

Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 124

bast

Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten

von

Wilhelm Angenendt
Arne Blase
Dorothee Klöckner

unter Mitwirkung von

Thordis Bonfranchi-Simović
Emek Bozkurt
Torsten Buchmann
René Roeterink

Büro für integrierte
Stadt- und Verkehrsplanung (BiS)
Bonn

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 124

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M- Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 77.451/2000:
Verbesserung der Radverkehrsführung an Knotenpunkten durch markierungstechnische Maßnahmen

Projektbetreuung

Klaus Krause
Markus Lerner

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 3-86509-322-1

Bergisch Gladbach, Mai 2005

Kurzfassung – Abstract

Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten

Innerörtliche Knotenpunkte zählen zu den Hauptgefahrenstellen für den Radverkehr. Insbesondere größere lichtsignalgesteuerte Knotenpunkte weisen oft Sicherheitsdefizite auf.

Planungsstandard ist seit langem die Anlage von Radfahrstreifen zum Beispiel zur Führung direkt links abbiegender Radfahrer oder die Markierung von Furten und Aufstellbereichen zur Führung der indirekt abbiegenden Radfahrer. Zunehmend kommen aber auch andere markierungstechnische Maßnahmen zur Anwendung. Es zählen hierzu die Anlage von Schutzstreifen für den Radverkehr sowie die Markierung von aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS). Die Untersuchung widmet sich vor allem diesen neueren markierungstechnischen Lösungen.

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bilden eine Erläuterung der Gesamtsystematik der Radverkehrsführung an innerörtlichen Knotenpunkten sowie der wesentlichen in den Regelwerken verankerten Planungsprinzipien. Es folgt eine Zusammenstellung der in der Literatur verzeichneten markierungstechnischen Radverkehrsführungen unter Einbeziehung ausländischer Literatur.

Eine breit angelegte Dokumentation verdeutlicht das derzeit realisierte Maßnahmenspektrum. Aus diesem Kollektiv werden 50 Knotenpunkte für radverkehrsbezogene Unfallanalysen ausgewählt. In vertiefende Untersuchungen des Verkehrsverhaltens und des Verkehrsablaufs wurden 34 Fallbeispiele aus 14 Städten einbezogen. Hauptuntersuchungspunkte sind das Annäherungsverhalten von Radfahrern an den Knotenpunkt sowie das Aufstell- und das Anfahrverhalten, dies jeweils in Verknüpfung mit den Bewegungsvorgängen des Kraftfahrzeugverkehrs. Insgesamt wurden über 6.000 Radfahrer in die Verkehrsverhaltensbeobachtungen einbezogen.

Die Untersuchung macht deutlich, dass es mit den untersuchten markierungstechnischen Maßnahmen bei entsprechender Ausgestaltung möglich ist, den Radfahrern in Knotenpunkten eine akzeptable Führung anzubieten. Die Arbeit benennt die Einsatzbedingungen und gibt Hinweise zur Ausgestaltung der Markierungslösungen.

Der Originalbericht enthält als Anhang insgesamt 34 Untersuchungsfallbeispiele aus 14 deutschen Städten. Sie enthalten neben Fotos und grafischen Darstellungen der Knotenzufahrten, der Radverkehrsführung, der LSA-Regelung, des Straßentyps und des Umfeldes sowie die durchgeführten Beobachtungen und Beobachtungsschwerpunkte und eine Erfassung der Verkehrsbelastungen. Auf die Wiedergabe dieses Anhangs wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Er liegt bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und ist dort einsehbar. Verweise auf diesen Anhang wurden zur Information des Lesers im Berichtstext beibehalten.

Improving traffic guidance for cyclists at junctions and intersections

Town and city junctions and intersections are amongst the main danger points for cyclists. Large junctions and intersections controlled by traffic lights in particular frequently have safety deficits.

The planning standard has long been to create cycle lanes, for example for guidance of cyclists turning left directly or marking crossings and queuing areas for guidance of cyclists turning off, but not directly. However, other markings are now also being used to an increasing extent. These include creating refuge lanes for cyclists and marking widened cyclist queuing lanes. The investigation is primarily focussed on these more recent marking systems.

The starting point of the investigation is formed by an explanation of the overall system of traffic guidance for cyclists at town and city junctions and intersections and the essential planning principles anchored in regulations. This is followed by a list of the traffic guidance systems for cyclists using markings, recorded in literature, including foreign literature.

Broadly diversified documentation clearly indicates the range of measures currently implemented. 50 junctions/intersections are selected from this group for cyclist-related accident analyses. 34 case examples from fourteen towns and cities were included in more in-depth investigations of road-user behaviour and traffic flow. The chief points

under investigation relate to the approach behaviour of cyclists to the junction or intersection and the queuing and move-off behaviour, each linked to the dynamic mechanisms of motorised vehicle traffic. Overall, over 6,000 cyclists were included in the traffic behaviour observations.

The investigation clearly shows that it is possible, using the marking systems investigated and designed appropriately, to offer cyclists acceptable guidance at junctions and intersections. The paper states the conditions of use and provides information on design and physical form of the marking systems.

The original report has an annex with a total of 34 investigation case examples from fourteen German towns and cities. They contain the observations conducted, the observation foci and a record of the traffic loads, besides photos and graphical illustrations of the access roads to the junctions and intersections, traffic guidance for cyclists, traffic light configuration, road type and surrounding area. The annex has not been included in this publication. It is available for perusal at the Federal Road Research Institute. Cross-references to be annexed in the wording of the report have been retained for the reader's information.

Inhalt

1	Ausgangslage	7	5.5.1	Markierungsbeachtung durch Kraftfahrer	50
2	Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand	8	5.5.2	Annäherungsverhalten der Radfahrer	51
3	Erkenntnisstand	9	5.6	Konfliktsituationen	52
3.1	Systematik der Knotenelemente für den Radverkehr	9	6	Zusammenfassung der Ergebnisse	52
3.2	Planungsprinzipien und Festlegungen der Regelwerke	9	7	Schlussfolgerungen	55
3.3	Erkenntnisse aus deutscher Literatur	10	8	Literatur	58
3.4	Erkenntnisse aus der ausländischen Literatur	16			
3.4.1	Schweiz	16			
3.4.2	Österreich	18			
3.4.3	Niederlande	19			
3.4.4	Dänemark	22			
3.4.5	Großbritannien	23			
3.5	Fazit und offene Fragen	24			
4	Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsfallbeispiele	25			
4.1	Typisierung	25			
4.1.1	Aufstellbereich von Kraftfahrzeugen	25			
4.1.2	Annäherungsbereich	26			
4.1.3	Knoteninnenbereich	26			
4.2	Zusammenstellung und Beschreibung	31			
4.2.1	Methodisches Vorgehen	31			
4.2.2	Untersuchungsfallbeispiele	31			
5	Untersuchungsergebnisse	36			
5.1	Unfallgeschehen	36			
5.2	Verkehrsflächenwahl der Radfahrer	39			
5.3	Aufstellverhalten	41			
5.3.1	Aufstellpositionen von Kraftfahrzeugen	41			
5.3.2	Aufstellverhalten der Radfahrer	42			
5.4	Anfahrverhalten	46			
5.5	Verhalten im Zufahrtsbereich des Knotenpunktes	50			

Vorbemerkung

Das vorliegende Forschungsvorhaben dient dem Ziel, die in den letzten Jahren zunehmend vor allem an beengten städtischen Knotenpunkten ausgeführten markierungstechnischen Maßnahmen für den Radverkehr wie aufgeweitete Radaufstellstreifen im Hinblick auf ihre Wirkungen zu analysieren und hierauf aufbauend Empfehlungen zum Einsatz und zur Ausgestaltung dieser Lösungen auszusprechen.

Die Arbeit wurde von einer Reihe von Städten wirkungsvoll unterstützt, indem die Verantwortlichen Beispiele nannten, Fotos und Pläne über Markierungslösungen zur Verfügung stellten und bereitwillig Nachfragen beantworteten. Wir bedanken uns für diese Zuarbeit, ohne die eine fundierte Auswahl aus den zahlreichen Varianten nicht möglich gewesen wären.

Für wertvolle und konstruktive Anregungen gilt unser Dank auch dem forschungsbegleitenden Ausschuss der Bundesanstalt für Straßenwesen, dem die Herren Krause, Kühnelt (BASt), Hülsen (ISK im GDV), Fechtel (Stadt Lübeck) und Neubert (Essen) angehörten.

1 Ausgangslage

Innerörtliche Knotenpunkte zählen – wie aus Unfallanalysen immer wieder deutlich wird – zu den Hauptgefahrenstellen für den Radverkehr. Sicherheitsdefizite ergeben sich aufgrund der Belastungsverhältnisse und der Vielfalt der Verkehrsverflechtungen insbesondere für größere, lichtsignalgesteuerte Knoten. An diesen Knoten werden vielfach auch für die wesentlichen Fahrbeziehungen des Radverkehrs nur unattraktive Führungen angeboten oder sie fehlen ganz.

Da umfassende Knotenumbauten nur in begrenztem Umfang möglich sind und häufig auch der Platz fehlt, um großzügige Lösungen zu realisieren, sind in den letzten Jahren verstärkt markierungstechnische Maßnahmen zur Führung und Sicherung des Radverkehrs an Knotenpunkten angewandt worden. Planungsstandard ist seit langem die Anlage von Radfahrstreifen z.B. zur Führung der direkt links abbiegenden Radfahrer oder die Markierung von Furten und Aufstellbereichen zur Führung der indirekt abbiegenden Radfahrer. Zunehmend kommen aber auch andere markierungstechnische Maßnahmen bei engeren Straßenraumsituationen zur Anwendung. Es zählen insbesondere hierzu die Vorbeifahrstreifen/Schutzstreifen sowie die Markierung von aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS) in den Knotenzufahrten. In der

Praxis werden diese Lösungen in ihren Einsatzbereichen und in ihrer Ausbildung auch ohne hinreichende Erfahrungen über die Wirkungen vielfältig variiert. Eine durch die VwV zur StVO angestrebte Vereinheitlichung der Markierungslösungen ist bisher nicht feststellbar.

Unklar ist, ob durch die auf engem Raum markierungstechnisch realisierten Teilseparationslösungen – wie sie die Vorbeifahrstreifen bzw. Schutzstreifen darstellen – der angestrebte reibungsarme und sichere Verkehrsablauf erreicht werden kann oder ggf. nur das subjektive Sicherheitsgefühl verbessert wird.

Von der Anlage aufgeweiteter Radaufstellstreifen ist aus den Niederlanden bekannt, dass diese durch die Bündelung des Radverkehrs unter bestimmten Bedingungen leistungsfähigkeitserhöhend auf den Verkehrsablauf wirken. Ein Sicherheitsvorteil kann dadurch entstehen, dass die sich bei Rot der Lichtsignalanlage in diesen Bereichen aufstellenden Radfahrer im Blickfeld der nachfolgenden Kraftfahrzeuge befinden. Inwieweit die Anlage von aufgeweiteten Radaufstellstreifen jedoch bei „Grün“ der Lichtsignalanlage sichere Verkehrsvorgänge erlaubt, ist bislang weitgehend ungeklärt.

Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Führung des Radverkehrs an Knotenpunkten auf markierten Wegen liegen insbesondere aus dem BASt-Forschungsprojekt „Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich; Teil Knotenpunkte“ (ANGENENDT 1984a) vor. Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Sicherung der linksabbiegenden Radfahrer durch markierungstechnische und unterstützende signaltechnische Maßnahmen. Einzelhinweise zur Markierung von Radverkehrsführungen an Knotenpunkten liefern die Arbeiten „Sichere Gestaltung markierter Wege für Fahrradfahrer“ (ANGENENDT 1989) sowie „Einsatzbereiche von Angebotsstreifen“ (HUPFER 2000). Der Schwerpunkt dieser Arbeiten liegt jedoch bei streckenbezogenen Problemstellungen.

Speziell mit den Erfordernissen an Knoten setzt sich das BASt-Projekt „Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten“ (SCHNÜLL/ALRUTZ 1992) auseinander. Themenschwerpunkt dieser Arbeit ist die Führung geradeaus fahrender Autofahrer auf unterschiedlich eingebundenen und ausgestalteten Radwegfurten.

Über Einzelergebnisse hinaus fehlen hiermit wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse darüber, wie der Radverkehr bei beengten städtischen (meist signalgesteuerten) Knotenpunkten unter den jeweiligen Rahmenbedingungen am wirkungsvollsten zu sichern ist.

2 Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand

Ziel der Arbeit ist es, den Kenntnisstand über markierungstechnische Maßnahmen zur Führung des Radverkehrs in städtischen Knotenpunkten zu erweitern und auf dieser Grundlage praxisorientierte Regellösungen und ihre Einsatzbereiche unter Berücksichtigung der Anforderungen aller Verkehrsteilnehmergruppen aufzuzeigen.

Der Untersuchungsschwerpunkt liegt bei beengten städtischen signalgesteuerten Knotenpunkten und soll Lösungen einbeziehen, die durch vorliegende Kenntnisse noch nicht abgesteckt sind. Dies betrifft insbesondere die Anlage von aufgeweiteten Rad-aufstellstreifen in Verbindung mit der Markierung von Vorbeifahrstreifen oder Schutzstreifen.

Die erzielten Untersuchungsergebnisse sind in Beziehung zu setzen zu den anderen Führungsformen des Radverkehrs an Knotenpunkten.

Aus der skizzierten Aufgabenstellung und Zielsetzung des Forschungsvorhabens sind folgende Arbeitsschritte abgeleitet:

Darlegung des derzeitigen Erkenntnisstandes

Schwerpunkte bilden die Erläuterung der Gesamtsystematik der Radverkehrsführung an innerörtlichen Knotenpunkten sowie der wesentlichen in den Regelwerken verankerten Planungsprinzipien. Es folgt eine Zusammenstellung der in der Literatur verzeichneten markierungstechnischen Radverkehrsführungen unter Einbeziehung ausländischer Literatur. Spektrum und Vielfalt möglicher Problemlösungen werden verdeutlicht.

Typisierung der Verkehrsanlagen

Die Typisierung der Verkehrsanlagen bildet die Grundlage für eine anforderungsgerechte Auswahl der Untersuchungsfallbeispiele sowie für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse vor dem Hintergrund der jeweils vorliegenden Rahmenbedingungen. Einbezogen werden Form und Ausbildung des Knotens sowie betriebliche Regelungen, Anlagen- und Führungsmerkmale des Radverkehrs sowie Merkmale der Straßen- und Umfeldnutzung.

Ergebnis ist ein Typenkatalog, anhand dessen die Untersuchungsfallbeispiele ausgewählt und dokumentiert werden.

Zusammenstellung und Beschreibung markierungstechnischer Maßnahmen

Der Aufgabenstellung entsprechend werden schwerpunktmäßig aufgeweitete Radaufstellstreifen dokumentiert, dies größtenteils in Verknüpfung mit Vorbeifahrstreifen, Schutzstreifen oder Radfahrstreifen. Insgesamt werden etwa 90 Fallbeispiele beschrieben und dargestellt, um so bei der Auswahl der Untersuchungsfallbeispiele für die Analysen des Unfallgeschehens und des Verkehrsablaufs auf ein möglichst breites Spektrum an Nutzungs- und Ausgestaltungsmerkmalen zurückgreifen zu können.

Unfallanalysen

In die Analysen des Radfahrerunfallgeschehens werden 50 Fallbeispiele (Knotenarme) aus dem Spektrum der dokumentierten Maßnahmen einbezogen. Grundlage sind die Verkehrsunfallanzeigen der Polizei über einen Zeitraum von drei Jahren bzw. seit Einführung der Markierungen bei kürzeren Fristen. Die Analyse des Unfallgeschehens erfolgt nach den relevanten Merkmalen (z.B. Beteiligung, Unfallschwere, Unfallort, Hergang). Hierauf aufbauend erfolgt eine Herausarbeitung der Problemkonstellationen in Zusammenhang mit den Markierungslösungen.

Analysen der Verkehrsverhaltens und des Verkehrsablaufs

Für die Analysen des Verkehrsverhaltens und des Verkehrsablaufs wurden 31 Fallbeispiele aus 14 Städten ausgewählt. Hauptuntersuchungspunkte sind das Annäherungsverhalten von Radfahrern an den Knotenpunkt sowie das Aufstell- und Anfahrverhalten, dies jeweils in Verknüpfung mit den Bewegungsvorgängen des Kfz-Verkehrs. Verkehrsverhaltensauffälligkeiten jeglicher Art werden registriert und analysiert.

Interpretation der Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen

Im Mittelpunkt dieses Untersuchungsteils steht die zusammenfassende Interpretation der Untersuchungsergebnisse mit Herausarbeitung der Vor- und Nachteile der untersuchten Führungs- und Anlageformen unter den jeweiligen situativen Rahmenverhältnissen. Hierauf aufbauend erfolgt eine Zusammenstellung markierungstechnischer Lösungen, die zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse geeignet sind, mit Konkretisierung der Einsatzbedingungen und Ausgestaltungsformen.

Die Ergebnisse werden so aufbereitet, dass sie zur Einpassung in die Regelwerke zum Entwurf von Straßen geeignet sind.

3 Erkenntnisstand

3.1 Systematik der Knotenelemente für den Radverkehr

Die Anlage und Ausführung unterschiedlicher markierungstechnischer Knotenelemente für den Radverkehr ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Bestimmend hierbei sind die Form und die Vorrangregelung des Knotens sowie die Führungsart und die Fahrbeziehungen des Radverkehrs. Eine Übersicht über die Systematik der Radverkehrselemente bietet die Bild 1. Diejenigen Elemente, die Gegenstand der Untersuchung sind, wurden gekennzeichnet.

Bereits die Vorrangregelung eines Knotens gibt z.B. aufgrund straßenverkehrsrechtlicher Bestimmungen die Auswahl verschiedener markierungstechnischer Maßnahmen für den Radverkehr vor bzw. schließt einzelne Elemente aus. Für die vorliegende Untersuchung werden ausschließlich Verkehrszeichen- bzw. lichtzeichengeregelte innerörtliche Knoten einbezogen, da diese Knoten die differenziertesten Möglichkeiten hinsichtlich der Anwendung unterschiedlicher Radverkehrselemente liefern. Knoten ohne Vorfahrtregelung (rechts-vor-links) weisen hingegen selten – wenn überhaupt – radverkehrsbedeutsame Markierungselemente auf. Kreisverkehre, die ihre eigenen Spezifika hinsichtlich der Radverkehrsführung aufweisen, waren nicht Gegenstand der Untersuchung.

Ein weiteres Merkmal der Systematisierung ist die Führungsart des Radverkehrs. Für den Knotenbereich muss dabei vorrangig zwischen der Fahrbahnführung im Mischverkehr, teil-separiert auf einem Schutz- (SS) oder Vorbeifahrstreifen (VS)¹ oder separiert auf einem benutzungspflichtigen Radfahrstreifen (RFS) und der Führung im Seitenraum auf einem Radweg (RW) unterschieden werden. Bei den Führungsarten stellen markierte Fahrbahnführungen (VS, SS, RFS) wiederum die verschiedenartigsten Ausführungen von Radverkehrselementen an Knoten bereit, die sich nach den Fahrbeziehungen des Radverkehrs (links, geradeaus, rechts) weiter unterscheiden.

¹ mit durchbrochener Linie gekennzeichnete Streifen zur Vorbeifahrt von Radfahrern an wartenden Kfz bis zur Haltlinie, der den Einsatzbedingungen für Schutzstreifen nicht entspricht (z.B. schmaler als 1,25 m)

3.2 Planungsprinzipien und Festlegungen der Regelwerke

Folgende Regelwerke wurden berücksichtigt:

- Straßenverkehrsordnung (StVO) mit Erläuterungen von W. Bouska (1997¹⁷);
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Änderung der VwV-StVO vom 7.8.1997;
- Empfehlungen für Radverkehrsanlagen – ERA 95 – (FGSV 1995);
- Hinweise zur Beschilderung von Radverkehrsanlagen nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (FGSV 1998).

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur StVO-Änderung von 1997

Neuregelungen der VwV-StVO zu § 9 Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren Abs. 2:

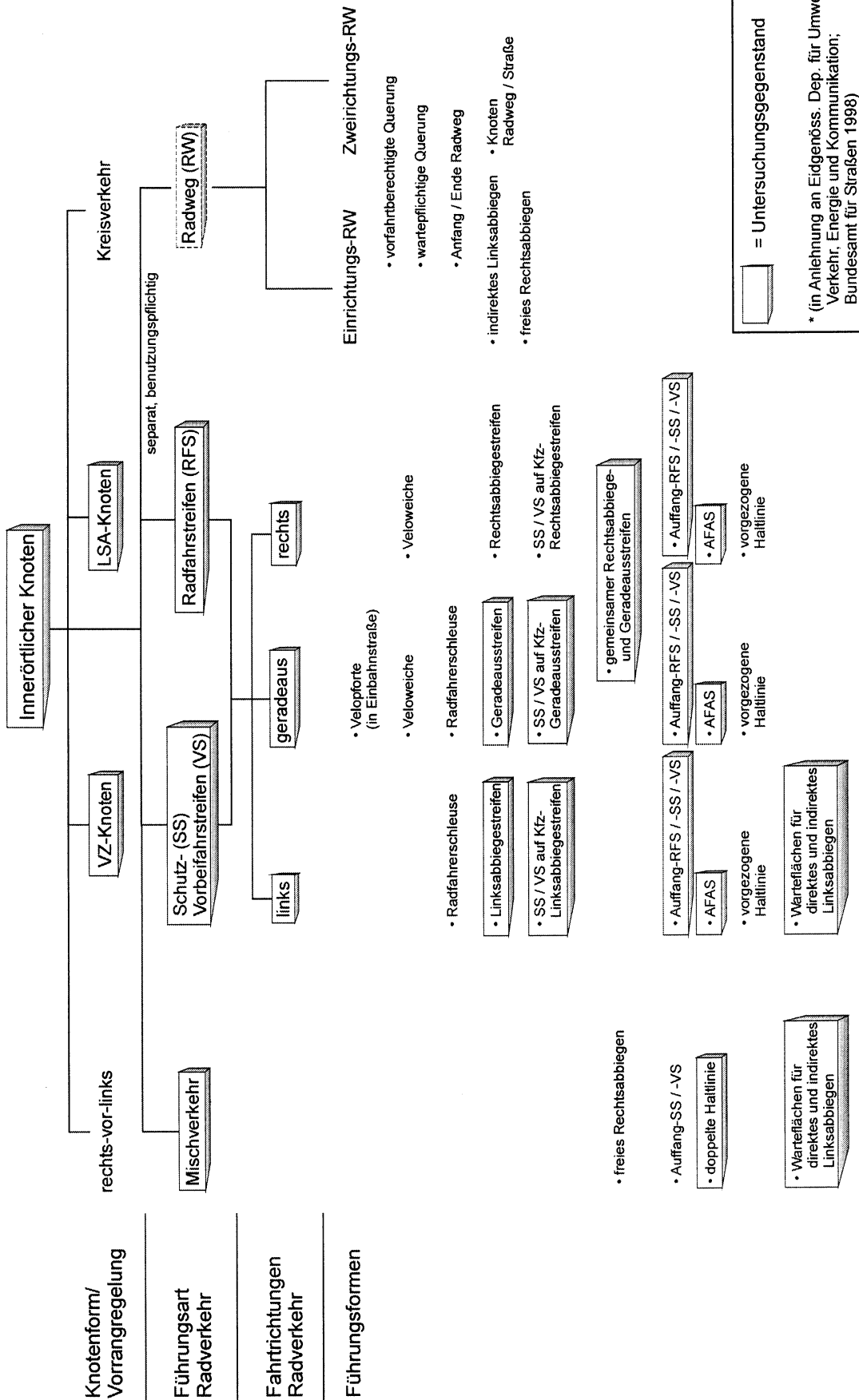
Markierten Radverkehrsführungen – d.h. der Linienführung des Radverkehrs über Kreuzungen und Einmündungen hinweg – ist auch dann zu folgen, wenn für den Radweg keine Benutzungspflicht besteht.

Der Radverkehrsführung an Kreuzungen und Einmündungen dienen:

- Radfahrerfurten,
- Radfahrerschleusen,
- Aufgeweitete Radaufstellstreifen (ARAS),
- Abbiegestreifen.

Radfahrerfurten sind stets im Zuge von gekennzeichneten Vorfahrtsstraßen und an Lichtzeichenanlagen zu markieren. Radfahrerschleusen und ARAS können dann zusätzlich an Lichtsignalanlagen markiert werden, wenn die Wahl zwischen indirektem und direktem Abbiegen ermöglicht werden soll. Bei ARAS wird das Einordnen zum Abbiegen nur mit dem Hauptlichtzeichen und durch zwei Zeichen 294 „Haltlinie“ ermöglicht, wobei das Haltgebot für den Kraftfahrzeugverkehr auf der Fahrbahn durch ein vorgeschaltetes Zeichen 294 mit räumlichen und verkehrlichem Bezug zur Lichtzeichenanlage angeordnet wird. Radfahrerschleusen ist i.d.R. der Vorzug vor aufgeweiteten Radaufstellstreifen zu geben. Abbiegestreifen können in besonders gelagerten Einzelfällen an Lichtsignalanlagen, aber auch an gekennzeichneten Vorfahrtstraßen, markiert werden, wenn direktes Abbiegen notwendig ist und die Anlage insbesondere von Radfahrerschleusen ausscheidet.

Systematik der Knotenelemente für den Radverkehr*



☐ = Untersuchungsgegenstand

* (in Anlehnung an Eidgenöss. Dep. für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation; Bundesamt für Straßen 1998)

Bild 1: Systematik der Knotenelemente für den Radverkehr

Als **Voraussetzungen für das direkte Abbiegen** an Knoten legt die VwV (Fassung 1997) fest:

- An Lichtsignalanlagen maximal 1.200 Kfz/h und Querung von maximal zwei Fahrstreifen;
- Bei durch Verkehrszeichen bevorrechtigten Zufahrten bis zu 800 Kfz/h und Querung von nur einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung;
- In wartepflichtigen und nicht signalisierten Knotenzufahrten nur bei besonderem und unabweisbarem Bedürfnis.

Innerhalb der Markierung soll **Roteinfärbung** nur in besonderen Konfliktbereichen im Zuge gekennzeichnete Vorfahrtstraßen vorgenommen werden, an Lichtsignalanlagen und Kreuzungen mit Rechtsvor-Links-Regelung ist davon abzusehen.

ERA 95

Im Hinblick auf eine sichere Knotenführung der Radfahrer (Knotenpunktkriterium der Radverkehrsführung, ERA 95, S. 26) werden folgende Aspekte für besonders wichtig gehalten:

- Rechtzeitige und deutliche Erkennbarkeit der Radverkehrsführung
- Übersichtlichkeit des Verlaufs und der Vorrangverhältnisse.

Der **direkten und indirekten Führung linksabbiegender Radfahrer** wird besondere Aufmerksamkeit gewidmet. An großräumigen Knoten sind auf der Fahrbahn oder im Seitenbereich angeordnete Aufstellflächen für indirektes Linksabbiegen erforderlich, wenn Hinweise zum Aufstellen nötig oder Radfahrer-Signale für Linksabbieger vorgesehen sind. Die Einsatzgrenzen für das direkte Linksabbiegen bei LSA-Knoten liegen in den ERA 95 (S. 43; s. auch Kap. 3.2. zur StVO-VwV) bei einer Kfz-Belastung von maximal 1.200 Kfz/h in der Zufahrt, wobei nicht mehr als zwei Fahrstreifen gequert werden dürfen.

Bei der Signalisierung wird zur Sicherung linksabbiegender Radfahrer beim direkten Linksabbiegen eine separate Abbiegephase für die Fahrtrichtung der linksabbiegenden Radfahrer empfohlen, wenn ein starker Kfz-Gegenverkehrsstrom zu kreuzen ist. Beim indirekten Linksabbiegen sind Radfahrersignale nötig, wenn die Voraussetzungen für die Mitnutzung der Fußgängersignale – gute Einsehbarkeit, Zeitvorsprung vor in gleicher Phase freigegebenen bedingt verträglichen Abbiegern, gleichzeitige Freigabe beider Fußgängerfurten bei Fahrbahnteiler - nicht gegeben sind (vgl. ERA 95, S. 55).

Bei **Mischverkehr** ist die Lage der Aufstellflächen zum indirekten Linksabbiegen abhängig von der Radverkehrsführung der kreuzenden Straße. Sind Auffangradfahrstreifen ab Knotenaufweitung nicht möglich, so sollten 20 – 30 m vor der Haltlinie Schutz- (1,25 – 1,60 m breit) oder Vorbeifahrstreifen (mindestens 1,00 m breit) markiert werden, damit Radfahrer an den Kraftfahrzeugen zur Lichtsignalanlage vorbeifahren können.

Bei **Radfahrstreifen im Knotenbereich** können rechtsabbiegende Radfahrer mit einer Veloweiche geleitet werden, so dass die rechtsabbiegenden Kraftfahrer vorrangig auf geradeaus fahrende Radfahrer zu achten haben. Die Haltlinien für den Radverkehr am Knoten sollten um 2,00 bis 3,00 m, mindestens jedoch um 1,00 m vorgezogen sein (vgl. ERA 95, Bild 37, S. 49). Mit Breitstrich markierte Linksabbiegestreifen für Radfahrer sollten bis zum Konfliktbereich mit dem entgegenkommenden Geradeausverkehr markiert, falls erforderlich mit kleiner Sperrmarkierung eingeleitet, und mit einer Wartelinie abgeschlossen sein. Die Aufstellflächen für indirektes Linksabbiegen liegen bei Radfahrstreifenführung in der kreuzenden Straße im Bereich des geradeaus führenden Radfahrstreifens (vgl. Bild 38, ERA 95, S. 50). Bei den anderen Radverkehrsführungen liegen sie rechts der Radfahrerfurt.

Radfahrerschleusen ermöglichen mit Hilfe eines Vorsignals vor allem bei hohem Kfz-Aufkommen linksabbiegenden und geradeaus fahrenden Radfahrern ein geschütztes Einordnen auf die Richtungsfahrstreifen. Das Vorsignal sollte mindestens 30 m Abstand vom Hauptsignal haben. Bei relativ langen Rotzeiten für die Zufahrt können laut ERA 95 auch Radfahrerschleusen ohne Vorsignal eingerichtet werden. Anstelle des Vorsignals können die Zusatzzeichen Z 1012-35 (bei Rot hier halten) in Verbindung mit ZZ 1022-10 (Radfahrer frei) aufgestellt werden, wenn der Bezug zum Hauptsignal eindeutig ist.

Aufgeweitete Radaufstellstreifen (ARAS) werden in der Regel von Radfahr- und Schutzstreifen aus erreicht und können an lichtsignalgesteuerten Knoten in den geringer belasteten Zufahrten mit einer im Vergleich zur Grünzeit langen Rotzeit eingesetzt werden (vgl. ERA 95, S. 44, vgl. auch Hinweise 1998, S. 64). Diese Aufstellfläche soll von rechts angefahren werden und sich nur auf einen Fahrstreifen beziehen, so dass ggf. zwei ARAS für linksabbiegende und geradeaus/rechts fahrende Radfahrer einzurichten sind (vgl. ERA 95, S. 53, Bild 44). Der ARAS sollte einschließlich der vorderen Haltlinie 4,00 bis 5,00 m tief sein.

In der Regel haben die Radfahrer die Kfz-Signalisierung zu beachten, sofern die Radfahrersignalisierung nicht abgesetzt sind. Eine separate Radfahrersignalisierung kann u.a. wegen der geringeren Räumgeschwindigkeiten der Radfahrer vorteilhaft sein und z.B. dann in Betracht gezogen werden, wenn besondere Regelungen für den Radverkehr wie Vorgabezeiten, zweimalige Freigabe im Umlauf, Bedarfssonderphasen eingerichtet werden sollen oder lange Räumwege an großen Knoten oder auch starker Radquerverkehr vorliegen.

Bei **Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage** sind für das Linksabbiegen auf bevorrechtigten Straßen in der Regel besondere Vorkehrungen zu treffen, während aus untergeordneten Straßen generell direktes Linksabbiegen vorgesehen werden sollte (vgl. ERA 95, S. 56).

Direktes Linksabbiegen ist im allgemeinen auf Straßen möglich, auf denen der Radverkehr im Mischverkehr geführt werden kann (Kfz-Kriterium: bei einer V85-Geschwindigkeit ≤ 50 km/h bei 5.000 bis 10.000 Kfz/Tag – DTV; vgl. ERA 95, S. 24, 43).

Die Einsatzbedingungen für direktes Linksabbiegen liegen nach ERA 95

- in bevorrechtigten Knotenpunktzufahrten bei Querung höchstens eines Fahrstreifens bei einer Kfz-Belastung von bis zu 800 Kfz/h (vgl. ERA 95, S. 43 – entsprechend StVO-VwV).
- Bei wartepflichtigen Knotenzufahrten ohne Lichtsignalanlage ist i.d.R. direktes Linksabbiegen möglich (vgl. ERA 95, S. 43 – die StVO-VwV schränkt hier ein).

Linksabbiegestreifen (analog Bild 37, S. 49 bei LSA-Knoten) können in der bevorrechtigten Straße dann eingerichtet werden, wenn ein sicheres Einordnen nach links und die Querung des entgegenkommenden Fahrzeugstroms gefahrungsarm möglich sind.

Bei indirektem Linksabbiegen sollte, im Unterschied zu LSA-Knoten, die Aufstellfläche links statt rechts neben der Radfahrersfurt markiert werden. Rechtsliegende Aufstellflächen würden nicht angenommen und oft von wartepflichtigen Kraftfahrzeugen blockiert.

Aus untergeordneten Straßen bei Knoten ohne Lichtsignalanlage sollte nach ERA 95 generell direktes Linksabbiegen vorgesehen werden. Bei ausreichender Fläche sollten bei vorhandenen Kfz-Linksabbiegestreifen auch Linksabbiegestreifen für den Radverkehr markiert werden. Bei vorhandenen Radverkehrsanlagen in der untergeordneten Knotenzufahrt liegen die Aufstellbereiche im Verlauf

der Anlage für geradeaus fahrende Radfahrer (vgl. ERA 95, S. 56).

Die ERA empfiehlt eine zurückhaltende **Anwendung eingefärbter Radfahrersfurten**: „... nur an Knotenpunkten mit besonderen Sicherheitsproblemen, z.B. wegen eingeschränkter Sicht, hohen Ein- bzw. Abbiegegeschwindigkeiten oder Zweirichtungsradverkehr.“ (ERA 95, S. 46 – die StVO-VwV ist restriktiver, s.o.)

Die ERA verweist darüber hinaus auf die Vorteile von Radfahrstreifen an Knoten und darauf, dass Abbiegestreifen für direktes Linksabbiegen ggf. wichtiger als Geradeaus-Radfahrstreifen sein können. An besonders großen Knoten sollte zusätzlich indirektes Linksabbiegen ermöglicht werden.

Hinweise zur Beschilderung von Radverkehrsanlagen nach VwV-StVO

Die Hinweise beziehen sich auf Standardlösungen nach der ERA 95, die den Bedingungen vor Ort anzupassen sind. Sie ergänzen die VwV-StVO hinsichtlich der Markierungsausführungen (gemäß Richtlinien für die Markierung von Straßen, RMS-1, 1993):

- bei **Radfahrersfurten** unterbrochene Breitstrichmarkierung (0,25 m mit Strich-Lücke-Verhältnis von 0,5 m/0,2 m) im Zuge von Vorfahrtstraßen und an LSA-Knoten. Durch Sinnbilder oder Piktogramme, bei besonderem Sicherheitsbedürfnis auch durch Einfärbung verdeutlichende Ergänzungen, die allerdings an LSA-Knoten unterbleiben sollen. An Rechts-vor-Links-Knoten dürfen keine Furten markiert werden, Aufstellflächen zum indirekten Linksabbiegen können jedoch markiert werden.
- bei **Abbiegestreifen zum direkten Linksabbiegen** sind neben den Kfz-Abbiegestreifen mit Fahrstreifenbegrenzungen (Z 295) Abbiegestreifen für den Radverkehr zu markieren: unterbrochene, im Aufstellbereich durchgehende Radfahrstreifenbegrenzung (Breitstrich). Zum frühzeitigen Verlassen eines Radweges (ca. 30 m vor dem Knotenpunkt) sollten Absenkung, Richtungspfeile und Zusatzbeschilderung die Führung verdeutlichen. Von einem Radfahrstreifen aus ist der Einordnungsbereich auf den Abbiegestreifen nach links auf 10–20 m Länge durch Z 296 (einseitige Fahrstreifenbegrenzung) zu markieren (vgl. Abb. 28, S. 65).

3.3 Erkenntnisse aus deutscher Literatur

In der deutschen Literatur gibt es einige wenige Veröffentlichungen, die sich mit der Führung des Radverkehrs an innerstädtischen Knotenpunkten auseinandersetzen. Der Gegenstand der Untersuchungen konzentriert sich hierbei in starkem Maße auf die Frage, ob Radfahrer im Bereich eines Knotens auf der Fahrbahn oder auf einem Radweg geführt werden sollten. Detaillierte Analysen zu markierungstechnischen Fragen wurden von ANGENENDT (1984) und SCHNÜLL/ALRUTZ et al. (1992) im Rahmen von Vorher/Nachher-Untersuchungen durchgeführt.

Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass rechts abbiegende Radfahrer, unabhängig von der Führungsform, kaum in Konflikte mit Kraftfahrern verwickelt werden. Probleme ergeben sich jedoch bei geradeaus fahrenden und links abbiegenden Radfahrern, auf die somit bei den folgenden Ausführungen das Hauptaugenmerk gerichtet sein soll.

Eine wichtige Frage bei markierungstechnischen Maßnahmen betrifft deren **Akzeptanz** durch Radfahrer und Kraftfahrer. Bei den Vorgängen des Einordnens und Annäherns im Zufahrtbereich eines Knotens wurde dabei festgestellt:

- Markierte Radfahrstreifen werden bei der Annäherung an einen Knoten von beinahe allen Radfahrern angenommen und von den Kraftfahrern respektiert. Nebeneinanderfahrende Radfahrer treten bei Radfahrstreifen, im Gegensatz zu Verhaltensweisen bei unmarkierten Fahrbahnführungen, kaum auf. Ein in seltenen Fällen festgestelltes „Ausbrechen“ aus dem Markierungsbereich erfolgt überwiegend bei Überholvorgängen (ANGENENDT 1984a).
- Begrenzungen der Radfahrstreifen werden von Radfahrern gut akzeptiert. Nur bei Überholungen, Begegnungen und vereinzelt Neben-einanderfahren kommt es zu geringfügigem "Ausbrechen" aus dem markierten Bereich (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).
- Rot eingefärbte Radfahrstreifen werden von Kraftfahrern gut beachtet (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).

Beim Aufstellen am Knoten konnte ANGENENDT (1984a) beobachten:

- Die Radfahrer stellen sich am Knoten größtenteils innerhalb der Markierungen auf. Akzeptanzprobleme sind dann festzustellen, wenn größere Radfahrermengen mit geringen Kfz-

Mengen zusammentreffen. In diesem Fall wird auch der Kfz-Bereich zum Aufstellen benutzt.

- Belegungen der Aufstellfläche von ARAS durch Kraftfahrzeuge ergeben sich bei Phasenwechsel der Signalisierung von Grün auf Rot und bei Rückstausituationen. Auch bei starkem Verkehrsaufkommen besteht seitens der Kraftfahrer eine geringere Bereitschaft, die Flächen freizuhalten. Die Präsenz von Radfahrern wirkt sich dagegen positiv aus (Stadt Münster 1996).

Das **Verhalten** der Verkehrsteilnehmer mit und ohne **Interaktionen** mit anderen Verkehrsteilnehmern bietet keine hinreichenden, aber wichtige Hinweise auf die Verkehrssicherheit der verschiedenen Führungsformen und die Bedürfnisse der Verkehrsteilnehmer. Vor allem bei spezifischen - für den Radverkehr komfortablen - Fahrbahnführungen wie bei dem direkten Linksabbiegen oder bei dem Zusammentreffen von geradeausführenden Markierungen für den Radverkehr mit Kfz-Rechtsabbiegestreifen bzw. freien Rechtsabbiegestreifen stellen sich oftmals Bedenken ein. Hierzu finden sich folgende Aussagen....

....zu freien Rechtsabbiegefahrbahnen mit vorgelagerten Abbiegestreifen:

- Kritische Situationen bei der Fahrbahnführung können sich im Vorfeld des Knotens bei freien Rechtsabbiegefahrbahnen mit vorgelagerten Abbiegestreifen ergeben. Diese werden in der Regel dadurch verursacht, dass abbiegende Kraftfahrer geradeausfahrenden Radfahrern den Weg abschneiden oder in zu geringem Abstand hinter ihnen vorbeifahren (ANGENENDT 1984a).
- Geradeausführende Radfahrstreifen links neben freien Rechtsabbiegefahrbahnen werden trotz Einfärbung häufig von rechtsabbiegenden, im Knotenstau stehenden Kraftfahrzeugen blockiert (ANGENENDT 1989).
- 70-75 % der rechtsabbiegenden Kraftfahrzeuge queren bei freien Rechtsabbiegefahrbahnen hinter den Radfahrern; hierbei können die Radfahrer unbeeinflusst weiter fahren, während die Kraftfahrer ihre Geschwindigkeit anpassen müssen (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).
- Aufgrund der guten Sichtbeziehungen und der Eindeutigkeit der Fahrbeziehung verlaufen die Interaktionen zwischen Radfahrern und Kraftfahrern bei freien Rechtsabbiegefahrbahnen seitens der Kraftfahrer vorausschauend (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).
- Es wurde festgestellt, dass Radfahrer auf Radfahrstreifen selbstbewusster als auf Radwegen

auftreten und kaum behindert werden, wenn Kraftfahrer vor ihnen queren (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992)

....zum Aufstellverhalten:

- Die Breite der Radfahrstreifen übt einen Einfluss darauf aus, ob sich die Radfahrer hintereinander ($B \leq 0,8$ m) oder deutlich versetzt zueinander ($B \geq 1,0$ m) aufstellen (ANGENENDT 1984a).
- RICHARD et al. (1986) führen an, dass es bei ARAS unklar ist, wie sich linksabbiegende Radfahrer verhalten sollen, die bei starkem Kfz-Verkehr während der Grünzeit eintreffen.
- Radfahrer nehmen größtenteils das Angebot der vorgelagerten Aufstellbereiche im gewünschten Sinne wahr, so dass es beim Anfahren zu keinen Überschneidungen der Fahrlinien von Kraftfahrzeugen und Radfahrern kommt. Wenn keine ausreichende Gasse zum Vorbeifahren vorhanden ist, dann fährt ein Teil der Radfahrer über den Gehweg in den Aufstellbereich (Stadt Münster 1996).

.... zum Querungsvorgang:

- Ein Teil der Radfahrer schert im Knoteninnenbereich über die Markierung nach rechts aus, um den Abstand zu den Kraftfahrzeugen zu erhöhen. Einzelne Radfahrer verlassen meist zum Überholen beim Anfahren und Queren den Streifen nach links (ANGENENDT 1984a).

Diese Verhaltensweisen führen aber nicht zwangsläufig zu **Konflikten** oder zu **Unfällen**, wie folgende Analysen zeigen:

- Bei der Unfallanalyse erwiesen sich Fahrbahnführungen (Mischverkehr bzw. Radfahrstreifen) sicherer als Radwegführungen. (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).
- Auch bei langgezogenen Abbiegestreifen vor freien Rechtsabbiegefahrbahnen kam es bei den untersuchten Beispielen kaum zu Unfällen. Zudem ist die Unfallschwere im Vergleich zu anderen Führungsformen geringer, da sich die Unfälle überwiegend im Längsverkehr mit gleichgerichteten Verkehrsteilnehmern ereignen (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).
- Bei Rechtsabbiegestreifen kommt es zu einzelnen Konflikten, wenn abbiegende Kraftfahrer noch versuchen, geradeausfahrende Radfahrer zu überholen und dann doch beim Einordnen scharf abbremsen müssen. (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).

- Die Konflikte beim Einordnen sowie beim Annähern zum direkten Linksabbiegen (Aufweitungsbereich des Knotens) sind leichter Art und ereignen sich fast immer im Bereich noch nicht vorhandener oder noch nicht voll aufgeweiteter Radfahrstreifen (ANGENENDT 1984b).

Hinsichtlich der Ausgestaltung des Knotens und der Markierungsführung werden folgende Empfehlungen gegeben:

- Die Regelbreite bei einstreifigen Radfahrstreifen sollte $1,0$ m + $2 \times 0,25$ m Markierungsbreite betragen. Im Annäherungsbereich kann die Radfahrstreifenbreite u.U. auf $0,8$ m (Innenmaß) reduziert werden (ANGENENDT 1984a).
- Die Breite der Radfahr- und Angebotsstreifen sollte $1,25$ m nicht unterschreiten (Stadt Münster 1996).
- HUPFER empfiehlt, Schutzstreifen an Kreuzungen, Einmündungen und stark frequentierten Zufahrten besonders hervorzuheben: "Geeignet ist die Markierung einer Radfahrerfurt und/oder die rote Einfärbung des Schutzstreifens in diesem Bereich" (HUPFER 2000).

Weitere **Empfehlungen** betreffen

.... das direkte Linksabbiegen:

- Wegen der besonderen Gefährdung linksabbiegender Radfahrer sollten an verkehrsreichen und schnell befahrenen Knotenpunkten immer besondere Maßnahmen zur direkten oder indirekten Führung vorgesehen werden (RICHARD et al. 1986).
- Bei schmaleren Querschnitten und somit beengten Platzverhältnissen sollte der Markierung von Radfahrstreifen für den Linksabbiegeverkehr der Vorrang gegenüber Radstreifen für andere Richtungsbeziehungen gegeben werden, da hierdurch der größte Sicherheitsgewinn zu erwarten ist (ANGENENDT 1984a).
- Beim direkten Linksabbiegen sollte Radfahrern bereits im Sortierbereich ein Radfahrstreifen angeboten werden. Ist dies aus Platzgründen nicht zu realisieren, so sind Radfahrstreifen auf jeden Fall im Aufstellbereich und Anfahrbereich anzulegen (RICHARD et al. 1986).
- An großen Knotenpunkten kann es günstig sein, dass Radwege in den Knotenpunktzufahrten in Radfahrstreifen übergehen, damit wird auch das direkte Linksabbiegen von Radfahrern ermöglicht (RICHARD et al. 1986; SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).

- Positiv für den Verkehrsablauf hat sich das weite Hineinziehen der Markierungen für direkte Linksabbieger bis in den Knotenmittelpunkt erwiesen. Die Markierung von Linksabbiegestreifen hat sich bei Anwesenheit von Radfahrern als vorteilhaft zur Steigerung der Leistungsfähigkeit gezeigt (ANGENENDT 1984a).

.... freie Rechtsabbiegefahrbahnen mit vorgelagerten Abbiegestreifen:

- Zur Verkürzung des Konfliktbereiches zwischen geradeausfahrenden Radfahrern und rechtsabbiegenden Kraftfahrern kann bei Rechtsabbiegespuren eine Sperrfläche markiert werden (RICHARD et al. 1986).
- Radfahrstreifen für geradeausfahrende Radfahrer kommen auch links eines Rechtsabbiegestreifens in Betracht. Diese sollten deutlich markiert und ggf. rot eingefärbt werden (SCHNÜLL/ALRUTZ et al. 1992).

vorgelagerte Aufstellbereiche für den Radverkehr:

- ANGENENDT (1984a) empfiehlt, die Haltlinie für den Radverkehr um etwa 2-3 m (bei höheren Radverkehrsbelastungen 4-5 m) vorzuziehen, um den Radfahrern ein ungestörteres Anfahren zu ermöglichen und kritische Situationen mit Rechtsabbiegern zu entschärfen (vgl. Bild 2).
- SCHNÜLL/ALRUTZ et al. (1992) propagieren ebenso eine vorgezogene Haltlinie und/oder einen kurzen Grünzeitvorlauf für geradeausfahrende Radfahrer, da es dadurch - neben Sicherheitsaspekten - auch zu Leistungsfähigkeitsvorteilen auf gemischt genutzten Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr kommt.
- Als Voraussetzung für die Anlage eines ARAS wird ein Radfahrstreifen in der Knotenpunktzufahrt genannt, der das Vorbeifahren an wartenden Kraftfahrern ermöglicht (vgl. Bild 3 - RICHARD et al., 1986).
- Um Konfliktströme zu entflechten und den Radfahrern das Vorfahren in den Aufstellbereich zu erleichtern, sollten Radfahr- oder Angebotsstreifen möglichst an allen Richtungsfahrstreifen liegen (Stadt Münster 1996).
- Die Arbeitsgemeinschaft "Fahrradfreundliche Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen" (o.J.) sieht die Vorteile von ARAS bei hohen Anteilen geradeausfahrender oder linksabbiegender Radfahrer.

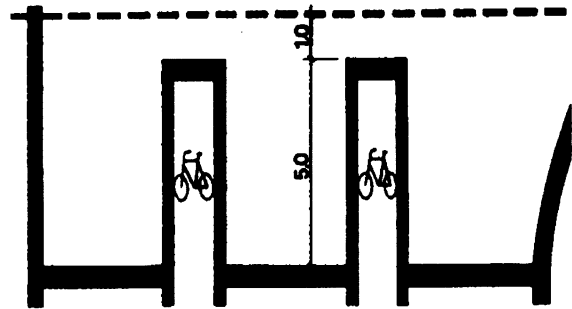


Bild 2: Vorziehen der Haltlinie (Quelle: ANGENENDT 1984a)

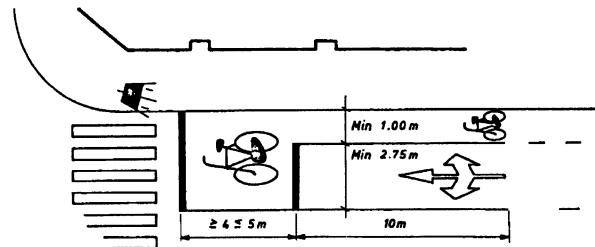


Bild 3: Beispiel eines aufgeweiteten Fahrradaufstellstreifens (Quelle: RICHARD et al. 1986)

- Wenn der Radverkehr starke Linksabbiegerströme aufweist, sollte dessen Konzentration auf nur einen rechts liegenden Radfahr- oder Schutzstreifen vermieden werden (Stadt Münster 1996).
- Die Stadt Münster (1996) bezeichnet ARAS als Radfahrerschleusen ohne Vorsignal, wenn die Führung von der Fahrbahn erfolgt. Hierfür muss für den Kfz-Verkehr ein Zusatzzeichen 1012-35 ("bei Rot hier halten") und für den Radverkehr ein Zusatzzeichen 1022-10 ("Radfahrer frei") angebracht werden (vgl. Bild 4).
- Eine andere Möglichkeit, Radfahrern ein komfortableres Warten und ein sicheres Anfahren zu ermöglichen, sind vorgezogene Aufstellflächen, die vor den Haltlinien des Kfz-Verkehrs markiert werden. Sie unterscheiden sich von den ARAS dadurch, dass sie keine Zuführung von einem Radfahrstreifen oder einem Schutzstreifen besitzen (Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundliche Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen, o.J.).

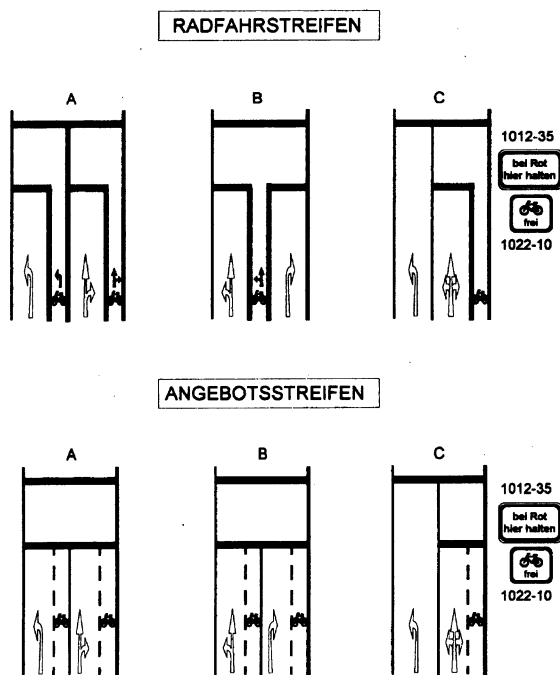


Bild 4: "Radfahrstreifen" bzw. ARAS bei verschiedenen Fahrstreifenanordnungen (Quelle: Stadt Münster 1996)

3.4 Erkenntnisse aus der ausländischen Literatur

Die Auswertung der ausländischen Literatur bezieht sich auf Quellen aus den Niederlanden, Österreichs, der Schweiz, Dänemark und Großbritannien. Dabei sind die in den Ländern zum Teil unterschiedlichen Bezeichnungen und rechtlichen bzw. ausführungstechnischen Voraussetzungen zu beachten.

3.4.1 Schweiz

In der Schweiz werden Markierungen für den Radverkehr stets in der Farbe **gelb** ausgeführt. Die markierten Streifen werden als **Radstreifen** bezeichnet. Dies sind nach der Schweizer SSV (Art. 74, Abs. 5) für Radfahrer bestimmte, mit gelben, unterbrochenen Linien abgegrenzte Fahrstreifen, die ausnahmsweise auf kurzen Strecken auch ununterbrochen sein können. In diesem Fall dürfen sie von Kraftfahrzeugen nicht überfahren werden. Normalerweise dürfen sie von Kraftfahrzeugen (bei unterbrochener Linie) überfahren werden und entsprechen damit den deutschen Schutzstreifen. Fahrradsymbole und Fahrtrichtungspfeile können

in gelber Farbe auf Radstreifen markiert werden. Wie die deutschen Radfahrstreifen – und die den Schutzstreifen entsprechenden österreichischen Mehrzweckstreifen – sind sie benutzungspflichtig. Innerorts sind sie 1,5 m (1,3 m an Engstellen oder bei geringen Verkehrsmengen) breit, wenn sie am Fahrbahnrand verlaufen. In 1,7 m Breite (1,5 m an Engstellen oder bei geringen Verkehrsmengen) verlaufen sie zwischen Fahrstreifen. Zugaben von 0,1 bis 0,3 m sind bei Steigungen ($\geq 4\%$), bei starkem Rad- bzw. hohem Schwerverkehrsanteil außerorts vorgesehen. Sie sollen allerdings eine Breite von 2,0 m nicht überschreiten.

Den deutschen Bezeichnungen vergleichbar sind

- **Vorgezogene Haltelinien:** sie werden mindestens 2 m vor den Kfz-Haltlinien an LSA-Knoten – auch auf Linksabbiegestreifen - markiert und zwar auch dann, wenn die Breite für Radstreifen zu schmal ist.
- **Ausgeweiteter Radstreifen:** ein sich über die gesamte Fahrstreifenbreite erstreckender Radstreifen mit zugehörigem Aufstellbereich an LSA-Knoten, mit Fahrradsymbol gekennzeichnet.
- **Radstreifen auf (Kfz-)Linksabbiegestreifen und Geradeausstreifen** (je nach Verkehrsmenge je Richtung) bei genügend breiten Fahrstreifen, ausgeführt mit vorgezogener Haltelinie bei starker Linksabbiegebeziehung oder – nur bei LSA-Knoten – mit ausgeweitetem Radstreifen bei starker Geradeausbeziehung.

In Deutschland weniger bekannt sind

- Fahrstreifen zum Vorsortieren für das Linksabbiegen;
- Gemeinsame Rechtsabbiegestreifen: bei beengten Knoten ohne LSA, mit Hauptrichtung Radverkehr geradeaus, Kfz-Verkehr rechtsabbiegend; Radsymbole und Geradeaus-Pfeile sind auf dem linken Fahrstreifenanteil angeordnet.
- Linksabbiegefläche (Aufstellbereich): innerorts bei beengten Verhältnissen, starkem linksabbiegender Radverkehr und wenig linksabbiegender Kfz-Verkehr, z.B. geschützt hinter einer Insel, geschütztem Mittelbereich.

Als **Gestaltungsgrundsatz** gilt, dass sich Radfahrer am Knoten im Blickfeld der Kfz-Lenker befinden sollen. Für linksabbiegende Radfahrer sind an großen Knoten geschützte Warteflächen, Vorsortierstreifen und auf vortrittsberechtigten Straßen Linksabbiegestreifen vorzusehen.

Indirektes Linksabbiegen wird empfohlen bei

- starkem Kfz-Verkehr (mehr als 800 Kfz/h und Richtung),
- zwei oder mehr Geradeausstreifen,
- geringer Zahl linksabbiegender Radfahrer oder bei Linksabbiegemöglichkeit nur für Radfahrer,
- vielen ungeübten Radfahrern,
- fehlendem Raum für Vorsortierstreifen.

Die Warteflächen für indirektes Linksabbiegen müssen genügend groß sein, auf sie muss klar und frühzeitig hingewiesen werden (z.B. durch Beschilderung), ggf. sind separate Radverkehrssignalgeber nötig. Jeweils zu prüfen ist, ob gleichzeitig indirektes oder direktes Linksabbiegen angeboten werden kann.

Die einzelnen **Knotenelemente** sind wie folgt zu markieren (**Art, Ausgestaltung, zu beachtende Maße**):

- gemeinsame Rechtsabbiegestreifen: empfohlen bei Knoten ohne LSA auf Hauptverkehrsstraßen (Hauptverkehrsrichtung Kfz rechts, Radverkehr geradeaus). Auf bis zu 30 m Länge ist der Fahrbereich für Radfahrer mit Radsymbol und gelben Pfeilen zu markieren;
- ausgeweiteter Radstreifen: Anwendung bei vorwiegend linksabbiegender Rad- und geradeaus fahrendem Kfz-Verkehr oder vorwiegend geradeaus fahrendem Rad- und rechtsabbiegender Kfz-Verkehr, hauptsächlich auf wartepflichtiger Straße, wenn die Rotphase länger als die Grünphase dauert. Gelbe Haltlinie vor weißer über die gesamte Fahrstreifenbreite, Radsymbol zwischen den Haltlinien, 4-6 m lang, mindestens 10 m vor der Haltlinie durchgezogene Radstreifenlinie (bzw. 1 m breiter Durchlass ohne vorhergehenden Radstreifen) markieren, auch auf Linksabbiegestreifen möglich;
- vorgezogene Haltlinie: Anwendung bei LSA-Knoten für geradeaus fahrenden und rechtsabbiegender Radverkehr. Auch auf Linksabbiegestreifen, ≥ 2 m lang und auch ohne Radstreifen bei beengten Verhältnissen markierbar;
- indirektes Linksabbiegen: Anwendung auf vortrittsberechtigter Straße in Knoten mit Lichtsignalanlage, erfordert separate Detektoren und separate Signalgeber für linksabbiegender Radfahrer. Von zwei Haltlinien im rechten Winkel begrenzte, mit Radsymbol und Richtungspfeil markierte Wartefläche hinter „Haifischzähnen“ (Fahrbahnbegrenzung der vortrittsberechtigten Straße);

- Linksabbiegefläche (Aufstellbereich): Anwendung primär innerorts bei wenigen linksabbiegender Kraftfahrzeugen, stärkerem linksabbiegender Radverkehrsanteil. Mindestens 1,5 m breit mit Radsymbol und Richtungspfeil (bzw. ohne Radsymbol, wenn auch Kfz links abbiegen) zu markieren;
- Zweiradschleuse: Anwendung bei LSA-Knoten bei starkem geradeaus fahrenden Kfz-Verkehr auf Hauptverkehrsstraßen, vorteilhaft bei mehr als einem Geradeaus-Fahrstreifen, erfordert separaten Signalgeber für linksabbiegender Radverkehr (Leistungsverlust für LSA). Als durch LSA-Insel vom Geradeaus-Fahrstreifen getrennter Radstreifen mit Haltlinie und Piktogrammen hinter Haifischzähnen ausgeführt.

Einsatzgrenzen oder Verkehrsstärken werden nur für indirektes Linksabbiegen (s.o. Grundsätze) vorgegeben, d.h. bis zu diesen Grenzen ist direktes Linksabbiegen zu ermöglichen.

Für **Konfliktsituationen** und Verflechtungsbereiche werden bei Mischverkehr und Radstreifen folgende **Empfehlungen/Lösungsansätze** gegeben:

- Rechtsabbiegender Kfz-Verkehr/geradeaus fahrende Radfahrer: vorgezogene Haltlinie, ausgeweiteter Radstreifen, Zweiradweiche;
- Linksabbiegender Radverkehr (bei Mischverkehr und Radstreifen ohne LSA):
Zufahrtverflechtung: indirektes Linksabbiegen, Verengung durch Insel vor Vorsortierung, genügend lange Verflechtungsstrecke;
Vorsortierbereich: Radstreifen auf Linksabbiegestreifen, Linksabbiegefläche, indirektes Linksabbiegen;
Abbiegen: geschützter Mittelbereich, indirektes Linksabbiegen.
- Linksabbiegender Radverkehr (bei Mischverkehr und Radstreifen mit LSA):
Zufahrtverflechtung: ausgeweiteter Radstreifen, indirektes Linksabbiegen, Zweiradschleuse, Verengung durch Insel vor Vorsortierung, genügend lange Verflechtungsstrecke;
Vorsortierbereich: ausgeweiteter Radstreifen, Radstreifen auf Linksabbiegestreifen, indirektes Linksabbiegen, Zweiradschleuse;
Abbiegen: geschützter Mittelbereich, indirektes Linksabbiegen, separate LSA-Phase für Linksabbieger.

Für die Berücksichtigung des Radverkehrs bei der Signalisierung wird empfohlen:

- Bei Veloampeln mit einem Leuchtfeld von 100 mm und Radsymbol sollte der Signalgeber für

Rot auf einer Höhe von ca. 1,80 m ab Fahrbahn liegen.

- Zur verkehrsabhängigen Steuerung sind Schleifen, Drücker und Bewegungsmelder sinnvoll. Separate Schleifenanlagen in einem Radstreifen liefern die besten Ergebnisse.
- Zu vermeiden sind Konfliktgrün zwischen rechtsabbiegenden Kfz und Radfahrern, falsche Fahrspuraufteilung (kombinierte Linksabbiege-/Geradeausspur); besser ist die Kombination von Geradeaus/Rechtsabbiegespur mit separatem Linksabbiegen.

Untersuchungen oder Beobachtungen zum **Verhalten** bzw. zu Interaktionen der Radfahrer und Kfz-Lenker, zu Unfällen oder zur **Akzeptanz** markierungstechnischer Lösungen werden in der ausgewerteten Literatur nicht angeführt.

Unterschiede zu deutschen Regelwerken oder Empfehlungen bestehen hauptsächlich in der zusätzlichen Anwendung der sogenannten „Haifischzahnmarkierung“.

3.4.2 Österreich

Die den Schutzstreifen entsprechenden **Mehrzweckstreifen** sind benutzungspflichtig.

Die Führung von Radfahr- bzw. Mehrzweckstreifen im Kreuzungsbereich sind trotz der 20. StVO-Novelle noch nicht klar genug geregelt (vgl. SCHRAMMEL/ROBATSCH 1999, S. 81). Als **Knotenelemente** geläufig sind aufgeweitete Radaufstellstreifen auf der untergeordneten Straße, Linksabbiegestreifen mit vorgezogener Haltlinie, vorgezogene Haltlinie(n) für geradeaus fahrende und rechtsabbiegende Radfahrer und Radfahrerfurten auf der übergeordneten Straße.

In Österreich werden Radfahrer-Geradeausstreifen an Knotenzufahrten mit eigenem Kfz-Rechtsabbiegefahrstreifen als **abweisende Radfahrerfurt** bezeichnet (vgl. RAUH 1995), da der links des Rechtsabbiegefahrstreifens liegende Radfahrer-Geradeausstreifen vom Fahrbahnrand abweist. Dieser Verflechtungsbereich zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen kann ebenso mit einem sogenannten **qualifizierten Rechtsabbiegestreifen** entschärft werden. Geradeaus fahrende Radfahrer benutzen die linke Hälfte des mit Radsymbol und Geradeaus-Pfeil markierten Kfz-Rechtsabbiegestreifens. Diese Lösung entspricht dem schweizerischen gemeinsamen Rechtsabbiegestreifen.

1988 wurden von der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen Vorgaben für die **Ausgestaltung der Knotenelemente** gemacht:

- Für das **indirekte Linksabbiegen** von einer verkehrszeichengeregelten, bevorrechtigten Straße sind **rechts oder links** neben der Radwegfurt über die Einmündung **angeordnete Aufstellflächen** auszubilden. Diese sind mit Radpiktogramm, Richtungspfeil und rechtwinklig angeordneten Haltlinien markiert, wobei die Breitstrich-Blockmarkierung dann an dieser Fläche nach rechts zum Fußgängerüberweg bzw. die Furtbegrenzung nach links verlagert ist. Bei (Auffang-)Radfahrstreifen (1,6 m breit) mit um mindestens 2 m vorgezogener Haltlinie an LSA-geregelten Kreuzungen wird die Furtlinie nach rechts bzw. links versetzt.
- Zum **direkten Linksabbiegen** an LSA-geregelten Kreuzungen dienen **Linksabbiegestreifen** (sogenannte „deutsche“ Lösung) mit vorgezogener Haltlinie oder mindestens 3 m lange **aufgeweitete Aufstellstreifen** (sogenannte „holländische“ Lösung), die sich auch über zwei Richtungsfahrstreifen erstrecken und richtungsbezogen aufgliedert sind.
 - Für die **Lichtsignalregelung** gelten folgende Grundsätze:
Geradeaus fahrende Radfahrer sollen die Querstraße ohne Zwischenaufenthalt an Inseln queren können.
Bei Konfliktpunkten mit Abbiegern sollen Radfahrer und Fußgänger eine „voreilende Grünphase“ erhalten.
Bei starken Kfz-Abbiegeströmen soll der Radverkehr in eigenen Phasen konfliktfrei geführt werden.
Der Radverkehr soll unmissverständliche eigene Signale erhalten, wenn er nicht gemeinsam mit Kfz- oder Fußverkehr gesteuert wird.

Einsatzgrenzen oder Verkehrsstärken sind in der ausgewerteten Literatur ebenso wenig angegeben wie Untersuchungsergebnisse zum **Verhalten**, zu **Unfällen** oder zur **Akzeptanz** markierungstechnischer Lösungen an Knoten.

Empfehlungen zum Linksabbiegen gibt RAUH (1995, S. 95 ff):

- Direktes Linksabbiegen als Regel.
- Indirektes Linksabbiegen als Zusatzangebot (z.B. bei LSA-Kreuzungen mit mehr als einem durchgehenden Fahrstreifen pro Fahrtrichtung).
- Aufstellflächen für indirektes Linksabbiegen sind als Bodenmarkierungen auszuführen, auf

eine zusätzliche Hinweisbeschilderung sollte verzichtet werden, da sie einem Verbot des direkten Linksabbiegens gleichkäme (vgl. RAUH 1995, S. 96).

- Linksabbiegestreifen für Radfahrer zur Verhinderung von Konflikten zwischen dem Linksabbiege- und Geradeausfahrstreifen.
- Linksabbiegestreifen mit reduzierter Breite (1,5 m statt 3,0 m) bei Abbiegebuchten von 5 bis 8 m Länge auf 7,5 m breiten Fahrbahnen.
- Mehrzweckstreifen als Abbiegehilfe in der Fahrbahnmittle (ab Fahrbahnbreiten von 7 m).
- Fußgängerinseln als Abbiegehilfe für Radfahrer.
- „Aufgeblasene“ Radfahrstreifen zur Entflechtung der Konfliktpartner bei LSA-Wartezeiten, v.a. bei längerer Rotphase in Nebenstraßen.
- Die Radfahrerschleuse wird als aufwendige Variante des AFAS bewertet, die nur bereits eingeordneten Radfahrern bei Grün zugute kommt.

Empfehlungen zur Signalisierung von RAUH (1995):

- Signalisierung gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr oder mit speziell eingestellter Radfahrer-LSA.
- Positionierung der Radfahrer-LSA unmittelbar nach der Haltlinie des Fahrradverkehrs (nicht am gegenüberliegenden Fahrbahnrand).

Vorgabezeit von einigen Sekunden für Radfahrer.

3.4.3 Niederlande

Das niederländische Planungshandbuch "Radverkehrsplanung von A bis Z" (C.R.O.W. 1994) - auf das sich, wenn nicht anders vermerkt, die folgenden Anmerkungen beziehen - spricht neben der

Frage nach der Anwendung des Separations- oder Mischprinzips an Knoten auch die Frage der Verflechtung von Rad- und Kfz-Verkehr im Zufahrtsbereich an. Bei der Fahrbahnführung des Radverkehrs finden im Zufahrtsbereich des Knotens Verflechtungsbewegungen zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und rechtsabbiegenden Kraftfahrern sowie zwischen linksabbiegenden Radfahrern und geradeausfahrenden Kraftfahrern statt (vgl. Bild 5). Diese Verflechtungsbewegungen sind bei hohen Kfz-Geschwindigkeiten gefährlich, wie sie v.a. bei Knotenpunkten ohne Signalregelung oder bei langen Grünphasen bzw. Dauergrün für die Hauptrichtung vorkommen. Deshalb werden für die Fahrbahnführung folgende **Einsatzgrenzen** vorgeschlagen:

- Damit eine sichere Verflechtungsbewegung stattfinden kann, sollte die mittlere Geschwindigkeit des Kfz-Verkehrs im Verflechtungsbereich nicht höher als 30 km/h sein, damit der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Kfz und Fahrrad nicht mehr als 10 km/h beträgt (bei einer mittleren Geschwindigkeit des Radverkehrs von 20 km/h).
- Das direkte Linksabbiegen soll auf Vorfahrtsstraßen an Knotenpunkten nicht zugelassen werden, wenn der nachfolgende Kfz-Verkehr den Knotenpunkt mit unveränderter Geschwindigkeit passieren kann.
- Beim direkten Linksabbiegen sollten linksabbiegende Radfahrer nicht mehr als einen Fahrstreifen kreuzen.
- Die Führung des direkten Linksabbiegens sollte nicht angewandt werden, wenn die Linksabbiegespur in einer Rechtskurve liegt, da dann die Radfahrer eine ungenügende Sicht auf den Autoverkehr besitzen.

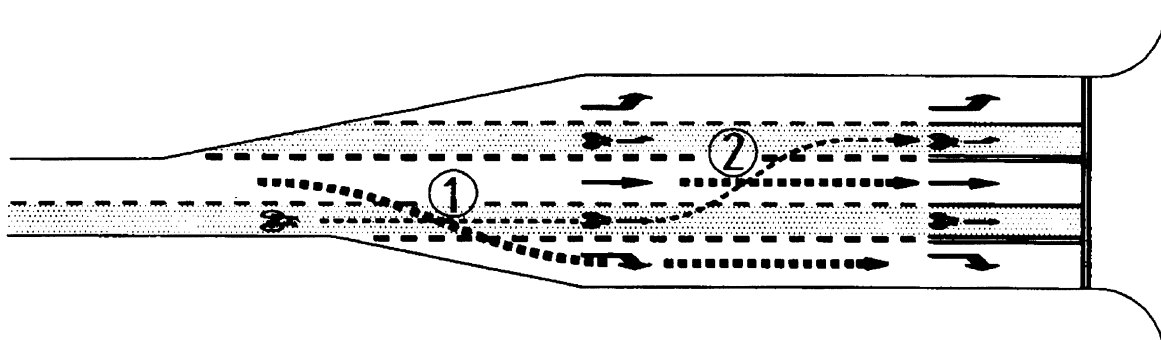


Bild 5: Verflechtungsbeziehungen im Zufahrtsbereich eines Knotens (Quelle: C.R.O.W. 1994)

Damit die Fahrbahnführung für Radfahrer sicher und komfortabel ist, werden für die **Ausgestaltung** und **Markierung** von Knoten folgende Empfehlungen angegeben:

- C.R.O.W. gibt als Mindestbreite 1,75 m (absolutes Minimum 1,5 m) für Fahrstreifen für den

Radverkehr an signalgesteuerten Knoten an, damit zwei Rad- oder Mopedfahrer sich nebeneinander an der Haltlinie aufstellen können bzw. zwei Rad- oder Mopedfahrer am Anfang des Aufweitungsbereichs von Knoten an wartenden Kraftfahrern vorbeifahren können (vgl. Bild 6).

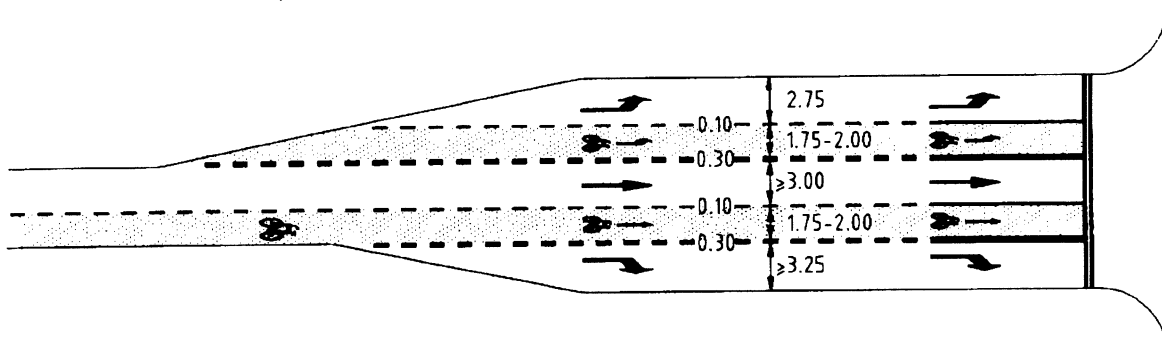


Bild 6: Mindestbreiten der Aufstellstreifen für Radfahrer und Kraftfahrer (Quelle: C.R.O.W. 1994)

- Um das Mitbenutzen durch Autofahrer zu verhindern, sollten die Fahrstreifen für den Radverkehr nicht breiter als 2,0 m sein.
- Bei eigenen Fahrstreifen für den Radverkehr können die nebenliegenden Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr schmäler ausgeführt werden als bei Mischverkehr.

.... für geradeausfahrende Radfahrer:

- An lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten wird die Anlage eines Radfahrstreifens oder eines Schutzstreifens (Suggestivstreifens) für geradeausfahrende Radfahrer als notwendig erachtet, damit diese an wartenden Kfz vorbeifahren und sich an der Haltlinie aufstellen können.
- An Knotenpunkten ohne Signalsteuerung hängt die Anlage von Radfahrstreifen oder Schutzstreifen für geradeausfahrende Radfahrer von der Belastung und der Geschwindigkeit (v_{85}) des geradeausfahrenden Kfz-Verkehrs ab.
- Bei Knotenpunkten ohne Vorfahrtregelung werden Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen nicht im Knotenpunkt durchgezogen, damit keine Unklarheiten über die Vorrangregelung entstehen. In diesem Fall werden die Markierungen in einiger Entfernung vor dem Knotenpunkt unterbrochen (vgl. Bild 7).
- Bei Vorfahrtregelung werden nur die Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen auf der untergeordneten Straße unterbrochen, die auf der übergeordneten Straße jedoch weitergeführt (vgl. Bild 8).
- Bei starkem Rechtsabbiegeverkehr sollte der geradeausfahrende Radverkehr z.B. durch einen Fahrbahnteiler abgesichert werden, damit

der Fahrstreifen für den Radverkehr nicht blockiert wird. Zusätzlich können sich wartende Radfahrer abstützen und es besteht die Möglichkeit, den Radfahrern bei der Signalsteuerung einen Vorlauf einzuräumen (vgl. Bild 9).

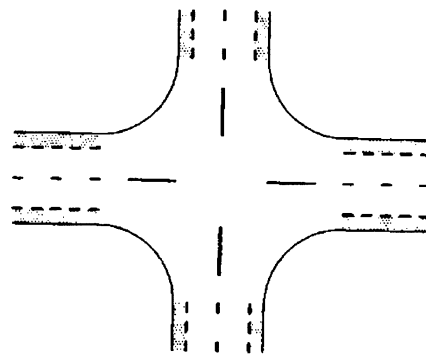


Bild 7: Knotenpunkt ohne Vorfahrtregelung (Quelle: C.R.O.W. 1994)

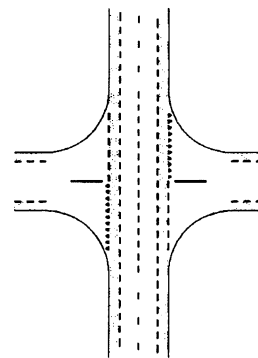
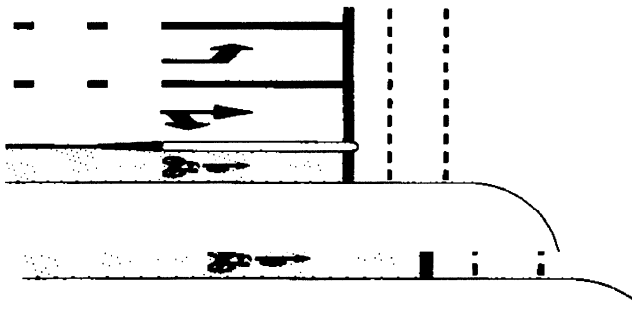


Bild 8: Knotenpunkt mit Vorfahrtregelung (Quelle: C.R.O.W. 1994)



.... für das direkte Linksabbiegen:

- Linksabbiegende Radfahrer müssen den Weg geradeaus fahrender Kraftfahrer kreuzen (2 in Bild 5). Die Anlage von Radfahrstreifen oder Schutzstreifen bei Knotenpunkten ohne Lichtsignalsteuerung hängt von der Stärke des linksabbiegenden Kfz-Stroms ab.
- An signalgesteuerten Anlagen ist die Markierung von Radfahrstreifen oder Schutzstreifen für Linksabbieger meist erforderlich, damit die Durchfahrt zur Haltlinie für Radfahrer nicht blockiert wird.
- An signalgesteuerten Knotenpunkten muss dem links abbiegenden Radverkehr neben der direkten auch eine indirekte Führung angeboten werden.
- Die Fahrstreifen für Linksabbieger sollen im Knoteninnenbereich fortgesetzt werden.

.... für das indirekte Linksabbiegen:

- Indirekt linksabbiegende Radfahrer sollen sich rechts von der Straße bzw. zwischen Fahrbahn und Radfahrerfurt auf einer markierten Aufstellfläche aufstellen können (vgl. Bild 10).

Für die indirekt links abbiegenden Radfahrer ist ein eigener Signalgeber erforderlich.

.... für rechtsabbiegende Radfahrer:

- Vorzugsweise sollten rechtsabbiegende Radfahrer mit Hilfe einer separaten Führung vollständig außerhalb der Signalschaltung rechts abbiegen können ("Freies Rechtsabbiegen") (vgl. Bild 11).
- Alternativ kann Radfahrern das "Rechtsabbiegen bei Rot" gestattet werden, wenn diese eine eigene Aufstellspur besitzen und auf einem Radweg oder einem Radfahrstreifen bzw. einem mindestens 1,0 m breiten Streifen "aufgefangen" werden.

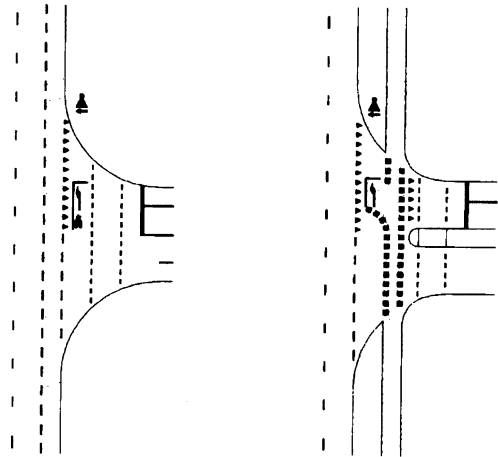


Bild 10: Beispiele für Aufstellflächen zum indirekten Linksabbiegen (Quelle: C.R.O.W. 1994)

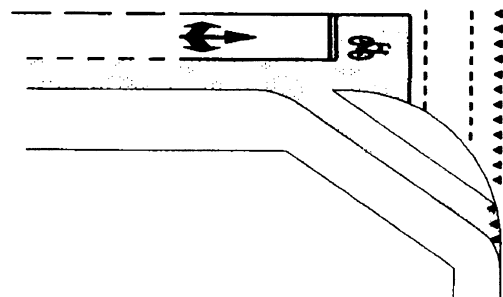
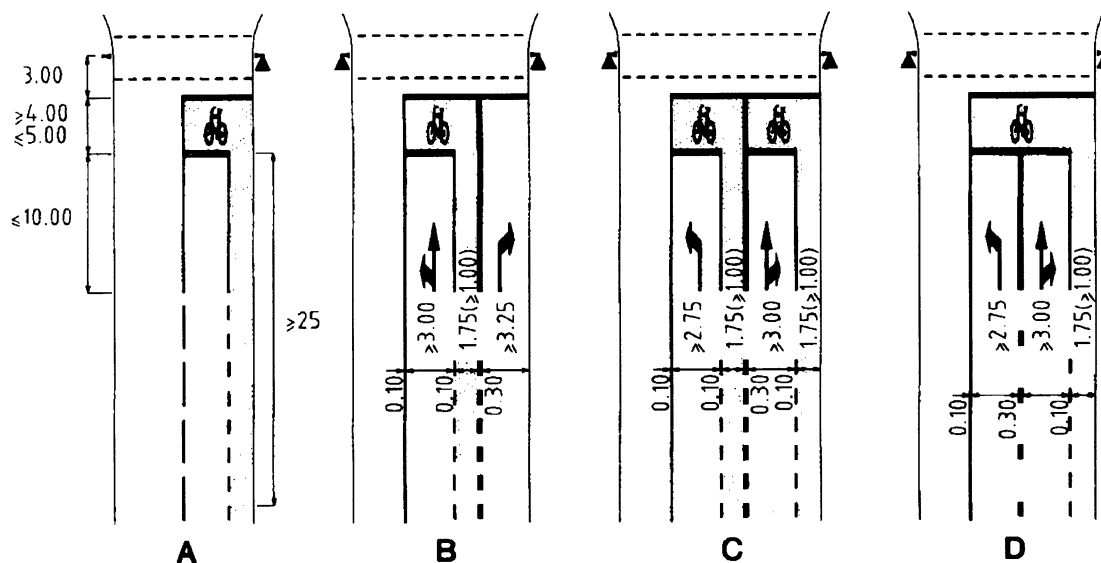


Bild 11: Beispiel eines "Freien Rechtsabbiegers" bei Markierung eines OFOS (Quelle: C.R.O.W. 1994)

.... für vorgelagerte Aufstellbereiche:

Die Verflechtungen beim Anfahren und Queren können durch vorgelagerte Aufstellflächen entzerrt werden. Die **"Opgeblazen fietsopstelstrook"** OFOS bestehen aus einer Aufstellfläche für Rad- und Mopedfahrer sowie einem dazugehörigen einleitenden Radfahr- oder Suggestivstreifen (vgl. Bild 12), damit Radfahrer sich vor den Autofahrern aufstellen und als erste in den Kreuzungsbereich einfahren können.

- Insbesondere für linksabbiegende Radfahrer bringt der OFOS durch eine räumliche Separation Vorteile, v.a. dann, wenn es nur einen Aufstellstreifen für den Kfz-Verkehr gibt.
- In Leiden konnte durch OFOS die Kapazität der Knotenpunkte für Kfz zwischen 2 % und 18 %, für Radfahrer zwischen 11 % und 24 % gesteigert werden (UBA 1983).
- Die Sicherheit der Radfahrer kann durch eine vorgeschaltete "Grün"-Phase (zeitliche und räumliche Separation) verbessert werden (UBA 1983).



- A = Standardausführung
 B = Ausführung bei Rechtsabbiegespur
 C = Ausführung bei Linkssabbiegespur
 D = Ausführung bei Linkssabbiegespur ohne eigene Grünphase

Bild 12: "Aufgeblasene Fahrradaufstellstreifen" (OFOS) (Quelle: C.R.O.W. 1994)

- Bei einer separaten Linksabbiegespur für den Kfz-Verkehr sollte ein eigener OFOS mit einleitendem Radfahr- oder Suggestivstreifen angelegt werden. Es kann aber auch ein einziger OFOS ausreichen, dessen Aufstellfläche sich über beide Fahrstreifen des Kfz-Verkehrs erstreckt. Davon ist aber abzuraten, da linksabbiegende Radfahrer das Verflechten im Vorfeld gegenüber dem Rechtsbleiben bis zum OFOS vorziehen.
 - Bei einer vorhandenen Linksabbiegespur mit eigener Grünphase ist ein separater OFOS für den Linksabbiegeverkehr erforderlich.
 - Bei Rechtsabbiegestreifen kann auf einen eigenen OFOS verzichtet werden, da hier kaum Konflikte zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern auftreten.
 - Die Aufstellfläche des OFOS sollte 4,0-6,0 m lang und mit einem 2,75 m langen Fahrradpiktogramm versehen sein.
 - Der einleitende Radfahrstreifen sollte 1,75 m breit sein, eine Länge von ca. 25 m und Fahrradpiktogramme aufweisen. Die Mindestbreite eines einleitenden Suggestivstreifens beträgt 1,0 m, empfohlen werden 1,5 m.
 - Die letzten 5-10 m vor der Aufstellfläche eines OFOS wird der Radfahr- bzw. Suggestivstreifen mit einer durchgezogenen Linie vom Kfz-Fahrstreifen abgetrennt.
 - Radfahr- oder Suggestivstreifen, die bereits vor dem Knoten markiert sind, müssen in unverminderter Breite bis zum OFOS fortgesetzt werden.
 - Empfohlen wird, die Aufstellfläche und einen Teil des einleitenden Radfahr- oder Suggestivstreifens flächig einzufärben.
- Die Anwendung von OFOS ist aber auf nachfolgende **Einsatzgrenzen** beschränkt:
- Die OFOS werden nur innerorts an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten eingesetzt. Sie sollen maximal bei zwei zuführenden Fahrstreifen zur Anwendung kommen.

3.4.4 Dänemark

Knotenelemente an signalisierten Knoten sind

- die sogenannte rückversetzte Haltlinie (**recessed stop line for motorists**) an Kreuzungen mit Radwegen oder Radfahrstreifen im Vorlauf. Sie entspricht in etwa einer vorgezogenen Halt-

linie für den Radverkehr. Die rückversetzte Haltlinie liegt 5 m hinter der Haltlinie für den Radverkehr, die wiederum unmittelbar hinter dem Fußgängerüberweg liegt. Dadurch befinden sich die Radfahrer aller Fahrtrichtungen stets im Blickfeld der Kfz-Lenker aller Richtungen;

- Radfahrstreifen zwischen Rechtsabbiege- und Geradeaus-Fahrstreifen auf ca. 60 m vor der Haltlinie, wobei der Rechtsabbiegestreifen eine Breite von 3,25 m hat. Dieses Knotenelement wird für Abschnitte empfohlen, auf denen die Kfz-Geschwindigkeiten maximal 50-60 km/h erreichen;
- Kurze Radfahrstreifen mit rückversetzter Haltlinie 30 bzw. 35 m vor dem Fußgängerüberweg und einer Furt im Knoteninnenbereich. Empfohlen wird diese Lösung vor allem für signalisierte Knoten ohne Radwege oder Radfahrstreifen im Vorfeld. Obwohl keine Unfalluntersuchungen dazu vorliegen, wird von erhöhter Sicherheit und besserer Zugänglichkeit für den Radverkehr ausgegangen.
- Über den Knoteninnenbereich geführte Radfahrstreifen (entsprechen Radfahrerfurten) machen die Radfahrer auf die Radverkehrsführung und die Kraftfahrer auf die mögliche Anwesenheit von Radfahrern aufmerksam. In der Minimalversion wird die Furt nur jeweils über die halbe Kreuzung, sonst über die Fahrstreifen beider Richtungen der Querstraße weiß (Furtmarkierung mit Radpiktogrammen) markiert. Markierungen über die halbe Kreuzung und blaue Einfärbung über die gesamte Fahrbahnbreite der Querstraße sind eine untersuchte Variante.

Für die dänischen Knotenelemente wurden **Unfallanalysen vor und nach Einrichtung** einiger beschriebener Knotenelemente durchgeführt:

- Nach Markierung der rückversetzten Haltlinie nahm die Zahl der Unfälle (Datenbasis: insgesamt 382 Unfälle an 30 Kreuzungen) zwischen rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen und geradeaus fahrenden Radfahrern (28 Unfälle, davon 11 während der Freizeit) von 10 Unfällen vor Markierung der rückversetzten Haltlinie auf einen Unfall nach dieser Markierungsmaßnahme ab. In Schweden wurden ähnliche Ergebnisse erzielt.
- Bei den Radfahrerfurten im Knoteninnenbereich nahm die Zahl der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung um 36 % und die Zahl der ernsthaft verletzten Radfahrer um 57 % (Unfallanalyse mit 111 Radfahrern) ab. Die blaue Einfärbung hat im Vergleich zu den anderen Maßnahmen noch

einen zusätzlich unfallmindernden Effekt, obwohl die eingefärbten (Thermoplast-)Flächen bei Regenwetter kritisch sein können.

Eine dänische Markierungslösung an Knotenpunkten geht auf Bemühungen des Danish Road Directorate zurück, für Radfahrer unfallträchtige Knotenpunkte durch **neue markierungstechnisch unterstützte Kreuzungsdesigns** zu entschärfen. 20 bis 30 m vor der Kreuzung gehen Radwege in durch 30 cm breite Profilmarkierungen eingeebte Radfahrstreifen über (vgl. Bild 13) und werden als Radfahrerfurten markiert oder blau eingefärbt über den Knoteninnenbereich weitergeführt. Die Haltlinie für Kraftfahrzeuge ist dabei wiederum um 5 m rückversetzt. Zu diesem Markierungsdesign (ein weiteres bezieht sich auf zusätzlich markierte Radwege und wird deshalb hier nicht berücksichtigt) wurden in Vorher-Nachher-Video-Beobachtungen Verhaltensanalysen durchgeführt. Die **Verhaltens- bzw. Interaktionsbeobachtungen** ergaben insgesamt, dass sich die Sicherheit der Radfahrer durch solche Maßnahmen erhöht. Im Einzelnen wurde festgestellt:

- Mehr Kraftfahrer passen ihre Geschwindigkeit an die Radfahrer an und halten hinter der rückversetzten Haltlinie.
- Radfahrer kommen etwas näher an die Kraftfahrzeuge heran, so dass sie sich frühzeitig registrieren und Unfälle vermieden werden können.

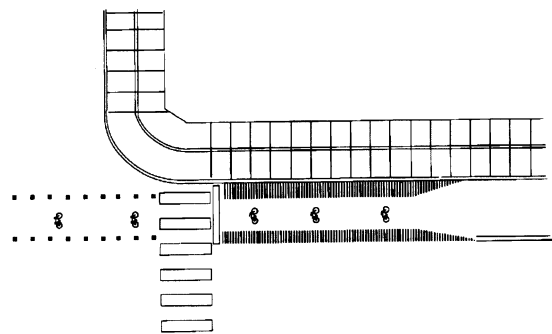


Bild 13: Neuartige dänische Knotenpunktmarkierung (Quelle: Road Directorate 1994)

3.4.5 Großbritannien

Die ausgewertete britische Quelle beschreibt Erfahrungen mit **advanced stop-lines** an vier Kreuzungen in Bristol, Cambridge und Manchester. Obwohl die Bezeichnung mit vorgezogener Haltlinie zu übersetzen wäre, entspricht die Markierungsmaßnahme de facto einem aufgeweiteten Radaufstellstreifen und wird vom Autor auch als

„vereinfachte Ausführung basierend auf dem holländischen Design“ beschrieben. Die Aufstellfläche ist dabei das „reservoir“ mit Radsymbol.

Die **typische Ausführungsform britischer ARAS** hat zwei Lichtsignale (an der Kfz-Haltlinie und an der Radfahrer-Haltlinie) und kurz nach Beginn des zuführenden Radfahrstreifens eine entsprechende Hinweisbeschilderung. Bei der vereinfachten anderen typischen Ausführungsform gibt es nur eine Lichtsignalanlage an der für Radfahrer vorverlegten Haltlinie, und die Kfz-Fahrer werden unmittelbar am Beginn des Radfahrstreifens durch Beschilderung darauf hingewiesen, dass sie bei Rot an der ersten Haltlinie zu warten haben.

Die in den drei Städten an vier ARAS durchgeführten video-unterstützten **Verhaltensanalysen** (mit einer Vorher-Nachher-Untersuchung in Manchester) beziehen neben der Aufstellfläche den Verflechtungsbereich zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und linksabbiegenden Kraftfahrzeugen ein. Der zur Aufstellfläche führende Radfahrstreifen (1,5 m breit) liegt oder beginnt zwischen den beiden Fahrtrichtungsstreifen, die Aufstellfläche selbst erstreckt sich über beide Fahrstreifen.

Die beschriebene vereinfachte Ausführung mit einem Lichtsignal und Schutz- (advisory cycle lane) statt Radfahrstreifen (mandatory cycle lane) wird von den Radfahrern zufriedenstellend angenommen. Auch die Kfz-Fahrer respektieren die Schutzstreifen, mehr jedoch noch den – allerdings grün eingefärbten mit durchgezogener Linie ausgestatteten – Radfahrstreifen in Manchester. Bei der untersuchten vereinfachten Ausführung sind keine Veränderungen bezüglich der Signalsteuerung nötig, dennoch ist die Wirksamkeit der anderen Ausführungsform vergleichbar, wenn ein Radfahrstreifen und eine farblich hervorgehobene Aufstellfläche vorhanden sind.

3.5 Fazit und offene Fragen

Der Schwerpunkt der vorliegenden deutschen Forschungsberichte, die sich mit der Führung des Radverkehrs an innerstädtischen (signalgeregelten) Knotenpunkten beschäftigen, liegt auf Untersuchungen zu sicherheitswirksamen markierungstechnischen Maßnahmen in der Form von Radfahrstreifen und Führungen für linksabbiegende und geradeaus fahrende Radfahrer.

Da diese Untersuchungen bereits vor etlichen Jahren durchgeführt wurden, ist zu hinterfragen, ob deren Ergebnisse noch uneingeschränkt übernommen werden können. Langjährige Veränderungen im Verkehrsgeschehen und der Einsatz zusätzli-

cher markierungstechnischer Maßnahmen - hierzu zählen v.a. die Anwendung von Vorbeifahrstreifen und Schutzstreifen, aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS) und doppelten Haltlinien - werfen neue Fragestellungen auf.

Die niederländische Literatur liefert bereits Erkenntnisse über ARAS. Diese können aufgrund des unterschiedlichen Radverkehrsgeschehens jedoch nicht vollständig auf deutsche Verhältnisse übertragen und sollten aus diesem Grund überprüft werden.

Die Schweizer Literatur gibt ebenfalls für die vielfältigen Markierungslösungen detaillierte Ausgestaltungsformen und auch –maße vor, die längere Erfahrung mit solchen markierungs-technischen Maßnahmen an Knoten belegen. Bei den Empfehlungen (v.a. Schweiz, Österreich) wird in der ausgewerteten Literatur kaum deutlich, inwieweit diese Ergebnisse durch Unfallanalysen und Verhaltensbeobachtungen gestützt sind. Hingegen beruhen die Schlussfolgerungen zu einzelnen Maßnahmen aus Dänemark und Großbritannien auf Unfall- bzw. Verhaltensbeobachtungen.

Laut ERA 95 sollen sich ARAS nur über einen Fahrstreifen erstrecken. Beispiele aus Münster, den Niederlanden, Österreich und Großbritannien zeigen auch über mehr als einen Fahrstreifen markierte ARAS.

Insbesondere die folgenden, noch nicht ausreichend geklärten Fragen wären zu untersuchen:

- Verhalten sich die Radfahrer überhaupt in dem von den Planern beabsichtigten Sinn? Nutzen sie beispielsweise Aufstellflächen in ihrer vollen Breite, oder ist dies abhängig von ihrer Fahrtrichtung?
- Werden die bei beengten Platzverhältnissen markierten Vorbeifahrstreifen (Schutzstreifen) in ähnlicher Weise wie Radfahrstreifen von Kraftfahrern akzeptiert und von Radfahrern angenommen?
- Ergeben sich Sicherheitsdefizite durch geringe Vorbeifahrdistanzen?
- Wie verhalten sich Radfahrer bei markierten doppelten Haltlinien und beengten Platzverhältnissen durch wartende Kraftfahrzeuge?
- Wie werden ARAS von Radfahrern genutzt, insbesondere von Linksabbiegern bei ARAS über zwei Fahrstreifen? Werden ARAS über mehr als einen Fahrstreifen von den Radfahrern angenommen? Sind sie hinsichtlich ihrer Sicherheit mit einstreifigen vergleichbar, wird also die ERA-Empfehlung (nur über einen Fahrstreifen)

durch die Untersuchungen widerlegt oder bestätigt?

- Inwieweit erlauben ARAS für Radfahrer auch bei Eintreffen während des LSA-Grüns sichere Verkehrsvorgänge, insbesondere ein sicheres Linksabbiegen?
- Wird durch die Anlage von ARAS die Knotenleistungsfähigkeit beeinflusst?

4 Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsfallbeispiele

4.1 Typisierung

Das Forschungsvorhaben betrachtet lichtsignalge-regelte innerörtliche Knotenpunkte. Ergänzt wird das Untersuchungskollektiv durch einzelne ver-kehrszeichengeregelte Knoten.

Für die Zuordnung der Knotenpunktmarkierungen zu unterschiedlichen Typen wurde zunächst der Knotenbereich räumlich differenziert in folgende für Radfahrer relevante Bereiche:

- **Aufstellbereich vor Kraftfahrzeugen an der Haltlinie (A),**
- **Annäherungsbereich** – Knotenzufahrt ab Aufweitung – **(B),**
- **Knoteninnenbereich (C),** der alle Orientierungsmarkierungen für Radfahrer umfasst, die jeweils hinter den Haltlinien liegen.

Die weitere Einteilung berücksichtigt die einzelnen **Führungsformen** am Knoten:

- Radfahrstreifen,
- Schutzstreifen,
- Vorbeifahrstreifen

und die hier weniger untersuchungsrelevanten Formen

- Radweg,
- Führung auf Busfahrstreifen.

Die dem Knoteninnenbereich zuzuordnenden mar-kierungstechnischen Maßnahmen betreffen

- Führungshilfen (Furten) für geradeaus fahren-de Radfahrer,
- Führungshilfen (Furten oder Warteflächen) für direkt linksabbiegende oder/und indirekt links-abbiegende Radfahrer.

4.1.1 Aufstellbereich vor Kraftfahrzeugen

Der Aufstellbereich lässt sich anhand von drei Merkmalen beschreiben:

- Art der Führung, mit der die Radfahrer den Aufstellbereich erreichen,
- Fahrtrichtungen des Radverkehrs, die zu be-rücksichtigen sind,
- Fläche des Aufstellbereichs, ob er z.B. die Brei-te der Radverkehrsanlage, die volle Fahrbahn-breite, einen oder mehrere Kfz-Richtungsfahrstreifen ganz oder teilweise ein-nimmt.

Die vor den haltenden Kraftfahrzeugen markierten Aufstellbereiche sind in der Regel **aufgeweitete Radaufstellstreifen (ARAS)**. Sie sind aus Rad-fahrstreifen, Schutz- oder Vorbeifahrstreifen her-vorgehende vorgezogene Aufstellflächen für Rad-fahrer. Kurz vor der Aufstellfläche geht die Leitlinie (Z 340) von Schutz- oder Vorbeifahrstreifen in eine Fahrstreifenbegrenzungslinie (Z 295) über. Alterna-tive Formen sind Aufstellflächen, die die Radfahrer aus dem Seitenraum, aus dem Mischverkehr oder von einem Busfahrstreifen kommend erreichen, ohne dass vor dem Knoten die Radverkehrsführung markiert ist. Diese werden als **doppelte Haltlinie** (Z 294) bezeichnet.

Eine weitere Alternativform beschränkt die Aufstell-fläche auf die Breite des Streifens, ist also lediglich eine **vorgezogene Haltlinie**.

Der Aufstellbereich kann unterschiedlich ausgestal-tet sein (vgl. Bild 14): ein Fahrradpiktogramm ist das häufigste Gestaltungsmerkmal dieser für den Radverkehr reservierten Flächen oder Streifen. Oft werden die Flächen und/oder Piktogramme zusätz-lich mit Richtungspfeilen für den Radverkehr aus-gestattet und/oder vollständig oder teilweise einge-färbt. Am häufigsten ist rot als Einfärbung vertreten. Die Stadt Bonn wählt blau zur Hervorhebung der Radverkehrsflächen bzw. Konfliktbereiche. Manche Markierungen sind auch ganz oder teilweise unter-brochen, weil z.B. nur die Fahrtrichtung links vor ein-em Kfz-Fahrstreifen als Aufstellbereich markiert ist und sich die Fahrtrichtungen geradeaus und rechts hinter einer vorgezogenen Haltlinie auf dem Streifen aufstellen. Die nach links abbiegenden Radfahrer müssen sich dann von dort aus auf den ARAS einordnen. Als Variante sind bei Aufstellbe-reichen anstatt der zweiten, für die Kraftfahrzeuge gültigen Haltlinie auch Wartelinien (unterbrochene Blockmarkierung) zwischen Kraftfahrzeugen und Aufstellbereich mit der Haltlinie kombiniert.

Manche Städte arbeiten mit ortsspezifischen Markierungen, die den Radfahrern und Kfz-Lenkern vorgesehene Führung und Aufstellen verdeutlichen sollen. In Leverkusen und Troisdorf sind dies weiß-rote Markierungslinien, in Hamm sind dies z.B. kleinere Radpiktogramme, die den Fahrverlauf zum Aufstellbereich verdeutlichen.

4.1.2 Annäherungsbereich

Die Zufahrt ab der Knotenaufweitung (B) ist zum einen durch die Führungsform auf Radfahr-, Schutz- oder Vorbeifahrstreifen bzw. auf Radweg oder Busfahrstreifen gekennzeichnet. Zum anderen sind Art und Zahl der Verflechtungsbereiche zwischen Radfahrern und Kfz-Lenkern entscheidend (vgl. Bild 15).

Der Annäherungsbereich ist **ohne Verflechtungsbereich**, wenn die Radfahrer bis zur Haltlinie des Knotens vorfahren können, ohne den Kfz-Verkehr kreuzen zu müssen.

Ein Verflechtungsbereich liegt vor, wenn nach links abbiegende Radfahrer den Fahrstreifen der geradeaus fahrenden Kraftfahrzeuge kreuzen, oder wenn der Fahrstreifen geradeaus fahrender Radfahrer von nach rechts abbiegenden Kraftfahrzeugen gekreuzt wird. Eine Variante ist eine Furt für geradeaus fahrende Radfahrer über eine freie Rechtsabbiegerfahrbahn. Eine weitere Variante sind allein für Radfahrer ausgewiesene Abbiegestreifen.

An entsprechend aufgeweiteten Knoten können auch **zwei Verflechtungsbereiche** links/ geradeaus und geradeaus / rechts vorkommen.

In einer Variante kann der Verflechtungsbereich geradeaus/rechts mit Beginn der Knotenaufweitung durch eine **Veloweiche** für die unterschiedlichen Radverkehrsrichtungen entschärft werden: durch eine bauliche oder markierungstechnische Maßnahme werden frühzeitig rechtsabbiegende und geradeausfahrende Radfahrer entflechtet.

In einzelnen Fällen werden auch dann Schutz- oder Vorbeifahrstreifen angelegt, wenn die Fahrbahnbreite diese nicht mehr neben den Kfz-Fahrstreifen zulässt: in solchen Fällen sind sie in die jeweiligen Kfz-Richtungsfahrstreifen integriert. Vorbeifahrstreifen werden definiert als mit durchbrochener Linie gekennzeichnete Streifen zur Vorbeifahrt an wartenden Kraftfahrzeugen bis zur Haltlinie. Sie entsprechen nicht den Ausgestaltungsbedingungen für Schutzstreifen, sind z.B. schmaler als 1,25 m.

Neben Piktogrammen, Richtungspfeilen, vollständiger oder teilweiser Streifeneinfärbung kann sich

die Ausgestaltung durch ortsspezifische Markierungen (wie z.B. unterschiedlich breite, zusätzliche rote Linien, Führungspfeile oder Piktogramme), zusätzliche Sperrmarkierungen oder Inseln unterscheiden.

Der Annäherungsvorgang der Radfahrer an den Knotenpunkt kann durch sogenannte Radfahrerschleusen, bei denen Radfahrer und Kraftfahrzeuge durch eine Vorsignalanlage im Zufahrtsbereich des Knotens zeitlich separiert werden, geschützt werden.

4.1.3 Knoteninnenbereich

Dieser innere Teil des Knotens umfasst alle markierungstechnischen Führungen für geradeaus fahrende, direkt oder indirekt linksabbiegende Radfahrer. Dabei handelt es sich um Furten, Leitlinien bzw. Führungshilfen oder Abbiegestreifen und Warteflächen für direkt und/oder indirekt links abbiegende Radfahrer.

Die markierungstechnischen Lösungen im Knoteninnenbereich können wie für den Aufstell- und Annäherungsbereich mit Piktogrammen, Richtungspfeilen, Flächen- bzw. Streifeneinfärbung oder ortsspezifischen Markierungen unterschiedlich ausgestaltet werden (vgl. Bild 16).

Die im folgenden aufgeführte Typisierung der markierungstechnischen Elemente von Knotenarmen ist die Zusammenschau der drei Knotenbereiche A, B und C mit den jeweiligen Radverkehrsführungsformen, Varianten/Alternativen und weiteren Ausgestaltungsmerkmalen. An den Knoten finden sich selbstverständlich auch Kombinationen der in drei Bereichsgruppen unterschiedenen Typen:

- A (Aufstellbereich) + B (Annäherungsbereich)
- A (Aufstellbereich) + C (Knoteninnenbereich)
- B (Annäherungsbereich) + C (Knoteninnenbereich)
- A (Aufstellbereich) + B (Annäherungsbereich) + C (Knoteninnenbereich)

A – Aufstellbereich

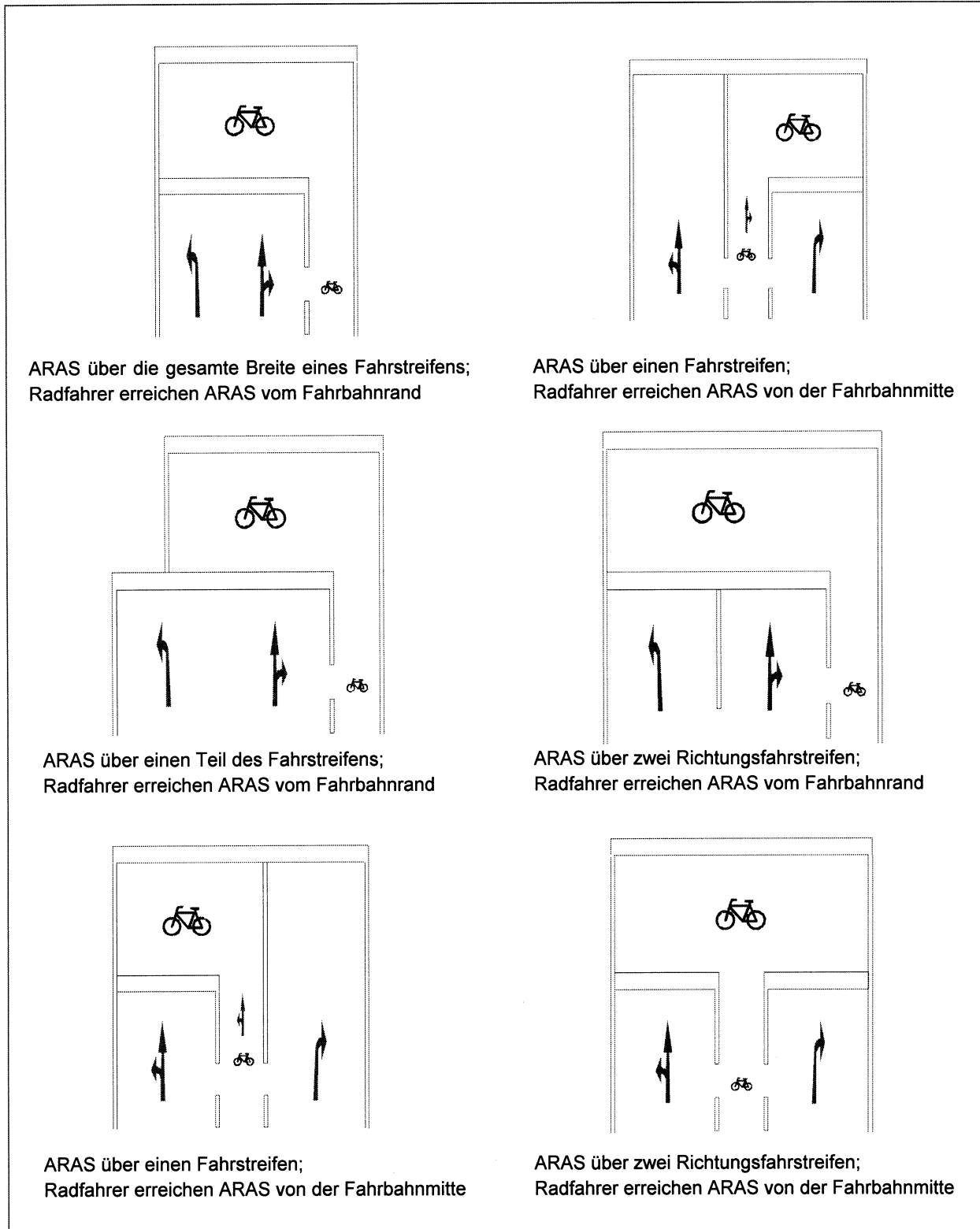


Bild 14: Ausführungsbeispiele für den Aufstellbereich (A)

B – Annäherungsbereich

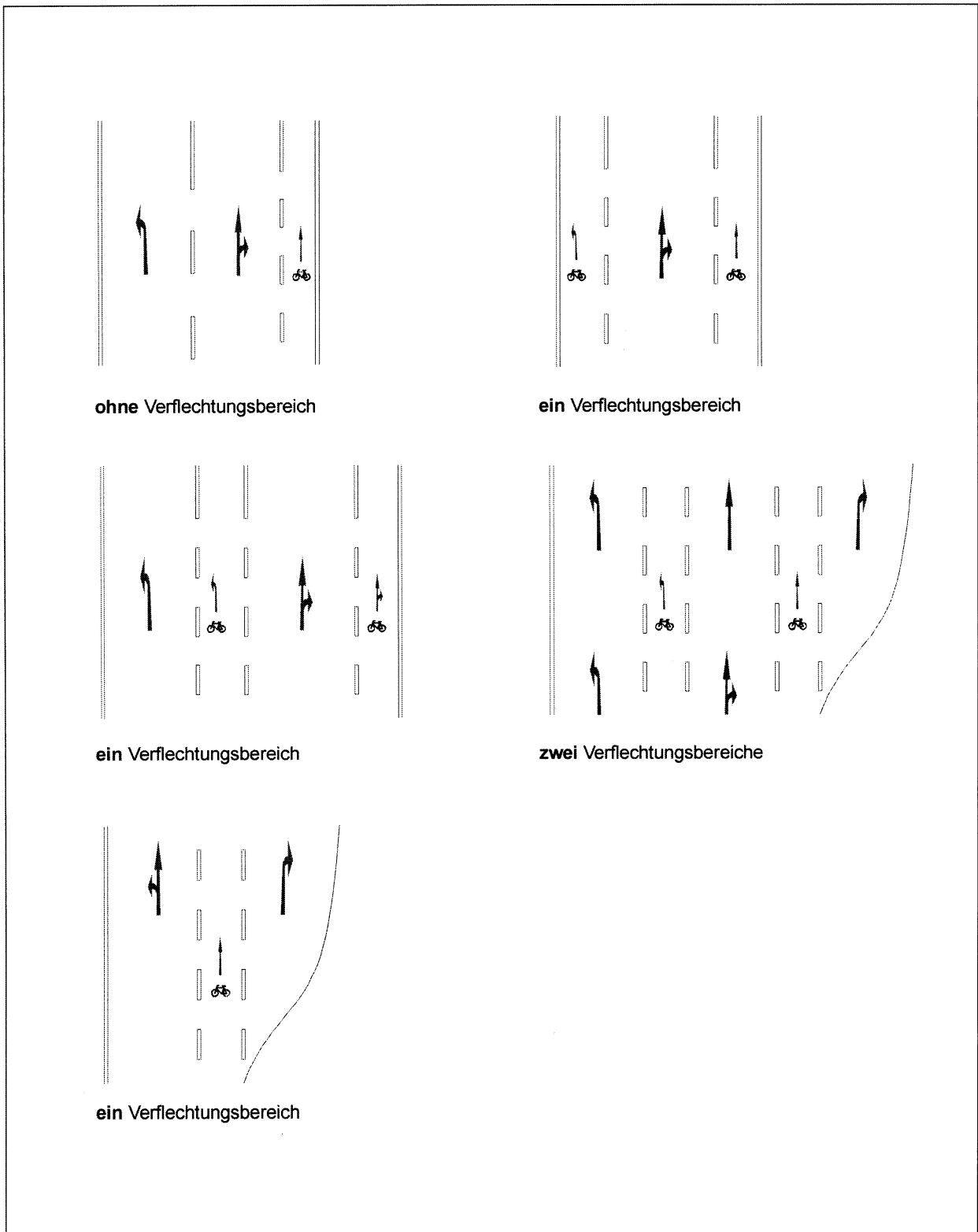


Bild 15: Ausführungsbeispiele für den Annäherungsbereich (B)

C – Knoteninnenbereich

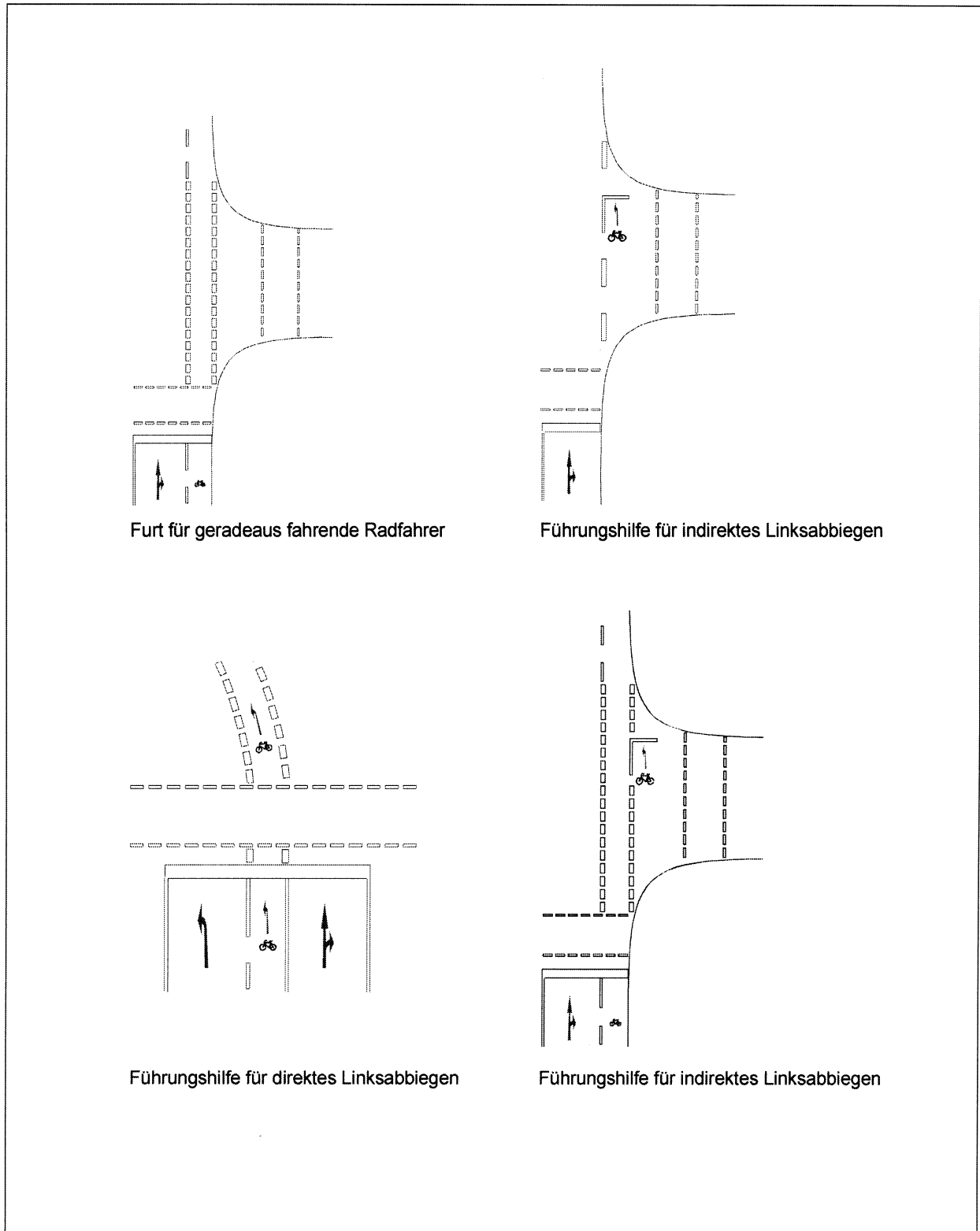


Bild 16: Ausführungsbeispiele für den Knoteninnenbereich (C)

A <u>Aufstellbereich vor Kfz</u>	B <u>Annäherungsbereich</u> Zufahrt ab Knotenaufweitung	C <u>Knoteninnenbereich</u> Orientierungsmarkierungen hinter Haltlinien
<p><u>Grundtypen:</u> ARAS aus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radfahrstreifen (RFS) - Schutzstreifen (SS) - Vorbeifahrstreifen (VS) <p>über</p> <ul style="list-style-type: none"> • einen Kfz-Richtungsfahrstreifen bzw. einen überbreiten Fahrstreifen ohne Mittellinie mit zwei Richtungspfeilen (Fahrtrichtung Radfahrer links, geradeaus, rechts), mehr als einen Kfz-Richtungsfahrstreifen (1,5 oder 2) (l, g, r) • 2 AFAS nebeneinander 	<p><u>Führungsform:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - RFS, - SS, - VS, - Busfahrstreifen, - Radweg (RW) • Verflechtungsbereiche (Kreuzen von Fahrstreifen): - links (Radfahrer) / geradeaus (Kfz) - geradeaus (Radfahrer) / rechts (Kfz) mit Zahl der Verflechtungsbereiche (0, 1, 2) 	<p><u>Grundtypen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Führungshilfen für direktes Linksabbiegen - Führungshilfen für indirektes Linksabbiegen - Führungshilfen/Furten für geradeausfahrende Radfahrer
<p><u>Alternativen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufstellfläche bei Mischverkehr / aus Seitenraum / von Busfahrstreifen (doppelte Haltlinien l, g, r) - Aufstellstreifen mit vorgezogener Haltlinie (l, g, r) 	<p><u>Varianten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Radfahrerschleuse - Abbiegestreifen (l, g, r) nur für Radverkehr, z.B. in eine Einbahnstraße - Veloweiche (RFS/SS) für geradeaus/rechts - Furt über freien Rechtsabbieger - SS/VS in Kfz-Richtungsfahrstreifen integriert <p><u>Ausgestaltungs-differenzierungen:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Piktogramm 2. Richtungspfeile für Radverkehr 3. Streifeneinfärbung (vollständig, teilweise) 4. unterbrochene Markierung 5. ortsspezifische Markierung (z.B. weiß-rote Linien, Führungspfeile/-Piktogramme) 6. VZ 1012-35 (bei Rot hier halten) statt Vorsignal 7. zusätzliche Sperrmarkierung oder Insel 	<p><u>Varianten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Wartefläche für direktes Linksabbiegen (LA) - Abbiegestreifen für direktes LA - Wartefläche für indirektes Linksabbiegen - Furt geradeaus, Führungshilfe hinter Haltlinie - diagonale Furt zum Queren von/auf Zweirichtungsradweg <p><u>Ausgestaltungs-differenzierungen:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Piktogramm 2. Richtungspfeile für Radverkehr 3. Flächen-/Streifeneinfärbung 4. ortsspezifische Markierungen
<p><u>Ausgestaltungs-differenzierungen:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Piktogramm 2. Richtungspfeile für Radverkehr 3. Flächeneinfärbung (vollständig, teilweise) 4. unterbrochene oder Teilmarkierung 5. ortsspezifische Markierungen 6. VZ 1012-35 (bei Rot hier halten) statt Vorsignal 	<p><u>Knotenmerkmale</u></p> <p>Kreuzung / Einmündung mit Lichtsignalanlage (LSA) / Verkehrszeichen (VZ, z.B. bei abknickender Vorfahrt) Radverkehrsführung vor / hinter dem Knoten auf Radfahrstreifen (RFS) / Schutzstreifen (SS)</p>	

Tab. 1: Typisierung der markierungstechnischen Knotenelemente

4.2 Zusammenstellung und Beschreibung

4.2.1 Methodisches Vorgehen

Neben den aus der Arbeitsgemeinschaft fahrradfreundlicher Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen bekannten Markierungslösungen wurden Knotenzufahrten in einer Reihe von Städten fotografiert, die Fahrstreifen und Markierungsflächen für den Radverkehr aufgemessen, die Knotengestaltung skizziert und in einem Erhebungsbogen festgehalten.

Zusätzlich wurden 80 Stadtverwaltungen hinsichtlich markierungstechnischer Maßnahmen für den Radverkehr an Knotenpunkten ihrer Kommune angeschrieben. Die Verwaltungen waren danach ausgewählt worden, ob aus den jeweiligen Städten Markierungslösungen bekannt waren oder aufgrund anderer Radverkehrsmaßnahmen vermutet werden konnten. 27 Verwaltungen antworteten auf das Schreiben. Davon schickten 17 Stadtverwaltungen Fotos und/oder Markierungs- bzw. Signallagepläne, gaben den Zeitpunkt der Einrichtung an oder stellten Zählergebnisse zur Verfügung.

Die Dokumentation der Markierungslösungen sollte

- einen Überblick über die Vielfalt der realisierten Markierungslösungen vermitteln,
- mindestens einem der drei Knotenbereiche A, B, C zuzuordnen sein.

Aus dem Spektrum dieser Markierungslösungen wurden Beispiele dokumentiert, wenn sie neben konkreten Zuordnungskriterien zu den drei Bereichen folgende Anforderungen erfüllten:

- mehrfaches Auftreten von Knotenmarkierungen,
- besonders konsequente Ausgestaltung oder Besonderheiten bei vergleichbaren Ausführungen,
- Verbindungsachse für Radverkehr oder Ziele des Radverkehrs im Umfeld des Knotens.

Ein weiteres Kriterium für die Aufnahme einzelner Markierungslösungen in die Dokumentation war die Möglichkeit für Vorher-Nachher-Untersuchungen, um ggf. unterschiedliches Verhalten der Verkehrsteilnehmer vor und nach der Einrichtung der markierungstechnischen Maßnahmen beobachten zu können.

Bei der Zusammenstellung der Untersuchungsfallbeispiele wurde festgestellt, dass die für die Vorauswahl erhaltenen Pläne häufig nicht in allen Details mit der realisierten Ausführung übereinstimmten. Etliche Markierungslösungen wurden zudem schon vor der StVO-Novelle von 1997 durchgeführt und entsprechen deshalb nicht immer der aktuellen Verwaltungsvorschrift. Dadurch war vor allem die Zuordnung zu den Führungsformen Radfahr-, Schutz- und Vorbeifahrstreifen nicht immer eindeutig.

Folgende Abgrenzung wurde mit dem forschungsbegleitenden Ausschuss abgestimmt:

Radfahrstreifen:

- Ein durch eine durchgezogene Markierungslinie (Breit- oder Schmalstrichmarkierung) abgegrenzter Fahrstreifen für Radfahrer, der auch schmaler als 1,25 m sein kann.
- Der Radfahrstreifen in Regelbreite ist ein einschließlich Breitstrichmarkierung mindestens 1,50 m, möglichst 1,85 m breiter, durch eine ununterbrochene Markierungslinie abgetrennter Fahrstreifen für Radfahrer.

Schutzstreifen:

gemäß Definition VwV-StVO mit Leitlinie (VZ 340, unterbrochen) markierter Streifen von mindestens 1,25 bis zu 1,60 m Breite.

Vorbeifahrstreifen:

mit unterbrochener Markierungslinie gekennzeichneter Streifen zur Vorbeifahrt von Radfahrern an wartenden Kraftfahrzeugen bis zur Haltlinie, der den Einsatzbedingungen für Schutzstreifen nicht entspricht, weil er z.B. schmaler als 1,25 m ist.

Die Vielfalt der ausgeführten Markierungslösungen wurde anhand von 89 Beispielen aus 27 Städten dokumentiert.

Die Vielfalt wird deutlich in der Ausgestaltung der aufgeweiteten Aufstellflächen (ARAS) über eine unterschiedliche Anzahl von Richtungsfahrstreifen, wobei die ERA-Lösung mit zwei benachbarten ARAS über je einen Richtungsfahrstreifen (vgl. ERA 95, S. 53, Bild 44) nicht vertreten ist. Mischformen mit ARAS und vorgezogener Haltlinie an Streifen für Radfahrer für unterschiedliche Fahrrichtungen oder kombinierte Markierungen für direktes und indirektes Linksabbiegen waren ebenfalls anzutreffen. Beispiele für zwei Verflechtungsbereiche, Radfahrerschleusen und mitbenutzte Busfahrstreifen waren jedoch selten.

Aus den 89 im ersten Zwischenbericht dokumentierten Markierungslösungen wurden 50 Fallbeispiele für die Unfallanalyse ausgewählt.

Für die Unfallanalyse wurden zu den ausgewählten Knotenpunkten die Anzeigen der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung ausgewertet, die sich seit Ausführung der Markierung bzw. in den letzten drei Jahren dort ereigneten. Aus den für die Unfallanalyse ausgesuchten Beispielen wurden anschließend die Untersuchungsfallbeispiele für die Verkehrsverhaltensbeobachtungen ausgewählt.

4.2.2 Untersuchungsfallbeispiele

In die Verkehrsverhaltensbeobachtungen einbezogen wurden 31 Zufahrten in 14 Städten. Da in zwei Städten insgesamt drei Vorher-Nachher-Analysen durchgeführt wurden, ergibt sich eine Gesamtzahl von 34 Untersuchungsfallbeispielen (UFB).

Lage und Einsatz der untersuchten Maßnahmen

Die untersuchten Markierungslösungen befinden sich ganz überwiegend relativ innenstadtnah, an Zufahrten zu Stadtteilzentren oder Brücken, sind Verbindungen zwischen Hochschulen oder von/zu Schulen oder zum Bahnhof, also in Nähe wichtiger Ziele von Alltagsradfahrern. Somit liegen sie vorwiegend an Knoten mit Hauptverkehrsstraßen und sind meist auch Hauptverbindungen des Radverkehrs.

In zwei einbezogenen Städten (Leverkusen, Wiesbaden) liegen die Markierungsstandorte eher peripher in der Nähe von Gewerbegebieten, wo die Fahrbahnen ausreichend breit dimensioniert sind, um Aufstellflächen und zuführende Markierungen zu realisieren.

Markierungslösungen an Knoten werden häufig bei der **Schulwegsicherung** eingesetzt. In Soest stehen mehrere Markierungslösungen in Zusammenhang mit dem Schülerverkehr. In Pulheim sind beide untersuchte Markierungslösungen auf Maßnahmen der Schulwegsicherung zurückzuführen. Markierungslösungen sind auch im Erftkreis häufig eingesetztes Element der Schulwegsicherung. Einige im ersten Zwischenbericht dokumentierte Lösungen in Karlsruhe und Freiburg befinden sich ebenfalls im Umfeld von Schulen oder Universität. Desgleichen sind in Bonn Markierungsmaßnahmen auf wichtigen Achsen des Schüler- und Studentenradverkehrs verwirklicht.

Markierungen werden auch eingesetzt, um das **Linksabbiegen der Radfahrer** zu sichern und zu

erleichtern. Bei den Untersuchungsfallbeispielen ist dies überwiegend als direktes Linksabbiegen über die aufgeweiteten Aufstellflächen oder über Linksabbiegestreifen möglich.

Zwanzig von 27 untersuchten Aufstellflächen befinden sich an den untergeordneten Knotenarmen – wie die ERA 95 empfiehlt –, sieben liegen auf bevorrechtigten Knotenarmen. Bei drei Linksabbiegestreifen (von sechs) für Radfahrer und der Mehrzahl der untersuchten ARAS wird also von den untergeordneten Knotenarmen auf die Radverkehrsanlagen der bevorrechtigten Straße eingebogen. Bei diesen Radverkehrsanlagen auf der bevorrechtigten Straße handelt es sich überwiegend um Radwege, seltener um Schutzstreifen und in zwei Fällen um Radfahrstreifen. Von den ARAS der bevorrechtigten Knotenarme biegen die Radfahrer nach links auf Schutzstreifen oder in eine Mischverkehrsführung ab.

Indirekte Linksabbiegemöglichkeiten sind an bevorrechtigten Straßen bei insgesamt zehn Untersuchungsfallbeispielen im Knoteninnenbereich markiert. An sieben Knoten können sich die Radfahrer von Radwegen oder Radfahrstreifen kommend auf den Warteflächen der bevorrechtigten Straßen aufstellen, um bei der nächsten Freigabe mit den Radfahrern der Beobachtungsrichtung in die Querstraße abzubiegen. Bei einzelnen Untersuchungsfallbeispielen (Bocholt, Brühl) ist sowohl direktes als auch indirektes Linksabbiegen aus der bevorrechtigten Straße möglich.

Nur an einzelnen Standorten ist indirektes Linksabbiegen über gesonderte Radfahrersignale geregelt (so in Bocholt).

Ausgestaltung der Markierungslösungen

Bis auf zwei Untersuchungsfälle sind alle untersuchten Knotenmarkierungen kombiniert mit Lichtsignalanlagen, wobei die Radfahrer in der Regel in die Kfz-Signalisierung eingebunden sind. Eine gesonderte Radfahrersignalisierung gibt es bei ca. einem Viertel der Untersuchungsfallbeispiele.

Im Untersuchungskollektiv der 34 Untersuchungsfallbeispiele überwiegen eindeutig Fallbeispiele mit Aufstellflächen, die sich z.T. deutlich unterscheiden.

Bei vier Untersuchungsfällen ist kein Linksabbiegen für Radfahrer möglich. Bei der Hälfte dieser Zufahrten ist der ARAS stattdessen zum Rechtsabbiegen bestimmt.

Bei ca. einem Viertel des Untersuchungskollektivs sind **Linksabbiegestreifen** für Radfahrer markiert.

Davon ist bei zweien nur den Radfahrern das Linksabbiegen erlaubt (in Einbahn- bzw. Fahrradstraße). Einmalig im Untersuchungskollektiv vertreten ist ein separater Linksabbiegestreifen mit ARAS. In Bocholt sind separate Linksabbiegestreifen neben ARAS für die Richtungen geradeaus und rechts vorhanden. In Kfz-Linksabbiegestreifen integrierte Linksabbiegestreifen sind die Ausnahme.

Bei den Untersuchungsfallbeispielen sind an den Knotenarmen Radfahrstreifen am häufigsten vertreten. Schutzstreifen und Vorbeifahrstreifen sind ungefähr gleich oft anzutreffen. Die zwei sonstigen Führungsvarianten (in Bonn) sind: vom Busfahrstreifen oder aus dem Mischverkehr auf die Aufstellfläche einer doppelten Haltlinie.

	Radfahrstreifen	Schutzstreifen	Vorbeifahrstreifen	Sonstige Führung
ARAS	17	4	5	-
doppelte Haltlinie	---	---	---	2
ohne Aufstellfläche	4	1	2	-
UFB insgesamt	21	5	7	2

Tab. 2: Aufgliederung der Untersuchungsfallbeispiele

Überwiegend sind zusammenhängende Maßnahmen mit Streifenmarkierungen vor und hinter den Knoten anzutreffen. Markierungen für direkte Linksabbieger werden bei knapp einem Viertel der Untersuchungsfallbeispiele im Knoteninnenbereich fortgeführt. Relativ oft sind Auffangstreifen vor den Knoten markiert.

Die als Untersuchungsfallbeispiele ausgewählten Markierungslösungen spiegeln die Vielfalt der in jeder Stadt unterschiedlichen, situationsbezogen an Fahrbahnbreiten und Raumnutzungskonkurrenzen angepassten Ausgestaltung wider.

Trotz der insgesamt zu verzeichnenden vielfältigen Markierungslösungen werden Markierungen innerhalb einer Stadt in der Regel einheitlich ausgeführt.

Aufstellflächen, zuführende Streifen, Abbiegestreifen und abführende Furten sind häufig rot (in Bonn blau) eingefärbt, obwohl davon gerade an Lichtsignalanlagen laut StVO-VwV abgesehen werden bzw. dies nur in Konfliktbereichen im Zuge gekennzeichneten Vorfahrtstraßen oder bei Sicherheitsproblemen durchgeführt werden sollte. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Markierungslösungen schon vor der StVO-Novelle ausgeführt wurden und Einfärbungen dieser Art noch heute in Brühl, Bonn, Darmstadt und Soest vor den Knoten anzutreffen sind. In Bocholt sind



Bild 17: ARAS und Linksabbiegeradfahrstreifen (Bocholt)



Bild 18: ARAS und Linksabbiegeradfahrstreifen (Dülmen)



Bild 19: Eingefärbter ARAS (Kempen)



Bild 20: ARAS mit geringer Länge (Bonn)

Einfärbungen vor der Haltlinie die Regel. In Einzelfällen, wie z.B. zur Schulwegsicherung, wurden Radverkehrsführungen auch nach Einführung der StVO-Novelle eingefärbt. Bei in jüngerer Zeit (ab 1998) realisierten Markierungslösungen sind meist nur Linksabbiegestreifen vor den Haltlinien, einzelne ARAS und Führungshilfen im Knoteninnenbereich eingefärbt.

Leverkusen und Troisdorf führten vor der StVO-Novelle bei ihren Schutzstreifen (z.T. auch bei Furtenmarkierungen) ein individuelles Design bei den Schutzstreifen aus: Leverkusen markierte 12 cm weiß und 12 cm rot (innen), Troisdorf 12 cm weiß und 6 cm rot (innen). In Pulheim wurden diese weiß/roten Markierungen ebenfalls realisiert.

Die für den Radverkehr vorgezogenen Haltlinien, realisiert als vorgezogene oder doppelte Haltlinien oder als aufgeweitete Radaufstellstreifen (ARAS), liegen zwischen 0,50 und 5,50 m vor den Kfz-Haltlinien. Flächen, die eine Hintereinander-Aufstellung (d.h. mindestens 4,00 m Länge) zulassen, wurden fast ausschließlich erst in den letzten Jahren ausgeführt. Früher markierte ARAS mit ca. 2,00 m bis 2,50 m Länge, auf denen sich Radfahrer in der Regel nur nebeneinander aufstellen können, sind bei acht Untersuchungsfallbeispielen (ungefähr einem Viertel) anzutreffen. Diese wurden bis auf die Bonner Untersuchungsfallbeispiele alle vor Veröffentlichung der ERA 95 markiert. Versetzte Aufstellung ist bei ebenfalls acht Untersuchungsfallbeispielen auf ca. 3,00 m langen Flächen möglich. ARAS mit diesen beiden Längen wurden sowohl vor als auch nach Veröffentlichung der ERA ausgeführt. Damit erreichen die untersuchten ARAS-Markierungslösungen nicht einmal zur Hälfte die in der ERA empfohlene und auch in der Schweiz übliche Länge von 4,00 bis 5,00 m.

Auch die aufgeweiteten Aufstellflächen (ARAS) werden in den einzelnen Städten meist einheitlich lang ausgeführt: Im Erftkreis, in Darmstadt und bei den meisten ARAS in Bonn sind die Haltlinien 2,00 m voneinander entfernt, in Dülmen, Kempen und Wiesbaden sind die ARAS mit 4,00 bis 5,00 m doppelt so lang. In Bocholt, Soest und Brühl findet man unterschiedliche ARAS-Längen.

In Tabelle 3 bezeichnet UFB die Nummern der einzelnen untersuchten Zufahrten, wobei V die Vorher- und N die Nachher-Beobachtung nach Veränderung der Knotenmarkierungen beschreibt. „Typ“ gibt die Radverkehrsführung in der Zufahrt an. Bei den aufgeweiteten Aufstellstreifen (ARAS) sind jeweils die für Radfahrer möglichen Fahrtrichtungen vermerkt. Bei „Innenbereich“ sind die Führungshilfen im Knoteninnenbereich für direktes (di)



Bild 21: ARAS mit mehr als 4 m Länge (Wiesbaden)



Bild 22: ARAS für Rechtsabbieger, Radfahrstreifen (Darmstadt)



Bild 23: Innenbereichsmarkierung für Linksabbieger (Soest)



Bild 24: Integrierter Schutzstreifen (Brühl)

UFB	Stadt	Zufahrt	Typ (Markierung)	ARAS			Innenbereich			Linksabbiegen		
				li	ge	re	li	ger	idli ¹	kein	nur Rf	Rf sep./integ.
1	Bocholt	Münsterstraße	RFS		x		x	x	x			sep.
2V	Bocholt	Osterstraße	RFS (li)		x	x	x	x	x		x	
2N	Bocholt	Osterstraße	RFS		x	x	x	x	x		x	
3	Bocholt	Kurfürstenstraße (W)	RFS	x	x	x			x			
4V	Bocholt	Kurfürstenstraße (O)	RFS						x			
4N	Bocholt	Kurfürstenstraße (O)	RFS	x	x	x			x			
5V	Bonn	Endenicher Str. (W)	---	x	x	x						
5N	Bonn	Endenicher Str. (W)	SS	x	x	x						
6	Bonn	Bertha-von-Suttner-Platz	RFS	---	X ²	x		x		x		
7	Bonn	Sandkaule	BusFSt	---	x					x		
8	Bonn	Hermannstraße (N)	SS								x	
9	Brühl	Kaiserstraße (W)	RFS	x	X ²	x	(x)					
10	Brühl	Comesstraße (O)	VS									integ.
11	Brühl	Römerstraße (S)	VS	x	x		x					
12	Brühl	Kurfürstenstraße	RFS	x	x	x						
13	Darmstadt	Donnersberggring	RFS		X ²	x			x	x		
14	Darmstadt	Teichhausstraße (S)	RFS	x	X ²	x						
15	Dülmen	Lüdinghauser Straße	SS	x	x	x		x				
16	Dülmen	Münsterstraße	SS (g+r) RFS (l)		X ²	x		x				sep.
17	Gladbeck	Buersche Straße	RFS	x ²				x				
18	Kempfen	Kerkener Straße	RFS	x	x	x						
19	Kempfen	Vorster Straße	VS	x	x	x						
20	Köln	Deutz-Kalker-Straße	RFS	x	x							
21	Leverkusen	Stixchesstraße	RFS				x					sep.
22	Leverkusen	Borkumstraße	RFS				x	x				
23	Münster	Aegidiistraße	RFS	x	x	x						
24	Pulheim	Worringer Straße (S)	RFS								x	
25	Pulheim	Bussardweg	SS	x	x	x		x	x			
26	Soest	Niederbergheimer Str. (N)	VS	x	x	x			x			
27	Soest	Walburger Tor	VS	x		x	x					
28	Troisdorf	Ursulaplatz	VS				x	x				integ.
29	Troisdorf	Römerstraße	VS	x	x							
30	Wiesbaden	E.-Ollenhauer-Str. (NW)	RFS		X ²	x		x		x		
31	Wiesbaden	Kostheimer Landstraße	RFS	x	x	x			x			

¹ aus Querrichtung² vorfahrtberechtigte Straße

Tab. 3: Übersicht über die Untersuchungsfallbeispiele

und indirektes (idli, aus der Querrichtung) Linksabbiegen sowie für geradeaus fahrende Radfahrer angegeben. Unter „Linksabbiegen“ ist verzeichnet, wenn Radfahrer nicht nach links abbiegen dürfen (= kein), wenn Radfahrer, nicht jedoch Kraftfahr-

zeuge (= nur) nach links abbiegen dürfen und ob die Markierung für den Radverkehr separiert vom Kfz-verkehr (= sep.) ausgeführt oder in den Kfz-Linksabbiegestreifen integriert ist (= integ.).

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Unfallgeschehen

Aus dem Kollektiv der dokumentierten Fallbeispiele wurden für die Unfallanalysen 50 Knotenpunkte in 22 Städten ausgewählt, von denen aufgrund ihrer Ausgestaltung und Verkehrscharakteristik in einem besonderen Maße ein Erkenntnisgewinn im Hinblick auf die zu beantwortenden Fragestellungen erwartet werden kann. Sofern die untersuchten Maßnahmen nicht jüngerer Ursprungs sind, beträgt der Betrachtungszeitraum für die einzelnen Fallbeispiele 36 Monate. Der durchschnittliche Betrachtungszeitraum liegt bei 32 Monaten. Die Auswertungen zum Unfallgeschehen erfolgten auf Basis der Verkehrsunfallanzeigen der Polizei.

Art, Anzahl und Folgen der Unfälle

Bei den meisten der in die Unfallanalysen einbezogenen Knoten waren Radverkehrsführungen der zu untersuchenden Typen nur an einzelnen Knotenästen vorhanden. Die nachfolgenden Angaben zum Unfallgeschehen beziehen sich auf den Gesamtknoten, also auch auf die Knotenäste ohne Markierungshilfen zur Führung der Radfahrer. Insgesamt waren an den untersuchten Knotenpunkten

78 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung zu registrieren. Diese Unfälle verteilen sich auf 24 Knotenpunkte in 15 Städten. Die übrigen Knotenpunkte blieben unfallfrei.

Erwartungsgemäß wird das Radfahrer-Unfallgeschehen an den untersuchten Knotenpunkten vor allem durch Abbiege-Unfälle (Typ 2) und durch Einbiegen / Kreuzen-Unfälle geprägt. 60% der registrierten Unfälle sind dem Unfalltyp 2, knapp 20% der Unfälle dem Typ 3 zuzuordnen. Hinzu kommen Unfälle im Längsverkehr mit einem Anteilswert von 7% sowie einzelne Unfälle in den übrigen Typengruppen (vgl. Bild 25).

Die anteilmäßig besonders stark vertretenen Abbiege-Unfälle gliedern sich entsprechend dem Unfalltypen-Katalog (Hrsg: Institut für Straßenverkehr, GDV) in die in Bild 26 dargestellten Untertypen auf. Beim nicht dargestellten Typ 299 handelt es sich um nicht zuzuordnende "sonstige Unfälle". Besonders zahlreich sind Unfälle, die dem Untertyp 211 zuzuordnen sind. Überwiegend handelte es sich hierbei um Unfälle zwischen linksabbiegenden Kraftfahrzeugen und entgegenkommenden geradeaus fahrenden Radfahrern. Die zweitstärkste Gruppe bilden Unfälle des Untertyps 243, also Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen und geradeausfahrenden Radfahrern (vgl. Bild 27).

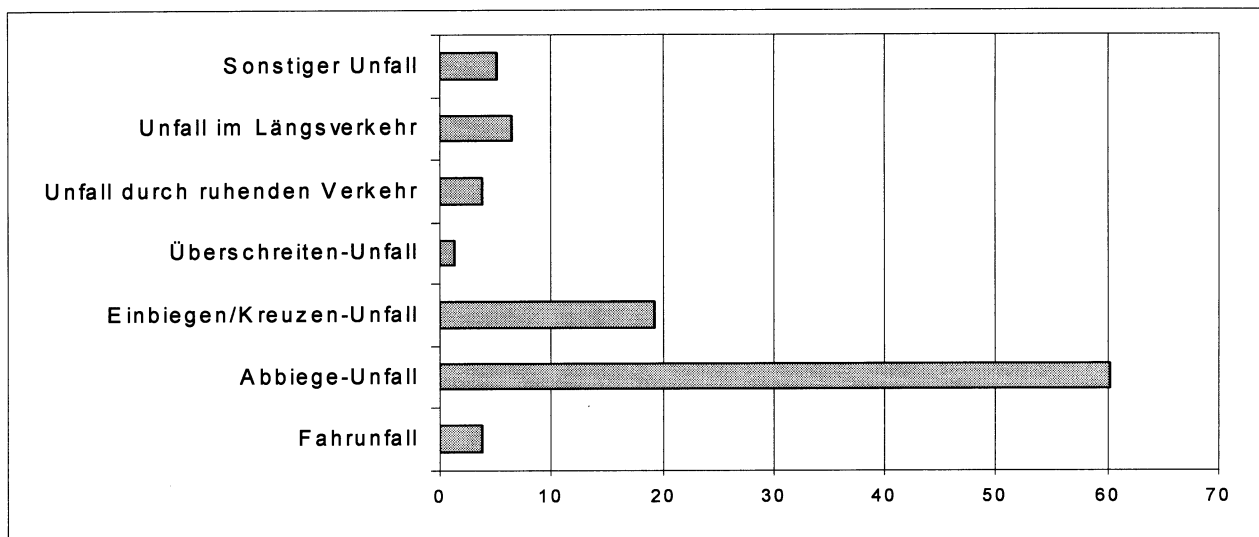


Bild 25: Unfälle mit Radfahrerbeteiligung nach Unfalltypen (in %)

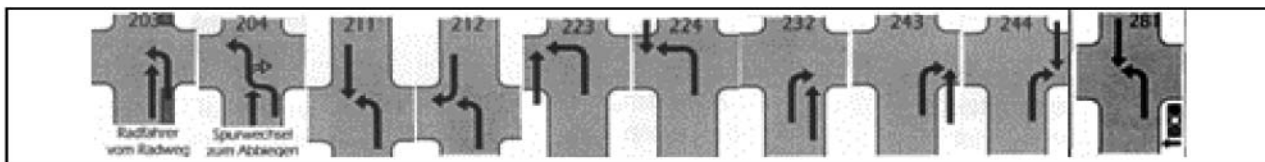


Bild 26: Abbiege-Unfälle entsprechend dem Unfalltypenkatalog

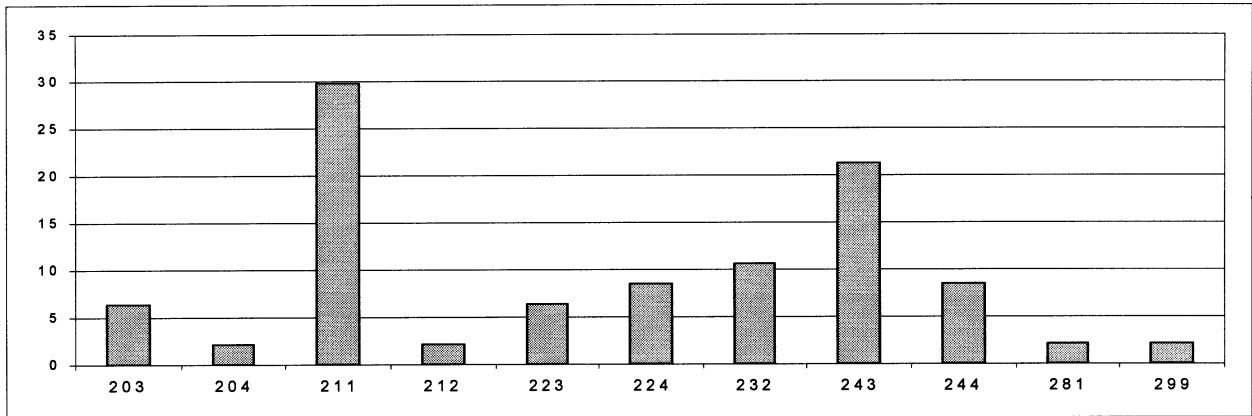


Bild 27: Aufschlüsselung der Abbiege-Unfälle (in %)

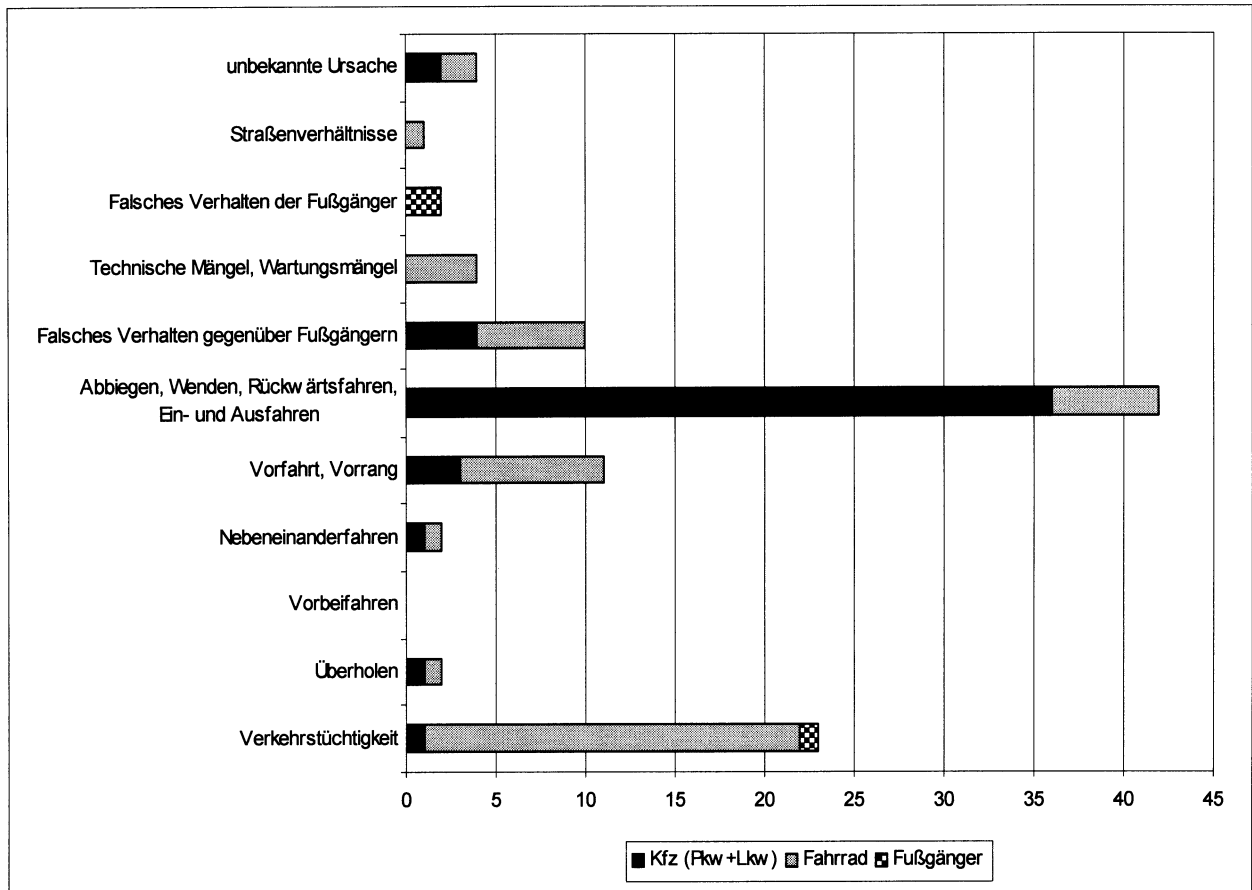


Bild 28: Unfälle nach Verursachung (in Absolutwerten)

Unfallursachen waren der unfalltypenbezogenen Aufschlüsselung entsprechend meist Fehler beim Abbiegen, am häufigsten verursacht durch Kfz-Führer. Bei den Radfahrern als Verursachern war oft mangelnde Verkehrstüchtigkeit der Grund, teilweise auch Missachtung des Rotlichts (vgl. Bild 28).

An den untersuchten Knotenpunkten gab es keine Unfälle mit Getöteten. Mit einem Anteilswert von 72% überwiegen Unfälle mit leichten Verletzungen, meist der beteiligten Radfahrer. In 18% der Fälle kam es zu Unfällen mit Schwerverletzten. In den restlichen Fällen handelte es sich um Unfälle mit Sachschaden. Eine Verknüpfung zwischen Unfallfolgen und Unfalltyp zeigt Bild 29.

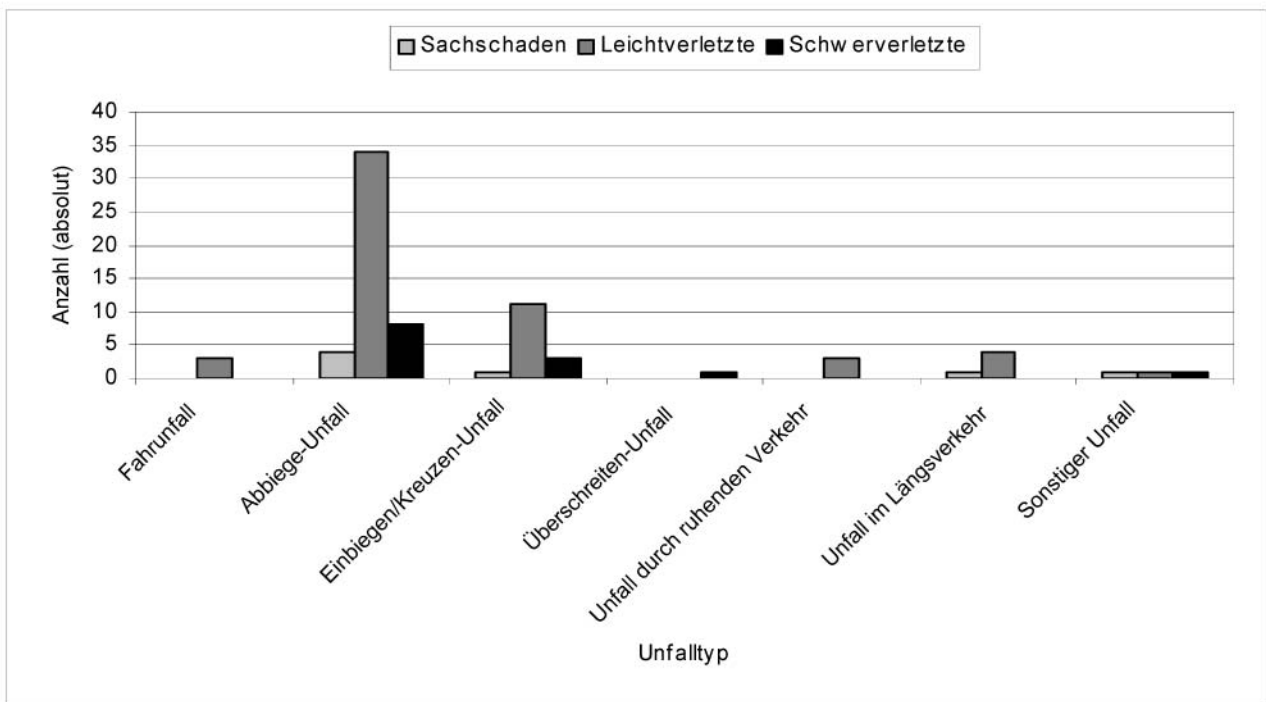


Bild 29: Unfalltypen und Unfallfolgen

Unfälle in Zusammenhang mit den Markierungslösungen

Von den insgesamt 78 Unfällen mit Radfahrerbeteiligung ereigneten sich 19 Unfälle im Bereich der untersuchten Markierungslösungen (Knotenzufahrten und Knoteninnenbereiche in Verlängerung der entsprechenden Knotenzufahrten). Bei diesen Unfällen wurden drei Beteiligte schwer und 14 Beteiligte leicht verletzt.

Bei einer Gesamtzahl von 30 für die Unfallanalysen relevanten Fallbeispiele konzentrieren sich diese Unfälle auf acht Fallbeispiele, die durch eine gleichzeitig hohe Frequentierung durch den Kraftfahrzeugverkehr und den Radverkehr – so einige Bonner Fallbeispiele – gekennzeichnet sind. Fast drei Viertel der Untersuchungsfallbeispiele blieben hiernach frei von Unfällen mit Radfahrerbeteiligung.

Die im Bereich der untersuchten Markierungslösungen registrierten Unfälle unterscheiden sich in ihrer Charakteristik kaum von den Unfällen insgesamt. Es überwiegen Abbiege-Unfälle (Typ 2) und Einbiegen / Kreuzen-Unfälle (Typ 3), hinzu kommen einzelne Unfälle im Längsverkehr (Typ 6) sowie einzelne sonstige Unfälle (Typ 7). Aufgrund der geringen Unfallzahlen und der an den einzelnen Knoten differierenden Rahmenverhältnisse ist ein Einfluss unterschiedlicher Markierungsformen auf das Unfallgeschehen nicht zu erkennen.

Nur einzelne von den insgesamt 78 registrierten Unfällen können mit den Markierungslösungen im Zufahrtsbereich in Zusammenhang gebracht werden. Es sind dies folgende Fälle:

- Eine Radfahrerinnen stellt sich bei Rot der Lichtsignalanlage auf einem aufgeweiteten Radaufstellstreifen auf. Hinter ihr hält ein Pkw. Als die Radfahrerinnen bei Grün der Lichtsignalanlage nicht sofort startet, hupt der Pkw-Fahrer, fährt dann an und streift die Radfahrerinnen beim Überholen. Die Radfahrerinnen wird leicht verletzt (Unfalltyp 651)
- Ein Pkw-Fahrer übersieht beim unerlaubten Wenden im Bereich des aufgeweiteten Radaufstellstreifens eine anführende Radfahrerinnen. Die Radfahrerinnen wird leicht verletzt. (Unfalltyp 721)
- Ein Radfahrer übersieht beim Wechsel von einem Radweg auf eine Linksabbiegestreifen (nur für Radfahrer) einen im Knotenstau stehenden Pkw, fährt auf und verletzt sich dabei leicht. (Unfalltyp 601)
- Eine Radfahrerinnen, die an gleicher Stelle nach links abbiegen will, stößt mit einem geradeausfahrenden Pkw zusammen. Die Radfahrerinnen verletzt sich leicht. (Unfalltyp 204)

Fazit

Die Gefährdung der Radfahrer konzentriert sich an den untersuchten Knotenpunkten auf die Knoteninnenbereiche. Es überwiegen Unfälle zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und entgegenkommenden linksabbiegenden Kraftfahrzeugen gefolgt von Unfällen zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen. Bis auf Ausnahmefälle blieben die in den Knotenzufahrten untersuchten Markierungslösungen wie aufgeweitete Radaufstellbereiche, Schutz- und Radfahrstreifen unfallfrei.

5.2 Verkehrsflächenwahl der Radfahrer

Durch Zählung auf Basis von Videoaufzeichnungen wurde fahrtrichtungsbezogen ermittelt, inwieweit Radfahrer die für sie vorgesehenen Fahrbahnführungen annahmen oder andere – teilweise oder ganz über den Seitenbereich verlaufende – Wege nutzten. In die Untersuchungen einbezogen wurden 1560 linksabbiegende, 3818 geradeaus fahrende und 1135 rechtsabbiegende, insgesamt also 6513 Radfahrer.

Rechts abbiegende Radfahrer

Die markierten Radverkehrsführungen der Untersuchungsfallbeispiele sehen das Rechtsabbiegen fast ausschließlich von der Fahrbahn aus vor. In den wenigen Fällen, wo über einen Radweg oder freien Rechtsabbieger abzubiegen ist, verhielten sich die beobachteten rechtsabbiegenden Radfahrer korrekt.

Bei einem knappen Viertel der untersuchten Zufahrten benutzten die Rechtsabbieger fast ausschließlich die Fahrbahn. In allen anderen Fällen wurde in unterschiedlich starkem Maße auch der Seitenbereich benutzt. Dabei fallen einzelne Untersuchungsfallbeispiele – dies insbesondere in Bocholt – auf, da dort eine deutliche Mehrzahl der Rechtsabbieger auf dem Gehweg fuhr. Die wegen der Separationsnotwendigkeiten langen Umlaufzeiten (100 s) in Verknüpfung mit häufig nur kurzen Freigabezeiten erklären dieses Verhalten.

In manchen Fällen wechselten während einer langen Sperrzeit Rechtsabbieger von der Fahrbahn in den Seitenbereich.

Mehr als zwei Drittel rechtsabbiegender Schüler missachteten an einem der untersuchten Pulheimer Knoten (UFB 25) das Rot der LSA. Hier tun sie

dies gefahrlos, weil sie unbeeinflusst vom Kraftfahrzeugverkehr den Zweirichtungsradweg erreichen können.

Durch Seitenraumbenutzung und Rot-Missachtung schafften sich viele rechtsabbiegende Radfahrer ihre „Grünpfeilregelung“ selbst. Umlauf- bzw. Sperrzeiten der Lichtsignalregelung beeinflussen offensichtlich in erheblichem Maße das Wegewahlverhalten rechtsabbiegender Radfahrer.

Geradeaus fahrende Radfahrer

In der Regel benutzten geradeaus fahrende Radfahrer die markierten Fahrbahnflächen wie vorgesehen.

Enthalten in dem Kollektiv geradeaus fahrender Radfahrer sind auch indirekt links abbiegende Radfahrer aus fünf Untersuchungsfallbeispielen. Im Fall einer Brückenabfahrt in Bonn, wo Linksabbiegen weder gestattet noch möglich ist, sind dies mehr als ein Drittel der geradeaus fahrenden Radfahrer. Außer an solchen Zwangspunkten wird die Möglichkeit des indirekten Linksabbiegens nur in wenigen Fällen genutzt.

An zwei Bocholter Knoten benutzten mit einem Anteilswert von 15 % aber auch geradeaus fahrende Radfahrer relativ häufig den Seitenbereich oder wechselten von der Fahrbahn in den Seitenbereich, um den Knoten zu queren. Dieses Verhalten ist auf die deutlich frühere Freigabe der parallelen Fußgängerfurten zurückzuführen.

Links abbiegende Radfahrer

Mit wenigen Ausnahmen können Radfahrer an den beobachteten Knoten nach links abbiegen. In fast zwei Drittel der Fälle ist das Linksabbiegen vom aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS) aus vorgesehen. Hinzu kommen Fallbeispiele mit separaten Linksabbiegestreifen für Radfahrer. Diese werden in der Regel im Knoteninnenbereich als markierte Führungshilfe fortgeführt

Das Verhalten beim Linksabbiegen variiert zwischen vollständiger Akzeptanz und Ablehnung der Markierungslösungen. Es ist offensichtlich noch von anderen situativen Rahmenbedingungen abhängig als nur von der Signalisierung.

Bei eigenen Linksabbiegestreifen für Radfahrer ist die Akzeptanz in der Regel gut. Teilweise wird die Fußgängerfurt an der Lichtsignalanlage zum Linksabbiegen benutzt. Dieses Verhalten lässt sich durch Unsicherheit oder vorsichtiges, risikovermeidendes Verhalten erklären, weil z.B. auch vorher schon der Seitenbereich benutzt wird (wie an einer

Zufahrt in Dülmen) oder statt des Linksabbiegestreifens der Radfahrstreifen am rechten Fahrbahnrand bzw. der Radweg benutzt und dann über die Furt gequert wird, also sozusagen individuelles indirektes Linksabbiegen praktiziert wird.

Vereinzelte wird auch der links gelegene Gehweg eher als der direkte Linksabbiegestreifen befahren, wenn nach links – z.B. aus dem Radfahrstreifen gegen die Einbahnrichtung - abgelenkt werden soll. Vergleichbares Verhalten zeigen einzelne Radfahrer, die beim Untersuchungsfallbeispiel 8 (Brückenabfahrt vom Radweg auf einen separaten Linksabbiegestreifen nur für Radfahrer) zunächst den Gehweg nutzten, um das nicht ungefährliche Kreuzen des Fahrstreifens auf kurzer Strecke bei Gefälle zu umgehen und erst kurz vor der Lichtsignalanlage dann zwei Fahrstreifen kreuzten, um auf den den Radfahrern vorbehaltenen Linksabbiegestreifen zu gelangen.

Bei einem neu angelegten Linksabbiegestreifen (UFB 16, Dülmen) nutzten nur drei von 98 Linksabbiegern den Streifen wie vorgesehen. Die aus dem Seitenbereich kommenden Schüler benutzten vielmehr gleichermaßen die Fußgängerfurt an der Lichtsignalanlage oder passierten erst den Knoten, um dann über die Fußgängerfurt hinter dem Knoten nach links abzubiegen. Hier sind die besonderen Regeln des Schülerverkehrs evident und es ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass die Markierung zum Zeitpunkt der Beobachtung noch relativ neu war.

Bei fünf weiteren Untersuchungsfallbeispielen ist die mangelnde Akzeptanz der Linksabbiegeführungen besonders deutlich. Die Beobachtungen weisen eine sehr niedrige Nutzerfrequenz bzw. Inanspruchnahme des Linksabbiegestreifens trotz angemessen erscheinender Gestaltung der Markierungslösungen auf.

Untersuchungsfallbeispiel 22, Leverkusen, Borkumstraße (Radfahrstreifen gegen die Einbahnrichtung):

Der zu beachtende Gegenverkehr scheint ein Grund dafür zu sein, dass von neun beobachteten Linksabbiegern vier auf dem linken Gehweg und vier über die Fußgängerfurt fuhren, anstatt direkt über die Fahrbahn nach links abzubiegen.

Untersuchungsfallbeispiel 28, Troisdorf, Ursulaplatz:

Dort bogen nur sechs von insgesamt 167 beobachteten Radfahrern an der vorgesehenen Stelle nach links ab. Die aus der Fußgängerzone kommenden

linksabbiegenden Radfahrer nutzten vor allem den breiten linken Gehweg – vor oder hinter einer Bushaltestelle vorbeifahrend – über einen Fußgängerüberweg zur nächsten signalisierten Furt. Dadurch können sie nicht nur ein ungesichertes Einordnen auf die Hauptstraße, sondern auch noch eine längere Wartezeit an der Lichtsignalanlage (nur kurze Freigabezeit am Linksabbiegestreifen) umgehen. Als weitere Alternative besteht die Möglichkeit, auf dem linken Gehweg aus der Fußgängerzone kommend, vor der Bushaltestelle links auf eine Rampe abzubiegen und über die tiefer gelegene Anliegerstraße abzukürzen. Da sich diese Wegeh Wahlalternative außerhalb des Video-Aufnahmebereichs befand, können hier nur qualitative Aussagen getroffen werden.

Untersuchungsfallbeispiel 25, Pulheim, Bussardweg

Die linksabbiegenden Schüler haben auf ihrem Heimweg zwei Optionen: direktes Linksabbiegen über AFAS und Knoteninnenbereich auf den rechten Radweg oder Benutzung des AFAS bzw. der Fußgängerfurt an der Lichtsignalanlage, um auf den linken Zweirichtungsradweg Richtung Sportgelände/Besiedlungsgrenze zu fahren. Von den insgesamt 24 Linksabbiegern fuhren 22 über die Fußgängerfurt (davon 12 bei Rot) auf den linken Zweirichtungsradweg und nur zwei bogen über den Innenbereich auf den rechten Radweg ein.

Untersuchungsfallbeispiel 11, Brühl, Römerstraße (L 183):

Die Markierungslösungen (ARAS und Linksabbiegeführung im Knoteninnenbereich) wurden trotz ausreichenden Flächenangebotes und Veloweiche für rechtsabbiegende Radfahrer nur von wenigen Radfahrern genutzt, weil der weitaus größere Teil des Radverkehrs zwischen dem Ortsteil Vochem und dem Stadtkern entweder über die Kurfürstenstraße oder über den parallel zur Stadtbahnlinie 18 Köln – Brühl verlaufenden Nord-Süd-Weg (VZ 240) fährt. In beiden Fällen queren die Radfahrer über die Fußgängerfurt der Römerstraße, anstatt die Linksabbiegemöglichkeiten aus der Römerstraße zu benutzen. Von den auf der Römerstraße fahrenden Radfahrern nutzten lediglich zwei von vier Linksabbiegern den Linksabbiegestreifen, die anderen beiden fuhren über die Fußgängerfurt.

Untersuchungsfallbeispiel 10, Brühl, Comesstraße:

Auch quantitativ fällt die Comesstraße in Brühl (UFB 10, Zufahrt zum Bahnhof und zur Radstation, gemeinsame Geh-/Radwege durch den Park in die

Innenstadt und zur Schule) auf: Keiner der 129 linksabbiegenden Radfahrer mit diesen Zielen benutzte den markierten Linksabbiegestreifen, alle wählten den kürzeren, attraktiveren und anscheinend als bequemer/ungefährlicher erreichbar eingeschätzten gemeinsamen Geh-/Radweg auf der Bahnhofsseite (in Fahrtrichtung gesehen auf der linken Seite).

Fazit

Insgesamt nutzten rund zwei Drittel der rechtsabbiegenden Radfahrer die vorgesehene Fahrbahnführung. Bei einzelnen Fallbeispielen wird die Akzeptanz der Markierungslösungen durch lange Umlauf- und Sperrzeiten eingeschränkt. In diesen Fällen wichen Radfahrer in den Seitenbereich aus.

Geradeaus fahrende Radfahrer weichen dann in den Seitenbereich aus, wenn sie tatsächlich von einer für sie vorteilhafteren Signalisierung profitieren können, wie z.B. durch die frühere Freigabe der parallelen Fußgängerfurten. Darüber hinaus wechseln Radfahrer während der Sperrzeit in den Seitenbereich und fahren über die Fußgängerfurten weiter, weil sie so schneller voranzukommen glauben. Dieses Verhalten beschränkt sich auf einzelne Untersuchungsfallbeispiele. In der Regel nehmen die geradeaus fahrenden Radfahrer die Fahrbahnführung an, so dass sich unter Einbeziehung sämtlicher Fallbeispiele eine Akzeptanzquote von 94 % ergibt.

Am häufigsten und variantenreichsten tritt nicht-intendiertes Wegewahlverhalten beim Linksabbiegen auf. Hier wird bei Alternativen eher der kürzere oder schneller zu erreichende Weg gewählt. In manchen Fällen lässt sich dabei eine nur kurze Freigabezeit an der Lichtsignalanlage umgehen. Linksabbiegeführungen werden generell weniger häufig genutzt als Führungen für geradeaus fahrende oder rechtsabbiegende Radfahrer. Führungen für Linksabbieger werden vor allem dann wie beabsichtigt genutzt, wenn keine attraktiver erscheinenden Alternativen vorhanden sind.

5.3 Aufstellverhalten

5.3.1 Aufstellpositionen von Kraftfahrzeugen

Von besonderer Bedeutung ist die Klärung der Frage, inwieweit bei aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS) die zurückliegende Haltlinie von Kraftfahrzeugen, die an der Lichtsignalanlage bei Rot warten mussten, respektiert wird, der aufgeweitete Radaufstellstreifen also freigehalten wird

und hiermit eine anspruchsgerechte Nutzbarkeit durch Radfahrer gegeben ist. Es wird zwischen einem vollständigen Freihalten des ARAS (die Überdeckung der Haltlinie durch die Fahrzeugfront eingeschlossen), einer teilweisen Belegung (Kraftfahrzeug ragt bis zu 1,5m in den Aufstellbereich hinein) sowie einer vollständigen Belegung des ARAS durch Kraftfahrzeuge unterschieden.

Es wurden sämtliche Fallbeispiele mit ARAS, insgesamt also 26 Fallbeispiele, in die Untersuchungen einbezogen. Die Zahl der Kraftfahrzeuge, für die die Aufstellpositionen festgehalten wurden, liegt bei 2492. Die Angaben beziehen sich hierbei immer auf das jeweils erste bei Rot haltende Kraftfahrzeug.

Bild 30 verdeutlicht, dass mit einem Anteilswert von 68,7% etwas mehr als zwei Drittel der vor der Lichtsignalanlage haltenden Kraftfahrzeuge den aufgeweiteten Radaufstellstreifen vollständig freihielten. Zu einer teilweisen Belegung des ARAS kam es in 25,1% der Fälle. Enthalten in dieser Kategorie sind auch einzelne Fahrzeuge, die zunächst regelkonform an der zurückliegenden Haltlinie warteten, dann aber während der Rotphase auf den ARAS fuhren. Vollständig durch ein Kraftfahrzeug belegt wurde der ARAS in 6,2% der Beobachtungsfälle.

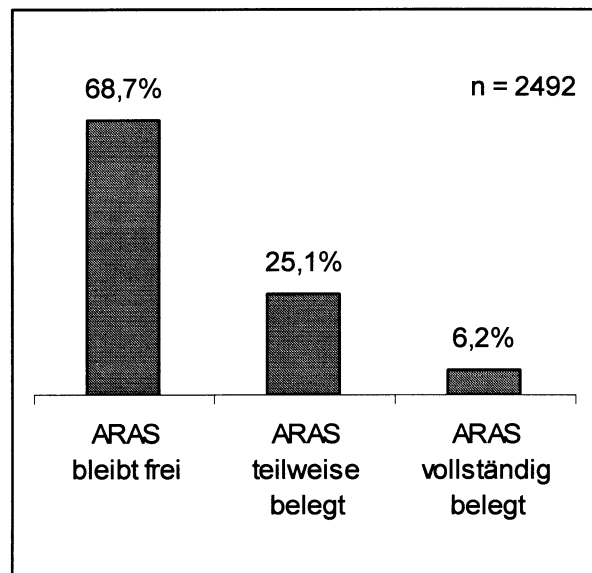


Bild 30: ARAS-Belegung durch Kraftfahrzeuge

In der Regel traf das jeweils erste zum Halten kommende Kraftfahrzeug im Stauraum ein, wenn noch keine Radfahrer anwesend waren. Lediglich in 12% der Fälle waren die aufgeweiteten Radaufstellstreifen bereits durch Radfahrer belegt. Die in Bild 30 wiedergegebene Verteilung spiegelt also in erster Linie den durch Radfahrer unbeeinflussten Zustand wider.

Für den Fall, dass Radfahrer anwesend waren, wurde der ARAS in 85,7% der Fälle freigehalten, in 10,6% der Fälle teilweise und in 3,7% der Fälle vollständig belegt. Die Vergleichswerte für die durch Radfahrer unbeeinflusste Situation liegen bei 66,3% (ARAS wird freigehalten), 27,1% (ARAS teilweise belegt) und 6,6% (ARAS vollständig belegt).

ARAS mit geringer Tiefe (<2.5m) werden von Kraftfahrern in einem geringeren Maße respektiert als ARAS mit größeren Aufstelltiefen. Wie Bild 31 zeigt, wurden ARAS mit geringer Tiefe von 58,5% der als erste im Stauraum haltenden Kraftfahrzeuge freigehalten, während die entsprechenden Werte für mitteltiefe ARAS (bis 4,0m) bei 68,0% und für ARAS mit größeren Aufstelltiefen (ab 4,0m) bei 74,2% liegen.

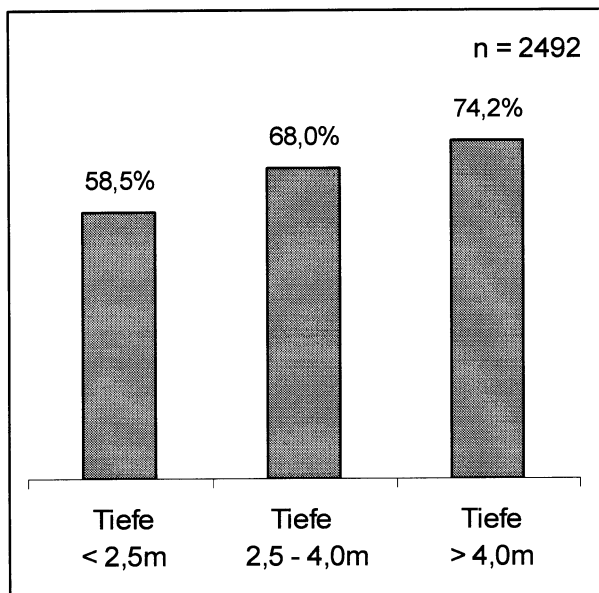


Bild 31: Freihalten des ARAS durch Kraftfahrzeuge in Abhängigkeit von seiner Tiefe

Einfärbungen der Aufstellbereiche führen zu einer geringfügig besseren Respektierung der ARAS-Flächen durch Kraftfahrzeuge.

Weitere Abhängigkeiten sind nicht zu erkennen. So ist auch nicht nachzuweisen, dass aufgeweitete Radaufstellstreifen mit zunehmender Kfz-Belastung eher durch Kraftfahrzeuge belegt werden. Tendenzmäßig werden allerdings ARAS in denjenigen Städten, in denen Radfahrer zum gewohnten Verkehrsgeschehen gehören und entsprechende Anteilswerte am Verkehrsgeschehen aufweisen, eher von Kraftfahrzeugen freigehalten.

Insgesamt werden aufgeweitete Radaufstellstreifen hiermit in einem zufriedenstellenden Maße von den

Kraftfahrzeugen freigehalten, zumal, wenn man berücksichtigt, dass ein Teil der ARAS-Belegungen auf Haltevorgänge am Ende der Grünphase zurückzuführen ist. Zu vollständigen Blockierungen der ARAS-Flächen durch Kraftfahrzeuge kommt es recht selten, so dass in der Regel eine anspruchsgerechte Nutzbarkeit durch Radfahrer gegeben ist.

Inwieweit die zuführenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen von Kraftfahrzeugen bei der Annäherung an den Knotenpunkt oder beim Anhalten freigehalten wurden, wird im Rahmen einer Gesamtbetrachtung in Abschnitt 5.5 untersucht.

5.3.2 Aufstellverhalten der Radfahrer

Aufgeweitete Radaufstellstreifen

Ein erster Betrachtungspunkt gilt dem Aufstellverhalten von Radfahrern im Bereich der aufgeweiteten Radaufstellstreifen. Es wird zunächst untersucht, inwieweit sich Radfahrer innerhalb oder außerhalb der für sie vorgesehenen Flächen aufstellten. Hieran anschließend wird das genaue Querschnittsbelegungsverhalten der Radfahrer analysiert.

Von den 1.700 hinsichtlich des Aufstellverhaltens beobachteten Radfahrern stellten sich 90,1% innerhalb der ARAS-Flächen oder auf den zuführenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen auf. Eine nur teilweise Belegung des Aufstellstreifens mit einem deutlichen Überschreiten der Haltlinie von mindestens 1,0m wurde bei 6,8% der Radfahrer festgestellt. Zu einer Nichtannahme der ARAS-Flächen kam es in lediglich 3,1% der Beobachtungsfälle. Radfahrer stellten sich in diesen Fällen auf oder vor die Fußgängerfurt.

Die Fälle der Nichtakzeptanz bzw. der teilweisen Nichtannahme beschränken sich auf die Fallbeispiele mit Aufstelltiefen von weniger als 2,5m – hier stellten sich 44% der Radfahrer teilweise oder vollständig außerhalb der Aufstellbereiche auf – sowie auf ein Fallbeispiel mit starken Belastungsspitzen im Schülerradverkehr (UFB 25 – Pulheim, Bussardweg).

Für diejenigen Radfahrer, die sich innerhalb der für sie vorgesehenen Bereiche aufstellten, wurden in einer Differenzierung von 0,5m-Klassen die genauen Aufstellpositionen – Bezugsmaß ist die Fahrradlängsachse - ermittelt. Einbezogen in diese Untersuchungen wurden sämtliche Fallbeispiele unter Berücksichtigung der geradeaus fahrenden und der nach rechts bzw. nach links abbiegenden Radfahrer.

UFB	Stadt / Zufahrt	n	Aufstellposition der Radfahrer			
			0,00-0,99 m	1,00-1,99m	2,00-2,99m	≥ 3,00m
1	Bocholt – Münsterstr.	176	70,4%	27,3%	1,7%	0,6%
2V	Bocholt – Osterstr.	153	62,7%	29,4%	5,9%	2,0%
2N	Bocholt – Osterstr.	212	56,1%	25,0%	15,1%	3,8%
3	Bocholt – Kurfürstenstr. (W)	197	81,7%	18,3%	0,0%	0,0%
4N	Bocholt – Kurfürstenstr. (O)	123	82,1%	13,0%	3,3%	1,6%
5V	Bonn – Endenicher Str.	20	95,0%	5,0%	0,0%	0,0%
5N	Bonn – Endenicher Str.	19	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
9	Brühl – Kaiserstr.	37	94,6%	5,4%	0,0%	0,0%
12	Brühl – Kurfürstenstr.	11	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	Dülmen – Lüdinghauser Str.	73	76,7%	21,9%	1,4%	0,0%
16	Dülmen – Münsterstr.	56	83,9%	16,1%	0,0%	0,0%
18	Kempfen – Kerkener Str.	104	11,5%	26,9%	41,4%	20,2%
19	Kempfen – Vorster Str.	80	22,5%	30,0%	23,8%	23,7%
25	Pulheim – Bussardweg	72	26,4%	25,0%	22,2%	26,4%
26	Soest – Niederb.heimer Str.	20	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
27	Soest – Walburger Tor	40	82,5%	10,0%	7,5%	0,0%

Tab. 4: Aufstellpositionen geradeaus fahrender und rechts abbiegender Radfahrer auf aufgeweiteten Radaufstellstreifen

In Tabelle 4 ist zunächst das Aufstellverhalten der geradeaus fahrenden sowie der rechts abbiegenden Radfahrer aufgeschlüsselt. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, sind die Ergebniswerte in 1,0m-Klassen zusammengefasst. Sondersituationen (Aufweitung des Radaufstellstreifens von einem mittigen Radfahrstreifen aus nach rechts; stärkere Belegungen eines ARAS durch indirekt abbiegende Radfahrer) wurden wie auch Fallbeispiele mit nur wenigen sich aufstellenden Radfahrern in den Aufschlüsselungen von Tabelle 4 nicht berücksichtigt.

Es wird deutlich, dass sich die Radfahrer bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Fallbeispiele im rechten Randbereich aufstellten und nur wenige Radfahrer die Möglichkeit nutzten, den aufgeweiteten Radaufstellstreifen mittig zu belegen.

Bei einem Teil der Fallbeispiele ist dies auf belastungsbezogene Aspekte zurückzuführen. So war die Frequentierung bei diesen Fallbeispielen durch Radfahrer so gering, dass nur einzelne Radfahrer

pro Umlauf zum Warten veranlasst wurden, die sich dann erwartungsgemäß rechts aufstellten.

Eine etwas stärkere flächige Belegung der Aufstellstreifen war bei den Fallbeispielen aus den Städten Bocholt (UFB 1, 2V, 2N, 3, 4N), Dülmen (UFB 15, 16), Kempfen (UFB 18, 19) und Pulheim (UFB 25) festzustellen. Es sind dies alles Fallbeispiele mit stärkeren Frequentierungen durch den Radverkehr.

Besonders hohe Radfahrerbelastungen weisen die untersuchten Bocholter Fallbeispiele auf. Hier waren es bei einzelnen Fallbeispielen bis zu 15 Radfahrer, die zeitgleich an der LSA bei Rot warteten.

Auf der Münsterstraße in Bocholt (UFB 1) - der Radaufstellstreifen ist hier nur bis zur Mitte des Kfz-Fahrstreifens aufgeweitet - wurden aufgrund der Koordinierung der Lichtsignalsteuerung mit einem vorgelagerten Knoten trotz hoher Radverkehrsbelastungen nur maximal sechs Radfahrer zeitgleich zum Warten veranlasst. 70% dieser Radfahrer postierten sich rechts (Aufstellposition 0,00

bis 0,99m), die restlichen 30% etwas weiter mittig. Bei stärkeren Frequentierungen stellten sich Radfahrer eher hintereinander auf. Dies führte dazu, dass nur 62% der insgesamt beobachteten 176 Radfahrer den aufgeweiteten Bereich belegten, die übrigen Radfahrer hingegen den zuführenden Radfahrstreifen zum Aufstellen benutzten.

Auf der Osterstraße in Bocholt, die mit den Fallbeispielen UFB 2V und UFB 2N in eine Vorher/Nachher-Betrachtung einbezogen worden konnte, waren es im Vorher-Zustand - bei maximal neun zeitgleich wartenden Radfahrern - 62,7% der Radfahrer, die rechts standen, und dementsprechend 37,3% der Radfahrer, die sich weiter mittig postierten.

Mit der Vergrößerung des Aufstellstreifens in der Breite und in der Tiefe erhöhte sich – bei maximal elf gleichzeitig anwesenden Radfahrern - der Anteil der sich mittig postierenden Radfahrer zwar leicht (Anteilswert 43,9%), immer noch stellte sich die überwiegende Zahl der Radfahrer im rechten Randbereich auf. Zum Teil ist dies darauf zurückzuführen, dass die Bordsteinkante am rechten Fahrbahnrand von den wartenden Radfahrern gerne zum Abstützen verwendet wird.

Der Anteilswert der auf dem aufgeweiteten Rad-aufstellstreifen wartenden Radfahrer lag auf der Osterstraße im Nachher-Zustand bei 66%; die restlichen 34% stellten sich auf dem zuführenden Radfahrstreifen auf. Im Vorher-Zustand lag der Anteil der auf dem aufgeweiteten Aufstellstreifen wartenden Radfahrer nur bei 50%. Die Vergrößerung des Aufstellstreifens auf der Osterstraße führte hiermit zu einer leicht verstärkten Bündelung der Radfahrer in diesem Bereich.

Für die Untersuchungen auf der Kurfürstenstraße in Bocholt (UFB 3 und 4N) wurden Zeitbereiche mit einer starken Frequentierung durch den Schüleradverkehr ausgewählt. Starke Belastungsspitzen in Verbindung mit einer nur kurzen Freigabezeit bei hohen Umlaufzeiten von 100s führten dazu, dass bis zu 14 (UFB 3) bzw. 15 Radfahrer (UFB 4N) zeitgleich warteten. Selbst bei diesen hohen Belastungen stellten sich Radfahrer schwerpunktmäßig rechts auf, so dass - bezogen auf alle beobachteten Radfahrer - bei beiden Fallbeispielen Anteilswerte von über 80% an Radfahrern erreicht werden, die sich in einem 1,0m-Bereich am rechten Fahrbahnrand postierten. Aufgrund der hohen Radfahrerbelastungen führte dies dazu, dass sich auf der westlichen Zufahrt der Kurfürstenstraße (UFB 3) 33% der Radfahrer nicht auf dem aufgeweiteten Radaufstellstreifen, sondern im Bereich des zuführenden Radfahrstreifens aufstellten. Auf der östli-

chen Zufahrt der Kurfürstenstraße liegt der entsprechende Anteilswert bei 41%.

Bei den etwas schwächer von Radfahrern frequentierten Dülmener Fallbeispielen warteten maximal fünf (UFB 15) bzw. drei Radfahrer (UFB 16) an der LSA bei Rot. Die Anteilswerte der sich in einem 1,0m-Bereich rechts aufstellenden Radfahrer liegen bei 76,7% (UFB 15) und bei 83,9% (UFB 16).

Ein deutlich von den bisherigen Ergebnissen abweichendes Aufstellverhalten war bei den beiden Fallbeispielen aus der Stadt Kempen zu beobachten. Hier waren es bei maximal sechs bzw. maximal drei zeitgleich wartenden Radfahrern lediglich 11,5% (UFB 18) bzw. 22,5% (UFB 19) der Radfahrer, die sich am rechten Fahrbahnrand aufstellten. Der Großteil der Radfahrer postierte sich demgegenüber in einer breiteren Streuung eher mittig. Zurückzuführen dürfte dieses Verhalten in erster Linie auf die Besonderheiten in den Richtungskonstellationen von Radfahrern und Kraftfahrern sein. So überlagert sich an beiden Untersuchungsstellen ein stadteinwärts gerichteter Geradeausstrom des Radverkehrs mit einem infolge eines Rechtsabbiegebotes nach rechts abbiegenden Strom des Kraftfahrzeugverkehrs.

Eine starke flächige Belegung des Aufstellstreifens weist auch das UFB 25 aus der Stadt Pulheim auf. Die Belegungssituation wird geprägt durch einige Schülerpulks, die sich - aus einer vom Kraftfahrzeugverkehr nur schwach frequentierten Fahrradstraße kommend - in voller Breite auf dem ARAS aufstellten.

Aggregiert man die in Tabelle 4 ausgewiesenen Einzelwerte, so ergibt sich – bezogen auf 0,5m-Bereiche - das in Bild 32 dargestellte Aufstellverhalten geradeaus fahrender und rechts abbiegender Radfahrer. Es wird noch einmal deutlich, dass sich die meisten Radfahrer im rechten Randbereich des Aufstellbereiches postierten. Mit einem Anteilswert von 63,9% stellten sich fast zwei Drittel der beobachteten 1393 Radfahrer – bezogen auf die Fahrradlängsachse – in einem Abstand von weniger als 1,0m von der rechten Außenbegrenzung des ARAS auf. Weitere 21,6% der Radfahrer belegten einen Bereich zwischen 1,0 und 2,0m. Der Anteil der Radfahrer, die einen Abstand von mehr als 2,0m von der rechten Außenbegrenzung einnahmen und den aufgeweiteten Radaufstellstreifen mittig belegten, liegt hiermit bei 14,5%. Das beschriebene Aufstellverhalten wird wegen der zahlenmäßigen Dominanz in erster Linie durch die geradeaus fahrenden Radfahrer geprägt.

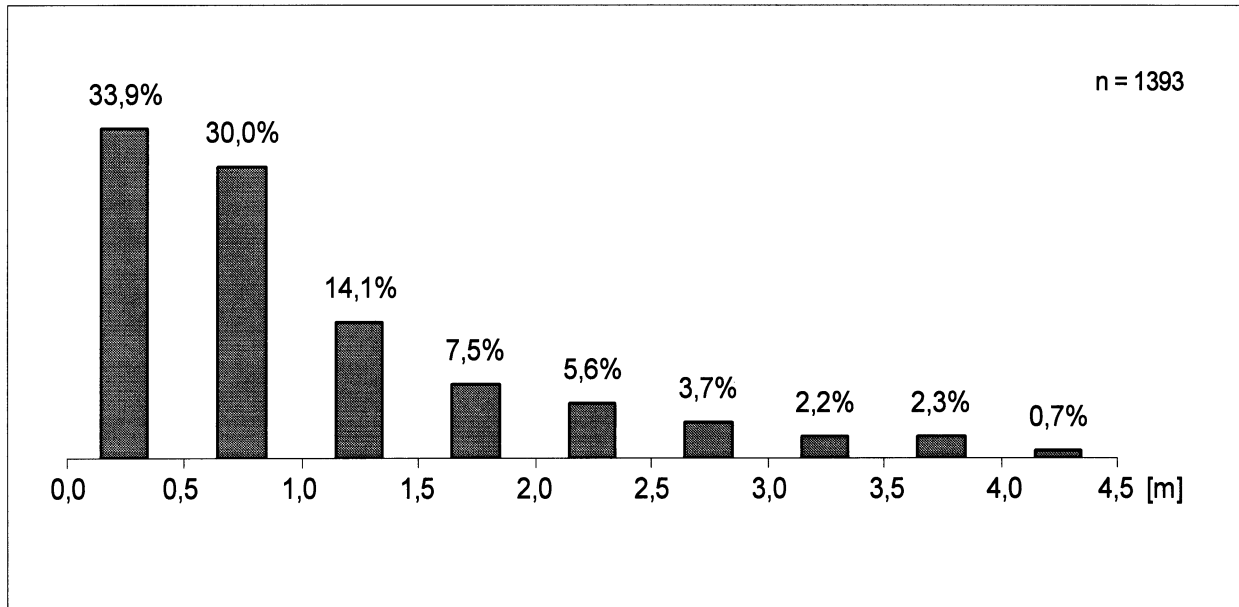


Bild 32: Aufstellpositionen geradeaus fahrender und rechts abbiegender Radfahrer auf aufgeweiteten Radaufstellstreifen

Zu den nicht in Tabelle 4 aufgeführten und in Bild 32 berücksichtigten Fallbeispielen zählen die Zufahrten Bertha-von-Suttner-Platz in Bonn (UFB 6), Donnersberggring in Darmstadt (UFB 13), Erich-Ollenhauer-Straße (UFB 30) und Kostheimer Landstraße (UFB 31) in Wiesbaden. Bei diesen Fallbeispielen erfolgt, ausgehend von einem links neben einem Rechtsabbiegestreifen liegenden Radfahrstreifen / Schutzstreifen, die Aufweitung des Radaufstellstreifens nach rechts. Das Fallbeispiel Kostheimer Landstraße in Wiesbaden weist zusätzlich eine Aufweitung über zwei Kfz-Fahrstreifen nach links auf.

Bei allen vier Fallbeispielen stellten sich die meisten geradeaus fahrenden Radfahrer in der Verlängerung des Radfahrstreifens / Schutzstreifens, einige wenige außerhalb auf. Rechtsabbiegende Radfahrer, die an der LSA bei Rot zu warten hatten, waren nur an zwei Zufahrten – und dies auch nur in Einzelfällen - zu registrieren. An der Zufahrt Bertha-von-Suttner-Platz in Bonn postierten sich diese Radfahrer im rechten Randbereich, an der Zufahrt Kostheimer Landstraße in Wiesbaden eher flächig.

An der Zufahrt Sandkaule in Bonn (UFB 7) ist der aufgeweitete Radaufstellstreifen einem für den Radverkehr freigegebenen Busfahrstreifen vorgelegt. Neben geradeaus fahrenden Radfahrern benutzten diesen Aufstellstreifen in stärkerem Maße auch Radfahrer, die von der kreuzenden – bevorrechtigten – Straße kommend indirekt nach links abbiegen wollten. Von den 128 Radfahrern, die bei Rot an der LSA warteten, stellten sich 70% am rechten Fahrbahnrand (1,0m-Bereich), die übrigen Radfahrer weiter mittig auf.

Die weiteren – überwiegend schwächer von Radfahrern frequentierten – Fallbeispiele bestätigen die Tendenz, dass sich geradeaus fahrende sowie rechts abbiegende Radfahrer überwiegend im rechten Randbereich aufstellen und nur wenige Radfahrer die Möglichkeit nutzen, den aufgeweiteten Radaufstellstreifen mittiger zu belegen.

Das Fallbeispiel Aegidiistraße in Münster (UFB 23) stellt eine Sonderform der ARAS-Ausgestaltung dar. Die beiden Haltlinien liegen hier um etwa 11m auseinander; die Radfahrer werden über einen kurzen Auffangradfahrstreifen in diesen Bereich geleitet. Die beiden Fahrstreifen sind als reiner Linksabbiegestreifen sowie als Kombinationsspur aller drei Fahrtrichtungen ausgewiesen. Es dominiert zahlenmäßig eindeutig der links abbiegende Radfahrerstrom. Während sich die geradeaus fahrenden und die rechtsabbiegenden Radfahrer erwartungsgemäß am rechten Fahrbahnrand aufstellten, belegten die links abbiegenden Radfahrer den Aufstellbereich etwas flächiger, wobei es aber zu Bündelungen um die Mittelmarkierung zwischen den beiden Fahrstreifen kam.

Von den weiteren untersuchten aufgeweiteten Radaufstellstreifen wird bis auf Ausnahmefälle nur in einem geringen Maße nach links abgebogen. So waren bei 18 untersuchten Fallbeispielen, von denen von einem aufgeweiteten Radaufstellstreifen aus nach links abgebogen werden konnte, lediglich 240 sich aufstellende Radfahrer zu registrieren. An einzelnen Zufahrten waren links abbiegende Radfahrer zu beobachten, die zunächst den Aufstellbereich anfahren, dann aber ihren Weg über die vorgelagerte Fußgängerfurt nach links fortsetzten. In besonders starkem Maße war dieses Verhalten auf der Deutz-Kalker-Straße in Köln (UFB 20), bei

mehreren Radfahrern auch auf der Lüdinghauser Straße in Dülmen (UFB 15) zu verzeichnen.

Bei den Fallbeispielen mit nur geringen Frequentierungen durch den Radverkehr stellten sich links abbiegende Radfahrer überwiegend mittig oder auf der linken Seite des Aufstellstreifens auf. Eine Ausnahme stellt die Zufahrt Römerstraße in Troisdorf (UFB 29) dar, wo sich sämtliche links abbiegenden Radfahrer ganz rechts platzierten. Seine Ursache dürfte dieses Verhalten in der nur geringen Länge des Aufstellstreifens (2,1m) und der hierdurch nur eingeschränkten Erreichbarkeit der linken Aufstellstreifenseite haben.

Bei den wenigen Fallbeispielen mit einer stärkeren Radfahrerfrequenz postierten sich Radfahrer eher rechts bis mittig. Ist ein zuführender Linksabbiegeradfahrstreifen vorhanden, wie z.B. auf der Buerschen Straße in Gladbeck (UFB 17), so stellten sich Radfahrer überwiegend in einer in der Verlängerung dieses Streifens liegenden Querschnittsposition auf.

In eine Vorher/Nachher-Betrachtung konnte die Zufahrt Endericher Straße in Bonn mit den Fallbeispielen UFB 5V und UFB 5N einbezogen werden. Die Endericher Allee weist einen reinen Linksabbiegestreifen sowie einen Kombinationsfahrstreifen aller drei Fahrtrichtungen, dem ein aufgeweiteter Radaufstellstreifen vorgelagert ist, auf. Ein am Fahrbahnrand eingerichteter Schutzstreifen verbessert im Nachher-Zustand die Erreichbarkeit des Aufstellstreifens. Die verbesserte Erreichbarkeit hat zur Folge, dass sich im Nachher-Zustand nahezu alle linksabbiegenden Radfahrer im Bereich des Aufstellstreifens, dieses überwiegend auf der linken Seite, postierten. Im Vorher-Zustand hatte sich noch mehr als ein Drittel der Radfahrer – bei Bündelungen im Bereich der Mittelmarkierung – auf dem linken der beiden Fahrstreifen platziert.

Radfahrstreifen / Schutzstreifen

Über die behandelten Fälle hinaus wurden eine Reihe von Fallbeispielen in die Untersuchungen einbezogen, bei denen die Führung und das Aufstellen der Radfahrer auf einem Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen ohne aufgeweiteten Aufstellbereich erfolgt. Einzelne dieser Fallbeispiele (UFB 10, UFB 16, UFB 24 und UFB 28) wurden aufgrund einer insgesamt niedrigen Radfahrerzahl oder einer anderen Wegewahl der Radfahrer nur von einzelnen Radfahrern frequentiert. Die verbleibenden neun Fallbeispiele weisen insgesamt 686 Radfahrer auf, die bei Rot an der LSA zum Warten veranlasst wurden.

Auf dem 1,50m breiten Linksabbiege-Radfahrstreifen (Nettobreite 1,25m + 2 x 0,25m Breitstrich) der Zufahrt Münsterstraße in Bocholt (UFB 1) wurden insgesamt 43 Radfahrer gezählt, die bei Rot warteten. Sämtliche dieser Radfahrer stellten sich innerhalb des Radfahrstreifens auf, ohne dass die Markierungen überschritten wurden.

Auf der Osterstraße in Bocholt (UFB 2V und 2N) ist nur den Radfahrern das Linksabbiegen erlaubt. Bei den Vorher-Untersuchungen wurden hier 144 Radfahrer, bei den Nachher-Untersuchungen 124 Radfahrer registriert, die sich bei Rot aufstellten. Sämtliche beobachteten Radfahrer stellten sich wie beim UFB 1 innerhalb des Radfahrstreifens (Nettobreite 1,40m + 0,25m Breitstrich) auf, wobei sich bis zu sieben Radfahrer hintereinander platzierten.

Eine geringere Akzeptanzquote wurde auf der Zufahrt Kurfürstenstraße in Bocholt (UFB 4V) festgestellt. Hier waren es 118 der insgesamt 150 Radfahrer, die sich auf dem 1,15m breiten Auffangradfahrstreifen für geradeaus fahrende und rechtsabbiegende Radfahrer aufstellten. Die restlichen Radfahrer stellten sich im Bereich der Fußgängerfurt oder auf dem benachbarten Kfz-Fahrstreifen auf. Die Situation wird bestimmt durch starke Pulkbildungen im Schülerverkehr, für den die Kapazität des Radfahrstreifens während der Verkehrsspitzen nicht reicht.

Die Zufahrt Bertha-von-Suttner-Platz in Bonn (UFB 6) weist – integriert in den Kfz-Fahrstreifen – einen Schutzstreifen für geradeaus fahrende Radfahrer auf, an den ein aufgeweiteter Aufstellbereich für rechts abbiegende Radfahrer angegliedert ist. Von den beobachteten geradeaus fahrenden 100 Radfahrern stellten sich 91 auf dem 1,50m breiten Schutzstreifen auf, die restlichen neun Radfahrer belegten in der Mehrzahl den links liegenden Kfz-Fahrstreifen.

An der Zufahrt Hermannstraße in Bonn (UFB 8) ist nur den Radfahrern das Linksabbiegen erlaubt. Sämtliche der 76 an der LSA zum Warten veranlassten Radfahrer stellten sich innerhalb des 2,0m breiten Schutzstreifens auf. Auch bei den restlichen Zufahrten mit einer nennenswerten Zahl an Radfahrern (UFB 17, UFB 21, UFB 22) platzierten sich sämtliche der 43 anhaltenden Radfahrer innerhalb der für sie vorgesehenen Bereiche.

5.4 Anfahrverhalten

Es wird der Frage nachgegangen, ob es bei Radfahrern, die sich zuvor bei Rot an der LSA aufgestellt haben, beim Anfahren – z.B. durch Aus-

schervorgänge - zu Veränderungen im Querschnittsbelegungsverhalten kommt oder die Querschnittspositionen im Wesentlichen beibehalten werden. Dem Verhalten der anfährenden Radfahrer wird das Querschnittsbelegungsverhalten der durchfahrenden Radfahrer, also derjenigen Radfahrer, die die LSA bei Grün passieren konnten, gegenübergestellt.

Wie im vorhergehenden Abschnitt wird zwischen den Fallbeispielen mit aufgeweiteten Radaufstellstreifen und den Fallbeispielen mit Radfahrstreifen / Schutzstreifenführungen ohne angegliederten aufgeweiteten Aufstellbereich unterschieden. Wegen der stark differierenden Belastungsverhältnisse, Ausgestaltungsformen und Rahmensituationen und der daraus resultierenden schlechten Aggregierbarkeit der Ergebnisse erfolgt eine Einzelbetrachtung der einzelnen Untersuchungsfallbeispiele.

Aufgeweitete Radaufstellstreifen

Zu den von Radfahrern stärkstbelasteten Fallbeispielen zählt die Zufahrt Münsterstraße in Bocholt (UFB 1). Neben den 176 geradeaus fahrenden Radfahrern, die an der LSA bei Rot hielten, waren hier 233 Radfahrer zu registrieren, die als durchfahrende Radfahrer die LSA bei Grün passieren konnten.

Aus den Untersuchungen zum Aufstellverhalten (siehe Tabelle 4) wird deutlich, dass sich die überwiegende Zahl der Radfahrer trotz der hohen Radverkehrsbelastungen relativ weit rechts platzierte. Durchschnittlich wurde ein Abstand von 0,84m zum rechten Fahrbahnrand eingenommen; lediglich 2,3% der Radfahrer nahmen einen Abstand von mehr als 2,0m zu dieser Bezugslinie ein.

Anfahrende Radfahrer fuhren mit einem mittleren Abstand von 0,99m zum Fahrbahnrand geringfügig weiter links. Aber auch hier waren es nur 6,8% der Radfahrer, die mit einem Abstand von mehr als 2,0m zum Fahrbahnrand die Haltlinie passierten.

Radfahrer, die an der LSA nicht zum Warten veranlasst wurden, nahmen auf Höhe der Haltlinie im Mittel einen Abstand von 1,14m zur Bezugslinie ein. Wie Bild 33 anhand einer Gegenüberstellung der Querschnittspositionen verdeutlicht, ist dieser etwas höhere Durchschnittswert allein darauf zurückzuführen, dass der rechte Randbereich der Fahrbahn von durchfahrenden Radfahrern nicht belegt wurde. Der Anteil der Radfahrer mit einem Abstand von mehr als 2,0m liegt bei 5,7%.

In Richtung Knoteninnenbereich wird der Radverkehr auf der Münsterstraße vom aufgeweiteten Radaufstellbereich ausgehend über eine 1,5m breite Radfahrerfurt weitergeführt. Von den 409 beobachteten Radfahrern benutzten in einem Querschnitt 10m hinter der Haltlinie 89% die Radfahrerfurt (einschließlich Markierung), lediglich 11% fuhren weiter mittig.

An der kaum von Kraftfahrzeugen frequentierten Zufahrt Osterstraße in Bocholt (UFB 2V und 2N) stellten sich die Radfahrer auf dem aufgeweiteten Radaufstellstreifen relativ flächig auf. Ebenso breit gestreut passierten die anfährenden sowie die wenigen durchfahrenden Radfahrer (Gesamtzahl: 643 Radfahrer) die Haltlinie. In einem Querschnitt 10m hinter der Haltlinie waren es aber immerhin 72% (Vorher-Untersuchung) bzw. 82% (Nachher-Untersuchung) der Radfahrer, die auf der 1,5m breiten Radfahrerfurt fuhren.

An den Zufahrten Kurfürstenstraße West / Ost (UFB 3, UFB 4N) sind keine über den Knoteninnenbereich weiterführenden Radfahrerfurten vorhanden. Im Vergleich zu den anfährenden Radfahrern fuhren durchfahrende Radfahrer wie schon an der Zufahrt Münsterstraße geringfügig weiter mittig.

Zu den stärker von Radfahrern frequentierten Fallbeispielen mit aufgeweiteten Radaufstellstreifen zählen des Weiteren die Zufahrten Lüdinghauser Straße und Münsterstraße in Dülmen (UFB 15 und 16). Auf der Lüdinghauser Straße kanalisiert sich – bedingt durch die relativ hohe Kfz-Belastung – sämtliche der anfährenden Radfahrer im rechten Randbereich. Die durchfahrenden Radfahrer bewegten sich durchgängig, also auch schon in der Knotenzufahrt, in diesem Bereich. Ein ähnliches Bild ergibt sich auf der stark vom Kraftfahrzeugverkehr frequentierten Münsterstraße. Auch hier bewegten sich sämtliche anfährenden Radfahrer wie auch sämtliche durchfahrenden Radfahrer im rechten Randbereich der Fahrbahn und folgten dem Furtverlauf.

Ein völlig anderes Querschnittsbelegungsverhalten anfährender bzw. durchfahrender Radfahrer ergibt sich auf der Kerkener und der Vorster Straße in Kempen (UFB 18 und UFB 19). Da hier bei einem Rechtsabbiegegebot für den Kraftfahrzeugverkehr nur für die Radfahrer die Möglichkeit besteht, in Geradeausrichtung zu fahren, fuhren hier sowohl die anfährenden als auch die durchfahrenden Radfahrer sehr weit mittig in den Knoteninnenbereich hinein. Auch auf dem durch Pulkbildungen im Schülerradverkehr geprägten Bussardweg in Pulheim (UFB 25) war ein solches Verhalten feststellbar.

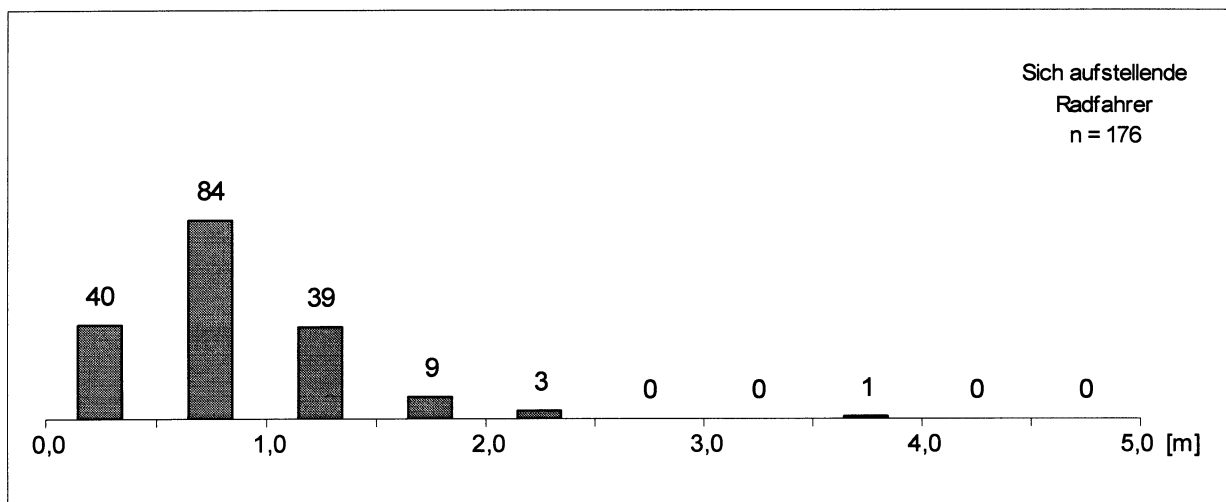
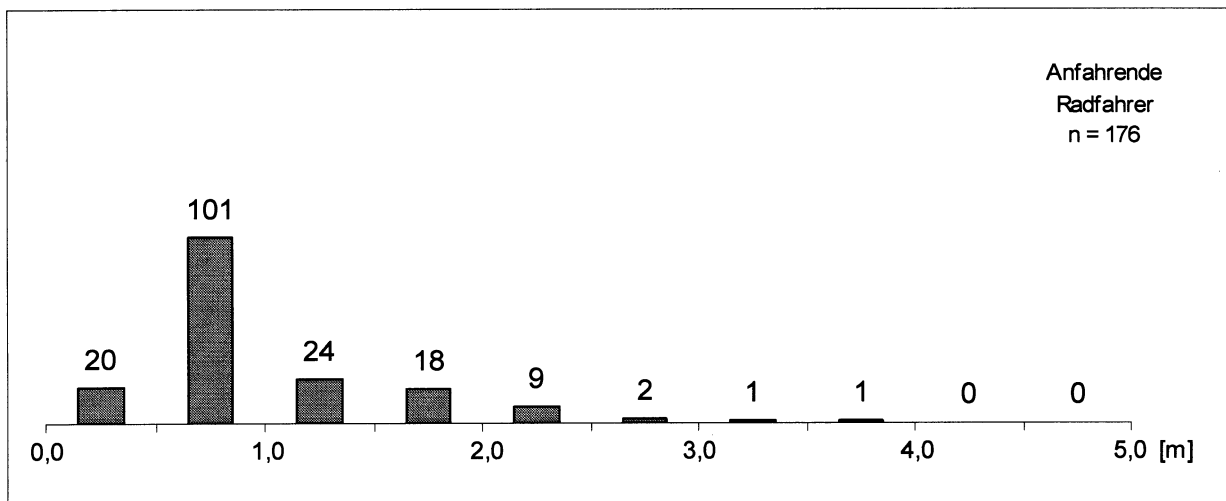
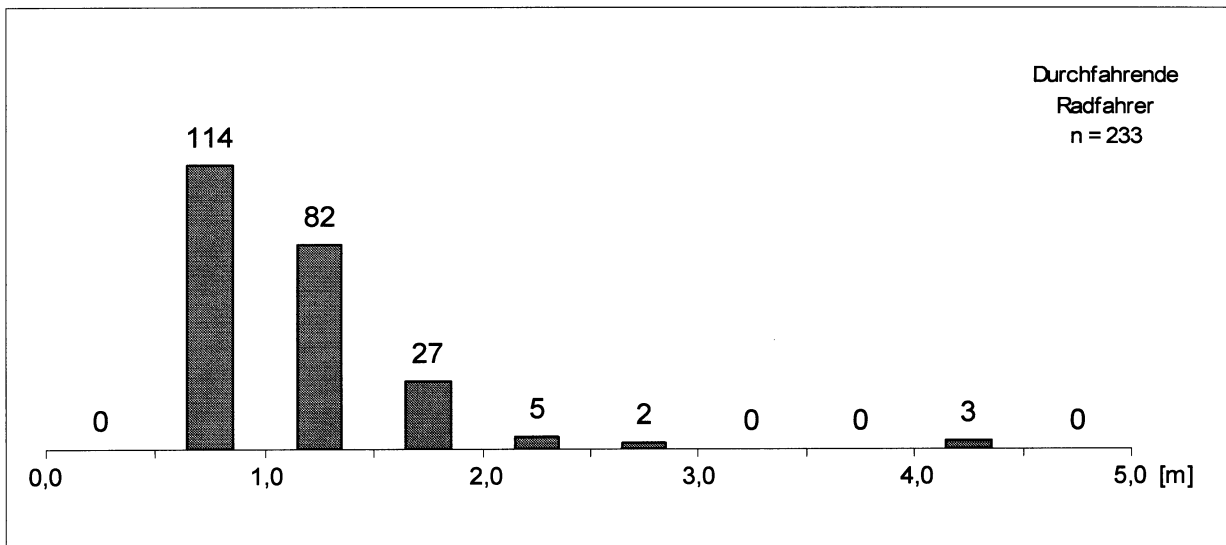


Bild 33: Querschnittspositionen geradeaus fahrender Radfahrer – Münsterstraße in Bocholt (UFB 1)

Bei den weiteren Fallbeispielen mit aufgeweiteten Aufstellstreifen und nennenswerten Radfahrerbelastungen (UFB 5V, UFB 5N, UFB 9, UFB 12, UFB 26, UFB 27) waren insgesamt 145 anfahrende und 139 durchfahrende Radfahrer zu beobachten. Mit Anteilswerten von 92% bzw. von 94% bewegten sich fast alle dieser Radfahrer beim Einfahren in den Knoteninnenbereich im rechten Randbereich (1,5m-Bereich) der Fahrbahn.

Im Vergleich zu den geradeaus fahrenden Radfahrern ist die Zahl der Radfahrer, die von einem aufgeweiteten Radaufstellstreifen aus nach links abbogen, relativ gering. Insgesamt waren 240 aus dem Aufstellbereich anfahrende sowie 225 durchfahrende Radfahrer zu registrieren. Nur einzelne Fallbeispiele (UFB 5V, UFB 5N, UFB 20, UFB 25, UFB 27) weisen höhere Radverkehrsbelastungen auf. Bei den übrigen Fallbeispielen waren jeweils nur einzelne links abbiegende Radfahrer zu verzeichnen.

Da das Aufstellen der Radfahrer wegen der überwiegend geringen Belastungen im Linksabbiegeverkehr in der Regel in Nähe der Haltlinie erfolgt, sind die Querschnittspositionen der anfahrenden Radfahrer auf Höhe der Haltlinie nahezu deckungsgleich mit den Positionen der sich aufstellenden Radfahrer. Sind im Knoteninnenbereich Führungshilfen für linksabbiegender Radfahrer vorhanden (u.a. UFB 11, UFB 27), so bündeln sich anfahrende Radfahrer in diesen Bereichen, auch wenn sie sich zuvor flächiger aufgestellt haben. Ausschervorgänge von anfahrenden links abbiegenden Radfahrern zum Überholen anderer Radfahrer waren nicht zu registrieren.

Radfahrer, die an der Lichtsignalanlage nicht zum Warten veranlasst wurden, passierten die Haltlinie erwartungsgemäß räumlich gebündelter als die anfahrenden Radfahrer. In der Regel wurde eine Querschnittsposition in Verlängerung des zuführenden Radfahrstreifens / Schutzstreifens eingenommen. Lediglich bei einzelnen Fallbeispielen wurde die Haltlinie breiter gestreut passiert. Dies trifft insbesondere für den als Fahrradstraße ausgewiesenen Bussardweg in Pulheim (UFB 25) zu, bei dem die Radfahrer aufgrund der geringen Kfz-Verkehrsbelastung kaum von nachfolgenden Kraftfahrzeugen beeinflusst werden.

Wie schon bei der Beschreibung des Aufstellverhaltens erwähnt wurde, waren an einzelnen Zufahrten links abbiegende Radfahrer zu registrieren, die sich zunächst aufstellten, dann aber noch während der Rotphase den Aufstellbereich verließen und ihren Weg über die vorgelagerte Fußgängerfurt fort-

setzten. Einige Radfahrer fuhren gleich durch, ohne das Rot der Lichtsignalanlage zu beachten. Vorgänge dieser Art waren vor allem bei denjenigen Fallbeispielen zu verzeichnen, bei denen links abbiegende Radfahrer die Freigabe mit dem entgegengerichteten Verkehr erhalten und von den Radfahrern ein stärkerer Kfz-Strom zu beachten ist (z.B. UFB 15, UFB 17).

Radfahrstreifen / Schutzstreifen

In die Detailbetrachtungen zum Verhalten anfahrender bzw. durchfahrender Radfahrer werden wie bei der Beschreibung des Aufstellverhaltens nur die Fallbeispiele mit nennenswerten Radverkehrsbelastungen einbezogen.

Auf der Münsterstraße in Bocholt (UFB 1) folgten bis auf drei weiter links fahrende Radfahrer alle 43 anfahrenden und 21 durchfahrenden Radfahrern der Markierungsführung des Knoteninnenbereiches. An der Zufahrt Osterstraße in Bocholt (UFB 2V und 2N) – hier ist nur den Radfahrern das Linksabbiegen erlaubt – waren es sogar sämtliche der 268 in den Vorher- und Nachuntersuchungen anfahrenden sowie alle 84 durchfahrenden Radfahrer, die im Knoteninnenbereich auf dem Abbiegestreifen fuhren.

Das Fallbeispiel Kurfürstenstraße (O) in Bocholt (UFB 4V) weist im Knoteninnenbereich keine Markierungen zur Führung der Radfahrer auf. Auch ohne Markierung hielten sich alle 34 durchfahrenden Radfahrer sowie etwa 80% der anfahrenden Radfahrer im rechten Randbereich (1,5m-Bereich).

An der Zufahrt Bertha-von-Suttner-Platz in Bonn (UFB 6) werden die geradeaus fahrenden Radfahrer über eine blau eingefärbte Radfahrerfurt durch den Knoteninnenbereich geführt. Mit Anteilswerten von 80% (anfahrende Radfahrer; n=100) bzw. von 85% (durchfahrende Radfahrer; n=318) benutzte der Großteil der Radfahrer die Furt, die übrigen Radfahrer fuhren größtenteils in unmittelbarer Nähe zur Furt auf dem links liegenden Kfz-Fahrstreifen.

Zu den Fallbeispielen mit Führung der Radfahrer durch den Knoteninnenbereich über eine deutlich markierte und durch Einfärbung hervorgehobene Furt zählen auch die Buersche Straße in Gladbeck (UFB 17) sowie die Stixchesstraße (UFB 21) und die Borkumstraße (UFB 22) in Leverkusen. Sämtliche der beobachteten 57 Radfahrer (43 anfahrende

und 14 durchfahrende Radfahrer) benutzten die Radfahrerfurt, so dass sich insgesamt eine außerordentlich hohe Annahme der untersuchten Radverkehrsführungen feststellen lässt.

5.5 Verhalten im Zufahrtsbereich des Knotenpunktes

5.5.1 Markierungsbeachtung durch Kraftfahrer

Es wird der Frage nachgegangen, inwieweit die im Zufahrtsbereich von Knotenpunkten angelegten Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen von den Kraftfahrern freigehalten wurden und hiermit eine anspruchsgerechte Befahrbarkeit durch den Radverkehr gegeben war. In die Untersuchungen wurden sowohl Kraftfahrzeuge, die die Lichtsignalanlage bei Grün passieren konnten als auch Kraftfahrzeuge, die bei Rot an der Lichtsignalanlage zum Warten veranlasst wurden, einbezogen. Die Betrachtungen beziehen sich auf den engeren Aufstellbereich außerhalb der Sortierbereiche.

Ein erster Betrachtungspunkt gilt denjenigen Fallbeispielen, bei denen die Breite der an die Radverkehrsführungen angrenzenden - einstreifig zu benutzenden - Kfz-Fahrstreifen mindestens 2,75m beträgt. Es wurden bei 21 relevanten Fallbeispielen insgesamt 12.425 Kraftfahrzeuge hinsichtlich ihres Querschnittsbelegungsverhaltens beobachtet.

Insgesamt lässt sich eine außerordentlich hohe Respektierung der für die Radfahrer vorgesehenen Bereiche feststellen. Bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Fallbeispiele wurden die Fahrstreifen der Radfahrer gänzlich freigehalten oder nur von wenigen Kraftfahrzeugen – dies in der Regel auch nur teilweise – belegt.

Eine Ausnahme stellen lediglich die Zufahrten Endenicher Straße in Bonn (UFB 5N) sowie Römerstraße in Troisdorf (UFB 29) dar, bei denen 8% (UFB 5N) bzw. 5% (UFB 29) der Kraftfahrzeuge den rechts liegenden Schutzstreifen zum Teil mitbelegten. Zurückzuführen dürfte dieses Verhalten in beiden Fällen in erster Linie auf die Kurvensituation (Rechtskurve) in Verknüpfung mit einer im Vergleich zu den übrigen Fallbeispielen etwas geringeren Fahrstreifenbreite (3,0m) sein. Inwieweit auch die Markierungsform (unterbrochener Schmalstrich) zu der leicht verminderten Respektierung beiträgt, ist unklar. Vor Markierung des Schutzstreifens auf der Endenicher Straße war den

Radfahrern der Weg durch die Kraftfahrzeuge in der Regel blockiert, so dass gegenüber dem Vorher-Zustand eine deutliche Verbesserung der Verhältnisse festzustellen ist.

An den Zufahrten Kerkener Straße und Vorster Straße in Kempen (UFB 18 und 19) ist der an den Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen angrenzende Kfz-Fahrstreifen jeweils 2,8m breit. Trotz dieser relativ geringen Breite verblieben sämtliche Pkw innerhalb des Kfz-Fahrstreifens, lediglich bei den wenigen Lkw ergab sich eine Mitbelegung der für den Radverkehr vorgesehenen Bereiche.

Aggregiert man die Ergebniswerte der 21 Untersuchungsfallbeispiele, so waren es bei einer Gesamtzahl von 12.425 beobachteten Kraftfahrzeugen lediglich 152 Kraftfahrzeuge, die die Radverkehrsführungen mitbenutzten. Dies entspricht einem Anteilswert von 1,2%. Zu vollständigen Belegungen der Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen durch Kraftfahrzeuge kam es nur in seltenen Fällen.

Bei einzelnen Fallbeispielen wurden zwei im Zufahrtsbereich angelegte Richtungsfahrstreifen in einen überbreiten Fahrstreifen mit getrennter Richtungsaufstellung überführt, um die Anlage eines Schutzstreifens zu ermöglichen. Zu diesen Fallbeispielen zählen die Lüdinghauser Straße in Dülmen (UFB 15) und der Bussardweg in Pulheim (UFB 25). In beiden Fällen liegt die Breite des Kfz-Fahrstreifens bei 4,50m. Aufgrund der geringen Frequentierung stellten sich die Kraftfahrzeuge auf dem Bussardweg hintereinander auf, so dass der rechtsliegende Schutzstreifen von Kraftfahrzeugen frei blieb.

Auch auf der stärker belasteten Lüdinghauser Straße war das Bestreben der sich nebeneinander aufstellenden Verkehrsteilnehmer erkennbar, innerhalb der für sie vorgesehenen Flächen zu verbleiben. Aufgrund der für das zweistreifige Aufstellen (Linksabbieger getrennt vom Geradeaus- / Rechtsabbiegeverkehr) relativ geringen Breite waren es hier jedoch knapp 20% der Kraftfahrzeuge, die den rechtsliegenden Schutzstreifen mitbenutzten. In der Regel wurden von den Kraftfahrzeugen nur kleine Teile der Schutzstreifen belegt, so dass für die Radfahrer meistens eine Vorbeifahrmöglichkeit gegeben war.

Über die behandelten Fälle hinaus wurden einzelne Fallbeispiele in die Untersuchungen einbezogen, bei denen ein normalbreiter Fahrstreifen in einen Schutzstreifen für Radfahrer mit danebenliegendem schmalen Kfz-Fahrstreifen aufgegliedert wurde. Besonders schmal mit einer Breite von 2,0m

wurde der Kfz-Fahrstreifen auf der Zufahrt Berthavon-Suttner-Platz in Bonn (UFB 6) ausgeführt; der angrenzende Schutzstreifen hat eine Breite von 1,5m. Trotz der geringen Breite des Kfz-Streifens waren es immerhin 48% der Kraftfahrzeuge, die innerhalb ihres Fahrstreifens verblieben und den Schutzstreifen nicht mitbenutzten.

Bei den beiden weiteren Fallbeispielen mit schmalen Kfz-Fahrstreifen (UFB 10, Comesstraße in Brühl und UFB 26, Niederbergheimer Straße in Soest) bewegten sich die meisten der beobachteten Kraftfahrzeuge direkt am Rande der Schutzstreifenmarkierung unter leichter Mitinanspruchnahme des Schutzstreifens.

5.5.2 Annäherungsverhalten der Radfahrer

Es werden zunächst diejenigen Fallbeispiele betrachtet, bei denen ein aufgeweiteter Radaufstellstreifen einem einzelnen Kfz-Fahrstreifen vorgelagert ist und die Zuführung zu diesem Aufstellstreifen über einen am Fahrbahnrand liegenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen erfolgt. Bei der Mehrzahl der untersuchten Fallbeispiele verlaufen die zuführenden Radfahr- oder Schutzstreifen über die gesamte Länge des Zufahrtsbereiches, bei einzelnen Fallbeispielen sind lediglich kurze Auffangstreifen angelegt.

Von den Fallbeispielen mit längergezogenen Radfahr- oder Schutzstreifen weisen die stark vom Radverkehr frequentierte Münsterstraße in Bocholt (UFB 1), die Münsterstraße in Dülmen (UFB 16) sowie die Buersche Straße in Gladbeck (UFB 17) – unabhängig von der Breite des Streifens und der Markierungsform – mit einer bis auf Ausnahmefälle vollständigen Nutzung durch den Radverkehr eine besonders hohe Akzeptanzquote auf. Akzeptanzfördernd dürfte sich auswirken, dass jeweils nur einzelne Richtungsbeziehungen über die Radfahr-/Schutzstreifen und die vorgelagerten Radaufstellstreifen abgewickelt werden (UFB 1: Geradeausfahrer; UFB 16: Geradeausfahrer und Rechtsabbieger; UFB 17: Linksabbieger).

Auf der Römerstraße in Troisdorf (UFB 29) benutzen neben den Geradeausfahrern auch die links abbiegenden Radfahrer den mit einer Breite von 1,10m sehr schmal gehaltenen Vorbeifahrstreifen nahezu vollständig. Akzeptanzfördernd dürfte die starke Belegung des benachbarten Fahrstreifens durch Kraftfahrzeuge wirken.

Auch bei den weiteren Fallbeispielen ist eine sehr gute Akzeptanz der am Fahrbahnrand liegenden

Radfahr-/ Schutzstreifen durch geradeaus fahrende oder rechts abbiegende Radfahrer festzustellen. Eine Ausnahme stellt lediglich die Zufahrt Busardweg in Pulheim (UFB 25) dar, bei der die aus einer schwach vom Kfz-Verkehr frequentierten Fahrradstraße kommenden Radfahrer den aufgeweiteten Radaufstellstreifen eher mittig und nicht über den rechtsliegenden (Auffang-) Schutzstreifen erreichten.

Auf den Zufahrten Kerkener Straße und Vorster Straße in Kempen (UFB 18 und 19) bewegte sich der Großteil der beobachteten geradeaus fahrenden Radfahrer zunächst auf dem Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen am rechten Fahrbahnrand, dann wurde dieser Streifen aber oft recht frühzeitig verlassen, um sich - vielfach "mitschwimmend" im fließenden Kfz-Verkehr – mittig einzusortieren. Dem Kfz-Verkehr ist an beiden Zufahrten nur das Rechtsabbiegen erlaubt.

Linksabbieger zeigten an den untersuchten Stellen ein unterschiedliches, auf die jeweilige Verkehrssituation abgestimmtes Verkehrsverhalten. Bei Rot der Lichtsignalanlage wurden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen durch fast alle Radfahrer genutzt, um an den sich stauenden Kraftfahrzeugen vorbeizufahren. Bei Grün der LSA wurde – wie schon bei den Geradeausfahrern der Fallbeispiele 18 und 19 beschrieben – oft recht frühzeitig auf den Kfz-Fahrstreifen ausgewichen und unter oft mittlerer Benutzung des Fahrstreifens in den Knoteninnenbereich hineingefahren. Besonders häufig war dieses Verhalten an den Zufahrten Endericher Straße in Bonn (UFB 5N) und Walburger Tor in Soest (UFB 27) zu registrieren. Auch an den Zufahrten Kaiserstraße und Kurfürstenstraße in Brühl (UFB 9 und 12) sowie Lüdinghauser Straße in Dülmen (UFB 15) und Deutz-Kalker-Straße in Köln (UFB 20) war ein solches Verhalten zu beobachten. Einzelne Radfahrer fuhren ganz links an den Kraftfahrzeugen vorbei, um den aufgeweiteten Radaufstellstreifen zu erreichen.

Bis auf Ausnahmefälle boten die am rechten Fahrbahnrand angelegten Radstreifen eine gute Vorbeifahrmöglichkeit für den Radverkehr. Besonders komfortabel war diese Vorbeifahrmöglichkeit bei allen als Radfahrstreifen ausgestalteten Radverkehrsführungen mit Breiten im Bereich von 1,5m. Aber auch die schmaler ausgeführten Schutzstreifen waren in der Regel durch die Radfahrer uneingeschränkt nutzbar. Zu einzelnen Beeinträchtigungen des Radverkehrs kam es lediglich bei sehr schmal ausgeführten Vorbeifahrstreifen (Breiten im Bereich zwischen 1,0m und 1,2m) oder in den beschriebenen Fällen der Blockierung der Radstreifen durch haltende Kraftfahrzeuge.

Bei einzelnen Fallbeispielen, so den Zufahrten Osterstraße (UFB 2V und 2N) und Kurfürstenstraße (UFB 3 und 4N) in Bocholt, wurde zur Hinführung auf den aufgeweiteten Radaufstellstreifen ein kurzer Auffangradfahrstreifen angelegt. Bei Belegung des benachbarten Kfz-Fahrstreifens wurde dieser Radfahrstreifen in der Regel als Vorbeifahrmöglichkeit genutzt, in den anderen Fällen wurde der Aufstellstreifen durch die Radfahrer oft mittig erreicht.

Auf den Zufahrten Endericher Allee (UFB 5V) und Sandkaule (UFB 7) in Bonn fehlt ein zuführender Radstreifen. Während der aufgeweitete Radaufstellstreifen der Zufahrt Endericher Allee von den Radfahrern wegen der starken Kfz-Frequentierung nur schwer erreicht werden konnte und der Weg häufig durch Kraftfahrzeuge blockiert war, bot der für den Radverkehr freigegebene Busfahrstreifen der Zufahrt Sandkaule den Radfahrern eine gute Möglichkeit zum Erreichen des Aufstellstreifens. Lediglich in einzelnen Fällen war den Radfahrern der Weg durch vor ihnen stehende Busse versperrt.

Ein weiterer Betrachtungspunkt gilt denjenigen Fallbeispielen, bei denen ein aufgeweiteter Radaufstellstreifen gleich zwei Richtungsfahrstreifen des Kfz-Verkehrs vorgelagert ist und die Zuführung über einen rechts liegenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen erfolgt. Eine solche Ausgestaltung weisen die Zufahrten Römerstraße in Brühl (UFB 11), Teichhausstraße in Darmstadt (UFB 14), Niederbergheimer Straße in Soest (UFB 26) und Kostheimer Landstraße in Wiesbaden (UFB 31) auf.

Die untersuchten Fallbeispiele dieses Typs waren insgesamt nur schwach von Radfahrern frequentiert. Von besonderem Interesse ist das Verhalten der links abbiegenden Radfahrer, die zum Erreichen ihres Aufstellplatzes auf dem Radaufstellstreifen den Geradeausfahrstreifen bzw. den kombinierten Geradeaus-/Rechtsabbiegestreifen des Kfz-Verkehrs zu kreuzen haben. Es stellte sich heraus, dass nur ein kleiner Teil der Radfahrer den aufgeweiteten Radaufstellstreifen über den zuführenden Radstreifen anfuhr, der Rest der Radfahrer den Aufstellstreifen hingegen über den Kfz-Fahrstreifen erreichte.

Bei einzelnen Untersuchungsfallbeispielen sollen Radfahrer, die nach rechts abbiegen wollen, den aufgeweiteten Radaufstellstreifen über einen mittigen – also links vom Rechtsabbiegestreifen des Kraftfahrzeugverkehrs liegenden – Radstreifen erreichen. Zu diesen Fallbeispielen zählen die Zufahrten Bertha-von-Suttner-Platz in Bonn (UFB 6), Donnersberggring in Darmstadt (UFB 13) sowie E-

rich-Ollenhauer-Straße (UFB 30) und Kostheimer Landstraße (UFB 31) in Wiesbaden. Nur wenige Radfahrer folgten der vorgesehenen Führung über den Radstreifen. In der Regel wurde der aufgeweitete Radaufstellstreifen in der gesamten Länge über den Rechtsabbiegestreifen des Kraftfahrzeugverkehrs angefahren.

Generell ist festzustellen, dass linksabbiegende Radfahrer betreibt waren, sich sehr frühzeitig einzuordnen, um einen Radfahrstreifen für das direkte Linksabbiegen zu erreichen.

5.6 Konfliktsituationen

Konfliktsituationen zwischen Radfahrern und Kraftfahrzeugen, die als sogenannte „Beinaheunfälle“ einzustufen sind, waren nur in Einzelfällen zu registrieren.

Die registrierten Konflikte traten in der Konstellation zwischen einem geradeaus fahrenden Radfahrer und einem nach rechts abbiegenden Kraftfahrzeug auf, wobei Radfahrern derart massiv der Weg geschnitten wurde, dass sie nur noch durch starkes Bremsen einem Zusammenstoß entgehen konnten. Die beobachteten Konfliktfälle konzentrieren sich auf einzelne Fallbeispiele mit starkem und / oder sehr zügig geführtem Kfz-Rechtsabbiegeverkehr.

Der weitaus größte Teil der untersuchten Fallbeispiele blieb im Interaktionsgeschehen zwischen dem Kraftfahrzeugverkehr und dem Radverkehr frei von schwereren Konflikten. So waren auch keinerlei Problemsituationen zu registrieren, die mit der Anlage aufgeweiteter Radaufstellstreifen in direktem Zusammenhang stehen.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Datengrundlage

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildet eine Dokumentation von innerörtlichen Knotenführungen des Radverkehrs, in die 89 Fallbeispiele aus 27 deutschen Städten einbezogen wurden. Der Aufgabenstellung und Zielsetzung des Projektes entsprechend wurden schwerpunktmäßig aufgeweitete Radaufstellstreifen dokumentiert, dies größtenteils in der Verknüpfung mit Schutzstreifen oder Radfahrstreifen. Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen die Vielfalt der vorhandenen Führungs- und Ausgestaltungsformen.

Unfallgeschehen

Aus dem Kollektiv der dokumentierten Fallbeispiele wurden 50 Knotenpunkte aus 22 Städten in die Unfallanalysen einbezogen. Bei den meisten dieser Knoten waren Radverkehrsführungen der zu untersuchenden Typen nur an einzelnen Knotenästen vorhanden. Die nachfolgenden Angaben zum Unfallgeschehen beziehen sich auf die Gesamtknoten, also auch auf die Knotenäste ohne Markierungen zur Führung der Radfahrer.

Die Auswertungen zum Unfallgeschehen erfolgten anhand der Verkehrsunfallanzeigen der Polizei. Der durchschnittliche Betrachtungszeitraum pro Fallbeispiel liegt bei 32 Monaten.

Insgesamt waren an den untersuchten Knotenpunkten 78 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung zu registrieren. Das Unfallgeschehen konzentriert sich auf 24 Knotenpunkte; die übrigen Knotenpunkte blieben während des Betrachtungszeitraums frei von registrierten Radfahrerunfällen.

An den untersuchten Knotenpunkten gab es keine Unfälle mit Getöteten. 18% der Unfälle waren mit schweren, 72% der Unfälle mit leichten Verletzungen verbunden. Bei den restlichen Unfällen handelt es sich um Sachschaden-Unfälle.

Rd. 60 % der registrierten Unfälle mit Radfahrerbeteiligung sind dem Unfalltyp 2 (Abbiege-Unfälle), knapp 20% dem Unfalltyp 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfälle) zuzuordnen. Hinzu kommen Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) sowie einzelne Unfälle in den übrigen Typengruppen.

Es überwiegen Unfälle zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und entgegenkommenden, nach links abbiegenden Kraftfahrzeugen, sowie Unfälle zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern und rechtabbiegenden Kraftfahrzeugen.

Von den insgesamt 78 Unfällen mit Beteiligung von Radfahrern ereigneten sich 19 Unfälle im Bereich der untersuchten Markierungslösungen. Es überwiegen Unfälle im Knoteninnenbereich in den beschriebenen Konstellationen. Im Zufahrtsbereich waren lediglich vier Unfälle leichter Art zu registrieren. Keiner dieser Unfälle steht in direktem Zusammenhang mit den untersuchten Radverkehrsführungen.

Verkehrsflächenwahl der Radfahrer

Von den rechtsabbiegenden Radfahrern nutzten etwa zwei Drittel die vorgesehene Fahrbahnführung. Bei einzelnen Fallbeispielen wird die Akzeptanz durch hohe Umlauf- und Sperrzeiten einge-

schränkt. In diesen Fällen wichen Radfahrer in den Seitenbereich aus.

Geradeaus fahrende Radfahrer nahmen die für sie vorgesehene Führung mit einer Akzeptanzquote von 94% überwiegend an. In einzelnen Fällen wurde in den Seitenbereich übergewechselt, falls sich hier die Möglichkeit eines schnelleren Weiterkommens bot.

Am häufigsten und am variantenreichstem tritt nicht intendiertes Wegewahlverhalten bei den linksabbiegenden Radfahrern auf. Hier wurden in einer Reihe von Fällen gänzlich andere Wege über den Seitenraum oder vorgelagerte Querungsmöglichkeiten gewählt.

Aufstellverhalten

Der Untersuchungsschwerpunkt liegt bei den aufgeweiteten Radaufstellstreifen. Anhand von 26 Fallbeispielen und knapp 2.500 registrierten Aufstellpositionen wurde in einem ersten Untersuchungspunkt ermittelt, in welchem Maße diese Aufstellbereiche von haltenden Kraftfahrzeugen freigehalten wurden.

Mit einem Anteilwert von 69% hielten mehr als zwei Drittel der beobachteten Kraftfahrzeuge – registriert wurde immer die Aufstellposition des ersten bei Rot haltenden Kraftfahrzeugs – die aufgeweiteten Aufstellstreifen vollständig frei. Zu einer teilweisen Belegung kam es in 25% der Fälle. Vollständig belegt wurden die Aufstellstreifen in 6% der Beobachtungsfälle. Ein Teil dieser Belegungen ist auf Haltevorgänge nach Ende der Grünphase zurückzuführen.

Das Aufstellverhalten der Kraftfahrzeuge wurde kaum von Radfahrern beeinflusst. In 88% der Fälle trafen Kraftfahrzeuge vor den ersten Radfahrern im Stauraum ein.

Aufgeweitete Radaufstellstreifen mit einer Tiefe ab 4,0m werden von den Kraftfahrern in einem höheren Maße respektiert als Aufstellstreifen mit geringen Tiefen. Besonders häufig werden Aufstellstreifen mit einer Tiefe von weniger als 2,5m von den Kraftfahrzeugen belegt. (Rot-)Einfärbungen bewirken, dass die Aufstellbereiche eher von Kraftfahrern freigehalten werden. Von der Tendenz her werden aufgeweitete Aufstellstreifen in denjenigen Städten, in denen Radfahrer zum gewohnten Verkehrsgeschehen gehören und entsprechende Anteilswerte am Verkehrsgeschehen aufweisen, eher von Kraftfahrzeugen respektiert.

Von den 1.700 hinsichtlich des Aufstellverhaltens beobachteten Radfahrern stellten sich 90% inner-

halb der ARAS-Flächen oder auf den zuführenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen auf. Eine nur teilweise Belegung des Aufstellstreifens mit einem deutlichen Überschreiten der Haltlinie von mindestens 1,0m wurde bei 7% der Radfahrer festgestellt. Zu einer Nichtannahme der ARAS-Flächen kam es in lediglich 3% der Beobachtungsfälle. Radfahrer stellten sich in diesen Fällen auf oder vor die Fußgängerfurt.

Die Fälle der Nichtakzeptanz bzw. der teilweisen Nichtannahme beschränken sich im Wesentlichen auf die Fallbeispiele mit Aufstelltiefen von weniger als 2,5m sowie auf ein Fallbeispiel mit starken Belastungsspitzen im Schülerradverkehr.

Radfahrer, die den aufgeweiteten Aufstellstreifen benutzten, stellten sich überwiegend im rechten Randbereich des Streifens auf. Nur relativ wenige Radfahrer machten von der Möglichkeit Gebrauch, den Streifen mittig zu belegen.

Betrachtet man die geradeaus fahrenden sowie die rechts abbiegenden Radfahrer, so waren es mit einem Anteilswert von 64% fast zwei Drittel der 1.400 in diese Betrachtungen einbezogenen Radfahrer, die sich – bezogen auf die Fahrradrängsachse – in einem Abstand von weniger als 1,0m von der rechten Außenbegrenzung des ARAS aufstellten. Weitere 22% der Radfahrer belegten einen Bereich zwischen 1,0m und 2,0m und nur 14% der Radfahrer stellten sich mit einem Abstand von mehr als 2,0m zur Außenlinie relativ mittig auf.

Bei einem Teil der Fallbeispiele ist dieses Aufstellverhalten auf belastungsbezogene Aspekte zurückzuführen. So wurden bei diesen Fallbeispielen aufgrund der geringen Radfahrerfrequenzierung nur einzelne Radfahrer pro Umlauf zum Warten veranlasst, die sich dann erwartungsgemäß rechts aufstellten.

Einzelne Fallbeispiele zeigen, dass es mit einer entsprechenden Ausgestaltung der aufgeweiteten Aufstellstreifen – wobei vor allem eine ausreichende Tiefe des Streifens wichtig ist – möglich ist, eine flächigere Benutzung des Aufstellstreifens durch Radfahrer zu bewirken.

Von den untersuchten aufgeweiteten Radaufstellstreifen wurde bis auf Ausnahmefälle nur in einem geringen Maße nach links abgebogen. So waren bei den 18 untersuchten Fallbeispielen mit Linksabbiegemöglichkeit für Radfahrer insgesamt lediglich 240 sich aufstellende Radfahrer zu registrieren. An einzelnen Zufahrten waren links abbiegende Radfahrer zu beobachten, die zunächst den Aufstellbereich anfahren, dann aber ihren Weg über die vorgelagerte Fußgängerfurt nach links fortsetzen. Hinsichtlich des Aufstellverhaltens der links

abbiegenden Radfahrer ergibt sich kein einheitliches Bild. So wurde bei einzelnen Fallbeispielen eher der mittlere bis linke Bereich, bei anderen der rechte in Verlängerung des zuführenden Radstreifens belegt.

Über die behandelten Fälle hinaus wurden eine Reihe von Fallbeispielen in die Untersuchungen einbezogen, bei denen die Führung und das Aufstellen der Radfahrer auf einem Radfahrstreifen oder Schutzstreifen ohne aufgeweiteten Aufstellbereich erfolgt. Die Akzeptanz dieser Streifen durch die Radfahrer – insgesamt wurde das Verhalten von knapp 700 Radfahrern untersucht – war außerordentlich gut. So verblieben sowohl links abbiegende als auch geradeaus fahrende Radfahrer beim Aufstellen größtenteils innerhalb der für die vorgesehenen Bereiche.

Anfahrverhalten

Radfahrer, die sich zuvor an der Lichtsignalanlage bei Rot aufgestellt hatten, veränderten ihre Querschnittsposition beim Anfahren größtenteils nur geringfügig. Auch im Bereich der aufgeweiteten Radaufstellstreifen wurde in der Regel relativ weit rechts gefahren. Deutlich ausgeprägte Ausschervorgänge nach links zum Überholen anderer Radfahrer waren nur selten zu registrieren.

Bei einem flächigeren Aufstellen der Radfahrer, wie es bei einigen Fallbeispielen mit stärkerer Frequenzierung durch den Radverkehr zu verzeichnen war, kanalisiert sich die Radfahrströme im Knoteninnenbereich in der Regel sehr schnell im Bereich der für die vorgesehenen Führungen. So wurden auch Führungshilfen für links abbiegende Radfahrer sehr gut akzeptiert.

Radfahrer, die an der Lichtsignalanlage nicht zum Warten veranlasst wurden, passierten die Haltlinie erwartungsgemäß räumlich gebündelter als die anfahrenen Radfahrer. In der Regel wurde eine Querschnittsposition in Verlängerung des zuführenden Radfahr- bzw. Schutzstreifens eingenommen.

Verhalten im Zufahrtsbereich

Im Hinblick auf das Kraftfahrerverhalten wurde untersucht, inwieweit die im Zufahrtsbereich angelegten Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen von den Kraftfahrern freigehalten wurden und hiermit eine anspruchsgerechte Befahrbarkeit durch Radfahrer gegeben war. Aggregiert man die Ergebniswerte der 21 Fallbeispiele, bei denen der an den Rad-

streifen angrenzende einstreifige Kfz-Fahrstreifen mindestens 2,75m breit ist, so waren es bei einer Gesamtzahl von rd. 12.400 beobachteten Kraftfahrzeugen lediglich 1,2%, die die Radverkehrsführungen mitbenutzten. Zu vollständigen Belegungen der Radfahr- bzw. Schutzstreifen durch Kraftfahrzeuge kam es nur in seltenen Fällen.

Bei einzelnen Fallbeispielen wurden zwei im Zufahrtsbereich zuvor vorhandene Richtungsfahrstreifen in einen überbreiten Fahrstreifen mit getrennter Richtungsaufstellung überführt, um die Anlage eines Schutzstreifens zu ermöglichen. Auch in diesen Fällen war das Bestreben der Kraftfahrer zu erkennen, innerhalb der für sie vorgesehenen Bereiche zu verbleiben. Aufgrund einer etwas zu schmalen Dimensionierung dieser Fahrstreifen kam es allerdings bei einzelnen Fallbeispielen zu einer teilweisen Mitbelegung der Schutzstreifen durch Kraftfahrzeuge.

Über die behandelten Fälle wurden einzelne Fallbeispiele in die Untersuchungen einbezogen, bei denen ein normalbreiter Fahrstreifen in einen Schutzstreifen für Radfahrer mit daneben liegendem schmalen Kfz-Fahrstreifen (Breite etwa 2,0m) aufgegliedert wurde. Auch bei dieser Ausgestaltungsvariante versuchte der überwiegende Teil der beobachteten Kraftfahrer, auf dem schmalen Kfz-Fahrstreifen zu verbleiben.

Hinsichtlich des Radfahrerverhaltens wurden zunächst diejenigen Fallbeispiele untersucht, bei denen ein aufgeweiteter Radaufstellstreifen einem einzelnen Kfz-Fahrstreifen vorgelagert ist und die Zuführung zu diesem Aufstellstreifen über einen am Fahrbahnrand liegenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen erfolgt. Die untersuchten Führungen dieses Typs weisen in der Regel eine sehr gute Akzeptanz durch Radfahrer auf. Lediglich bei einigen wenigen, durch Sonderverhältnisse (insbesondere spezielle Richtungskonstellationen oder Belastungssituationen) gekennzeichneten Fallbeispielen wurden die zuführenden Radstreifen nicht benutzt oder sehr frühzeitig verlassen, um sich - vielfach „mitschwimmend“ mit dem Kfz-Verkehr - mitig einzusortieren.

Die untersuchten Fallbeispiele, bei denen ein aufgeweiteter Radaufstellstreifen gleich zwei Richtungsfahrstreifen des Kfz-Verkehrs (hiervon ein Linksabbiegestreifen) vorgelagert ist und die Zuführung über einen rechts liegenden Radfahrstreifen oder Schutzstreifen erfolgt, waren insgesamt nur schwach von Radfahrern frequentiert. Der überwiegende Teil der links abbiegenden Radfahrer erreichte den aufgeweiteten Aufstellstreifen auf direktem Wege über den Kfz-Fahrstreifen.

Bis auf Ausnahmefälle boten die am rechten Fahrbahnrand angelegten Radstreifen eine gute Vorbeifahrmöglichkeit für die Radfahrer. Zu Beeinträchtigungen des Radverkehrs kam es lediglich bei sehr schmal ausgeführten Vorbeifahrstreifen im Bereich zwischen 1,0m und 1,2m.

Bei einzelnen Fallbeispielen sollen Radfahrer, die nach rechts abbiegen wollen, den aufgeweiteten Radaufstellstreifen über einen mittigen - also links vom Rechtsabbiegestreifen des Kraftfahrzeugverkehrs liegenden - Radstreifen erreichen. Führungen dieser Art wurden kaum angenommen; in der Regel erreichten Radfahrer den Aufstellstreifen über den Rechtsabbiegestreifen des Kraftfahrzeugverkehrs.

Konfliktsituationen

Der weitaus größte Teil der untersuchten Fallbeispiele blieb im Interaktionsgeschehen zwischen dem Rad- und dem Kraftfahrzeugverkehr frei von schwereren Konflikten. Insbesondere waren keinerlei Problemsituationen zu registrieren, die mit der Anlage aufgeweiteter Radaufstellstreifen in direktem Zusammenhang stehen.

Leistungsfähigkeitsaspekte

Ob und inwieweit aufgeweitete Aufstellstreifen durch ein gebündeltes Anfahren der Radfahrer dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit zu erhöhen, kann aus den untersuchten Fallbeispielen nicht abgeleitet werden, da das Aufstellen der Radfahrer in der Regel relativ weit rechts erfolgte und so häufig ein paralleles und hiemit wenig beeinflusstes Abfließen von Radfahrern und Kraftfahrzeugen erfolgte.

7 Schlussfolgerungen

Führungsmöglichkeiten

Grundsätzlich ist an Kreuzungen und Einmündungen zwischen der Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn und der Führung im Seitenraum zu unterscheiden. Welche dieser beiden Hauptführungsformen im jeweiligen planerischen Einzelfall zur Anwendung kommen sollte, hängt von einer Reihe von Rahmenbedingungen ab, wie sie in den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (ERA 95) verankert sind. Nach den Erkenntnissen des vorliegenden Projektes haben die dort

fixierten Bedingungen und Abwägungshilfen zum generellen Einsatz der Hauptführungsformen nach wie vor Gültigkeit und können den planerischen Abwägungen weiterhin in vollem Umfang zu Grunde gelegt werden.

Die hier zu behandelnde Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn gliedert sich auf in die Varianten

- Mischverkehr,
- Teilseparation mit Schutzstreifen sowie
- Radfahrstreifen.

Insbesondere an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten sollten Radfahrer eine Führungshilfe in Form von Radfahrstreifen oder Schutzstreifen erhalten. Bei höheren Radverkehrsbelastungen oder Pulkbildungen im Radverkehr empfiehlt sich die Kombination dieser Führungen mit aufgeweiteten Radaufstellstreifen (ARAS).

Grundsätze

Radverkehrsführungen an Knotenpunkten sind so auszugestalten, dass eine anspruchsgerechte Benutzbarkeit durch den Radverkehr gegeben ist. Die Akzeptanz der Knotenführungen mitsamt der betrieblichen Einbindung wird gefördert

- durch Regelungen, die einleuchtend und nachvollziehbar sind,
- durch kurze Wartezeiten
- sowie durch gut erreichbare und ausreichend bemessene Warteflächen.

Die Führung und die signaltechnische Einbindung der Radfahrer soll an allen Knotenzufahrten sowohl für die Radfahrer als auch für die anderen Verkehrsteilnehmer rechtzeitig und eindeutig zu erkennen sein.

Besonders wichtig ist die Gewährleistung guter Sichtbeziehungen zwischen Kraftfahrern und Radfahrern. Durch eine gestaffelte Haltlinienanordnung (Vorziehen der Haltlinie für Radfahrer / Zurückverlegen der Haltlinie für den Kraftfahrzeugverkehr) oder durch die Anlage aufgeweiteter Radaufstellstreifen kann erreicht werden, dass die sich aufstellenden und die anfahrenen Radfahrer verstärkt in das Blickfeld der Kraftfahrer gelangen.

Eine anspruchsgerechte Befahrbarkeit der Knotenzufahrt ist vor allem durch die Anlage von Radfahrstreifen – eine ausreichende Dimensionierung vorausgesetzt - zu erreichen. Lassen dies die räumlichen Verhältnisse nicht zu, so empfiehlt es sich, die Verkehrsströme mit Hilfe von Schutzstreifen

zumindest teilweise zu separieren. Eine solche Separation oder Teilseparation empfiehlt sich häufig auch dann, wenn der Radverkehr im vorhergehenden Streckenabschnitt im Mischverkehr geführt wird.

Um die Vorteile der Fahrbahnführung in Knotenpunkten nutzen zu können, kann auch der Übergang von einer Seitenraumführung auf der Strecke in eine Fahrbahnführung im Knoten zweckmäßig sein. Soll direktes Linksabbiegen realisiert werden, so sind ausreichend lange Verflechtungsstrecken erforderlich. Der Übergang sollte dann vor Beginn der Knotenaufweitung erfolgen.

Führung auf Radfahrstreifen

Auf der Strecke vorhandene Radfahrstreifen sind in der Knotenzufahrt in der Hauptfahrrichtung – in der Regel geradeaus – durchzuführen. Nach Möglichkeit sind auch Radfahrstreifen für direkt links abbiegende Radfahrer anzulegen, dies insbesondere dann, wenn in der Knotenzufahrt mehr als zwei Fahrstreifen vorhanden sind oder der Radverkehr zuvor auf Radverkehrsanlagen geführt wird. Radfahrstreifen für rechts abbiegende Radfahrer sind nur erforderlich bei sehr starkem rechts abbiegenden Kraftfahrzeugverkehr auf gesonderten Rechtsabbiegestreifen.

Am Fahrbahnrand liegende Radfahrstreifen haben ein Mindestnettomaß von 1,25 m (ohne Markierung). Anzustreben ist eine Breite von 1,50 m oder mehr. Die Abgrenzung gegenüber dem Kraftfahrzeugverkehr erfolgt mit einem durchgehenden Breistrich (0,25 m).

Abbiegestreifen für direkt links abbiegende Radfahrer sollten mindestens 1,00 m, besser 1,25 m breit sein (ohne Markierung). Sie sind beidseitig durch durchgehende Breitstriche mit einer Breite von jeweils 0,25 m abzugrenzen, so dass sich einschließend der Markierungen ein Mindestmaß von 1,50 m ergibt. Die beidseitige Markierung mit Breitstrichen sollte erst ab einer Aufweitung beginnen, die ein Nebeneinanderfahren von jeweils links abbiegenden Kraftfahrzeugen und Radfahrern zulässt.

Am Beginn der Knotenzufahrt sowie im Knoteninnenbereich erfolgt die Fahrstreifenabgrenzung durch unterbrochene Breitstriche mit 0,50 m Strich- und 0,20 m Lückenlänge.

Führung auf Schutzstreifen

Reicht der Platz für Radfahrstreifen nicht aus, so bietet sich die Anlage von Schutzstreifen an, um

die Qualität des Verkehrsablaufs zu verbessern. Schutzstreifen können den Radfahrern den notwendigen Raum verschaffen, um rechts an einer vor der Lichtsignalanlage stehenden Fahrzeugkolonne vorbeizufahren.

Die mit einem 0,12m-Schmalstrich (Strichlänge 1,00m, Lücke 1,00m) abgegrenzten Schutzstreifen können in der Knotenpunktzufahrt schmäler als auf Streckenabschnitten sein, eine Breite von 1,25m soll jedoch nicht unterschritten werden. Streifen mit einer Breite von unter 1,25m bieten kaum die Möglichkeiten eines nur halbwegs unbeeinträchtigten Vorbeifahrens an den Kraftfahrzeugen.

Aus den Untersuchungsergebnissen können keine Empfehlungen abgeleitet werden zur Anwendung von Schutzstreifen, die in einen normalbreiten Fahrstreifen integriert werden (z.B. 1,25 m breiter Schutzstreifen innerhalb eines 3,50 m breiten Gesamtfahrstreifens), da bislang nur wenige und teilweise dann auch nur schwach von Radfahrern frequentierte Fallbeispiele dieses Typs existieren.

Aufgeweitete Aufstellstreifen

Aufgeweitete Radaufstellstreifen (ARAS) sind durch eine vorverlegte Haltlinie für den Radverkehr und eine zurückverlegte Haltlinie für den Kraftfahrzeugverkehr gekennzeichnet.

Die zahlreichen untersuchten Fallbeispiele weisen keinerlei Auffälligkeiten im Unfall- und Konfliktgeschehen auf. Der Einsatz von aufgeweiteten Radaufstellstreifen empfiehlt sich bei Fahrbahnführung des Radverkehrs daher immer dann, wenn mit regelmäßigem Radverkehr oder zumindest gelegentlichen Pulkbildungen im Radverkehr zu rechnen ist. Die Anlage von aufgeweiteten Radaufstellstreifen ist vor allem zweckmäßig, wenn die Sperrzeit relativ lang ist und die Radfahrer damit ausreichend Gelegenheit haben, sich vor dem Kraftfahrzeugverkehr aufzustellen. Ist nur mit maximal ein oder zwei sich pro Umlauf aufstellenden Radfahrern zu rechnen, so reicht in der Regel eine gestaffelte Haltlinienanordnung ohne Aufweitung.

Die Anlage von aufgeweiteten Radaufstellstreifen kommt sowohl in einstreifigen als auch in mehrstreifigen Knotenpunktzufahrten in Frage.

Aufgeweitete Radaufstellbereiche sollten in der Regel über Radfahrstreifen oder Schutzstreifen angefahren werden können. In Ausnahmefällen kommt auch das direkte Anfahren aus dem Mischverkehr in Frage.

Die Untersuchungen machen deutlich, dass die aufgeweiteten Radaufstellstreifen von den Radfahrern

von rechts angefahren werden und sich jeweils nur auf einen Fahrstreifen beziehen sollen. Mehrere Fahrstreifen umfassende Radaufstellstreifen mit Zuführung der links abbiegenden Radfahrer aus dem rechten Fahrbahnrandbereich werden ebenso wenig akzeptiert wie Führungen, bei denen rechts abbiegende Radfahrer ihre Aufstellfläche über einen mittig liegenden – also links vom Rechtsabbiegestreifen des Kraftfahrzeugverkehrs angelegten - Radstreifen erreichen sollen.

Die aufgeweiteten Radaufstellbereiche sollten in der Regel 4,0 m bis 5,0 m tief sein und die gesamte Breite des Fahrstreifen umfassen. Ist nur mit wenigen sich aufstellenden Radfahrern zu rechnen, so kann die Breite des Aufstellstreifens auf etwa zwei Drittel der Breite des Fahrstreifens beschränkt und die Tiefe des Aufstellstreifens leicht reduziert werden. Eine Tiefe von etwa 3,5 m sollte nicht unterschritten werden, da sonst eine anspruchsgerechte Benutzbarkeit der aufgeweiteten Flächen kaum gegeben ist.

Die vorgezogenen Aufstellbereiche sollen mit Radfahrerpiktogrammen deutlich erkennbar dem Radverkehr zugewiesen werden. (Rot-)Einfärbungen fördern in Problemfällen die Respektierung durch Kraftfahrer und die Annahme durch Radfahrer.

Das Einordnen in den Aufstellbereich wird durch zwei Zeichen 294 StVO („Haltlinie“) ermöglicht, wobei das Haltgebot für den Kraftfahrzeugverkehr durch die zurückverlegte Haltlinie mit räumlichem und verkehrlichem Bezug zur Lichtsignalanlage angeordnet wird. Bei weiter als 5 m auseinander liegenden Haltlinien kann es sich empfehlen, die Kraftfahrer durch das Zusatzschild 1012-35 („bei Rot hier halten“) darauf hinzuweisen, dass sie an der zurückliegenden Haltlinie zu halten haben.

Im Knoteninnenbereich angelegte Furten und Abbiegestreifen bewirken, dass Radfahrer räumlich gebündelt den Knotenpunkt passieren können.

Vorgezogene Haltlinien

Um gute Sichtbeziehungen zwischen Radfahrern und dem Kraftfahrzeugverkehr zu ermöglichen, sollen die Haltlinien für den Radverkehr für den Fall, dass keine aufgeweiteten Radaufstellstreifen angelegt werden, durch Vorziehen der Haltlinie für den Radverkehr und / oder Zurücklegen der Haltlinie für den Kraftfahrzeugverkehr um etwa 3,0 m vor denen des Kraftfahrzeugverkehrs angeordnet werden. Bei stärkerem Radverkehr empfiehlt sich ein Versatz der Haltlinien um 4,0 m bis 5,0 m.

8 Literatur

- ALRUTZ, D., BOHLE, W., WILLHAUS, E. (1998): Bewertung der Attraktivität von Radverkehrsanlagen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 56, Bergisch Gladbach
- ANGENENDT, W. (1984a): Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich. Teil 3: Knotenpunkte. Bergisch Gladbach: Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Nr. 96
- ANGENENDT, W. et al. (1984b): Knotenpunkte. In: RETZKO, H.-G. (Hrsg. 1988): Forschungsdokumentation „Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich, Darmstadt
- ANGENENDT, W. et al. (1985): Sichere Gestaltung markierter Wege für Fahrradfahrer. Bd. 1, Bergisch Gladbach: Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Nr. 123
- ANGENENDT, W. (1989): Sichere Gestaltung markierter Wege für Fahrradfahrer. Bd. 2, Bergisch Gladbach: Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Nr. 202
- ANGENENDT, W. et al. (1993): Verkehrssichere Anlage und Gestaltung von Radwegen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 9, Bergisch Gladbach
- Arbeitsgemeinschaft „Fahrradfreundliche Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen“ (Hrsg.) (o. J.): Fahrradfreundliche Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen. Eine Zwischenbilanz.
- ARGUS, VCÖ (Hrsg., 1990): Das Fahrrad im Verkehr. Wegweiser zu einer fahrradgerechten Organisation des Straßenverkehrs. Wien, S. 57-63
- BAAN, FRANS DE (1996): Der leichte Zweiradverkehr in Knoten. In: route et trafic No. 1, p.32-33
- BOUSKA, W. (1997¹⁷): StVO Straßenverkehrsordnung. Textausgabe mit Erläuterungen, Allg. VwV zur StVO sowie verkehrsrechtlichen Bestimmungen des BImSchG. München
- C.R.O.W (1994): Radverkehrsplanung von A bis Z. Das niederländische Planungshandbuch für fahrradfreundliche Infrastruktur. Ede
- DRAEGER, W. (1997): Die StVO-Novelle – Konsequenzen für die Radverkehrsplanung. Sonderdruck Stadt und Gemeinde 12/1997
- Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Straßen (Hrsg., 1998): Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten. Zollikon (CH), FA 3/95
- ETH, NT, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (o. J.): Gestaltung von Anlagen für Rad- und Mofafahrer. Eine Information für Gemeinden und Planer
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1995): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA 95). Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1998): Hinweise zur Beschilderung von Radverkehrsanlagen nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung. Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg., 1988): Nebenanlagen und sonstige Verkehrswege. RVS 3.562, Radverkehrsanlagen, Planung, Entwurf und Bau. Wien
- HERRSTEDT, L.; AGUSTSSON, L.; NIELSEN, M. et al. (1995): Safety of Cyclists in Urban Areas. Danish Experiences. In: Proceedings of the 8th VeloCity Conference Basel, p. 233-235
- HUPFER, C. (2000): Einsatzbereiche von Angebotsstreifen. Bremerhaven: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, H. V 74
- Kuratorium für Verkehrssicherheit, Institut für Verkehrstechnik und Unfallstatistik (Hrsg., 1997): Ermittlung von Beurteilungskriterien für „Mehrzweckstreifen“ und „Radfahren gegen Einbahn“. Zusammenfassung. Wien
- MARTI, U. (1996): Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs bei Lichtsignalanlagen. In: Straße und Verkehr Nr. 1 / route et trafic N° 1, S. 35-39
- NIELSEN, M. A.; LUND, B.; NILSSON, P. (1998): Junctions for Cyclists. Danish Experiences. Conference Paper. Copenhagen
- RAUH, W. (1995): Straßen zum Radfahren. VCÖ. Wien, S. 85-107
- RICHARD, H.; ALRUTZ, D., WIEDEMANN, J. (1986²): Handbuch für Radverkehrsanlagen. Darmstadt

- Road Directorate Denmark (1994): Safety of Cyclists in Urban Areas. Danish experiences. Traffic Safety and Environment Report 10, København, p. 26-50
- SCHNÜLL, R.; ALRUTZ, D. et al. (1992): Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten. Bergisch Gladbach: Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Nr. 262
- SCHRAMMEL, E.; ROBATSCH, K. (1999): Neue Richtlinie für den Radverkehr in Österreich – Ein Schritt zur einheitlichen Gestaltung von Radverkehrsanlagen. In: Proceedings VeloCity 99, Graz, S. 77-81
- Schweizer Norm 640252 / Vereinigung Schweizerischer Straßenfachleute (Hrsg., 1999): Knoten. Führung des leichten Zweiradverkehrs. Zürich
- Stadt Münster (Hrsg., 1996): Optimierung für den Radverkehr an Lichtsignalanlagen. Hannover: Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung, Stadtplanung 2/96; Programm fahrradfreundliche Stadt Münster
- Umweltbundesamt (Hrsg., 1983): Das Fahrrad in den Niederlanden. Modellvorhaben Fahrradfreundliche Stadt, Werkstattbericht Nr. 5A, Berlin
- Vereinigung Schweizerischer Straßenfachleute (Hrsg., 1994): Projektierung von Radverkehrsanlagen. Winterthur, FA 15/89. S. 58-62
- WHEELER, A. (1995): Advanced stop-lines for cyclists – a simplified layout. In: Traffic Engineering + Control 36, No.5, p. 283-289

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

1999

- V 61: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1997 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen**
Nierhoff, Palm, Regniet, Schmidt € 19,00
- V 62: Führung von Nahverkehrsfahrzeugen in Hauptverkehrsstraßen**
Schnüll, Johannsmeier, Albers, Etzold, Kloppe, Sporbeck, Wilms € 20,50
- V 63: Gestaltungskriterien von Landstraßenkurven**
Weise, Steyer € 15,00
- V 64: Querschnittsbreiten einbahniger Außerortsstraßen und Verkehrssicherheit und Sonderuntersuchung zum Querschnittstyp b2+1**
Palm, Schmidt € 14,50
- V 65: Auswirkungen unterschiedlicher zulässiger Höchstgeschwindigkeiten auf städtischen Straßen**
Retzko, Korda € 14,50
- V 66: Umweltauswirkungen abstumpfender Streustoffe im Winterdienst – Literaturanalyse**
Moritz € 14,50
- V 67: Sicherheitseigenschaften außerörtlicher Knotenpunkte**
Kölle, Schnüll € 17,50
- V 68: Städtischer Wirtschaftsverkehr und logistische Knoten**
Sonntag, Meimbresse, Eckstein, Lattner € 17,00
- V 69: Stadtverträgliche Bedien- und Parkkonzepte für Reisebusse in der Stadttouristik**
Kube € 16,00
- V 70: Entwurf und Bewertung von Verkehrsinformations- und -leitsystemen unter Nutzung neuer Technologien**
Zackor, Lindenbach, Keller, Tsvachidis, Bogenberger € 11,00
- V 71: Flächenansprüche von Fußgängern**
Alrutz, Bohle, Gugel, Kiegeland, Niemeyer, Schmidt, Vohl € 15,50
- V 72: Rechtsabbiegen bei Rot mit Grünpfel**
Albrecht, Brühning, Frenzel, Krause, Meewes, Schnabel, Topp € 10,50
- V 73: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1998 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen**
Laffont, Nierhoff, Regniet, Schmidt € 18,50

2000

- V 74: Einsatzbereiche von Angebotsstreifen**
Hupfer, Böer, Huwer, Jacob, Nagel € 13,50
- V 75: Gesamtwirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung**
Baier, Hebel, Peter, Schäfer € 15,00
- V 76: Radverkehrsführung an Haltestellen**
Angenendt, Blase, Bräuer, Draeger, Klöckner, Wilken € 14,00
- V 77: Folgerungen aus europäischen F+E-Telematikprogrammen für Verkehrsleitsysteme in Deutschland**
Philipp, Dies, Richter, Zackor, Listl, Möller € 18,50
- V 78: Kennlinien der Parkraumnachfrage**
Gerlach, Dohmen, Blochwitz, Engels, Funke, Harman, Schmidt, Zimmermann € 15,50

2001

- V 79: Bedarf für Fahrradabstellplätze bei unterschiedlichen Grundstücksnutzungen**
Alrutz, Bohle, Borstelmann, Krawczyk, Mader, Müller, Vohl € 15,50
- V 80: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 1998**
Lensing € 13,50
- V 81: Emissionen beim Erhitzen von Fahrbahnmarkierungsmaterialien**
Michalski, Spyra € 11,50
- V 82: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1999 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen**
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 19,50
- V 83: Verkehrssicherheit in Einbahnstraßen mit gegengerichtetem Radverkehr**
Alrutz, Gündel, Stellmacher-Hein, Lerner, Mättig, Meyhöfer, Angenendt, Draeger, Falkenberg, Klöckner, Abu-Salah, Blase, Rühle, Wilken € 17,00
- V 84: Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen**
Lensing, Mavridis, Täubner € 16,00
- V 85: Erstellung einer einheitlichen Logik für die Zielführung (Wegweisung) in Städten**
Siegener, Träger € 14,50
- V 86: Neue Gütekriterien für die Beleuchtung von Straßen mit gemischtem Verkehr und hohem Fußgängeranteil**
Carraro, Eckert, Jordanova, Kschischenk € 13,00
- V 87: Verkehrssicherheit von Steigungsstrecken – Kriterien für Zusatzfahrstreifen**
Brilon, Breßler € 18,50

2002

- V 88: Tägliches Fernpendeln und sekundär induzierter Verkehr**
Vogt, Lenz, Kalter, Dobeschinsky, Breuer € 17,50
- V 89: Verkehrsqualität auf Busspuren bei Mitnutzung durch andere Verkehre**
Baier, Kathmann, Schuckließ, Trapp, Baier, Schäfer € 13,50
- V 90: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen**
Bürkle, Berg € 16,50
- V 91: Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen**
Mattheis € 15,50
- V 92: Nahverkehrsbevorzugung an Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung des nichtmotorisierten Verkehrs**
Friedrich, Fischer € 14,00
- V 93: Nothaltemöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstraßen**
Brilon, Bäumer € 17,00
- V 94: Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen**
Lemke, Moritz € 17,00
- V 95: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren**
Topp, Lagemann, Derstroff, Klink, Lentze, Lübke, Ohlschmid, Pires-Pinto, Thömmes € 14,00
- V 96: Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung**
Angenendt, Bräuer, Klöckner, Cossé, Roeterink, Sprung, Wilken € 16,00
- V 97: Linksparken in städtischen Straßen**
Topp, Riel, Albert, Bugiel, Elgun, Roßmark, Stahl € 13,50
- V 98: Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland**
Baier, Bark, Brühning, Krumm, Meewes, Nikolaus, Räder-Großmann, Rohloff, Schweinhuber € 15,00

V 99: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 21,00

2003

V 100: Verkehrsqualität unterschiedlicher Verkehrsteilnehmerarten an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage
Brilon, Miltner € 17,00

V 101: Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse
Lensing € 13,50

V 102: Vernetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen
Kniß € 12,50

V 103: Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten
Falkenberg, Blase, Bonfranchi, Cossè, Draeger, Kautzsch, Stapf, Zimmermann € 11,00

V 104: Standortentwicklung an Verkehrsknotenpunkten – Randbedingungen und Wirkungen
Beckmann, Wulfhorst, Eckers, Klönne, Wehmeier, Baier, Peter, Warnecke € 17,00

V 105: Sicherheitsaudits für Straßen international
Brühning, Löhe € 12,00

V 106: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317
Ellmers, Balzer-Hebborn, Fleisch, Friedrich, Keppler, Lukas, Schulte, Seliger € 15,50

V 107: Auswirkungen von Standstreifenumnutzungen auf den Straßenbetriebsdienst
Moritz, Wirtz € 12,50

V 108: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen
Baier, Kathmann, Baier, Schäfer € 14,00

V 109: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr
Weber, Löhe € 13,00

2004

V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00

V 112: Einsatzkriterien für Betonschutzwände
Steinauer, Kathmann, Mayer, Becher vergriffen

V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden
Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Hacken € 15,00

V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing
Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00

V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50

V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00

V 117: Standorte für Grünbrücken – Ermittlung konfliktreicher Streckenabschnitte gegenüber großräumigen Wanderungen jagdbarer Säugetiere
Surkus, Tegethof € 13,50

V 118: Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer
Steinauer, Maier, Kemper, Baur, Meyer € 14,50

2005

V 111: Autobahnverzeichnis 2004
Kühnen € 21,50

V 119: Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren
Boltze, Schäfer, Wohlfarth € 17,00

V 120: Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung
Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt, Heidemann € 17,50

V 121: Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko
Hautzinger, Stock, Schmidt € 12,50

V 122: Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum
Beer, Herpetz, Moritz, Peters, Saltzmann-Koschke, Tegethof, Wirtz € 18,50

V 123: Straßenverkehrszählung 2000: Methodik
Lensing € 15,50

V 124: Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten
Angenendt, Blase, Klöckner, Bonfranchi-Simović, Bozkurt, Buchmann, Roeterink € 15,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.