereinigt.
- Unter Berücksichtigung der Lage des Mittelwertes und des Median innerhalb des 80%-Bereiches kann abgeschätzt werden, in welche Richtung sich die Mehrheit der Einzelmesswerte orientiert.
- Auch die Extremwerte selber werden bei der Bewertung berücksichtigt. Können solche Spitzenwerte vermieden werden, d.h. die gesamte Spannweite aller gemessenen Abstände verringert werden, so beeinflusst dies die Sicherheit. Neben der Vermeidung der besonders kritischen Minimalwerte kann die Verringerung der Spannweite - ein gleichmäßigeres (Fahr-)Verhalten - die Verkehrssicherheit fördern.
- Je größer die Stichprobengröße, desto repräsentativer sind die Aussagen der Messreihe. Ein Vergleich der Stichprobengröße innerhalb verschiedener Messreihen einer Versuchsstrecke lässt eine indirekte Sicherheitsbewertung zu, indem eine Aussage über die Häufigkeit möglicher kritischer Verkehrssituationen formuliert werden kann. Daher wird im Rahmen der Bewertung immer auf die Stichprobengröße eingegangen. Stichprobengrößen unter 10 sind gesondert gekennzeichnet.

8.2.3 Geschwindigkeitsmessung

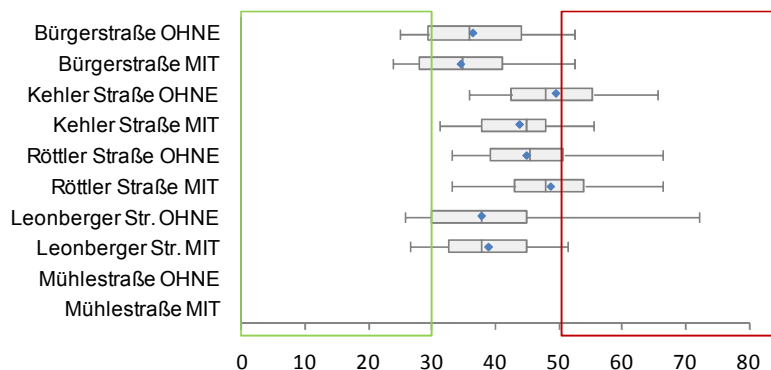
Die farbig markierten Bereiche stellen die Bewertungsbereiche auf Basis von Abb. 45 dar.

8.2.3.1 Nachher-Fall

Nachher-Fall: Alle Strecken



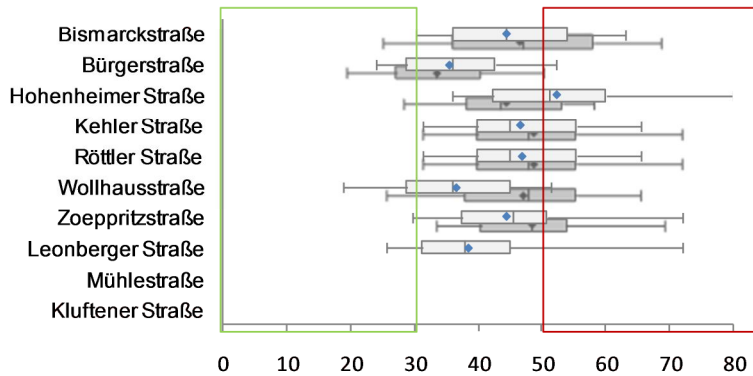
Nachher-Fall: Seitenvergleich der Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen (Fahrbahnseite MIT Schutzstreifen/Fahrbahnseite OHNE Schutzstreifen)



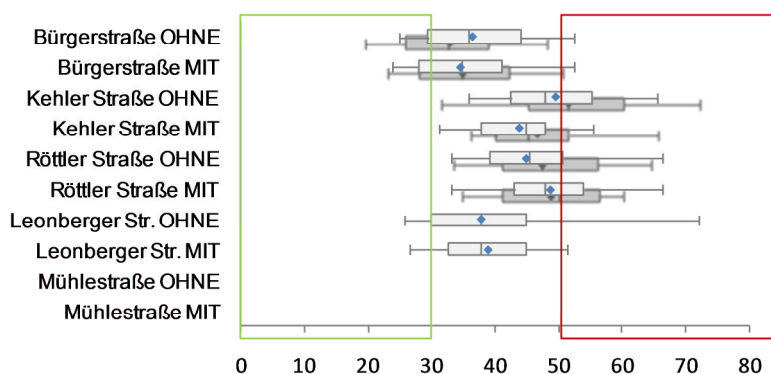
- *Geschwindigkeit in km/h.*
- *Strecken ohne Daten: Aus technischen Gründen bzw. aufgrund des Kamerabereiches konnten keine Daten erhoben werden.*

8.2.3.2 Vorher-Nachher-Vergleiche

Vorher-Nachher-Vergleich: Alle Strecken (dunkelgrau Vorher-Fall)

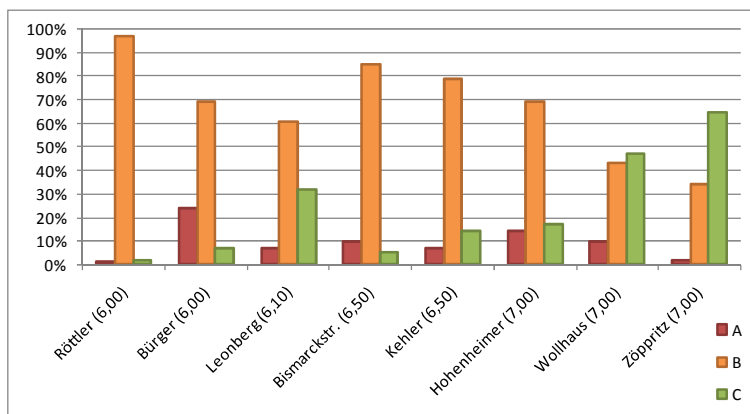
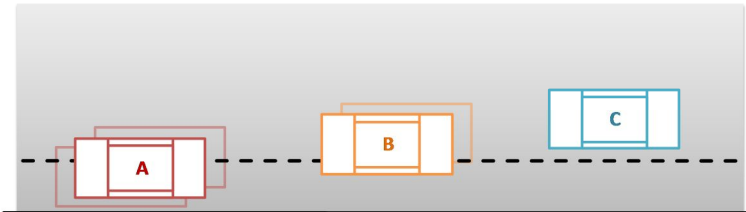


Vorher-Nachher-Fall: Seitenvergleich der Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen (Fahrbahnseite MIT Schutzstreifen/Fahrbahnseite OHNE Schutzstreifen)



- *Geschwindigkeit in km/h.*
- *Strecken ohne Daten: Aus technischen Gründen bzw. aufgrund des Kamerabereiches könnten keine Daten erhoben werden.*
- *HINWEIS zur Hohenheimer Straße (Filderstadt): Der Standort der Kamera variiert zwischen der Vorher- und Nachher-Analyse. Aufgrund der Streckengeometrie kommt es zu abweichenden Ergebnissen der Geschwindigkeitsmessung.*

8.2.4 Fahrlinien

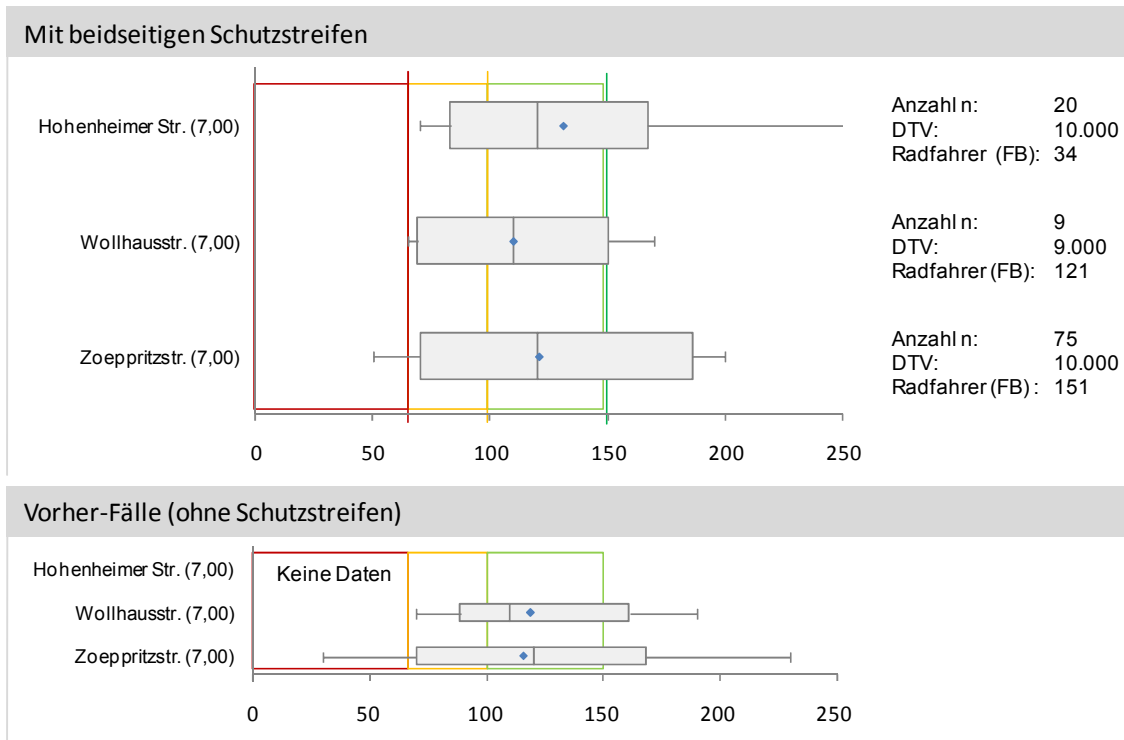


- Fahrzeug A befährt den Schutzstreifen vollständig, der Schutzstreifen wird nicht akzeptiert.
 - Fahrzeug B tangiert die Schutzstreifenmarkierung, der Schutzstreifen wird akzeptiert.
 - Fahrzeug C fährt vollständig auf der Kernfahrbahn, der Schutzstreifen wird akzeptiert.
- (vgl. Kapitel 4.1.5)

8.2.5 Abstände bei Überholvorgängen

Die farbige Einteilung der Diagramme stellt die Bewertungsbereiche (vgl. Kap.4.1.6) dar.

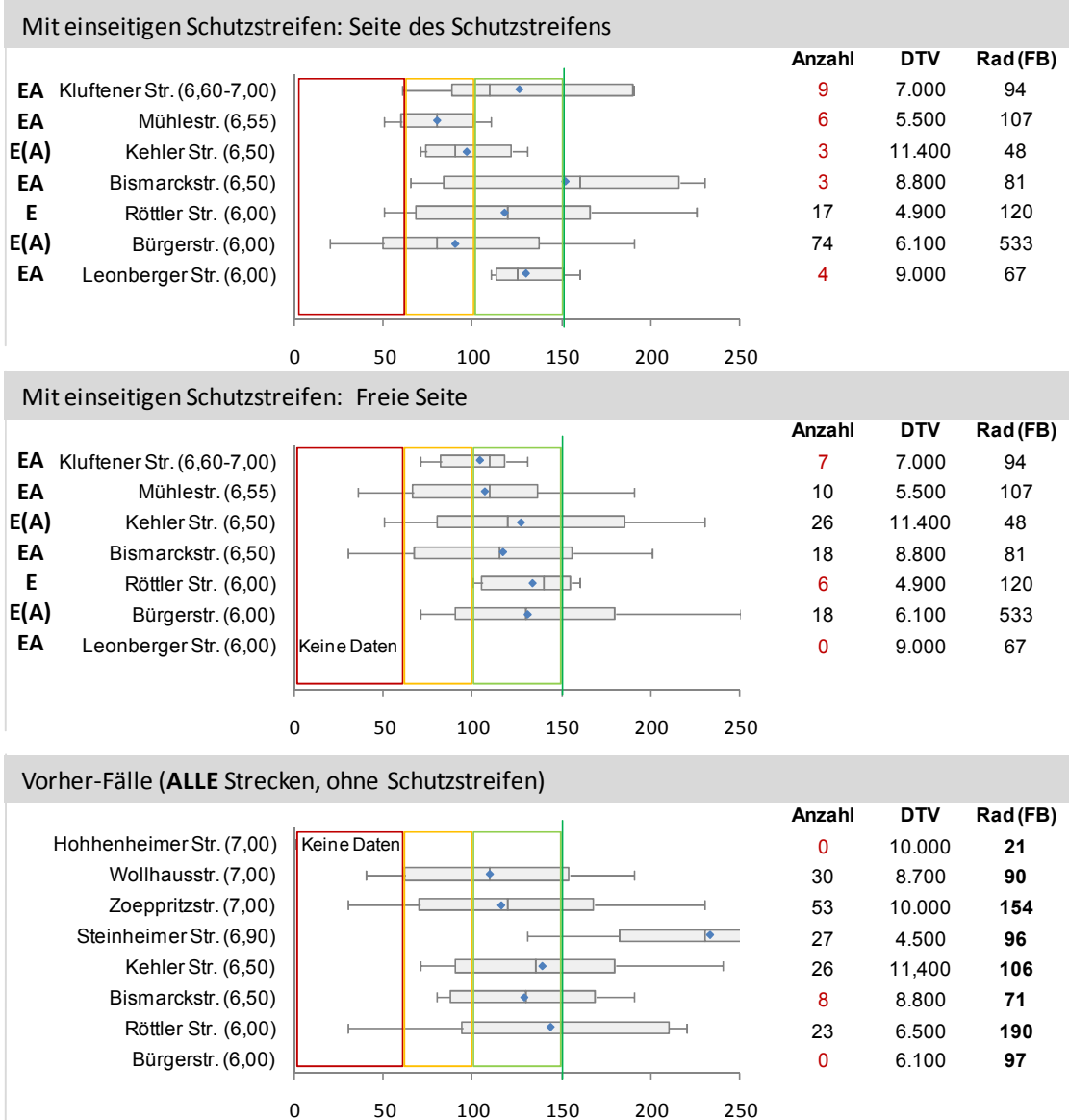
8.2.5.1 Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen (ohne Gegenverkehr)



Einheiten:

- *Fahrbahnbreite in [m]*
- *Abstände in [cm]*
- *DTV in [Kfz/d]*
- *Radfahrer (FB) = Radfahrer auf der Fahrbahn*

8.2.5.2 Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen (ohne Gegenverkehr)

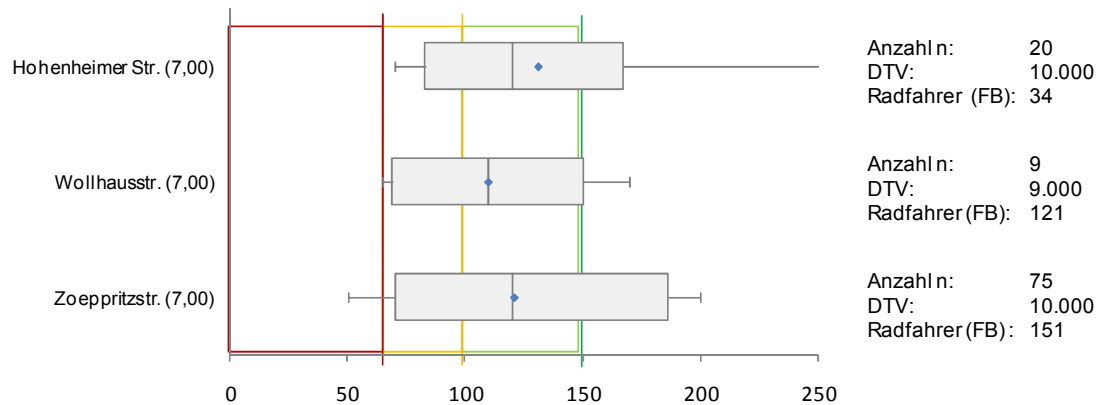


Einheiten und Abkürzungen:

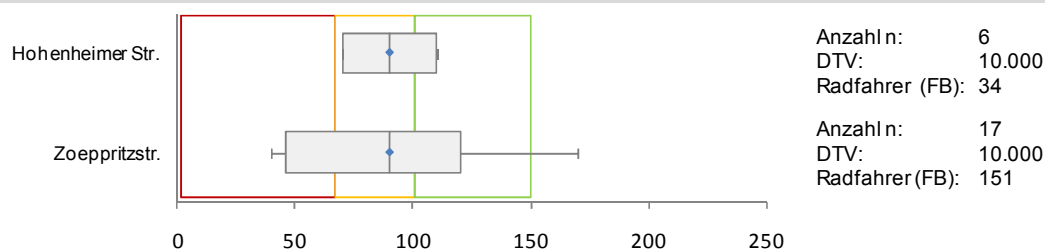
- *Fahrbahnbreite in [m]*
- *Abstände in [cm]*
- *DTV in [Kfz/d]*
- *Radfahrer (FB) =Radfahrer auf der Fahrbahn*
- *EA-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (mehr als ein Seitenwechsel)*
- *E-Einseitige Schutzstreifen (ohne Seitenwechsel)*
- *E(A)-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (ein Seitenwechsel)*

8.2.5.3 Strecken mit Überholvorgängen bei Gegenverkehr

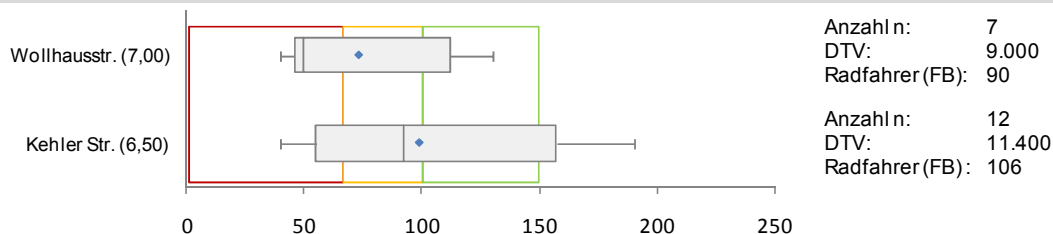
Zum Vergleich: Mit beidseitigen Schutzstreifen, ohne Gegenverkehr



Mit beidseitigen Schutzstreifen, mit Gegenverkehr



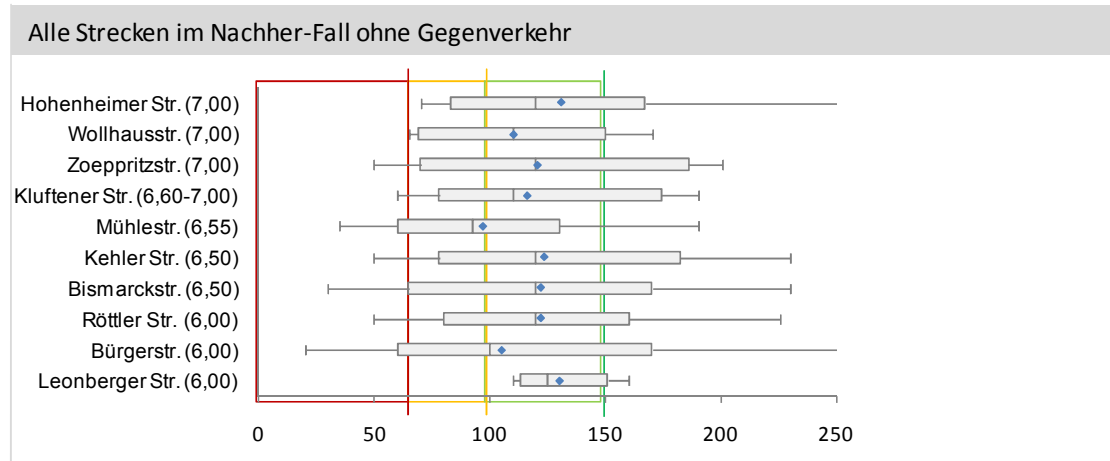
Vorher-Fälle mit Gegenverkehr (ohne Schutzstreifen)



Einheiten und Abkürzungen:

- *Fahrbahnbreite in [m]*
- *Abstände in [cm]*
- *DTV in [Kfz/d]*
- *Radfahrer (FB) = Radfahrer auf der Fahrbahn*
- *EA-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (mehr als ein Seitenwechsel)*
- *E-Einseitige Schutzstreifen (ohne Seitenwechsel)*
- *E(A)-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (ein Seitenwechsel)*

8.2.5.4 Nachher-Fall: Alle Strecken im Vergleich



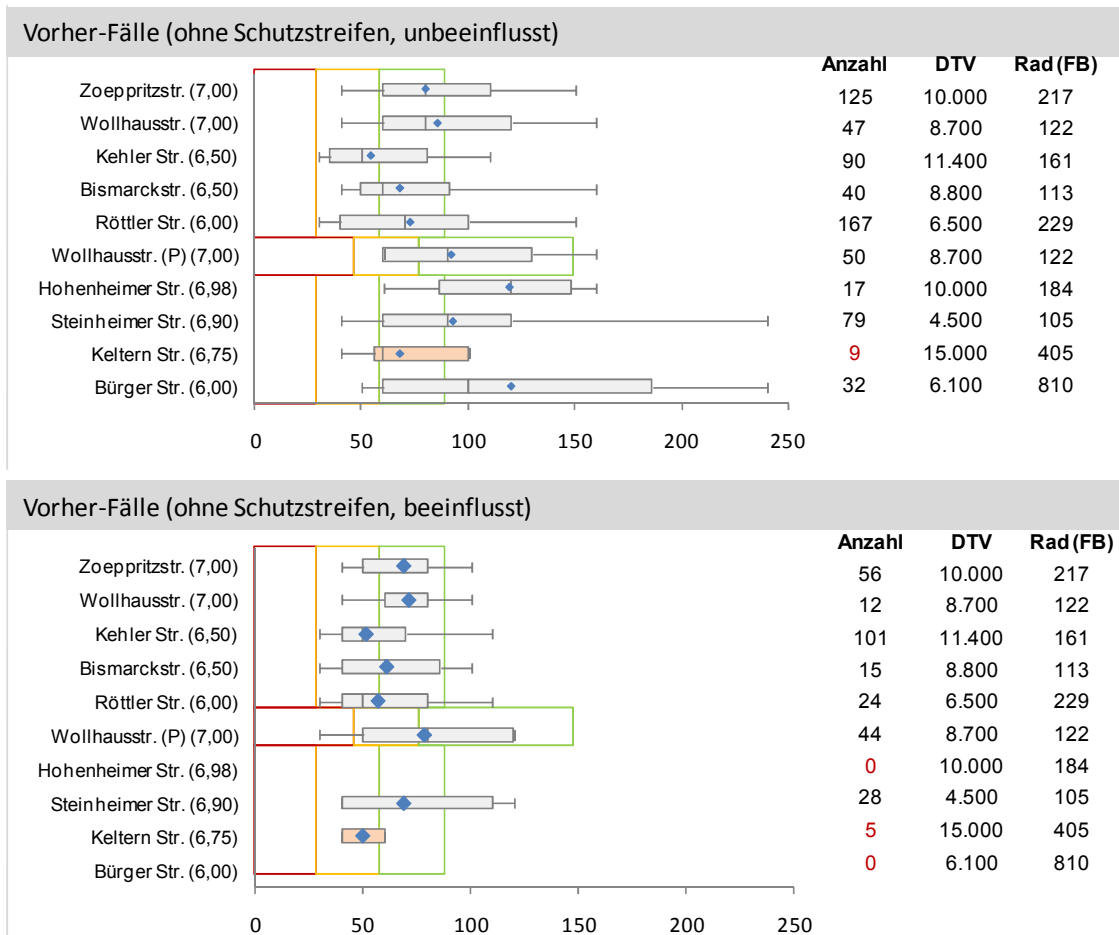
Einheiten:

- *Fahrbahnbreite in [m]*
- *Abstände in [cm]*

8.2.6 Abstände zum Seitenrand

Die farbige Einteilung der Diagramme stellt die Bewertungsbereiche (vgl. Kap.4.1.7) dar.

8.2.6.1 Vorher-Fall: Alle Strecken im Vergleich

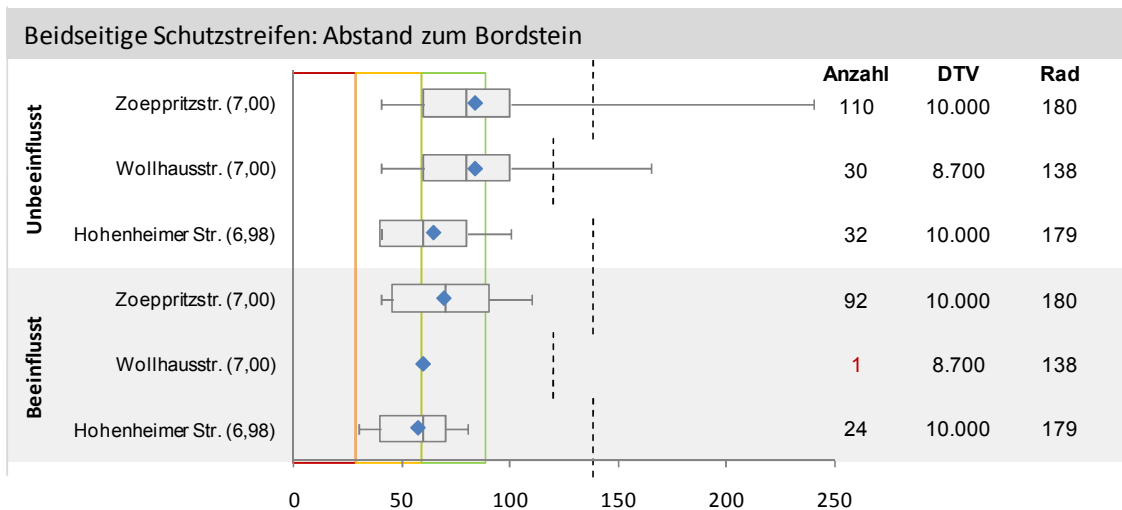
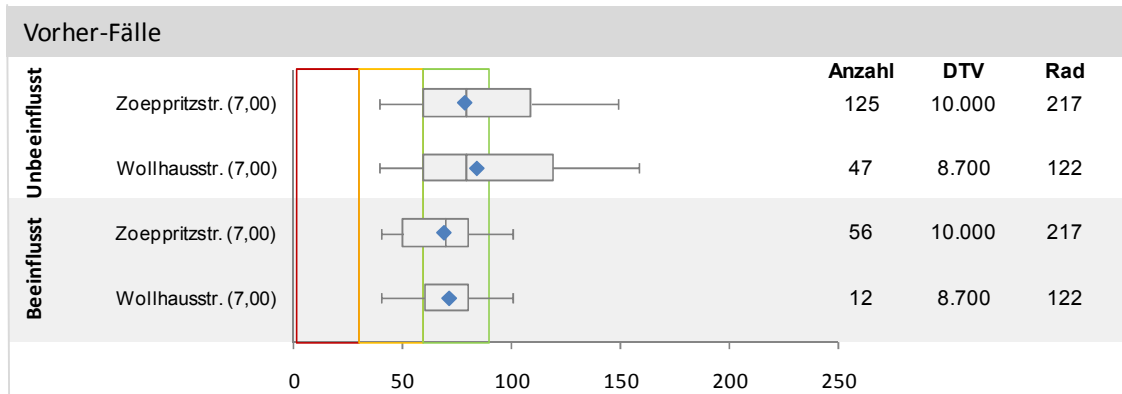


Einheiten und Abkürzungen:

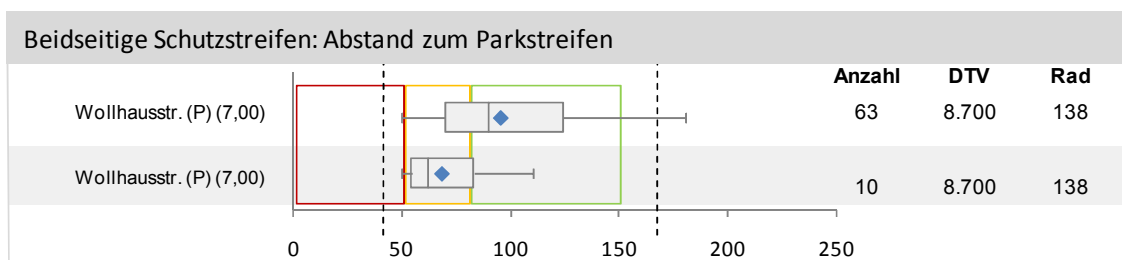
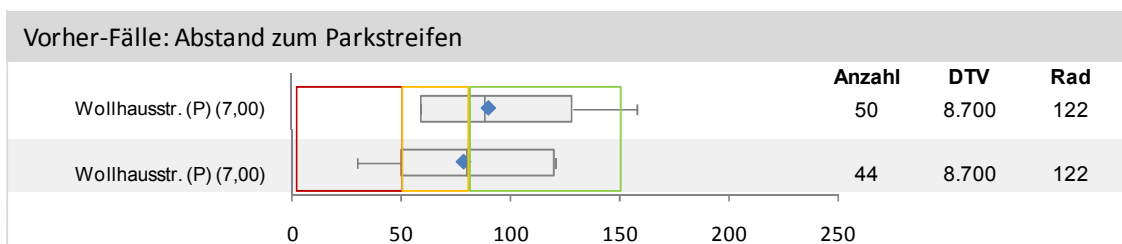
- *Fahrbahnbreite in [m]*
- *Abstände in [cm]*
- *DTV in [Kfz/d]*
- *Radfahrer (FB) =Radfahrer auf der Fahrbahn*
- *EA-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (mehr als ein Seitenwechsel)*
- *E-Einseitige Schutzstreifen (ohne Seitenwechsel)*
- *E(A)-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (ein Seitenwechsel)*

8.2.6.2 Strecken mit beidseitigen Schutzstreifen

Abstand zum Seitenrand (Bordstein):



Abstand zum Ruhenden Verkehr:

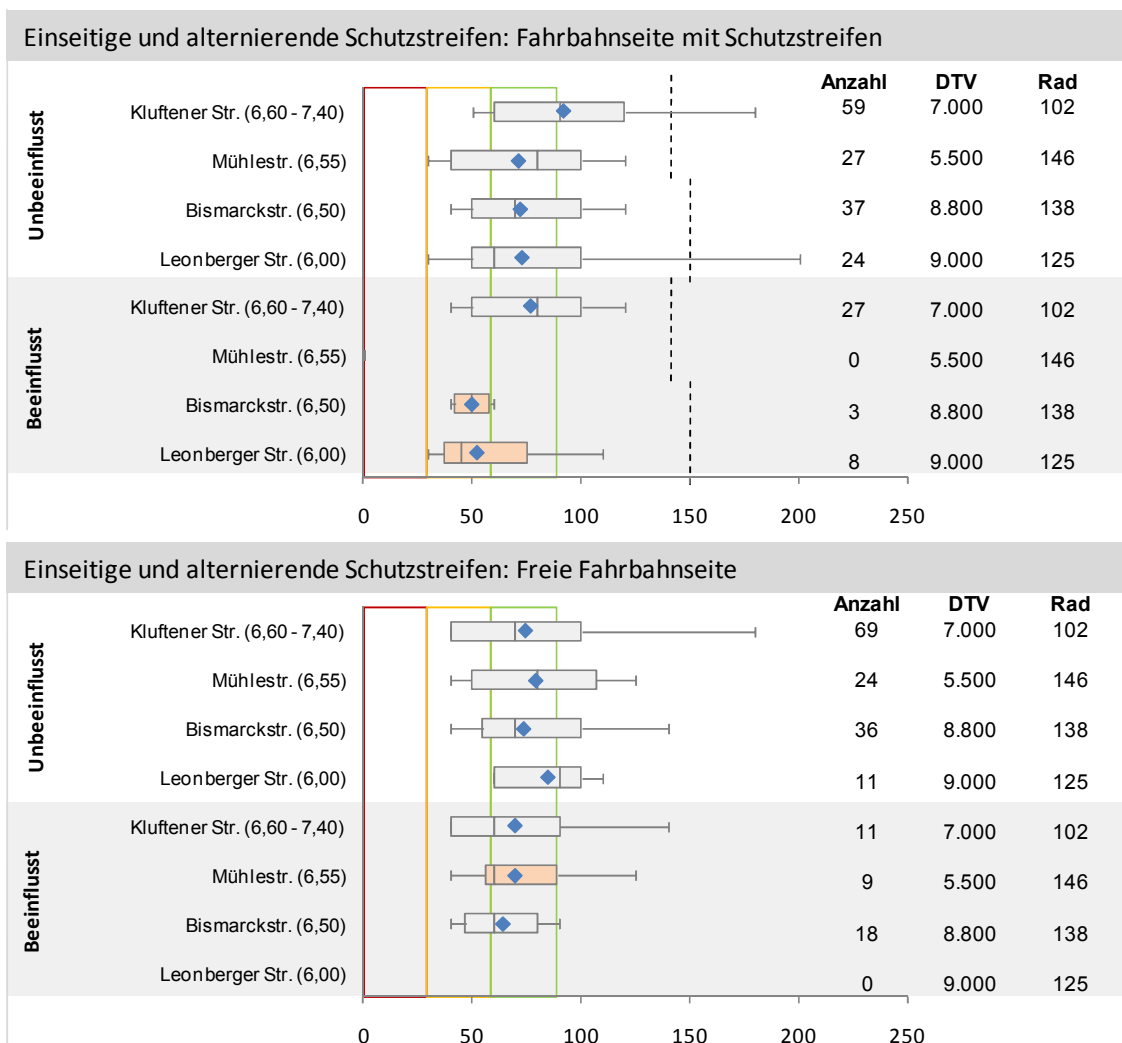


Einheiten und Abkürzungen:

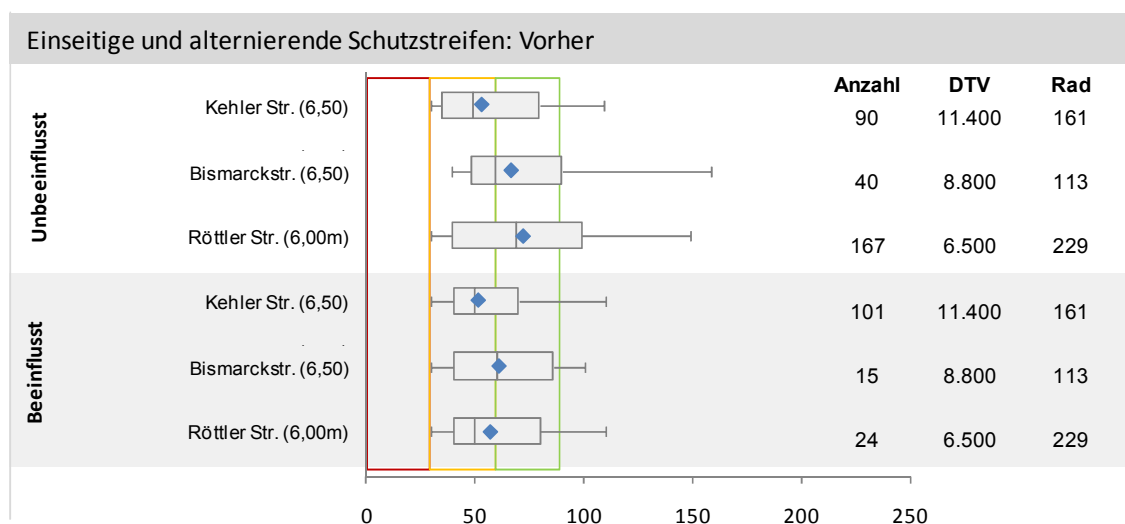
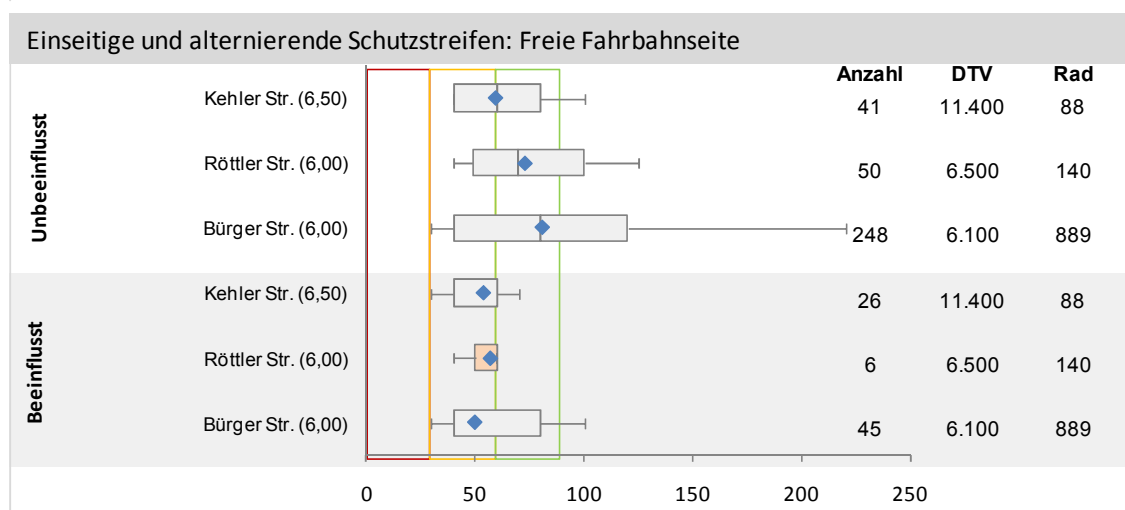
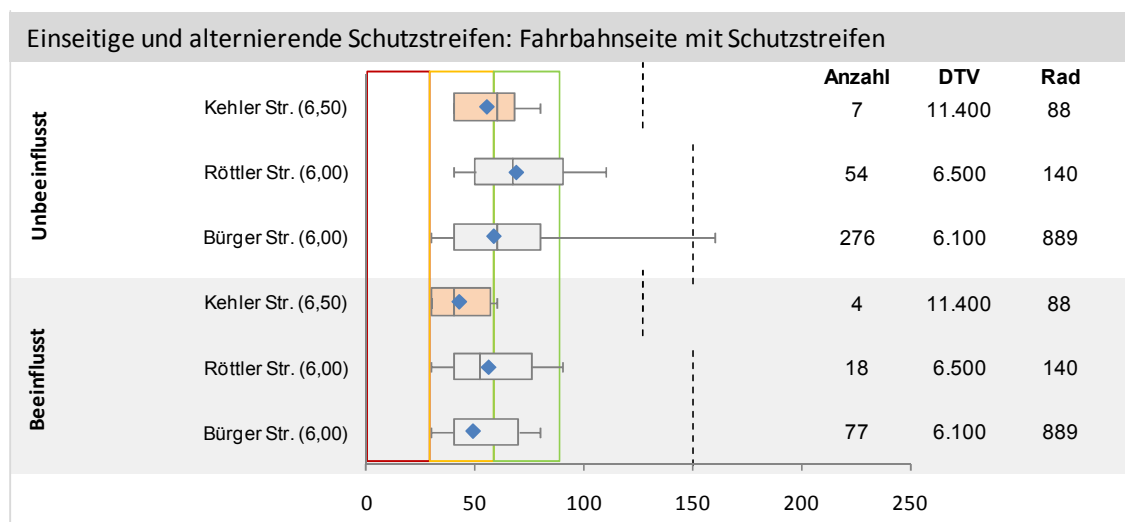
- *Fahrbahnbreite in [m]*
- *Abstände in [cm]*
- *DTV in [Kfz/d]*
- *Radfahrer (FB) =Radfahrer auf der Fahrbahn*
- *EA-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (mehr als ein Seitenwechsel)*
- *E-Einseitige Schutzstreifen (ohne Seitenwechsel)*
- *E(A)-Einseitige und alternierende Schutzstreifen (ein Seitenwechsel)*

8.2.6.3 Strecken mit einseitigen und alternierenden Schutzstreifen

Alternierende Schutzstreifen mit mehr als einem Seitenwechsel:



Strecken mit einseitigen Schutzstreifen sowie Strecken mit alternierenden Schutzstreifen mit einem Seitenwechsel:



Abbildungsverzeichnis

Anwendungsfälle für beidseitige Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn bis 4,10 m **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abb. 1: Offene Fragestellungen hinsichtlich der Sicherung des Radverkehrs mittels Markierungslösungen auf Hauptverkehrsstraßen	1
Abb. 2: Definition von schmalen Fahrbahnen.....	2
Abb. 3: Projektaufbau	3
Abb. 4: Regelmaße (und Mindestmaße) von Schutzstreifen nach ERA 2010	5
Abb. 5: Lösungsmöglichkeiten für Fahrbahnquerschnitte unter 7,00 m	7
Abb. 6: Schutzstreifen (Suggestiestrook) in den Niederlanden werden auf schmalen Fahrbahnen unter 7,00 m sowohl innerorts als auch außerorts markiert. Eine Mindestkernfahrbahnbreite ist nicht vorgeschrieben.....	8
Abb. 7: Ergebnisse der Forschungen zu Schutzstreifen ^[17]	9
Abb. 8: Funktionsweise eines „virtuellen Schutzstreifen“ bei der Markierung eines alternierenden Schutzstreifens.....	10
Abb. 9: Verletzungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Aufprallgeschwindigkeit ^[16]	11
Tab. 1: Übersicht ausgewählter Streckenabschnitte	13
Abb. 10: Vorgehen bei der Planung der Modelstrecken.....	13
Abb. 11: Lage der Untersuchungsstrecken in Baden-Württemberg	15
Abb. 12: Filderstadt, Hohenheimer Straße	16
Abb. 13: Friedrichshafen, Klufterner Straße	17
Abb. 14: Heidelberg, Bürgerstraße	18
Abb. 15: Heidenheim, Zoeppritztstraße	19
Abb. 16: Heilbronn, Bismarckstraße/Jägerhausstraße.....	20
Abb. 17: Heilbronn, Wollhausstraße	21
Abb. 18: Leonberg, Leonberger Straße	22
Abb. 19: Lörrach, Röttler Straße	23
Abb. 20: Lörrach, Mühlestraße	24
Abb. 21: Offenburg, Kehler Straße	25
Abb. 22: Differenzierung der Fahrpositionen des Kfz-Verkehrs	31
Abb. 23: Definition von vier Bewertungsbereichen aus den unterschiedlichen Grenzwerten zum Überholabstand	32
Abb. 24: Seitlicher Überholabstand: Bewertungsbereiche in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit	33
Abb. 25: Bewertungsbereiche: Abstand zum Fahrbahnrand.....	34
Abb. 26: Bewertungsbereiche: Abstand zum ruhenden Verkehr	35



Abb. 27: Videoanalyse mittels digitaler Videotechnik: Anbringung der Kamera (links); Blickfeld der Kamera (rechts).....	36
Abb. 28: Messgrafiken zur Ermittlung der Geschwindigkeit (links) und der Abstände (rechts)	38
Abb. 29: Übersicht der Verkehrsmengen	39
Tab. 2: Geschwindigkeitsanalyse im Vorher-/Nachher-Vergleich	40
Abb. 30: Keltternstraße, Tübingen: Kfz-Fahrer übersieht „Geisterradler“ und wiederholte Konfliktsituationen zwischen falschfahrenden Radfahrern und Fußgängern.....	41
Abb. 31: Wiederholt beobachtete Gefahrensituation aufgrund von Radfahrern im Seitenraum Links: Gefährdung von Fußgängern; Rechts: Gefahr durch unzureichende Sicht.....	42
Tab. 3: Nutzung der Fahrbahn durch Radfahrer	44
Abb. 32: Im Vorher-/Nachher-Vergleich werden nach Markierung der Schutzstreifen (rechts) weniger „Falschfahrer“ (links) beobachtet. Dieser Effekt ist bei beidseitigen Schutzstreifen stärker ausgeprägt.	45
Abb. 33: Schmale Fahrbahnquerschnitte (< 6,50 m) führen zu großen Überholabständen (Steinheimer Straße, Heidenheim), breitere Querschnitte (> 6,50 m) und Leitlinien fördern kritische Überholabstände (Wollhausstraße, Heilbronn).....	47
Abb. 34: Überholvorgang bei Gegenverkehr mit Orientierung an der Mittelachse (Kehler Straße, Offenburg)	48
Abb. 35: Bei beidseitigen Schutzstreifen erhöhen sich die Überholabstände, da sich nicht mehr an der Leitlinie orientiert werden kann (links). Bei Gegenverkehr wird selten überholt, der Kfz-Fahrer bleibt hinter dem Radfahrer (rechts)	49
Abb. 36: Schutzstreifen werden mittig befahren, wenn sie ausreichend dimensioniert sind (links). Die Reaktion auf die Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr ist bei Schutzstreifen weniger ausgeprägt, d.h. das Abstandverhalten entwickelt sich positiv (rechts).	52
Abb. 37: Die Mehrheit der Radfahrer verändert bei alternierenden Schutzstreifen die Fahrposition, sowohl positiv als auch negativ	53
Abb. 38: Die Mehrheit der Kfz-Lenker beachtet den Schutzstreifen, wenige befahren ihn vollständig.....	56
Abb. 39: Die Überholvorgänge werden bewusst durchgeführt Eine Änderung der Fahrlinie ist deutlich erkennbar.	56
Abb. 40: Innerhalb der Stoßzeiten selten: Begegnungsfall Bus-Radfahrer an Engstellen (links); Die Mehrheit der Kfz überholen Radfahrer an Engstellen nicht (rechts).....	57
Abb. 41: Alternierender Schutzstreifen Leonberger Straße (Leonberg).....	58
Abb. 42: Alternierende Schutzstreifen Mühlestraße (Lörrach, linkes Bild); Klufthener Straße (Friedrichshafen, rechtes Bild)	59
Abb. 43: Empfohlene Auswahl eines Sicherungsprinzips	63
Abb. 44: Anwendungsfälle für beidseitige Schutzstreifen mit schmaler Kernfahrbahn bis 4,10 m	66
Abb. 45: Verletzungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Aufprallgeschwindigkeit ^[16]	73
Abb. 46: Gegenüberstellung aller ermittelten Grenzwerte zum Überholabstand	75



Abb. 47: Ermittlung und Darstellung des mittleren Schwankungsverhaltens von unbeeinflussten Radfahrern nach BAST ^[1]	76
Abb. 48: Darstellung der statistischen Verteilung eines Messwertes anhand eines Boxplot-Diagramms	79

Literatur

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Hupfer, C./Böer, H./et.al. (Bearbeitung): *Einsatzbereiche von Angebotsstreifen*; Verkehrstechnik; Heft V74; Bergisch Gladbach: 2000; ISSN 0943-9331
- [2] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Angenendt, W./Blase, A./et.al. (Bearbeitung): *Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten*; Verkehrstechnik; Heft V124; Bergisch Gladbach: 2005; ISSN 0943-9331
- [3] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Alrutz, D./Bohle, W./et.al. (Bearbeitung): *Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern*; Verkehrstechnik; Heft V184; Bergisch Gladbach: 2009; ISSN 0943-9331
- [4] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), D. Alrutz, W. Bohle, E. Willhaus (Bearbeitung): *Bewertung der Attraktivität von Radverkehrsanlagen*; Verkehrstechnik; Heft V56; Bergisch Gladbach: 1998;
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung (Hrsg.), Erke, H./Gstalter, H. (Bearbeitung): *Verkehrskonflikttechnik: Handbuch für die Durchführung und Auswertung von Erhebungen*; Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr Heft 52, Bergisch Gladbach: 1985, IBSN 3-88 314-408-8
- [6] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Alrutz, D./Lerner, M. (Bearbeitung): *Führungsformen des Radverkehrs: StVO – VwV-StVO – ERA*, Fahrradakademie difu, StVO-Länderseminare, 2009
- [7] C.R.O.W. *Verkeerstechniek (Hrsg.): Ontwerpwijzerfietsverkeer*, Publicatie 230, Ede (NL): 2006, ISBN: 90-6628-469-2
- [8] Dipl. Ing. Jean-Lous Frossard GmbH (Hrsg.), Frossard, J.-L./Bertsch, J./et.al. (Bearbeitung): *Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken*, Forschungsauftrag SVI 2000/388, Zürich (CH): 2006
- [9] Fachausschuss Radverkehr von Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club/Vereinigung für Stadt-, Regional- und Landesplanung e.V.(SRL) (Hrsg.)/Peters, E.: *Fachwissen für den Fahrradalltag; Seitliche Sicherheitsabstände*; Bremen: 2010
- [10] Engels, A.: *Wirkungsanalyse "alternierender Schutzstreifen" am Beispiel der Mühlestraße in Lörrach*; Diplomarbeit an der Fachhochschule Aachen, Aachen: 2003
- [11] Fietserbond (Hrsg.), Zeegers, T. (Bearbeitung): *Widths and other aspects of bicycle lanes*, Fietserbond Ketting 174, 2004, <http://www.fietsberaad.nl>; abgerufen am 17.08.2010



- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf: *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen – Ausgabe 2010* (ERA 2010); Köln: 2010; FGSV-Verlag: ISBN 978-3-941790-63-6
- [13] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf: *Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06)*; Köln: 2001, Fassung 2005; FGSV-Verlag: FGSV 299; ISBN 3-937356-44-4
- [14] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Kommission „Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“: *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)*; Köln: 2009; FGSV-Verlag: FGSV 21
- [15] Kaulen R./Kever W./Reintjes M.: *Modellvorhaben "Markierungslösungen zur Sicherung des Radverkehrs außerorts"*; im Auftrag des Landesbetrieb Straßenbau NRW, Niederlassung Vile-Eifel/Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen; Aachen: 2012
- [16] Kühnel, A.: *Der Fußgängerunfall und seine Rekonstruktion*, Dissertation, Berlin, 1980
- [17] Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG (Hrsg.), Zweibrücken, K./von Känel, T./et.al. (Bearbeitung): *Kernfahrbahnen – Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Strassenquerschnitten*, Forschungsauftrag SVI 44/97, Brugg (CH): 1999
- [18] Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein Westfalen (Hrsg.), Arbeitsgemeinschaft Planerbüro Südstadt/Planungsgemeinschaft Verkehr (Bearbeitung): *Begleitforschung zu den Fahrradfreundlichen Städten und Gemeinden in NRW: Maßnahmen und Wirksamkeitsuntersuchung*; Düsseldorf: 2000
- [19] Rhein-Erft-Kreis (Hrsg.), Kapp, A. (Bearbeitung): *Standards für die Radverkehrsplanung; Empfehlungen des Rhein-Erft-Kreises*, Bedburg: 2007
- [20] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, bfu (Hrsg.), Walter, E./Cavegn, M./et.al. (Bearbeitung): *Fahrradverkehr - Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention*, Sicherheitsdossier Nr. 02, Bern (CH): 2005
- [21] Schüller, H.: *Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstraßen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Straßengestaltung*, Dissertation TU Dresden, Dresden: 2009
- [22] Roland Schurig Andreas Marquardt: *Kommentar zur Straßenverkehrs-Ordnung mit VwV-StVO*; Kirchbaum Verlag, Bonn: 2007, ISBN: 3781218295
- [23] Transport Research Laboratory (Hrsg.), Taylor, D./Lynam, A./Baruya, A.: *The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents Prepared for Road Safety Division*, Department of the Environment, Transport and the Regions, TRL Report 421, 2000



- [24] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: *A Bikeway Criteria Digest*, FHWA-TS-77-201, Washington D.C.
- [25] WAM PARTNER, Planer und Ingenieure (Hrsg.), Reichenbach, M./Affolter, R. (Bearbeitung): *Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus der Sicht der Zweiradfahrer*, Forschungsauftrag SVI 1999/135 (41/99), Brugg (CH): 2003
- [26] Wetenschappelijke instituut voor verkeersveiligheidsonderzoek (Hrsg.), van der Kooi, R.M./Dijkstra, A. (Bearbeitung): *Enkele gedragseffecten van suggestiestroken op smalle rurale wegen*, Rapport R-2003-17, Leidschendam (NL): 2003
- [27] Zeegers, T.: *Breedtes en andere aspecten van fietsstroken*