

Führung des leichten Zweirad- verkehrs im Bereich von Knoten

Guidage des deux-roues légers dans les carrefours

**Ingenieurbüro Pestalozzi & Stäheli, Basel
Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon**

**C. Pestalozzi, dipl. Ing. ETH/SVI
Dr. S. Lager, Geograph**

Dr. F. Bühlmann, dipl. Ing. ETH/SVI

**Forschungsauftrag 3/95 auf Antrag der
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)**

**Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
Bundesamt für Strassen**

Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten

Guidage des deux-roues légers dans les carrefours

**Unter Mitwirkung der Mitglieder der VSS-Expertenkommission 2.08
Radverkehrs- und Fussgängeranlagen:**

Hans Vollenweider, Basler & Hofmann, Zürich, Präsident
Oskar Balsiger, Tiefbauamt des Kantons Bern, Bern
Christian Boss, Boss et Partenaires, Neuchâtel
Martin Geilinger, Martin Geilinger & Partner, Winterthur
Michel Jobin, Bureau d'ingénieurs, Delémont
Martin Känzig, Baudirektion SBB, Bern
Marcel Raemy, Kantonspolizei Zürich, Zürich
Urs Schweingruber, Bundesamt für Strassen, Bern

Forschungsstelle

Pestalozzi & Stäheli
Ingenieurbüro Umwelt und Verkehr
Dornacherstrasse 101, 4053 Basel

Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann
Schlossbergstrasse 10a, 8702 Zollikon

Sachbearbeiter

Christian Pestalozzi, dipl. Ing. ETH/SVI
Dr. Sebastian Lager, Geograph

Dr. Fredi Bühlmann, dipl. Ing. ETH/SVI

Forschungsauftrag 3/95 auf Antrag der
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)

November 1998

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung/Resumé

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Auftrag	1
1.3	Ziele	2
1.4	Abgrenzung	2
2	Methodik und Vorgehen	3
2.1	Voruntersuchung	3
2.2	Normbearbeitung	3
3	Literatur und Expertengespräche	7
3.1	Literatur- und Expertenverzeichnis	7
3.2	Auswertung der Literatur	10
3.3	Auswertung der Expertengespräche	11
4	Grundlagen und Grundsätze	15
4.1	Begriffe	15
4.2	Beschreibung von Knoten	17
4.3	Anforderungen an Knoten	19
4.4	Unfallgeschehen mit Zweiradfahrem in Knoten	20
4.5	Konfliktsituationen und Lösungsansätze	21
4.6	Betriebliche Aspekte	25
4.7	Gestaltungsgrundsätze	28
5	Knotenelemente	33
5.1	Überblick und Systematik	33
5.2	Knoten ohne Kreisverkehr	35
5.3	Knoten mit Kreisverkehr	69
6	Projektierungselemente	73
6.1	Allgemeines	73
6.2	Breite von Fahrstreifen	73
6.3	Länge von Fahrstreifen	80
6.4	Inseln	81

7	Normempfehlungen	83
8	Offene Fragen	87

Anhang A Ausführliche Ergebnisse der Expertengespräche

Anhang B Berechnung der Fahrstreifenbreiten

Anhang C Literatur- und Expertenverzeichnis (zum Aufklappen)

Die Forschungsstelle bedankt sich bei den folgenden Personen für die zur Verfügung gestellten Fotos:

- O. Balsiger, Tiefbauamt des Kantons Bern (Foto S. 37)
- M. Weissert, Kantonspolizei Zürich (Foto S. 58)
- W. Baumann, Bürkel Baumann Schuler (Fotos S. 60 und 67)
- J. Tschopp, Verkehrs-Club der Schweiz (Foto S. 65)

Verwendete Abkürzungen

ASTRA	Bundesamt für Strassen
VSS	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
HLS	Hochleistungsstrassen
HVS	Hauptverkehrsstrassen
VS	Verbindungsstrassen
SS	Sammelstrassen
ES	Erschliessungsstrassen
FG	Fussgänger
RF	Leichte Zweiräder
Mfz	Motorfahrzeuge
PW	Personenwagen
LW	Lastwagen
ÖV	Öffentlicher Verkehr
LSA	Lichtsignalanlage

Auch wenn aus Gründen der leichteren Lesbarkeit in diesem Forschungsbericht der männlichen Form der Vorzug gegeben wird, werden darunter Frauen und Männer verstanden.

Zusammenfassung

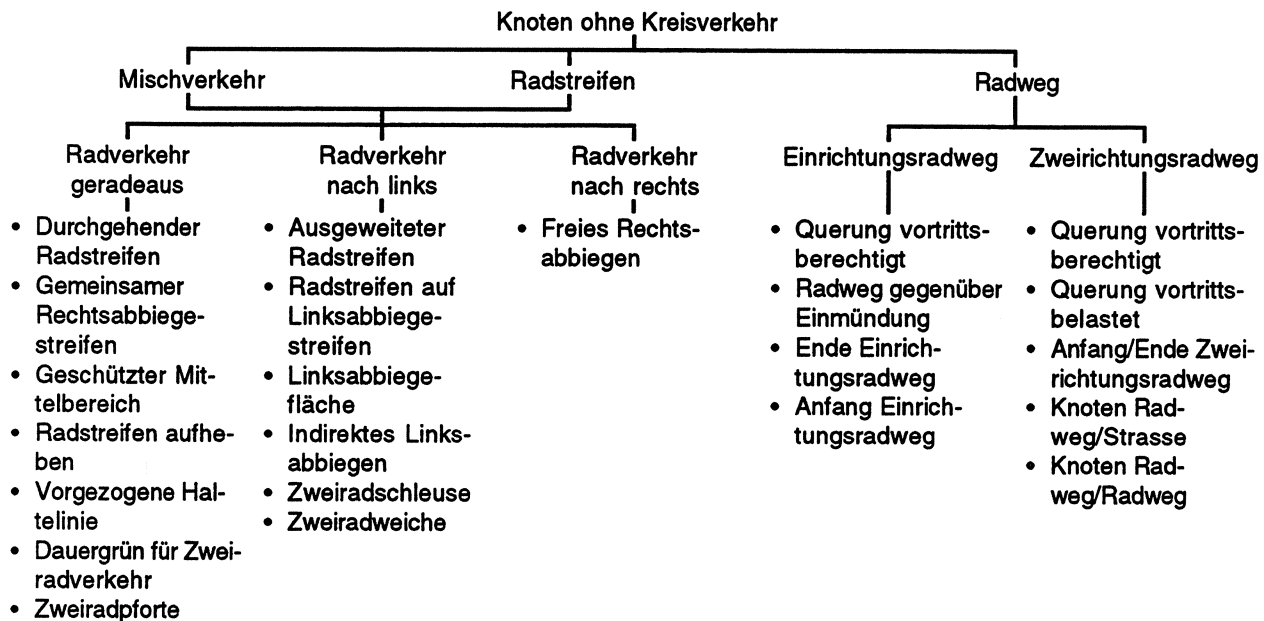
Die Förderung des leichten Zweiradverkehrs mit sicheren, direkten, zusammenhängenden und komfortablen Routen ist heute weitgehend unbestritten. Doch allzu oft enden solche Massnahmen vor Knoten, gerade dort wo eine attraktive und sichere Führung von grosser Bedeutung wäre. Die subjektive Unsicherheit ist im Bereich von Knoten am grössten und hält viele Menschen von der Benützung des Fahrrads ab. Andere empfinden das Radfahren als unattraktiv, weil die in Knoten getroffenen Massnahmen zu Umwegen, Fahrtunterbrechungen und Zeitverlusten führen. Unplausible Lösungen können zudem die Ursache für die Missachtung von Verkehrsregeln durch Radfahrer sein, was dem Image des Radfahrens abträglich ist. Der Forschungsauftrag „Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten“ hatte deshalb zum Ziel, Empfehlungen für den Planer zu erarbeiten, mit welchen Massnahmen die subjektive und objektive Sicherheit sowie die Attraktivität in Knoten erhöht werden kann.

Die im Forschungsbericht dargestellten Empfehlungen zu verschiedenen Aspekten der Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten sind das Resultat einer detaillierten Auswertung in- und ausländischer Literatur, von Gesprächen mit verschiedenen Experten, der Erfahrungen der Mitglieder der VSS-Expertenkommission 2.08 'Fussgänger- und Radverkehrsanlagen' sowie von Beobachtungen und Aufnahmen einzelner Knoten. Eigentliche Felduntersuchungen an ausgewählten Knoten konnten jedoch nicht durchgeführt werden, da in erster Priorität die Bearbeitung der VSS-Normen verlangt wurde.

Der Forschungsbericht enthält Begriffsdefinitionen, Anforderungen an Knoten aus der Sicht des leichten Zweiradverkehrs und Angaben zum Unfallgeschehen mit Radfahrern an Knoten. Ein wichtiger Bestandteil sind die allgemeinen Lösungsansätze zu typischen Konfliktsituationen an Knoten ohne und mit Kreisverkehr. Sie zeigen in Abhängigkeit des Verkehrsregimes und der Führungsart des leichten Zweiradverkehrs (Mischverkehr, Radstreifen, Radweg) mit welchen Knotenelementen oder anderen Massnahmen die Verkehrssicherheit erhöht werden kann. Die betrieblichen Aspekte sind von Anfang an in die Planung und Projektierung von Knoten einzubeziehen. Aus der Sicht des leichten Zweiradverkehrs ist insbesondere die Wahl des Verkehrsregimes und der Führungsart des Radverkehrs von Bedeutung. Zu Knoten ohne Kreisverkehr und zu solchen mit Kreisverkehr werden je 6 generelle Führungsmöglichkeiten und deren Anwendungsbereiche aufgezeigt. Wichtige Gestaltungsgrundsätze, die der sicheren, direkten, zusammenhängenden und komfortablen Führung des leichten Zweiradverkehrs an Knoten dienen, schliessen den allgemeinen Teil des Forschungsberichts ab.

Für Knoten ohne und solche mit Kreisverkehr werden 28 wichtige Knotenelemente mit Skizzen und Fotos dargestellt. Sie sind gegliedert nach der Führungsart des Zweiradverkehrs. Für jedes Element ist detailliert angegeben, welche Konfliktsituation damit gelöst werden kann, welche Literaturen etwas dazu aussagen, bei welchen Randbedingungen das Element angewendet werden soll, welche Wirkungen damit verbunden sind, was besonders zu beachten ist, welche anderen Knotenelemente damit verwandt sind und ob dieses Element normierungswürdig ist. Diese Zusammenstellung soll dem Planer im Sinne eines Nachschlagewerks dienen, zu konkreten Problemstellungen das richtige Knotenelement zu finden.

Die nachfolgend aufgeführten Knotenelemente für Knoten ohne Kreisverkehr werden zur Normierung empfohlen:



Im Kapitel Projektierungselemente wird neben der Länge von besonderen Fahrstreifen und der Breite von Inseln insbesondere die Breite von Fahrstreifen unter Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs ausführlich diskutiert. Primär werden zur Ermittlung von Fahrstreifenbreiten ergänzende Angaben zu den Normen „Geometrisches Normalprofil“ aufgeführt. Die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs bestimmt wesentlich den massgebenden Begegnungsfall. Sind strassenbegleitende Radwege vorhanden, kann die Fahrstreifenbreite ohne Berücksichtigung des Radverkehrs erfolgen. Bei Radstreifen sollten in der Regel Lastwagen, mindestens aber Personenwagen mit reduzierter Geschwindigkeit die Radfahrer überholen können. Bei Mischverkehr ist allenfalls aus Sicherheitsgründen gar kein Überholen der leichten Zweiräder erwünscht. Für die Breite verschiedener Fahrstreifen mit Radstreifen wie auch für die Radstreifen selbst werden Richtwerte angegeben. Für Fahrstreifen im Mischverkehr können nur Richtwerte für Durchfahrtsbreiten bei Inseln angegeben werden. Im Anhang sind jedoch für eine grosse Zahl von Begegnungsfällen nach den Normen „Geometrisches Normalprofil“ berechnete Fahrstreifenbreiten aufgeführt.

Die Resultate der Forschungsarbeit sind bereits in die Normengruppe 'Knoten' der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) eingeflossen. Die Anforderungen an Knoten, die betrieblichen Aspekte und die Gestaltungsgrundsätze sind Bestandteil der Norm SN 640 250 'Knoten, Grundlagen'. Die allgemeinen Lösungsansätze und die Knotenelemente bilden den Inhalt der Norm SN 640 252 'Führung des leichten Zweiradverkehrs'. In den Normen SN 640 262 'Knoten ohne Kreisverkehr' und SN 640 263 'Knoten mit Kreisverkehr' sind die Projektierungselemente enthalten.

Der Forschungsbericht schliesst mit einer Liste von offenen Fragen ab, die nicht geklärt werden konnten, da primär die VSS-Normen zu bearbeiten waren. Dem Vorteil, dass die Aspekte des leichten Zweiradverkehrs direkt in die Revision der Normengruppe 'Knoten' einfließen konnten, steht der Nachteil gegenüber, dass zu verschiedenen Aspekten fundierte Angaben nach wie vor fehlen. Weitere Forschungsarbeiten zu einzelnen Themen sind deshalb anzustreben.

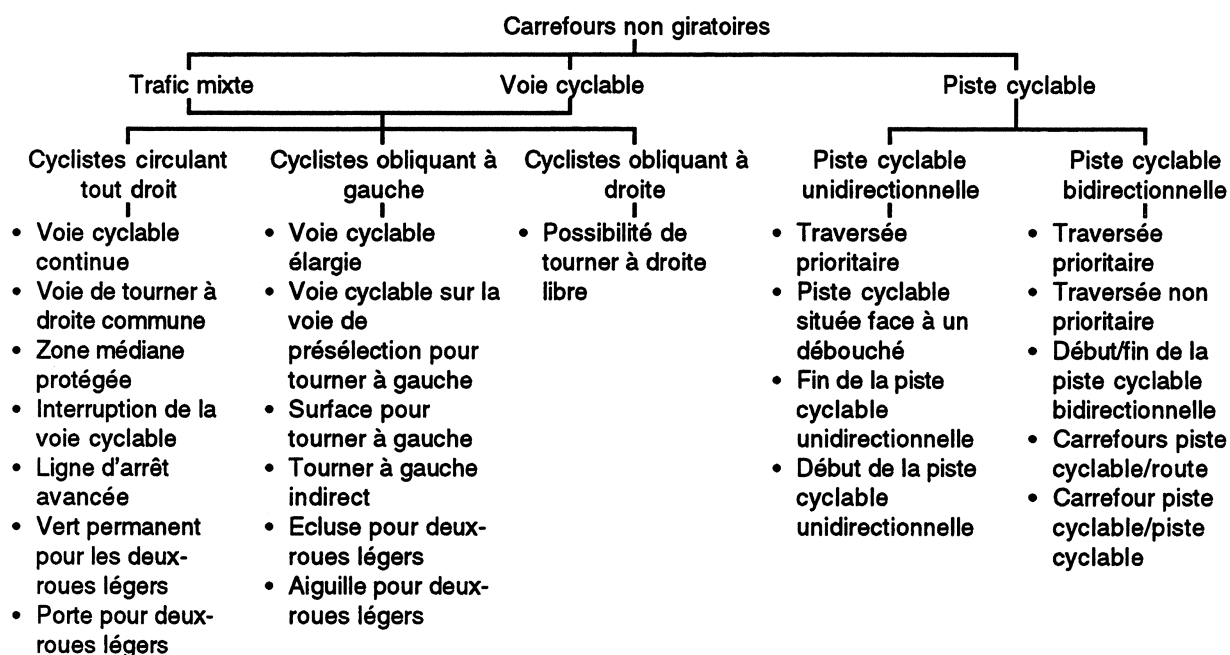
Resumé

Nul ne conteste plus guère la nécessité de développer le trafic des cycles et cyclomoteurs (deux-roues légers) en aménageant des itinéraires sûrs, directs, contigus et confortable. Or, dans bien des cas, ces itinéraires s'arrêtent aux carrefours, à l'endroit même où la sécurité des deux-roues revêt une importance majeure. En effet, le sentiment subjectif d'insécurité est à son maximum aux abords et à l'intérieur même des carrefours et ôte très souvent l'envie de circuler à vélo. La configuration de certains carrefours, qui se traduit dans la pratique par des détours, des arrêts et des pertes de temps, constitue un autre facteur de dissuasion. Par ailleurs, les solutions inadéquates incitent certains conducteurs de deux-roues légers à enfreindre les règles de la circulation, ce qui nuit à l'image de ces mêmes conducteurs. Le présent mandat de recherche „Guidage du trafic des deux-roues légers aux carrefours“ a donc l'intention de fournir aux responsables de projets un certain nombre de recommandations visant à accroître la sécurité subjective et objective aux carrefours et à améliorer la qualité du trafic.

Ces recommandations sont le fruit de l'étude détaillée d'ouvrages suisses et étrangers sur le sujet, d'entretiens avec divers experts, des expériences rassemblées par les membres de la Commission d'experts de l'Union des professionnels de la route (VSS) 2.08 'Aménagement pour piétons et cyclistes', ainsi que des observations et prises de vues faites à certains carrefours. Le mandat portait en priorité sur le traitement des normes VSS et a donc exclu les recherches sur le terrain proprement dites.

Le rapport définit tout d'abord un certain nombre de notions, répertorie les conditions que doivent remplir les carrefours du point de vue du trafic des deux-roues légers et présente des données sur les accidents dans lesquels sont impliqués les conducteurs de deux-roues aux carrefours. Une place importante a été accordée aux éléments généraux de solution applicables aux situations conflictuelles typiques touchant les carrefours giratoires ou non giratoires. Ils indiquent, en fonction du régime de trafic et du mode de guidage du trafic des deux-roues légers (trafic mixte, voies ou pistes cyclables), les éléments de carrefour ou autres mesures susceptibles d'accroître la sécurité. Les aspects touchant à l'exploitation devraient être intégrés d'emblée à la planification et à l'élaboration des projets de carrefours. Du point de vue du trafic des deux-roues légers, le choix du régime de trafic et du mode de guidage du trafic cycliste est particulièrement important. Le présent rapport indique donc six possibilités générales de guidage et leur domaine d'application pour les carrefours non giratoires et six autres pour les carrefours giratoires. La partie générale du rapport présente pour terminer un certain nombre de principes d'aménagement importants dont le but est d'assurer un guidage sûr, direct, contigu et confortable du trafic des deux-roues légers.

28 principaux éléments sont présentés pour les carrefours giratoires et non giratoires à l'aide de croquis et photos. Ils sont classés d'après le mode de guidage du trafic des deux-roues. Il est indiqué en détail pour chaque élément quelle situation conflictuelle celui-ci permet de résoudre, quels ouvrages mentionnent le problème, dans quelles conditions marginales l'élément doit être appliqué, quelles sont les répercussions probables, les points auxquels il faut particulièrement veiller, quels sont les autres éléments de carrefour apparentés et s'il est nécessaire de convertir cet élément en norme. Ce tableau servira de référence aux responsables de projets qui recherchent l'élément de carrefour adéquat dans un cas concret. Il est du reste recommandé d'adopter comme normes les éléments de carrefour suivants à propos des carrefours non giratoires:



Outre la longueur de certaines voies de circulation et la largeur des îlots, le chapitre 'Projektiungselemente' (Éléments de projet) traite tout particulièrement et en détail de la largeur des voies de circulation vue sous l'angle du trafic des deux-roues légers. Le mode de guidage du trafic des deux-roues légers détermine pour une large part le cas de croisement ou de dépassement déterminant. En cas de pistes cyclables longeant la chaussée, la largeur des voies peut être fixée sans tenir compte du trafic des deux-roues. En cas de voies cyclables, les poids lourds en général mais au moins les voitures particulières à une vitesse réduite devraient pouvoir dépasser les cyclistes. Si le trafic est mixte, il est souhaitable que pour des raisons de sécurité, on ne puisse dépasser les deux-roues légers. On trouvera en outre dans ce même chapitre des valeurs indicatives sur la largeur des différentes voies de circulation avec voies cyclables et sur les voies cyclables elles-mêmes. Pour ce qui est des voies de circulation en cas de mixité du trafic, on ne peut donner de valeurs directives que pour les largeurs de traversée près des îlots. En annexe, nous avons néanmoins mentionné les largeurs de voies de circulation calculées d'après les normes 'Profil géométrique type' pour un grand nombre de cas de croisement ou de dépassement.

Les résultats du présent travail de recherche figurent déjà dans le groupe de normes 'Carrefours' de l'Union des professionnels suisses de la route (VSS). Les conditions que doivent remplir les carrefours, les aspects relevant de l'exploitation et les principes d'aménagement font partie intégrante de la Norme SN 640 250 'Carrefours, norme de base'. Pour leur part, les éléments généraux de solution et les éléments de carrefour figurent dans la norme SN 640 252 'Aménagement du trafic des deux-roues légers'. Enfin, les éléments du projet figurent dans les normes SN 640 262 'Carrefours non giratoires' et SN 640 263 'Carrefours giratoires'.

Le présent rapport se termine par une liste de questions qui n'ont pu être examinées car priorité était donnée au traitement des normes VSS. S'il est positif d'avoir déjà pu tenir compte des aspects du trafic des deux-roues légers lors de la révision du groupe de normes 'Carrefours', divers autres aspects n'ont pu être abordés en détail. Certains thèmes pourraient donc faire l'objet de travaux de recherche ultérieurs.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Förderung des leichten Zweiradverkehrs unter anderem durch eine attraktive Infrastruktur ist heute weitgehend unbestritten. In vielen Gemeinden und Kantonen werden denn auch Radwege und Radstreifen realisiert, um sichere, direkte, zusammenhängende und komfortable Routen für die Radfahrer bereitzustellen. Diese Massnahmen enden oft vor Knoten, sei es weil die Platzverhältnisse beschränkt sind, geplante Lösungen hohe Kosten verursachen oder weil die Fachkenntnisse fehlen. Doch gerade in Knoten sind attraktive und sichere Führungen des leichten Zweiradverkehrs zur Radverkehrsförderung von grosser Bedeutung. Die subjektive Unsicherheit ist im Bereich von Knoten am grössten und hält viele Menschen von der Benützung des Fahrrads ab. Andere empfinden das Radfahren als unattraktiv, weil die Führung des Radverkehrs in vielen Knoten zu Umwegen, Fahrtunterbrechungen und Zeitverlusten führt. Unplausible Lösungen können zudem Ursache für die Missachtung von Verkehrsregeln durch Radfahrer sein, was dem Image des Radfahrens abträglich ist.

Die Forschungsarbeit 15/89 „Projektierung von Radverkehrsanlagen“ hat ein Konzept zur Integration der Aspekte des leichten Zweiradverkehrs in das Normenwerk der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) vorgelegt, welches von der VSS genehmigt wurde. Im Rahmen von Normrevisionen sind die zuständigen Kommissionen damit aufgefordert, den leichten Zweiradverkehr bei der Überarbeitung zu integrieren. Für die gesamtheitliche Revision der Normengruppe 'Knoten' fehlten jedoch die zweiradspezifischen Grundlagen weitgehend. In allen Forschungsberichten ([1], [3], [9]), welche im Hinblick auf diese Normrevision erarbeitet wurden, ist der leichte Zweiradverkehr bewusst ausgeklammert worden.

1.2 Auftrag

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) beauftragte das Ingenieurbüro Pestalozzi & Stäheli (vormals Büro für Umweltschutz- und Verkehrsfragen) in Zusammenarbeit mit dem Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann „die technischen Grundlagen für die Integration der Aspekte des leichten Zweiradverkehrs in die Normengruppe 'Knoten' bereitzustellen. In einer Voruntersuchung ist der derzeitige Kenntnis- und Diskussionsstand darzustellen und die Charakterisierung der Knotentypen vorzunehmen. Es sind Untersuchungsfallbeispiele auszuwählen sowie der Untersuchungsumfang und die Bewertungskriterien zu konkretisieren. In der Hauptuntersuchung ist eine Unfallauswertung sowie für einzelne Fallbeispiele eine verkehrstechnische Unfallanalyse vorzunehmen. Sodann sind Knotenbestandteile zu bewerten, die Untersuchungsergebnisse zu interpretieren und Empfehlungen zu erarbeiten.“

Während der Bearbeitung wurde der Forschungsauftrag in Absprache mit dem Auftraggeber und der Begleitkommission der VSS (Expertenkommission 2.08 'Fussgänger- und Radverkehrsanlagen') abgeändert (Ziffer 2).

1.3 Ziele

Das Hauptziel der Forschungsarbeit „Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten“ ist die Erarbeitung der Grundlagen für die Integration der Aspekte des leichten Zweiradverkehrs in die Normengruppe 'Knoten'. Dazu gehören:

- Charakteristik verschiedener Knoten im Hinblick auf die Führung des leichten Zweiradverkehrs,
- Anforderungen des leichten Zweiradverkehrs an Knoten,
- Konfliktanalyse und Lösungsansätze,
- Entscheidungshilfen für den Betrieb des Knotens und die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs,
- Gestaltungsgrundsätze,
- Knotenelemente für den leichten Zweiradverkehr,
- Projektierungselemente.

1.4 Abgrenzung

Im Forschungsauftrag war das Thema „Leichter Zweiradverkehr im Kreisverkehr“ nicht enthalten. Dazu liegen andere Untersuchungen vor oder sind in Bearbeitung. Im Zusammenhang mit der Änderung des Auftrags (Ziffer 2) wurden jedoch die zweiradspezifischen Knotenelemente für den Kreisverkehr sowie die dazugehörenden Projektierungselemente ebenfalls bestimmt.

In dieser Forschungsarbeit nicht behandelt wurden niveaufreie Knoten. Hinweise zu diesem Thema sind in [8] enthalten. Parallel zu diesem Forschungsauftrag wurde auch der Forschungsauftrag 43/95 „Kombinierte Unter- und Überführungen für Fussgänger und Velofahrer“ bearbeitet.

Im weiteren waren Knoten zwischen Hochleistungsstrassen (HLS) nicht Thema dieser Forschungsarbeit, da auf diesen Strassen der leichte Zweiradverkehr nicht zugelassen ist (SN 640 041 „Strassentyp: Hochleistungsstrassen“).

Ebenfalls nicht bearbeitet wurden die Knoten bei Grundstückzufahrten. Diese weisen zwar insbesondere bei der Führung des Zweiradverkehrs auf Radwegen eine erhebliche Gefährdung der Radfahrer auf, doch sind die Grundstückzufahrten nicht Thema der Normengruppe 'Knoten'. Dieses Thema ist in der Norm SN 640 050 „Grundstückzufahrten“ geregelt.

2 Methodik und Vorgehen

Im Forschungsgesuch war ein Arbeitsprogramm mit einer Vor- und einer Hauptuntersuchung vorgesehen. Am Ende der Voruntersuchung wurde das Programm jedoch in Absprache mit der VSS-Expertenkommission 2.08 'Fussgänger- und Radverkehrsanlagen' sowie dem Bundesamt für Strassen (ASTRA) abgeändert. Anstelle von Untersuchungen an Fallbeispielen zur Klärung offener Forschungsfragen (Ziffer 8) wurde nun die Bearbeitung der Aspekte des leichten Zweiradverkehrs für die Integration in die Knotennormen vorgezogen.

2.1 Voruntersuchung

In der Voruntersuchung wurden die folgenden Arbeiten durchgeführt:

- Sichten und auswerten der vorliegenden Forschungsarbeiten und der Literatur (Ziffer 3),
- durchführen und auswerten von 17 Expertengesprächen (Ziffer 3 sowie Anhang),
- Beobachtung und Aufnahme unterschiedlicher Knotensituationen,
- Charakterisierung und Typisierung von Knoten in Bezug auf die besonderen Aspekte des leichten Zweiradverkehrs (Ziffer 4.2),
- Zusammenstellung typischer Konfliktsituationen mit Radfahrern in Knoten, deren Ursachen und Häufigkeiten (Ziffer 4.4),
- Übersicht über normierungswürdige Knotenelemente für den leichten Zweiradverkehr und deren Gliederung (Ziffer 5),
- Zusammenstellung offener Forschungsfragen (Ziffer 8).

Die Resultate der Voruntersuchung wurden im 1. Zwischenbericht (bei der Forschungsstelle erhältlich) zu Handen der Expertenkommission 2.08 dargestellt.

2.2 Normbearbeitung

In den Jahren 1996 bis 1998 fand die Revision der Normengruppe 'Knoten' statt. Dazu wurde ein Forschungsauftrag erteilt, um die Resultate verschiedener Forschungsarbeiten ([1], [3], [9]) normgerecht aufzuarbeiten. Die VSS hat deshalb beschlossen, die Aspekte des leichten Zweiradverkehrs gleichzeitig zu bearbeiten und in die Revisionsarbeiten einfließen zu lassen. Deshalb wurde die Hauptuntersuchung dieser Forschungsarbeit weggelassen und statt dessen die Normbearbeitung vorangetrieben.

In einer ersten Phase wurde ein Normentwurf erarbeitet, der sämtliche Aspekte des leichten Zweiradverkehrs zur Planung und Projektierung von Knoten umfasste. Damit würde eine kompakte Norm zum ganzen Thema „Führung des leichten Zweiradverkehrs in Knoten“ vorliegen. Eine solche Norm widerspräche jedoch dem Prinzip, dass bei der Planung und Projektierung von Knoten alle Verkehrsteilnehmer gleichzeitig und gleichberechtigt zu berücksichtigen sind.

An einer Koordinationssitzung der VSS-Expertenkommissionen 2.06 'Knoten' und 2.08 'Fussgänger- und Radverkehrsanlagen' wurde das folgende Konzept beschlossen:

- Stufe Vorarbeiten: gemeinsame Norm für alle Verkehrsarten.
- Stufe Planung: Neben der allgemeinen Norm „Knotenelemente“ wird die Führung des leichten Zweiradverkehrs wie auch des Fussgänger- und des öffentlichen Verkehrs in separaten Normen geregelt.
- Stufe Projektierung: gemeinsame Normen für alle Verkehrsarten.
- Stufe Kontrollen: gemeinsame Normen für alle Verkehrsarten.

Ausgehend davon wurde die folgende Gliederung der Normengruppe 'Knoten' festgelegt:

Vorarbeiten

SN 640 250 Grundlagennorm

Entwurf: Planung

SN 640 251 Knotenelemente	SN 640 252 Führung des leichten Zweiradverkehrs	SN 640 253 Führung des Fuss- gängerverkehrs	SN 640 254 Führung des öffentli- chen Verkehrs
------------------------------	---	---	--

Entwurf: Projektierung

SN 640 261 Kreuzungsfreie Knoten	SN 640 262 Knoten ohne Kreisverkehr	SN 640 263 Knoten mit Kreisverkehr
-------------------------------------	--	---------------------------------------

Kontrollen

SN 640 271 Kontrolle der Befahrbarkeit	SN 640 273 Sichtverhältnisse
---	---------------------------------

Darstellung

Darstellung von Knotenprojekten

Abbildung 1 Aufbau der Normengruppe 'Knoten'

Die Fortsetzung der Forschungsarbeit umfasste nun die folgenden Schritte:

- Aufteilung aller Aspekte des leichten Zweiradverkehrs auf die verschiedenen Normen,
- Norminhalte für die gemeinsamen Normen erarbeiten,
- Stellungnahme zu den Entwürfen der gemeinsamen Normen,
- Erarbeitung der Norm SN 640 252, Führung des leichten Zweiradverkehrs,
- Verfassen des vorliegenden Forschungsberichts.

Die zweiradspezifischen Inhalte der neuen Normen der Normengruppe 'Knoten' basieren auf Angaben aus der Literatur, insbesondere in- und ausländischer Richtlinien und Empfehlungen, den Resultaten der Expertengespräche, Beobachtungen und Aufnahmen verschiedener Knoten im Rahmen der Forschungsarbeit und den Erfahrungen der Mitglieder der Expertenkommission.

3 Literatur und Expertengespräche

3.1 Literatur- und Expertenverzeichnis

Literatur

Der Forschungsstelle sind über 50 Literaturen, in welchen das Thema „leichter Zweiradverkehr im Bereich von Knoten“ behandelt wird, bekannt. Im folgenden sind jene Publikationen aufgeführt, in denen ein oder mehrere Aspekt(e) dieses Themas besonders ausführlich behandelt werden.

Schweizerische Literatur

- [1] Bühlmann F., Spacek P.: Unfallgeschehen und Geometrie der Kreiselanlagen, Forschungsbericht 382, Auftrag 17/93 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1997
- [2] Schweizerische Konferenz der Beauftragten für Veloverkehr SVK: INFO Bulletin 1/97
- [3] Belopitov I., Spacek P.: Ausbildung von Fahrstreifen im Knotenbereich, Forschungsbericht 378, Auftrag 9/88 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1996
- [4] ETH Zürich, bfu: Gestaltung von Anlagen für Rad- und Mofafahrer, Eine Information für Gemeinden und Planer, 1996
- [5] Tiefbauamt des Kantons Zürich/Kantonspolizei Zürich: Radverkehrsanlagen, Richtlinien, 1995
- [6] Haldemann R., Weber W.: Verkehrssicherheit auf Schulwegen, bfu-Report 25, Bern, 1994
- [7] Bürgler St., Lindenmann HP.: Ausgeweitete Radstreifen bei lichtsignalgesteuerten Knoten, IVT ETH Zürich, 1994
- [8] Bürkel Baumann Schuler: Projektierung von Radverkehrsanlagen, Forschungsbericht 324, Auftrag 15/89 der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1994
- [9] Balzari & Schudel AG: Knotenelemente, Forschungsbericht 278, Auftrag 23/88 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1993
- [10] Kanton Luzern: Radroutenkonzept 1993, Projektierungsgrundlagen für strassenbegleitende Radverkehrsanlagen, 1993
- [11] Ghielmetti M., Stauber M.: Studie Aufgeblasener Radstreifen, 1992
- [12] Weissert M.: Vortrittsberechtigte Radwegübergänge im Gegenverkehr, Kantonspolizei Zürich, 1991
- [13] Dr. Tschopp J.: Massnahmen für den Veloverkehr, Spurwechsel 3/1991, VCS Zürich
- [14] Kanton Basel-Landschaft: Radrouten im Kanton Basel-Landschaft, Projektierungsrichtlinien, 1990
- [15] Bühlmann F.: Durchfahrtsbreiten bei baulichen Hindernissen, Verkehrstechnische Untersuchung im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons Zürich, 1990
- [16] Baudirektion des Kantons Bern: Zweiradanlagen, Empfehlungen für Massnahmen, 1988

- [17] Schweizerische Konferenz für Sicherheit im Strassenverkehr: Sicherheit der Zweiradfahrer, Bericht der Fachtechnischen Tagung, Bern, 1986
- [18] Lindenmann HP./Hehlen P./Heldstab E.: Sicherheit der Rad- und Mofafahrer, Forschungsbericht EPFL, ETH, bfu, 1984
- [19] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Hilfsmittel für die Anordnung von Radverkehrsanlagen in Städten und Ortschaften, Arbeitsgruppe Zweiräder der Städte St. Gallen, Luzern, Zürich, Basel, 1984
- [20] Winterthur Versicherungen: Zweiradverkehrsanlagen innerorts, 1983

Ausländische Literatur

- [21] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehrsplätzen, Entwurf 09/1997
- [22] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, ERA 95, Köln, 1995
- [23] VCÖ Verkehrsclub Österreich: Strassen zum Radfahren, Wien, 1995
- [24] Centre for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering C.R.O.W: Radverkehrsplanung von A bis Z, 1994
- [25] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstrassen EAHV 93, Köln 1993
- [26] Schrammel E.: Radverkehr im Ort, Wien, 1993
- [27] Bundesanstalt für Strassenwesen: Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten, Bergisch Gladbach, 1992
- [28] Monheim H.: Strassen für alle: Analysen und Konzepte zum Stadtverkehr der Zukunft, Hamburg, 1990
- [29] Arbeitsgemeinschaft umweltfreundlicher Stadtverkehr, Verkehrsclub Österreich: Das Fahrrad im Verkehr, 1990
- [30] Bundesanstalt für Strassenwesen, Bereich Unfallforschung: Unfall- und Sicherheitsforschung Strassenverkehr, Dokumentation zur Sicherung des Fahrradverkehrs, Heft 74, Bergisch Gladbach, 1989
- [31] Bundesanstalt für Strassenwesen: Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich, Bergisch Gladbach, 1984
- [32] Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC): Radweg-Planung, Planergruppe Stadtverkehr, Bremen, 1981
- [33] Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Strassenwesen: Nebenanlagen und sonstige Verkehrswege RVS 3.562, Radverkehrsanlagen, Wien, 1988

Gesetzliche Grundlagen

- [34] Bundesgesetz über den Strassenverkehr (Strassenverkehrsgesetz) [SVG] vom 19. Dezember 1958

- [35] Verordnung über die Strassenverkehrsregeln (Verkehrsregelnverordnung) [VRV] vom 13. November 1962
- [36] Verordnung über die Strassensignalisation (Signalisationsverordnung) [SSV] vom 5. September 1979
- [37] EJPD: Weisungen über die Anordnung und Ausgestaltung von ausgeweiteten Radstreifen, Bern 1995

Normen

- [38] SN 640 060 Leichter Zweiradverkehr, Projektierung, Grundlagen
- [39] SN 640 250 Knoten, Grundlagennorm
- [40] SN 640 251 Knoten, Knotenelemente
- [41] SN 640 252 Knoten, Führung des leichten Zweiradverkehrs
- [42] SN 640 261 Knoten, Kreuzungsfreie Knoten
- [43] SN 640 262 Knoten, Knoten ohne Kreisverkehr
- [44] SN 640 263 Knoten, Knoten mit Kreisverkehr
- [45] SN 640 271 Kontrolle der Befahrbarkeit
- [46] SN 640 273 Sichtverhältnisse

Experten

Mit den folgenden Personen wurden zum Thema der Forschungsarbeit Expertengespräche geführt:

- [E1] F. de Baan, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Abteilung Verkehrsplanung
- [E2] O. Balsiger, Tiefbauamt Kanton Bern, Fachstelle Velo
- [E3] A. Benacloche, Ville de Neuchâtel, Travaux publics
- [E4] O. Bolay, P. Gessenay, Office des transports et de la circulation, canton de Genève
- [E5] H. Ernst, Stadt Winterthur, Departement Bau/Verkehrsplanung
- [E6] G. Gardet, DTPAT, Service de l'aménagement du territoire, Ville de Genève
- [E7] P. Geissbühler, Amt für Verkehr und Tiefbau Kanton Solothurn
- [E8] D. Grob, Stadtbauamt Aarau
- [E9] R. Koch, M. Urwyler, Tiefbauamt Stadt Luzern
- [E10] C. Kropf, Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft
- [E11] HP. Lindenmann, P. Spacek, IVT ETH Zürich
- [E12] U. Marti, Strassenverkehrs- und Schifffahrtsamt Kanton Bern
- [E13] C. Morel, Ville de Genève, Division de la Voirie
- [E14] M. Raemy, R. Jäger, Kantonspolizei Zürich, Verkehrstechnische Abteilung

- [E15] T. Rubin, Raumplanungsamt Kanton Luzern, B. Steiger, T. Traber, Tiefbauamt Kanton Luzern, R. Zobrist, Strassenverkehrsamt Kanton Luzern, Verkehrstechnik
- [E16] U. Salvisberg, Verkehrsinspektorat der Stadt Bern
- [E17] H. Wymann, R. Flückiger, Stadtpolizei Zürich, Abteilung für Verkehr

Allen Experten danken wir an dieser Stelle für ihren positiven Beitrag zum Gelingen der Forschungsarbeit und den daraus abgeleiteten Knotennormen.

3.2 Auswertung der Literatur

Die Auswertung der Literatur bildete einen Hauptbestandteil der Forschungsarbeit. Die folgende Zusammenstellung zeigt, welche Literatur sich mit den allgemein zu normierenden Aspekten und insbesondere mit den Knotenelementen für den leichten Zweiradverkehr befasst.

Begriffe	[5] [8] [18] [20] [22]
Anforderungen an Knoten	[4] [5] [6] [10] [18] [19] [22] [24]
Gefährdungen und Unfallgeschehen	[6] [10] [18] [20] [23] [27] [28] [29] [30]
Betrieb	[18] [24]
Führungsart	[10] [18] [19] [22] [24] [33]
Gestaltungsgrundsätze	[4] [5] [6] [10] [20] [22]
Knotenelemente:	
• Durchgehender Radstreifen	[4] [5] [10] [17] [18] [19] [20] [24]
• Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen	[8] [13] [16] [23] [29]
• Radstreifen aufheben	[4] [24]
• Geschützter Mittelbereich	[10] [23] [30]
• Vorgezogene Haltelinie	[4] [5] [13] [17] [18] [20] [23] [28] [29] [30] [31]
• Dauergrün für Zweiradverkehr	[13] [23]
• Zweiradpforte	[5] [6] [8] [10] [16] [23] [26]
• Ausgeweiteter Radstreifen	[4] [5] [7] [8] [11] [13] [16] [19] [20] [22] [23] [24] [26] [29] [30] [33]
• Radstreifen auf Linksabbiegestreifen	[4] [5] [10] [13] [14] [17] [18] [19] [20] [22] [23] [24] [25] [26] [29] [30] [33]
• Linksabbiegefläche	[8] [14] [16] [20] [23] [29] [30] [32]
• Indirektes Linksabbiegen bei LSA	[5] [10] [13] [16] [19] [20] [22] [23] [24] [25] [26] [29] [30] [31] [32] [33]

• Zweiradschleuse	[10] [19] [20] [22] [23] [25] [30] [31]
• Freies Rechtsabbiegen	[16] [22] [23] [24] [29]
• Zweiradweiche	[8] [10] [13] [16] [22] [23] [29] [30]
• Querung vortrittsberechtigt	[4] [5] [10] [12] [17] [18] [22] [23] [25] [27] [28] [30] [33]
• Querung vortrittsbelastet	[14] [17] [18] [23] [25] [27] [28] [30]
• Radweg gegenüber Einmündung	[4] [5] [10] [14] [18] [19] [29]
• Ende Einrichtungsrادweg	[5] [8] [10] [14] [19] [22] [23] [24] [25] [29] [32]
• Anfang Einrichtungsrادweg	[5] [8] [10] [14] [23]
• Anfang/Ende Zweirichtungsrادweg, Anfang auf gleicher Fahrbahnseite	[5] [8] [10] [24] [30]
• Anfang/Ende Zweirichtungsrادweg, Anfang auf gegenüberliegender Seite	[5] [8] [10] [24] [29] [30] [32]
• Seitenwechsel	[18] [30]
• Knoten Radweg/Strasse	[4] [8] [10] [14] [18] [19] [20] [24] [32] [33]
• Knoten Radweg/Radweg	[8] [24]
• Kreisfahrbahn ohne Radstreifen	[2] [4] [5] [10] [16] [21] [22] [23] [24] [30]
• Zweirichtungsrادweg mit Anschluss an Kreisfahrbahn	[5] [10] [22] [23]

3.3 Auswertung der Expertengespräche

Die Gespräche mit den Experten von kantonalen und städtischen Verwaltungen sowie dem Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT der ETH Zürich bildeten einen wichtigen Bestandteil der Voruntersuchung. Mit diesen Gesprächen wurden im wesentlichen die nachstehenden Ziele verfolgt:

- Auswerten von bereits gemachten Erfahrungen mit der Führung des leichten Zweiradverkehrs in Knoten,
- Sammeln von neuen Ideen,
- Darstellen der dringendsten Probleme,
- Zusammenstellen von Fallbeispielen für die Hauptuntersuchung.

Eine detaillierte Auswertung der Expertengespräche befindet sich im Anhang. Im folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst:

Wesentliche Gefährdungen von Zweiradfahrern an Knoten

Das Linksabbiegen wird von den Experten als besonders gefährliches Fahrmanöver für Zweiradfahrer beurteilt. Auch bei geradeaus fahrenden Zweiradfahrern und nach rechts abbiegenden Motorfahrzeugen treten viele Konflikte auf. Mit einem erhöhten Konfliktpotential für Zweiradfahrer verbunden sind im weiteren mehrstreifige Vorsortierbereiche. Auf Radwegen sind Zweiradfahrer ganz allgemein bei Querungen über Strassen gefährdet. Besonders konfliktbehaftet sind Zweirichtungsradwege bei Einmündungen, da die Motorfahrzeuglenker nicht mit Zweiradfahrern aus der „falschen“ Richtung rechnen.

Allgemeine Grundsätze und Thesen

Wichtig ist gemäss den Experten, auf die spezifische Situation des einzelnen Knotens einzugehen und geplante Massnahmen darauf abzustimmen („Jeder Knoten ist anders!“). Gleichzeitig ist aber dem Grundprinzip „Homogenität“ Beachtung zu schenken („am gleichen Ort gleiche Lösungen“). Als weitere wichtige Grundsätze wurden die Erkennbarkeit und die Begreifbarkeit von Knoten genannt. Experten aus der französischen Schweiz befürworten die Anwendung einfacher Massnahmen mit hoher Akzeptanz. Das Verhalten der Zweiradfahrer sollte bei der Wahl der geeigneten Massnahmen mitberücksichtigt werden.

Wichtige Massnahmen

Bei der Frage nach wesentlichen Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit wurden erwartungsgemäss sehr unterschiedliche Möglichkeiten erwähnt. Übereinstimmend werden Massnahmen zur besseren Erkennbarkeit der Radfahrer und der Vortrittsregelung sowie der gegenseitigen Verständigung (durchgehende Radstreifenmarkierung, Belag einfärben, vorgezogene Haltelinie, ausgeweiteter Radstreifen, Fahrrad-Symbole) aufgeführt. Im weiteren sollte eine Geschwindigkeitsanpassung des Motorfahrzeugverkehrs z.B. mit einer Fahrbahnverengung vor Beginn der Vorsortierung erreicht werden. Wichtig sind Massnahmen für den linksabbiegenden Radverkehr und im Bereich der Vorsortierung. Im weiteren wurden mehrere Massnahmen zur Sicherung von Radwegquerungen erwähnt.

Hinweise zum Betrieb von LSA-geregelten Knoten

Die meisten Hinweise der Experten betreffen die Erfassung von leichten Zweirädern vor den Ampeln und Kriterien zum Anbringen von Zweiradampeln. Grundsätzlich wird gewünscht, die Zweiradfahrer über eine Anmeldung und Voranmeldung zu erfassen. Bei Knotenästen in Steigungen wäre eine Erfassung der Radfahrer für die Verlängerung der Grünphase sinnvoll. Spezielle Zweiradampeln werden vorwiegend bei Radwegen angebracht. Bei Radstreifen ist dies nur üblich, wenn eine besondere Führungsart oder Signalregelung (z.B. vorzeitiges Grün) vorliegen.

Gesetzliche Grundlagen

Die gesetzlichen Grundlagen sollten gemäss den Experten bei folgenden Themen angepasst werden: Aufhebung der Benützungspflicht von Radstreifen im Vorsortierbereich; Querungsstellen parallel zu Fussgängerstreifen; Einführung des gelben Blinkerpeils; freies Rechtsabbiegen bei Rot oder an Stopstrassen.

Inakzeptanz von Knotenanlagen durch Zweiradfahrer

Unplausible Wartezeiten (z.B. zu lange Rotphasen) und Fahrtunterbrechungen (z.B. 'STOP' statt 'Kein Vortritt'), eine für die Zweiradfahrer unverständliche oder subjektiv gefährliche Führung sowie mangelnder Komfort sind laut den Experten die wichtigsten Gründe für die Inakzeptanz von Knotenanlagen. Akzeptanz soll durch Bevorzugung der Zweiradfahrer geschaffen werden.

Forschungsbedarf

Forschungsbedarf besteht den Experten zufolge bei der Ausgestaltung von Vorsortierstreifen, bei der Führung von Radwegen über Einmündungen, bei der Querung von Radwegen parallel zu Fussgängerstreifen sowie bei der Frage des konfliktbehafteten Rechtsabbiegens (Rechtsabbiegen bei Rot, gelber Blinkerpfel).

Art der Normierung der Aspekte des Zweiradverkehrs in den VSS-Normen

Bei der Frage, wie die Radverkehrsaspekte in den VSS-Normen berücksichtigt werden sollen, wurde von den Experten im allgemeinen eine Integration in die übrigen Knotennormen befürwortet. In der französischen Schweiz wurde auch die Erarbeitung einer Grundlagennorm mit grundlegenden Prinzipien, Regeln und Kriterien für die Führung des leichten Zweiradverkehrs vorgeschlagen.

4 Grundlagen und Grundsätze

4.1 Begriffe

Im Zusammenhang mit der Führung des leichten Zweiradverkehrs in Knoten sind die nachfolgend aufgeführten Begriffe von Bedeutung. Für einzelne Begriffe wurden die Definitionen von [38] übernommen. Die übrigen werden zur Aufnahme in die Knotennormen, insbesondere in [41], empfohlen.

Leichter Zweiradverkehr

Er umfasst den Fahrrad- und Motorfahrradverkehr (Velo- und Mofaverkehr). [38]

Radrouten

Verbindungen zwischen Quellen und Zielen des leichten Zweiradverkehrs. [38]

Radstreifen

Für den leichten Zweiradverkehr bestimmte Fahrstreifen, welche durch eine Markierung gegenüber den Fahrstreifen des übrigen Verkehrs begrenzt sind. [38]

Radweg (Sammelbegriff)

Für den leichten Zweiradverkehr (und fallweise auch für Fussgänger) bestimmter Weg, welcher von der Fahrbahn des übrigen Verkehrs unabhängig geführt oder baulich getrennt ist. Radwege mit einem Abstand von höchstens 2 m von der Fahrbahn des übrigen Verkehrs werden als „strassenbegleitend“ bezeichnet. Einrichtungsradwege werden nur in einer Richtung befahren, Zweirichtungsradwege in beiden Richtungen. [38]

Mittels Signalisation wird häufig auch der Landwirtschaftsverkehr auf dem Radweg zugelassen.



- *Radweg*
Für den leichten Zweiradverkehr bestimmter Weg. [38]



- *Gemeinsamer Rad- und Fussweg*
Der leichte Zweiradverkehr und die Fussgänger benützen die Verkehrsfläche gemeinsam. [38]



- *Rad- und Fussweg mit getrennten Verkehrsflächen*
Dem leichten Zweiradverkehr und den Fussgängern werden zusätzlich zur Signalisation mittels Markierung eigene Verkehrsflächen zugeordnet. [38]

Fussgänger- und Radfahrerweg



Weg, auf welchem Motorwagen, Motorräder und Motorfahrräder nicht zugelassen sind. [38]

Im Gegensatz zum Radweg führt diese Signalisation nicht zu einer Verpflichtung für die Radfahrer den Weg zu benützen.

Fussweg – Radfahren gestattet

Trottoir, auf welchem die Mitbenützung durch Fahrräder und Motorfahrräder mit abgestelltem Motor zugelassen ist.

Die Signalisation Fussweg mit der Zusatztafel „Radfahren gestattet“ dient primär der Schulwegsicherung auf schwach begangenen Trottoirs.

Einbahnstrasse mit Gegenverkehr von leichten Zweiradfahrern

Einbahnstrasse, auf welcher der leichte Zweiradverkehr in der für Motorfahrzeuge verbotenen Fahrtrichtung gestattet ist. [38]

Knotenelemente

Unter dem Knotenelement wird ein Ast des Knotens verstanden. Knotenelemente werden schematisch dargestellt und enthalten keine Abmessungen. Sie können auch in Teilen dargestellt werden, z.B. nur für den links- oder den rechtsabbiegenden Zweiradverkehr (s. auch [40]).

Projektierungselemente

Projektierungselemente enthalten die geometrischen Abmessungen der Verkehrsstreifen und Kanalisierungselemente. Die einzelnen Projektierungselemente sind in den Normen [42], [43] und [44] behandelt (s. auch [40]).

Verkehrsregime

Unter dem Verkehrsregime versteht man das Betriebskonzept des Knotens (z.B. Vortrittsverhältnisse, Verkehrsregelung usw.). Das Verkehrsregime regelt das richtige Verhalten der Verkehrsteilnehmer im Knoten.

Führungsart

Die Führungsart beschreibt, ob der leichte Zweiradverkehr auf der gleichen Verkehrsfläche wie der übrige Verkehr (Mischverkehr) oder von diesem durch Markierungen (Radstreifen) bzw. durch bauliche Massnahmen (Radwege) getrennt geführt wird.

Ausgeweiteter Radstreifen

Ein sich über ein oder mehrere Fahrstreifen erstreckender Aufstellbereich für leichte Zweiräder an Knoten mit Lichtsignalanlage (s. auch [35]). In der Regel geht dieser Aufstellbereich aus einem Radstreifen hervor.

Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen

Gemeinsamer Fahrstreifen für den geradeaus fahrenden leichten Zweiradverkehr und den rechtsabbiegenden Verkehr.

Linksabbiegefläche

Durch eine verschobene Sicherheits- oder Leitlinie erzeugte Fahrstreifenaufweitung, die dem linksabbiegenden leichten Zweiradverkehr einen Aufstellbereich in Fahrbahnmitte bietet.

Radwegquerung

Vortrittsbelastete oder vortrittsberechtigende Querung eines Radwegs über eine Strasse.

Vorgezogene Haltelinie

Haltelinie für den leichten Zweiradverkehr an Knoten mit Lichtsignalanlage, welche gegenüber derjenigen für den Motorfahrzeugverkehr vorgezogen ist.

Zweiradpforte

Örtliche Verengung (baulich oder markiert) eines Strassenabschnittes, die in Verbindung mit entsprechender Signalisation sicherstellt, dass Motorfahrzeuge die betreffende Stelle nur in einer, leichte Zweiräder jedoch in beiden Richtungen passieren können.

Zweiradschleuse

Anlage an Knoten mit Lichtsignalanlage, bei der es dem leichten Zweiradverkehr durch ein Vorsegnal ermöglicht wird, sich zeitlich getrennt vom übrigen Verkehr in Vorsortierstreifen einzuordnen.

Zweiradweiche

An Verzweigungen mit nach links abknickender vortrittsberechtigter Strasse: Durch bauliche Massnahmen wird die Verzweigung der Fahrstreifen des nach links bzw. des geradeaus fahrenden leichten Zweiradverkehrs vorverlegt, so dass Motorfahrzeugführer frühzeitig erkennen können, in welche Richtung vor ihnen befindliche leichte Zweiräder weiterfahren.

4.2 Beschreibung von Knoten

Zur Beschreibung von Knoten bzw. Knotenästen kann eine Vielzahl verschiedener Kriterien beigezogen werden, die nachfolgend, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, zusammengestellt sind. Je nach den örtlichen Verhältnissen haben die Kriterien einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Planung und Projektierung von Knoten.

Kriterien zur Beschreibung von Gesamtknoten

- 1 Lage in Bezug zur Siedlung (innerorts, ausserorts)
- 2 Verkehrsregime (Fahrbeziehungen, Verkehrsablauf, Vortrittsregelung)
- 3 Anzahl Knotenäste (3, 4, mehr als 4) und deren Schnittwinkel
- 4 Anzahl Ebenen (1, 2, mehr als 2)

Kriterien zur Beschreibung von Knotenästen

- 5 Strassentyp (ES, SS, VS, HVS)
- 6 Vortrittsregelung (ungeregelt, d.h. Rechtsvortritt, vortrittsberechtigt, vortrittsbelastet, LSA)
- 7 Querschnittsbelastungen (Fussgänger, Radfahrer, Mfz, LW, ÖV)
- 8 Führungsart leichter Zweiradverkehr (Mischverkehr, Radstreifen, Radweg)
- 9 Fahrstreifen (Anzahl, Fahrtrichtungen)

Typisierung

Mit Hilfe der oben erwähnten Kriterien lassen sich Knoten bzw. Knotenäste in Typen einteilen. Je nach Wahl und Reihenfolge der Kriterien ergibt sich dabei eine andere Systematik, die unterschiedlichen Aufgabenstellungen dient. Das folgende Schema veranschaulicht, wie Knoten beispielsweise anhand ihrer Lage im Strassennetz und der Vortrittsregelung typisiert werden können.

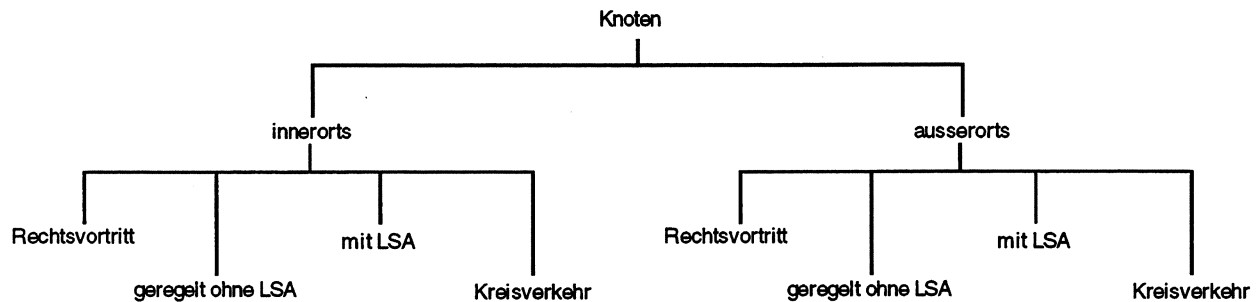


Abbildung 2 Typisierung nach Lage im Strassennetz und Vortrittsregelung

Einer anderen Systematik bedient sich die Grundlagennorm [39] der Normengruppe Knoten. Hier dienen die beiden Kriterien „Anzahl Ebenen“ und „Anzahl Knotenäste“ der Festlegung verschiedener Knotentypen.

Als Grundlage für die Gliederung der zweiradspezifischen Knotenelemente in diesem Forschungsbericht (Ziffer 5) und in der neuen Norm SN 640 252 [41] wurde die Typisierung von Knotenästen nach der Führungsart und den Fahrbeziehungen des leichten Zweiradverkehrs bzw. dem Betrieb des Radwegs gewählt.

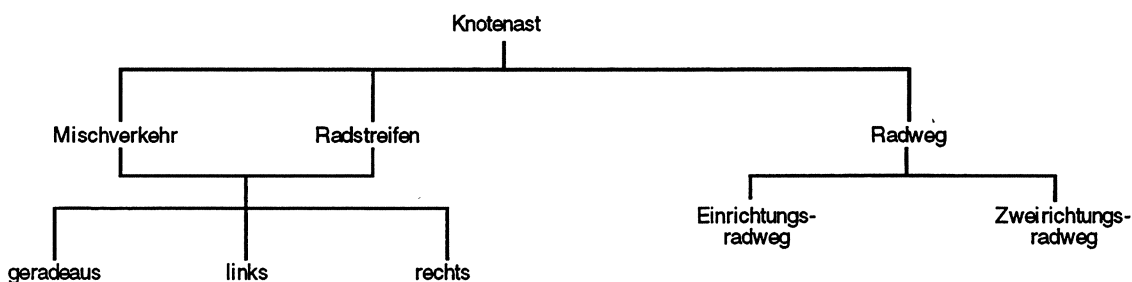


Abbildung 3 Typisierung nach Führungsart und Fahrbeziehungen des leichten Zweiradverkehrs bzw. dem Betrieb des Radwegs

4.3 Anforderungen an Knoten

Alle Verkehrsarten stellen ihre spezifischen Anforderungen an Knoten, die es bei der Planung und Projektierung zu berücksichtigen gilt. Diejenigen des leichten Zweiradverkehrs sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Sie ergeben sich aus den allgemeinen Anforderungen an Anlagen für den leichten Zweiradverkehr gemäss [38].

Anforderungen	Massnahmen
Sicher - geringe Unfallgefahr - Einfachheit der Anlage - "Sehen und gesehen werden" - Sicherheitsempfinden	- Gliederung des Knotens in klar überschau- und erkennbare Konfliktbereiche - Angleichen der Geschwindigkeit der verschiedenen Verkehrsteilnehmer - Überquerungshilfen bei stark befahrenen Strassen - genügend lange Verflechtungsstrecken - eindeutige Zuordnung der Fahrbereiche verschiedener Verkehrsteilnehmer durch Markierung, Belagsart, Randabschlüsse - Vortrittsregelung für alle Verkehrsteilnehmer klar erkennbar - Sicherstellen der erforderlichen Sichtweiten [46] - Führen des Zweiradverkehrs im Sichtfeld der übrigen Verkehrsteilnehmer - Beleuchtung konfliktträchtiger Stellen - Erhöhung der subjektiven Sicherheit (wie indirektes Linksabbiegen, geschützte Wartebereiche in der Mitte oder neben der Fahrbahn, Fussgängerübergänge)
Kohärent - Durchgängigkeit - Durchlässigkeit - gute Führung - Homogenität	- Knotenbereich als Gesamtes überschaubar - durchgängig befahrbar - alle Fahrbeziehungen ermöglichen - direktes und indirektes Linksabbiegen - erkennbare und begreifbare Linienführung, wo nötig verstärkt durch Markierung, Signalisation, Beleuchtung - Geometrisches Normalprofil, horizontale Linienführung, Führungsart des Zweiradverkehrs möglichst homogen
Direkt - günstige Linienführung - Vermeidung von Fahrtunterbrechungen	- umwegfrei und zügig befahrbar - möglichst "kein Vortritt" statt "Stop" - Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs bei der Regelung der Lichtsignalanlagen
Komfortabel - wenig Behinderungen - Ebenheit der Fahrbahn	- Behinderungen durch andere Verkehrsteilnehmer möglichst vermeiden - zweiradgerechte Randabschlüsse - keine Einlaufschächte im Fahrbereich des Radverkehrs

Tabelle 1 Anforderungen an Knoten

Das Ziel bei der Planung und Projektierung von Knoten ist die Verträglichkeit dieser Nutzungsansprüche der Radfahrer mit denjenigen der anderen Verkehrsteilnehmer und den Umfeldnutzungen, insbesondere der Verbesserung der Verkehrssicherheit [25]. Im weiteren sind auch gestalterische und städtebauliche Anforderungen an Knoten zu berücksichtigen.

4.4 Unfallgeschehen mit Zweiradfahrern in Knoten

Verschiedene Untersuchungen zur Verkehrssicherheit des Zweiradverkehrs haben gezeigt, dass die Gefährdung von Zweiradfahrern an Knoten besonders gross ist. Gemäss [27] ereignen sich 50 bis 60% aller innerorts registrierten Radverkehrsunfälle an Knoten, wobei die Unfallfolgen im Vergleich zu Unfällen auf Streckenabschnitten je nach Konflikttyp überdurchschnittlich schwer sind [30].

Anteil Knotenunfälle nach Führungsart des Zweiradverkehrs

Wie die folgende Tabelle zeigt, bestehen zwischen Strassen ohne und solchen mit Radwegen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Strecken- und Knotenpunktunfällen (Untersuchung in deutschen Städten [27]):

	Mischverkehr/Radstreifen	Radwege
Strecke	49 %	36 %
Knotenunfälle mit geradeaus fahrenden Zweiradfahrern	26 %	48 %
übrige Knotenunfälle	25 %	16 %

Tabelle 2 Anteile der Strecken- und Knotenpunktunfälle nach Führungsart des Zweiradverkehrs

Von sämtlichen Radverkehrsunfällen auf Strassen mit Mischverkehr bzw. Radstreifen geschahen insgesamt gut die Hälfte an Knoten, während dieser Anteil auf Strassen mit Radwegen mit 64% wesentlich höher ausfiel.

Unfallschwere

Unfälle an Knoten sind oft sehr folgenswer. Dies gilt nach [27] vor allem für Knoten ohne Radwege, wo der Anteil der Schwerverletzten mit 22% tendenziell höher ist als bei Knoten mit Radwegen, wo 19% der verunfallten Zweiradfahrer schwer verletzt wurden. Auch zwischen den Konflikttypen gibt es bezüglich der Unfallfolgen Unterschiede. Gemäss [30] sind die Unfallfolgen bei Unfällen mit linksabbiegenden Zweiradfahrern und bei Unfällen wegen Nichtbeachten der LSA durch die Zweiradfahrer überdurchschnittlich schwer.

Knotenunfälle nach Konflikttypen, Führungsart des Zweiradverkehrs und Verkehrsregime

Verschiedene Unfalluntersuchungen in deutschen Städten [27] lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Der grösste Teil aller Unfälle an Knotenpunkten innerorts geschieht mit geradeaus fahrenden Zweiradfahrem (61-78%). Es folgen solche mit linksabbiegenden Zweiradfahrem mit einem Anteil zwischen 9 und 35%. Nur zwischen 1 und 4% entfallen auf Unfälle mit rechtsabbiegenden Zweiradfahrem.
- Besonders hoch ist der Anteil der Unfälle mit geradeaus fahrenden Zweiradfahrem auf Strassen mit Radweg. Speziell gefährdet sind hier die auf Zweirichtungsradwegen in der „falschen“ Richtung fahrenden Zweiradfahrer durch einmündende Motorfahrzeuge.
- An Knoten ohne LSA dominieren Unfälle mit querenden Motorfahrzeugen, während bei Knoten mit LSA Unfälle mit aus derselben Strasse links- oder rechtsabbiegenden Fahrzeugen überwiegen.
- Vor allem bei Knoten mit LSA ergaben sich bei nicht abgesetzten oder leicht abgesetzten Radwegquerungen für geradeaus fahrende Zweiradfahrer geringere Unfallquoten als bei weit abgesetzten Radwegquerungen.

Die Auswertung der Expertengespräche ergab folgende zusätzliche Resultate:

- Gemäss [E14] geschehen auf Strassen mit Mischverkehr und Radstreifen ca. 20% aller Unfälle mit linksabbiegenden Zweiradfahrem beim Verflechten und ca. 65% beim Abbiegen (Untersuchung von 97 Unfällen in den Jahren 1991-1995 im Kanton Zürich).
- Verschiedene Experten ([E5], [E7], [E8], [E9], [E15]) machen auf die Gefährdung geradeaus fahrender Zweiradfahrer durch rechtsabbiegende Mfz, insbesondere LW, bei Mischverkehr aufmerksam. Die Unfallhäufigkeit ist - wie alle Untersuchungen zeigen - nicht hoch, hingegen ist die Unfallschwere erheblich (Radfahrer häufig schwerverletzt oder tot).

4.5 Konfliktsituationen und Lösungsansätze

Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen aus der Unfallforschung (Ziffer 4.4) können je nach der Richtungswahl der Zweiradfahrer und der Motorfahrzeugführer sowie des Knotentyps typische Konfliktsituationen dargestellt werden. Die Lösungsansätze zeigen für jede Konfliktsituation in Abhängigkeit des Verkehrsregimes und der Führungsart des leichten Zweiradverkehrs mögliche Knotenelemente oder andere Massnahmen auf, welche der Erhöhung der Verkehrssicherheit dienen. Die angegebenen Elemente sind in den Ziffern 5.2 und 5.3 detailliert beschrieben.

Knoten ohne Kreisverkehr

In der Tabelle 3 sind die Konfliktsituationen und deren Ursachen sowie die Lösungsansätze für den leichten Zweiradverkehr geradeaus fahrend in Knoten ohne Kreisverkehr dargestellt.

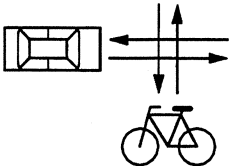
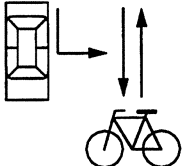
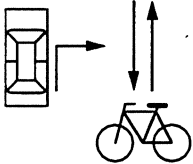
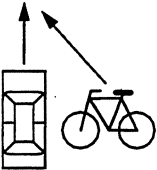
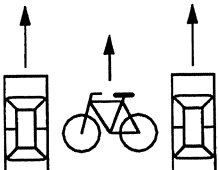
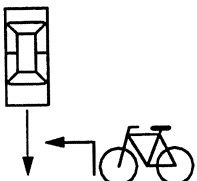
Konfliktsituationen und Ursachen	Lösungsansätze		
	bei Mischverkehr und Radstreifen	bei Einrichtungsradwegen	bei Zweirichtungsradwegen
Mfz-Verkehr geradeaus fahrend, querend  • nicht beachten oder nicht erkennen des Vortrittsrechts bzw. der LSA • nicht erkennen des Knotens oder des Zweirichtungsbetriebs eines Radwegs • ungenügende Sichtverhältnisse	• Element 1: Durchgehender Radstreifen • Element 4: Geschützter Mittelbereich • Element 5: Radstreifen aufheben	• Element 16: Querung nicht abgesetzt • Element 18: Ende Einrichtungsradweg	strassenbegleitend: • Element 20 bzw. 21: Querung nicht bzw. deutlich abgesetzt • Elemente 22/23: Ende Zweirichtungsradweg unabhängig geführt: • Element 24: Versetzte Einmündungen bei vortrittsbelasteter Radwegquerung • Element 25: Verkehrsberuhigende Massnahmen oder versetzte Einmündungen der Strasse
Mfz-Verkehr nach links abbiegend  • nicht beachten oder nicht erkennen des Vortrittsrechts bzw. der LSA • ungenügende Sichtverhältnisse • ungenügende Zeitlücken für Mfz	• Element 1: Durchgehender Radstreifen • separate LSA-Phase für Linksabbieger	• Element 16: Querung nicht abgesetzt • Element 18: Ende Einrichtungsradweg • separate LSA-Phase für Linksabbieger	strassenbegleitend: • Element 20 bzw. 21: Querung nicht bzw. deutlich abgesetzt • Elemente 22/23: Ende Zweirichtungsradweg • separate LSA-Phase für Linksabbieger
Mfz-Verkehr nach rechts abbiegend  • zügige Abbiegemöglichkeit für Mfz • ungenügende Sichtverhältnisse • nicht beachten oder nicht erkennen des Vortrittsrechts (insbes. bei strassenbegleitenden Radwegen) bzw. der LSA • fehlende Verflechtungsstrecke • Zeichengebung Mfz für Zweiradfahrer nicht erkennbar	• Element 1: Durchgehender Radstreifen • Element 3: Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen • Element 6: Vorgezogene Haltelinie • Element 9: Ausgeweiteter Radstreifen • Element 14: Zweiradweiche	• Element 16: Querung nicht abgesetzt • Element 18: Ende Einrichtungsradweg • separate LSA-Phase für Rechtsabbieger	strassenbegleitend: • Element 20 bzw. 21: Querung nicht bzw. deutlich abgesetzt • Elemente 22/23: Ende Zweirichtungsradweg • separate LSA-Phase für Rechtsabbieger

Tabelle 3 Leichter Zweiradverkehr geradeaus fahrend

In der Tabelle 4 sind die Konfliktsituationen und deren Ursachen sowie die Lösungsansätze für den leichten Zweiradverkehr nach links abbiegend in Knoten ohne Kreisverkehr dargestellt.

Konfliktsituationen und Ursachen	Lösungsansätze	
	bei Mischverkehr und Radstreifen ohne LSA	bei Mischverkehr und Radstreifen mit LSA
Verflechten in Zufahrt  • ungenügende Verflechtungsstrecke • ungenügende Zeitlücken • hohe Geschwindigkeit der Mfz	• Element 12: Indirektes Linksabbiegen • Verengung durch Insel vor Vorsortierung • genügend lange Verflechtungsstrecke	• Element 9: Ausgeweiteter Radstreifen • Element 12: Indirektes Linksabbiegen • Element 13: Zweiradschleuse • Verengung durch Insel vor Vorsortierung • genügend lange Verflechtungsstrecke
Vorsortierbereich  • links und rechts vorbeifahrende Mfz • ungünstige Fahrstreifenbreiten • hohe Geschwindigkeit der Mfz	• Element 10: Radstreifen auf Linksabbiegestreifen • Element 11: Linksabbiegefläche • Element 12: Indirektes Linksabbiegen	• Element 9: Ausgeweiteter Radstreifen • Element 10: Radstreifen auf Linksabbiegestreifen • Element 12: Indirektes Linksabbiegen • Element 13: Zweiradschleuse
Abbiegen  • nicht beachten oder nicht erkennen des Vorrtrittsrechts bzw. der LSA • ungenügende Sichtverhältnisse • ungenügende Zeitlücken • hohe Geschwindigkeit der Mfz	• Element 4: Geschützter Mittelbereich • Element 12: Indirektes Linksabbiegen	• Element 4: Geschützter Mittelbereich • Element 12: Indirektes Linksabbiegen • separate LSA-Phase für Linksabbieger

Bemerkung: Für die Führungsart Radweg enthält obenstehende Tabelle keine Lösungsansätze. Die auftretenden Konflikte der aus einem Radweg nach links abbiegenden Radfahrer entsprechen denjenigen von geradeausfahrenden, da sie die anliegende Fahrbahn queren. Lösungsansätze dazu sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 4 Leichter Zweiradverkehr nach links abbiegend

Für den nach rechts abbiegenden leichten Zweiradverkehr treten keine besonderen Konfliktsituationen auf.

Knoten mit Kreisverkehr

In der Tabelle 5 sind die Konfliktsituationen und deren Ursachen sowie die Lösungsansätze für den leichten Zweiradverkehr in Knoten mit Kreisverkehr dargestellt.

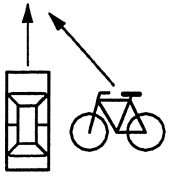
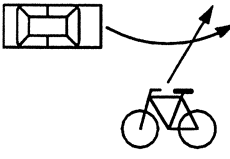
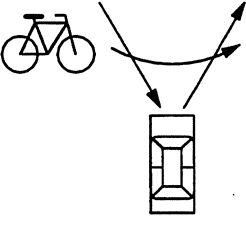
Konfliktsituationen	Ursachen	Lösungsansätze
Verflechten in Zufahrt 	• ungenügende Verflechtungsstrecken • hohe Geschwindigkeit der Mfz • ungünstige Fahrstreifenbreiten	• Element 27: Radstreifenmarkierung ca. 20 - 25 m vor dem Kreisel beenden • Element 28: Zweirichtungsradweg mit Anschluss an Kreisfahrbahn • mehrstreifige Zufahrten vermeiden • unabhängige Führung des leichten Zweiradverkehrs
Mfz im Kreisel – Zweiradfahrer einfahrend 	• nicht beachten oder nicht erkennen des Vortrittsrechts • ungenügende Sichtverhältnisse • hohe Geschwindigkeit der Mfz • ungenügende Zeitlücken • ungenügende Ablenkung durch Mittelinsel	• mehrstreifige Zufahrten vermeiden • Bemessung und Anwendung der Projektierungselemente nach [44] • unabhängige Führung des leichten Zweiradverkehrs
Zweiradfahrer im Kreisel – Mfz ein- oder ausfahrend 	• nicht beachten oder nicht erkennen des Vortrittsrechts • ungenügende Sichtverhältnisse • zügige Ein- bzw. Abbiegemöglichkeit für Mfz • ungenügende Ablenkung durch Mittelinsel	• Element 27: Kreisfahrbahn ohne Radstreifen • mehrstreifige Zufahrten vermeiden • mehrstreifige und überbreite Kreisfahrbahn vermeiden • Bemessung und Anwendung der Projektierungselemente nach [44] • unabhängige Führung des leichten Zweiradverkehrs
Verflechten im Kreisel 	• mehrstreifige oder überbreite Kreisfahrbahn • hohe Geschwindigkeit der Mfz • zu grosser Aussendurchmesser	• mehrstreifige und überbreite Kreisfahrbahn vermeiden • unabhängige Führung des leichten Zweiradverkehrs

Tabelle 5 Leichter Zweiradverkehr in Knoten mit Kreisverkehr

4.6 Betriebliche Aspekte

Die betrieblichen Aspekte sind von Anfang an in die Planung und Projektierung von Knoten einzubeziehen. Der vorgesehene Betrieb kann die Knotenart und -form massgebend mitbestimmen [39]. Aus der Sicht des leichten Zweiradverkehrs ist insbesondere die Wahl des Verkehrsregimes sowie der Führungsart des Radverkehrs von Bedeutung.

Führungsart

Die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs (Mischverkehr, Radstreifen, Radweg) im Knotenbereich ist abhängig von der Führungsart auf der Strecke, dem Verkehrsregime, den Fahrbeziehungen im Knotenbereich, den Belastungen des Rad- und Motorfahrzeugverkehrs und den gefahrenen Geschwindigkeiten. In der Abbildung 4 und der Abbildung 5 sind die wichtigsten generellen Führungsarten schematisch dargestellt.

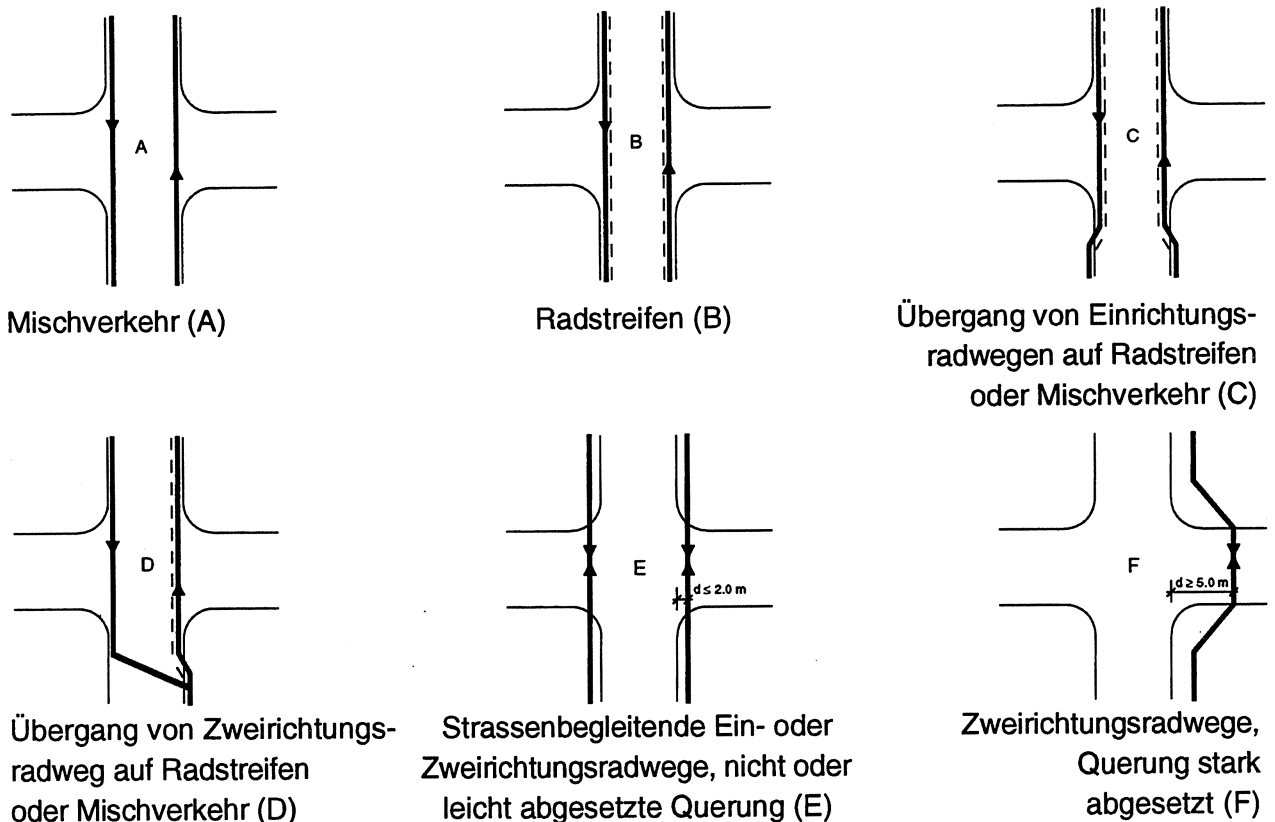


Abbildung 4 Führungsarten des leichten Zweiradverkehrs bei Knoten ohne Kreisverkehr

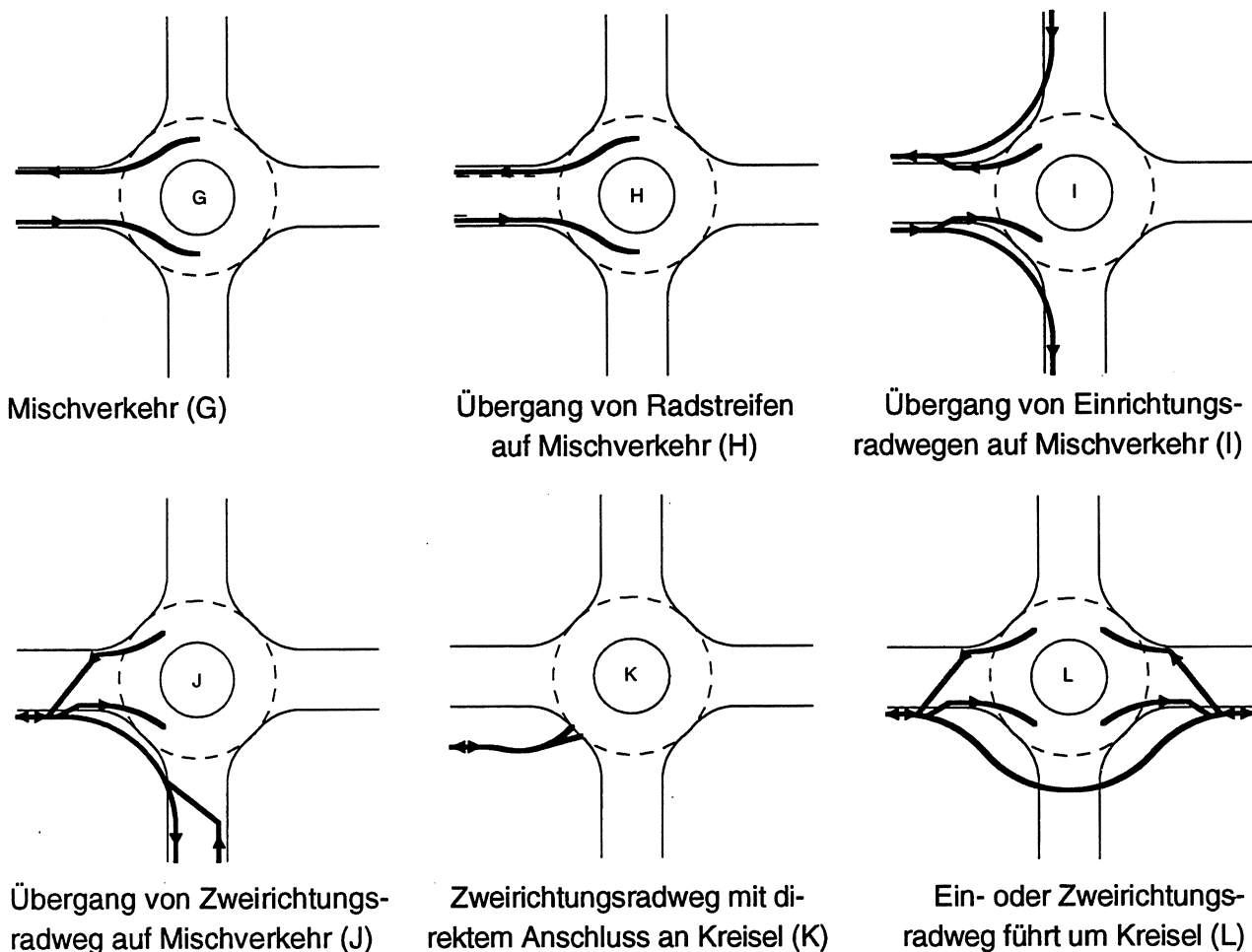


Abbildung 5 Führungsarten des leichten Zweiradverkehrs bei Knoten mit Kreisverkehr

Als weitere Möglichkeit ist auch die unabhängige Führung mit einer Unter- oder Überführung oder auf einer Route, welche den Knoten umfährt, zu prüfen. Diese Führungsarten sind insbesondere bei grossen Mengen des Motorfahrzeugverkehrs, ausserorts ($v=80$ km/h) oder bei besonderen Sicherheitsbedürfnissen der Radfahrer (Schulweg, Freizeitroute) in Betracht zu ziehen.

Zur Gewährleistung einer sicheren und kohärenten Führung des leichten Zweiradverkehrs dienen die zwei folgenden Prinzipien der Festlegung der Führungsart im Knoten:

1. Im Hinblick auf eine gute Homogenität ist die Führungsart der Strecke im Knotenbereich beizubehalten.
2. Für aufeinanderfolgende Knoten einer Radroute ist die gleiche Führungsart zu wählen.

Die Anwendung der Führungsarten in Knoten in Abhängigkeit der Führungsart auf der Strecke und weiterer Kriterien ist in Tabelle 6 angegeben (die Buchstaben beziehen sich auf die Bezeichnungen in der Abbildung 4 bzw. der Abbildung 5).

Führungsart Strecke	Führungsart Knoten		
	ohne Kreisverkehr		mit Kreisverkehr
	auf vortrittsberechtigter Achse	auf vortrittsbelasteter Achse	
Mischverkehr	• Mischverkehr (A) • Radstreifen bei primär geradeaus fahrendem Zweiradverkehr und viel querendem oder abbiegenden Mfz-Verkehr (B) • Radstreifen auf Linksabbiegestreifen	• Mischverkehr (A) • Radstreifen auf Linksabbiegestreifen und bei Knoten mit LSA	Mischverkehr (G)
Radstreifen	• Radstreifen (B) • Mischverkehr bei Knoten mit Rechtsvortritt (A)	• Mischverkehr (A) • Radstreifen auf Linksabbiegestreifen und bei Knoten mit LSA (B)	Mischverkehr (H)
Einrichtungsrادweg	• Einrichtungsrادweg nicht abgesetzt (E) • Radstreifen bei viel linksabbiegendem Zweiradverkehr (C)	• Einrichtungsrادweg deutlich abgesetzt (F) • Radstreifen oder Mischverkehr bei viel linksabbiegendem Zweiradverkehr (C)	• Mischverkehr (I) • bei erheblichen Verkehrsmengen, grossen Kreiseln oder bei mehrstreifiger Kreisfahrbahn Radweg um den Kreiseln führen (L)
Zweirichtungsrادweg	• Zweirichtungsrادweg nicht abgesetzt (E) • Zweirichtungsrادweg deutlich abgesetzt (F)	• Zweirichtungsrادweg deutlich abgesetzt (F)	• Mischverkehr (J) • Radweg mit Anschluss an Kreiseln (K) • wird der Zweirichtungsrادweg nach dem Kreiseln weitergeführt oder bei mehrstreifiger Kreisfahrbahn Radweg um den Kreiseln führen (L)

Tabelle 6 Anwendung der Führungsarten des leichten Zweiradverkehrs im Knotenbereich

Verkehrsregime

Die spezifische Situation am Knoten sowie die Anforderungen, Verkehrsmengen und Geschwindigkeiten der verschiedenen Verkehrsteilnehmer beeinflussen die Wahl des Verkehrsregimes.

Aus der Sicht des Zweiradverkehrs wird die Wahl des Verkehrsregimes im Knoten durch die beiden Kriterien „Einsatzzwecke des Fahrrades“ [38] und „Verkehrsmenge“ bestimmt. Für die Einsatzzwecke A (Transport) und C (Sport, Reisen) sind eine direkte Führung mit wenig Fahrtunterbrechungen, für die Einsatzzwecke B (Freizeitgestaltung) und D (Schulweg, Spiel von Kindern) eine sichere Führung von primärer Bedeutung.

Einsatzzweck	Rechtsvortritt	geregelt ohne LSA	geregelt mit LSA	Kreisvortritt	Unter-/Überführung
A (Transport) C (Sport, Reisen)	geeignet bei wenig Verkehr auf der Querachse	geeignet mit Vorrang für wichtigere Radroute	nicht geeignet	geeignet	nicht geeignet
B (Freizeitgestaltung) D (Schulweg)	nicht geeignet ausser bei Knoten mit Strassen mit wenig Verkehr	geeignet bei Knoten mit untergeordneten Strassen	geeignet insbesondere bei Knoten mit HVS	nicht geeignet ausser bei geringem bis mittlerem Verkehr	geeignet bei sehr stark befahrener HVS

Tabelle 7 Verkehrsregime nach Einsatzzwecken des Fahrrads

Weitere Aspekte beeinflussen die Wahl des Verkehrsregimes:

- Haupttrouten des leichten Zweiradverkehrs sind in der Regel vortrittsberechtigt zu führen. Dies gilt auch für unabhängig geführte Radverkehrsverbindungen, wenn die Radverkehrsbelastung deutlich höher ist als die Verkehrsbelastung auf der zu kreuzenden Strasse und bei niedrigen Geschwindigkeiten des Motorfahrzeugverkehrs (≤ 30 km/h). Für Erschliessungsrouten des leichten Zweiradverkehrs ist der Vortritt für den leichten Zweiradverkehr keine massgebende Anforderung.
- Bei Knoten ohne Kreisverkehr sind Radstreifen und strassenbegleitende Einrichtungsradwege geeignet, den leichten Zweiradverkehr vortrittsberechtigt zu führen. Strassenbegleitende Zweirichtungsradwege können je nach den Sichtverhältnissen, den Geschwindigkeiten und anderen Randbedingungen vortrittsberechtigt oder vortrittsbelastet (mit deutlich abgesetzter Querung) geführt werden.
- Die Vortrittsregelung 'Rechtsvortritt' ist nicht vereinbar mit einer Trennung (Radstreifen oder Radweg) des Radverkehrs vom übrigen Verkehr.

4.7 Gestaltungsgrundsätze

Die folgenden Grundsätze für die Anordnung von Knoten dienen dazu, die Anforderungen des leichten Zweiradverkehrs an eine sichere, direkte, zusammenhängende und komfortable Führung zu gewährleisten. Im Gegensatz zur Betonung der Ansprüche der Radfahrer in den nachfolgenden Ausführungen, sind im konkreten Projekt alle Verkehrsteilnehmer ausgewogen zu berücksichtigen. Das Ziel soll die Verträglichkeit aller Nutzungsansprüche sein.

Allgemeines

- Knoten sind grundsätzlich so zu gestalten, dass die leichten Zweiräder möglichst im Blickfeld der Motorfahrzeugführer sind. Mittel dazu sind z.B. ausgeweitete Radstreifen, vorgezogene Haltelinien, frühzeitiges Heranführen eines Radweges an die Fahrbahn des übrigen Verkehrs oder frühzeitiger Übergang auf Radstreifen.
- Fahrstreifenreduktionen nach einem Knoten sind möglichst zu vermeiden.
- Wird die Radwegquerung über eine aufgepflästerte Einmündung geführt, nimmt das Konfliktrisiko deutlich ab.

- Je weiter eine vortrittsberechtigte Radwegquerung von der begleitenden Strasse entfernt ist, um so grösser ist das Konfliktrisiko.
- Die Kreuzung des leichten Zweiradverkehrs mit Gleisanlagen hat in einem Winkel $> 30^\circ$ zu erfolgen.

Für geradeaus fahrende Zweiradfahrer

- Sind auf einem vortrittsberechtigten Knotenast Radstreifen vorhanden, sind diese auch im Knotenbereich zu markieren.
- Bei Knoten ohne LSA und ohne Vorsortierstreifen ist die Markierung von Radstreifen auf dem vortrittsbelasteten Knotenast ca. 25 - 30 m vor dem Knoten zu beenden
- Zur Überquerung stark befahrener Strassen sind Querungshilfen zu empfehlen (z.B. geschützter Mittelbereich, LSA, Fussgängerstreifen).
- Bei Knoten mit LSA sind die Haltelinien der Radstreifen gegenüber denen anderer Fahrstreifen vorzuziehen.
- Strassenbegleitende Einrichtungsradwege zu vortrittsberechtigten Strassen sind grundsätzlich vortrittsberechtigt über die einmündende Strasse zu führen. Die vortrittsberechtigte Querung von Zweirichtungsradwegen ist im Einzelfall zu prüfen.
- Die vortrittsberechtigten Radwege sollen die einmündende Strasse möglichst ohne Abstand zur begleitenden Strasse queren (nicht abgesetzte Führung); die vortrittsbelasteten Radwege jedoch mit einem Abstand von ≥ 5 m (deutlich abgesetzte Führung).
- Strassenbegleitenden Radwegen ist möglichst die gleich lange Grünphase zuzuordnen wie dem gleich gerichteten Motorfahrzeugstrom, da sonst Rotlicht-Missachtungen zunehmen.
- Querungen von unabhängig geführten Radwegen über wichtige Strassen sind nach Möglichkeit in Knotenbereiche zu legen. Querungen auf offener Strecke sollten mit einem Versatz geführt werden.
- Bei nach rechts abknickender Hauptfahrbahn sind für den geradeaus fahrenden Zweiradverkehr Sicherheitsmassnahmen für das Abbiegen von der Hauptfahrbahn zu treffen.

Für linksabbiegende Zweiradfahrer

- Bei der Zufahrt zum Knoten muss sich der Zweiradfahrer einerseits nach vorne orientieren, andererseits aber den Kopf zurück drehen, um den nachfolgenden Verkehr zu beobachten. Dies wirkt sich i.a. auf die Fahrstabilität ungünstig aus. In diesem Streckenabschnitt sollte der Zweiradfahrer nicht durch andere Gegebenheiten wie ungenügende Fahrstreifenbreiten, Grundstückzufahrten, Parkiermanöver usw. abgelenkt werden.
- Die Verflechtung der Zweiradfahrer mit dem in gleicher Richtung fahrenden Motorfahrzeugverkehr erfordert eine ausreichende Zeitlücke in der Motorfahrzeugkolonne. Die Verflechtungsstrecke ist daher entsprechend dem Verkehrsaufkommen und der vertikalen Linienführung genügend lang auszubilden, damit den Zweiradfahrern genügend Zeit bleibt, die für sie passende Lücke ohne Anhalten nutzen zu können.

- Bei grossflächigen Knoten sind den linksabbiegenden oder querenden Zweiradfahrem geschützte Warteflächen ausserhalb der Schleppkurven anderer Fahrzeuge zuzuweisen (Markierung mit Fahrrad-Symbolen). Dies ermöglicht den ungeübteren Zweiradfahrem ein Abbiegen oder Queren in einzelnen Schritten. Bei Knoten mit hohem Verkehrsaufkommen ist dieser Warteraum baulich durch Inseln zu schützen. Weist die zu querende Fahrbahn mehr als zwei Streifen auf, ist ein sicheres Abbiegen ohne LSA kaum mehr gewährleistet
- Für den leichten Zweiradverkehr sind Vorsortierstreifen mit klar definiertem Beginn solchen mit fliessendem Übergang vorzuziehen.
- Die Sicherheit beim Vorsortieren kann mit einer Verengung der Fahrbahn durch eine Insel vor der Vorsortierung erhöht werden.
- Auf vortrittsberechtigten Strassen sind bei linksabbiegendem Zweiradverkehr möglichst separate Linksabbiegestreifen einzurichten, d.h. keine kombinierten Linksabbiege-/Geradeausstreifen.

Direktes und indirektes Linksabbiegen

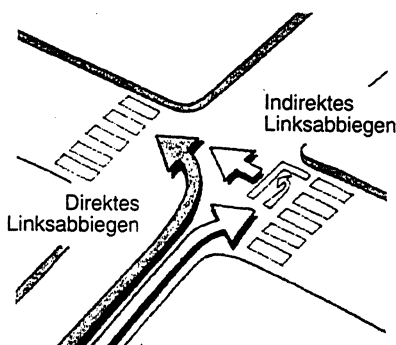


Abbildung 6 Direktes und indirektes Linksabbiegen

Indirektes Linksabbiegen kann empfohlen werden:

- bei starkem Mfz-Verkehr (ca. > 800 Mfz/h (Spitzenstunde) und Richtung [10], [25]),
- bei zwei oder mehr Geradeausstreifen,
- ausserorts (V=80 km/h),
- bei geringer Zahl linksabbiegender Zweiradfahrer,
- wo Linksabbiegen nur für leichten Zweiradverkehr erlaubt ist,
- bei fehlendem Raum für Vorsortierstreifen,
- bei einem grossen Anteil an ungeübten Radfahrern.

Es ist jeweils zu prüfen, ob gleichzeitig indirektes und direktes Linksabbiegen angeboten werden kann. Dadurch wird es den Benützern ermöglicht, die ihrer Verkehrsgewandtheit entsprechende Variante zu wählen.

Für die indirekt abbiegenden Zweiradfahrer ist ein genügend grosser Warteraum zur Verfügung zu stellen. Die Möglichkeit des indirekten Abbiegens ist frühzeitig und klar zu signalisieren. Bei Knoten mit LSA erfordert das indirekte Linksabbiegen separate Detektoren und allenfalls separate Signalgeber.

Bei Radwegen, insbesondere bei Zweirichtungsradwegen, ist ein direktes Abbiegen in den gegenüberliegenden Knotenast in der Regel nicht möglich. Die Aufstellfläche für den indirekt abbiegenden Zweiradverkehr kann bei Einrichtungsradwegen links oder rechts, bei Zweirichtungsradwegen in der Regel nur links der Radwegquerung angeordnet werden. Bei viel linksabbiegender Radverkehr ist jedoch zu prüfen, ob nicht eine andere Führungsart zweckmässiger ist (Radstreifen oder Mischverkehr).

Für rechtsabbiegende Zweiradfahrer

Wird der leichte Zweiradverkehr mit einem engen Radius (ca. ≤ 10 m) von einer Hauptverkehrsstrasse nach rechts in einen Radweg geführt, ist ein Verzögerungsstreifen oder Übergangsbogen anzuordnen.

Bei Knoten mit Kreisverkehr

- Auf Kreisfahrbahnen mit Aussendurchmesser kleiner als 34 m sind keine Radstreifen zu markieren. Radstreifen auf den Zufahrten sind ca. 20-25 m vor dem Kreisel zu beenden.
- Kreisfahrbahnen mit Fahrstreifenunterteilung sind für den Mischverkehr nicht geeignet.
- Zweistreifige Kreiselzufahrten im Mischverkehr beeinträchtigen die Sicherheit der Zweiradfahrer. Kann aus Kapazitätsgründen die Zufahrt nicht einstreifig geführt werden, ist zu prüfen, ob anstelle einer zweistreifigen Zufahrt ein Bypass für den rechtsabbiegenden Verkehr angeordnet werden kann. In diesem Fall ist der Radstreifen auf der Zufahrt bis nach der Abzweigung des Bypasses zu markieren.
- Einrichtungsradwege sind in der Regel ca. 30-60 m vor dem Kreisel zu beenden. Bei erheblichen Verkehrsmengen, grossen Kreiseln oder bei Kreisfahrbahnen mit Fahrstreifenunterteilung ist es sinnvoll, den Zweiradverkehr auf Radwegen ganz oder teilweise um den Kreisel zu führen.
- Strassenbegleitende Zweirichtungsradwege sind in der Regel ca. 30-60 m vor dem Kreisel zu beenden. Die Führung um den Kreisel ist dann sinnvoll, wenn der Radweg nach dem Knoten ebenfalls als Zweirichtungsradweg weitergeführt wird oder bei erheblichen Verkehrsmengen, grossen Kreiseln und bei Kreisfahrbahnen mit Fahrstreifenunterteilung.
- Wird der Radweg um einen Kreisel mit zweistreifigen Zufahrten geführt, sind die Querungstellen mit LSA zu sichern oder der Zweiradverkehr ist mit Unter- bzw. Überführungen unabhängig vom Kreisel zu führen.
- Unabhängig geführte Zweirichtungsradwege sind als separater Kreiselast in den Kreisel zu führen.

Querende Fussgänger

Strassenbegleitende Radwege werden im Bereich von Knoten oft von Fussgängern überquert. Die Konflikte 'Zweiradfahrer–Fussgänger' können mit folgenden Massnahmen verhindert werden:

- Zwischen dem einmündenden Knotenast und einem nachfolgenden Fussgängerstreifen ist ein genügender Abstand vorzusehen, damit die Radfahrer nach dem Knoten anhalten können, um den Fussgängern den Vortritt zu gewähren.
- Bei Knoten mit LSA ist der Radweg für die Fussgänger durch einen andersartigen Belag oder Markierung erkenntlich zu machen, damit diese nicht auf dem Radweg warten. Oder der Radweg ist leicht abzusetzen, damit zwischen diesem und dem Fahrbahnrand ein Warteraum für Fussgänger entsteht.

Gestaltung und Städtebau

Die Einbettung der Knotenelemente in das städtebauliche Umfeld sowie die Kombination mit strassengestalterischen Massnahmen ist stets zu prüfen. Auf weitere Angaben zu den gestalterischen und städtebaulichen Aspekten wird hier verzichtet, da sie nicht Bestandteil dieser Forschungsarbeit waren.

5 Knotenelemente

5.1 Überblick und Systematik

Das Verzeichnis der zweiradspezifischen Knotenelemente (Ziffern 5.2/5.3) ist nach der Führungsart und den Fahrbeziehungen des leichten Zweiradverkehrs bzw. dem Betrieb der Radwege gegliedert. Die Abbildung 7 und die Abbildung 8 vermitteln einen Überblick über die Systematik des Verzeichnisses und die dargestellten Knotenelemente.

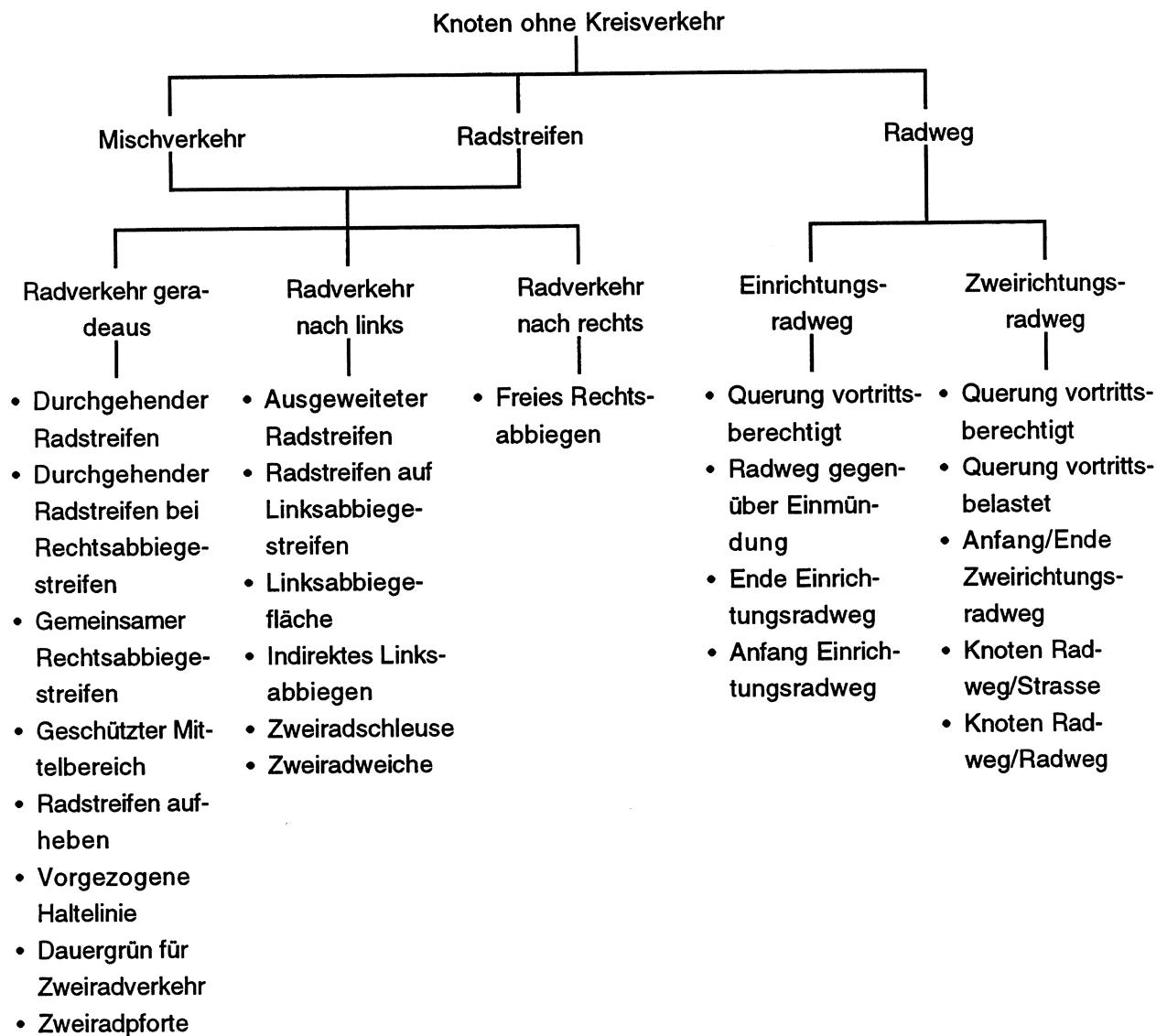


Abbildung 7 Systematik der Knotenelemente für Knoten ohne Kreisverkehr

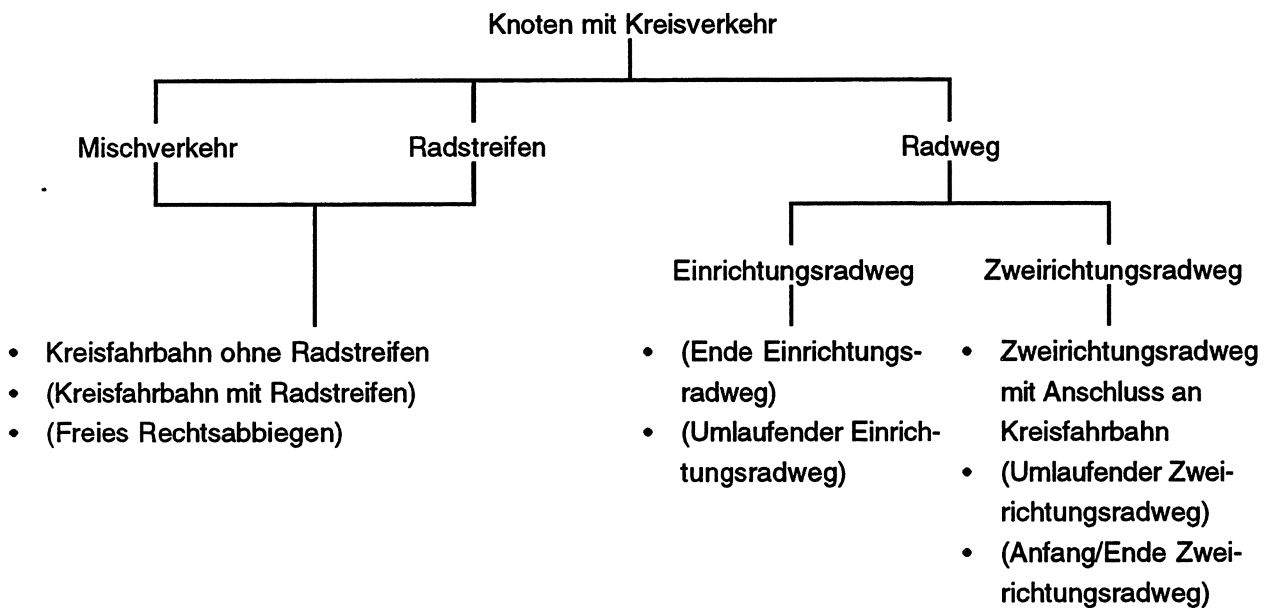


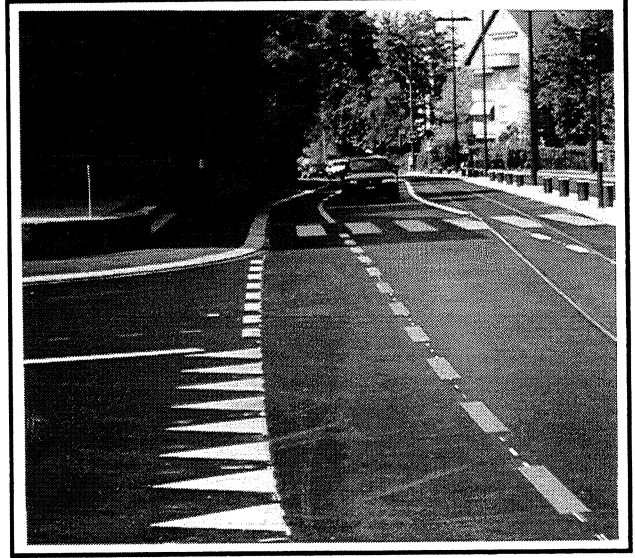
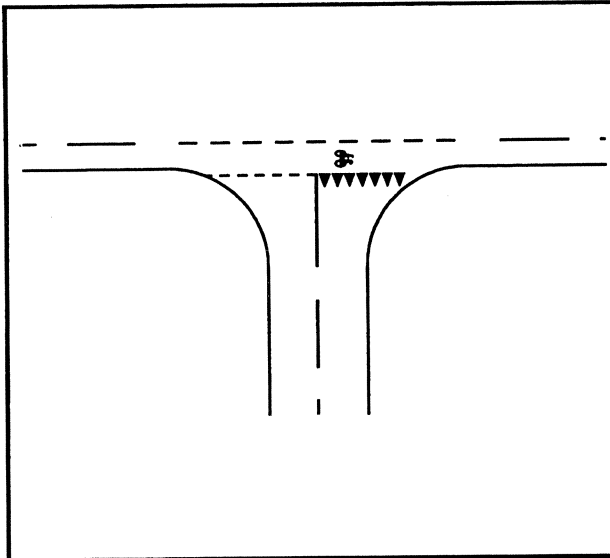
Abbildung 8 Systematik der Knotenelemente für Knoten mit Kreisverkehr (Elemente in Klammern sind in Ziffer 5.3 nicht dargestellt, da sie entweder selten zu empfehlen sind oder sich aus Elementen für Knoten ohne Kreisverkehr zusammensetzen.)

Bei den im folgenden Verzeichnis aufgeführten 'Knotenelementen' handelt es sich vorwiegend um Teilelemente. Vielfach sind es streng nach [39] keine Knotenelemente sondern Knotenbestandteile (z.B. eine Radwegquerung). Sie sind jedoch wie Knotenelemente für den Entwurf von Knoten in der Planungsphase anzuwenden.

Die Abbildungen sind als schematische Skizzen zu verstehen und zeigen jeweils eine von verschiedenen möglichen Lösungen. Die Markierungen sind zur Verdeutlichung der Skizzen eingetragen und entsprechen nicht immer exakt den Normen. Für die Abmessungen, welche nicht in den Abbildungen eingetragen sind, verweisen wir auf Ziffer 6 bzw. auf die entsprechenden Normen.

5.2 Knoten ohne Kreisverkehr

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 1
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	geradeaus	
Element	Durchgehender Radstreifen	



Konflikt/Problem

Nichtbeachten oder Nichterkennen des Vortritts für Zweiradfahrer durch den Mfz-Verkehr

Beschreibung

Durchgehende Markierung des Radstreifens im Knotenbereich

Literatur/Experten

In der Literatur finden sich viele Hinweise auf durchgehende Radstreifen, u.a. bei [4], [5], [10] und [18]. Zum Teil, etwa bei [10], wird die Anwendung nur bei geringem linksabbiegenden Zweiradverkehr empfohlen.

Anwendung

auf vortrittsberechtigter Strasse

Wirkungen

Erhöht Aufmerksamkeit der einmündenden und abbiegenden Mfz-Lenker

Bemerkungen

- Radstreifen im Knotenbereich evtl. einfärben
- bei Knoten mit LSA ist die Haltelinie vorzuziehen (Element 6)
- es kann der Sicherheit dienen, die Wartelinie gegenüber der Flucht des Strassenrandes um ca. 0.5 m zurückzusetzen (s. Skizze)

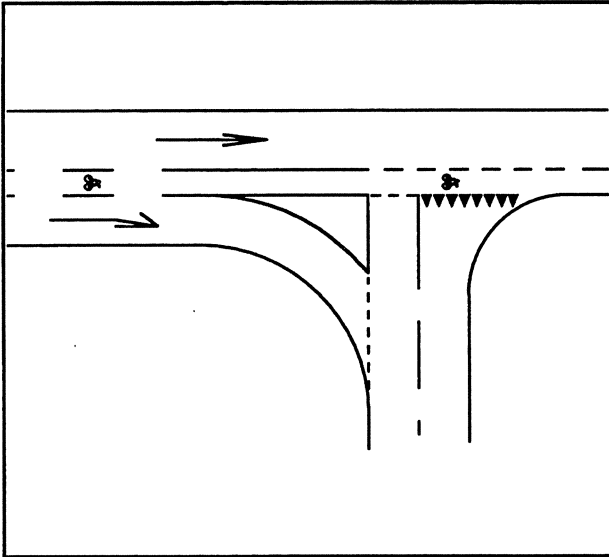
Verwandte Elemente

Durchgehender Radstreifen bei Vorsortierung mit Rechtsabbiegestreifen (Element 2)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	2
Fahrtrichtung Velo	geradeaus	
Element	Durchgehender Radstreifen bei Vorsortierung mit Rechtsabbiegestreifen	

**Konflikt/Problem**

Nach rechts abbiegende Mfz übersehen im Bereich der Vorsortierung den geradeaus fahrenden leichten Zweiradverkehr.

Beschreibung

Durchgehende Markierung des Radstreifens auf dem Geradeausstreifen bei Vorsortierung mit Rechtsabbiegestreifen.

Literatur/Experten

Wird meist allgemein in Zusammenhang mit der Thematik „Radstreifen in der Knotenzufahrt“ behandelt. Beispiele sind bei [5], [10] und [22] abgebildet.

Anwendung

auf vortrittsberechtigter Strasse, ausser wenn Zweiradfahrer primär nach rechts abbiegen

Wirkungen

erhöht Aufmerksamkeit der nach rechts abbiegenden Mfz-Lenker

Bemerkungen

- Radstreifen im Knotenbereich evtl. einfärben
- bei Knoten mit LSA ist die Haltelinie vorzuziehen (Element 6)

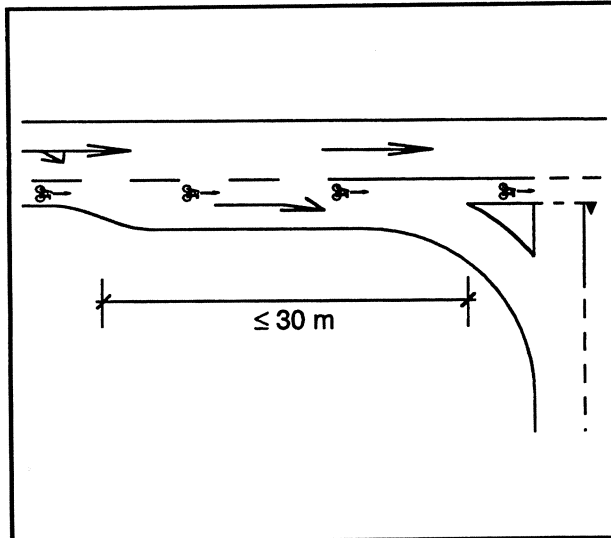
Verwandte Elemente

Durchgehender Radstreifen (Element 1), Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen (Element 3)

Normempfehlung

Dieses Element wird nicht zur Aufnahme in die Norm SN 640 252 [41] empfohlen, da es sich aus der Kombination von Element 1 und dem Element „Rechtsabbiegestreifen“ ergibt.

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 3
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	geradeaus	
Element	Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen	

**Konflikt/Problem**

Nach rechts abbiegende Mfz übersehen im Bereich der Vorsortierung den geradeaus fahrenden leichten Zweiradverkehr.

Beschreibung

Der leichte Zweiradverkehr wird im Knotenbereich mittels Markierung (gelbe Fahrrad-Symbole und Richtungspfeile) auf der linken Fahrbahnhälfte des Rechtsabbiegestreifens geführt.

Literatur/Experten

Ausführlich behandelt bei [8], [16], [23] und [29] (mit Bezug auf [16]). [8] und [16] weisen darauf hin, dass mit dieser Massnahme der leichte Zweiradverkehr und der abbiegende Mfz-Verkehr in der Knotenzufahrt zur Hintereinanderformation veranlasst werden.

Anwendung

- bei starkem rechtsabbiegenden Mfz-Verkehr, insbesondere Lastwagen, und Zweiradverkehr primär geradeaus
- bei Knoten ohne LSA
- falls Element 2 wegen beengten Verhältnissen nicht möglich ist
- auf HVS, evtl. VS

Wirkungen

- erhöht Aufmerksamkeit der rechtsabbiegenden Mfz-Lenker für geradeaus fahrenden leichten Zweiradverkehr
- kein Wegabschneiden dank Hintereinanderformation leichter Zweirad-/Mfz-Verkehr

Bemerkungen

- Fahrstreifenbreite 2.75 m – 3.50 m
- Fahrbereich für Zweiradfahrer mit Fahrrad-Symbol und gelben Pfeilen markieren

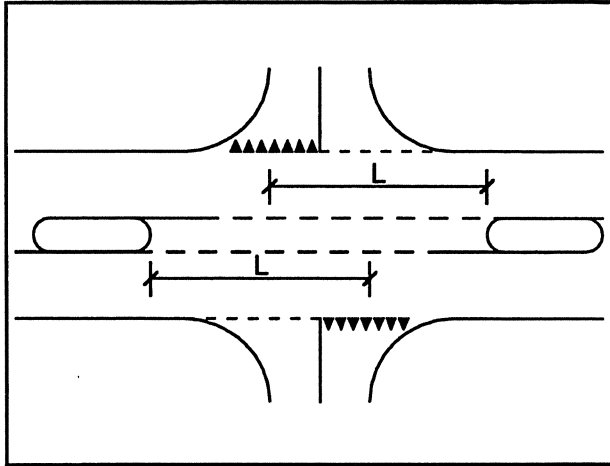
Verwandte Elemente

Durchgehender Radstreifen bei Rechtsabbiegestreifen (Element 2)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 4
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	geradeaus und nach links	
Element	Geschützter Mittelbereich	



Konflikt/Problem

Müssen Zweiradfahrer Strassen überqueren, kommt es zu Konflikten mit Mfz von links und rechts. Die Unfallgefährdung beim Queren ist gemäss [10] und [30] besonders hoch und die Unfallfolgen sind überdurchschnittlich schwer.

Beschreibung

Mittels Verkehrsinseln wird in der Fahrbahnmitte eine geschützte Wartefläche gebildet. Diese bietet den Zweiradfahrern einerseits Schutz vor vorbeifahrenden Mfz und gibt ihnen zusätzlich die Möglichkeit, eine passende Lücke zum Überqueren des Fahrstreifens abzuwarten.

Literatur/Experten

Hinweise auf Überquerungshilfen ganz allgemein (oft im Zusammenhang mit der Problematik des Linksabbiegens) finden sich bei [10], [23] und [30] sowie bei [E4]. [30] gibt Hinweise auf den Einsatzbereich von Überquerungshilfen, [10] verweist auf die erhebliche Sicherheitswirkung des Geschützten Mittelbereichs.

Anwendung

- bei bedeutendem querenden bzw. abbiegenden Zweiradverkehr; bei starkem Verkehr auf vortrittsberechtigter Strasse
- auf HVS und VS

Wirkungen

- erhöht Sicherheit für querende und linksabbiegende Radfahrer
- ermöglicht Überquerung in 2 Etappen

Bemerkungen

- Abstand L bei linksabbiegender Zweiradverkehr $\geq$ Anhalteweg der Zweiradfahrer (bei horizontaler Strecke ca. 23 m [38])
- Mittelbereich evtl. einfärben
- andere Querungshilfen: LSA, Fussgängerstreifen

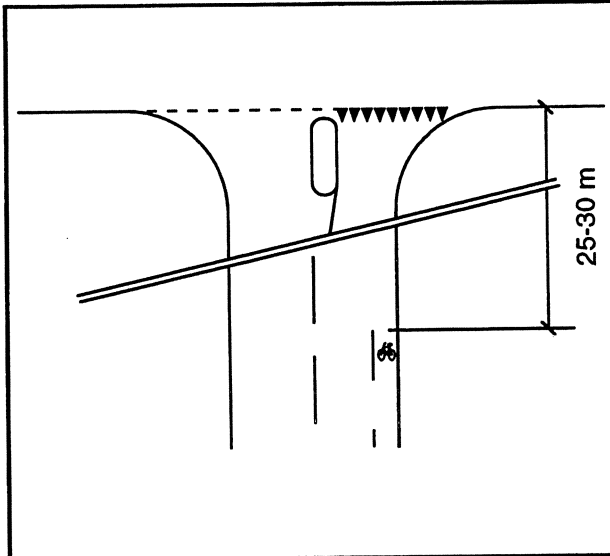
Verwandte Elemente

Linksabbiegefläche (Element 11)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 5
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	geradeaus, nach links und nach rechts	
Element	Radstreifen aufheben	

**Konflikt/Problem**

Bei untergeordneten Knotenzufahrten mit Radstreifen ist der leichte Zweiradverkehr darauf aufmerksam zu machen, dass er am Knoten nicht vortrittsberechtigt ist.

Beschreibung

Aufhebung des Radstreifens vor dem Knoten

Literatur/Experten

Obwohl dieses Element oft in Skizzen dargestellt wird, gibt es in der Literatur kaum Anwendungshinweise. Am ausführlichsten ist [24].

Anwendung

- auf vortrittsbelasteter Strasse
- bei Knoten ohne LSA; bei LSA wird der Radstreifen auch auf der vortrittsbelasteten Strasse bis zum Knoten markiert, hingegen nicht über den Knoten
- bei Knoten ohne Vorsortierstreifen

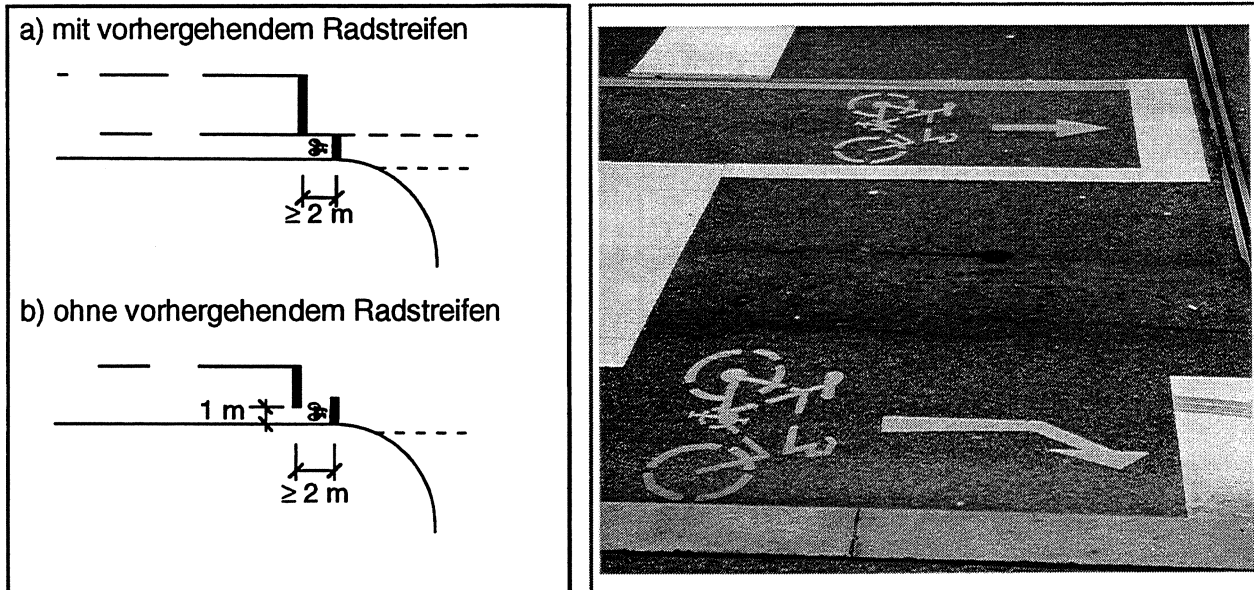
Wirkungen

- Erkennbarkeit der Vortrittsbelastung für Zweiradfahrer
- erleichtert Vorsortierung nach links abbiegender Zweiradfahrer

Normempfehlung

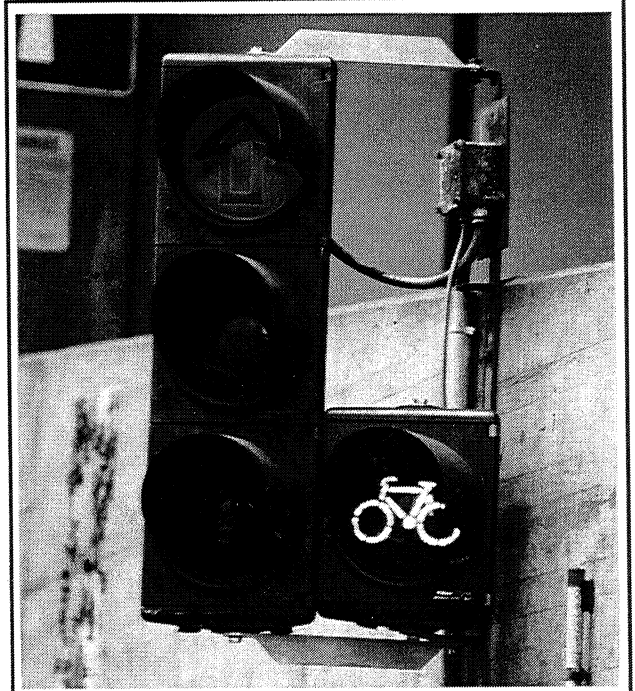
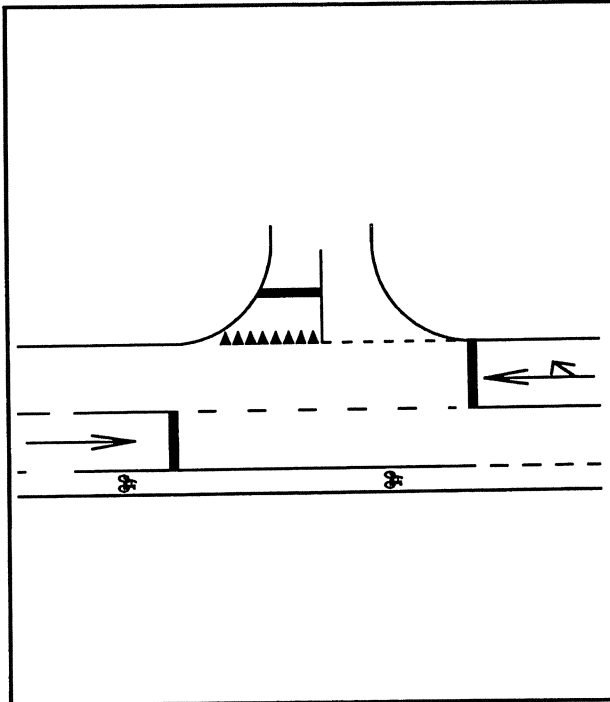
normierungswürdig (evtl. nur als Grundsatz formulieren)

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 6
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	geradeaus und nach rechts	
Element	Vorgezogene Haltelinie	



Konflikt/Problem
An Knoten mit LSA übersehen rechtsabbiegende Mfz-Lenker (insbesondere Lastwagen!) den geradeaus fahrenden oder nach rechts abbiegenden leichten Zweiradverkehr.
Beschreibung
Die Haltelinie für den leichten Zweiradverkehr wird so weit vor der Haltelinie des Mfz-Verkehrs markiert, dass die wartenden Zweiradfahrer für den Mfz-Verkehr sichtbar sind.
Literatur/Experten
Es gibt sowohl in der Literatur als auch von Seiten der Experten zahlreiche Hinweise auf die vorgezogene Haltelinie, z.B. bei [4], [5], [13], [18], [20] und [23]. [29] erwähnt in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, dem leichten Zweiradverkehr als Zusatz früher Grün zu erteilen. Unter bestimmten Voraussetzungen wird die vorgezogene Haltelinie auch ohne vorhergehenden Radstreifen empfohlen, z.B. von [E1].
Anwendung
• bei Knoten mit LSA • bei geradeaus fahrendem und rechts abbiegendem Zweiradverkehr • bei beengten Verhältnissen (Fahrstreifenbreite 3.0 - 3.75 m, zu schmal um Radstreifen zu markieren) ohne vorhergehenden Radstreifen (Variante b)
Wirkungen
verbessert Blickkontakt der Mfz-Lenker auf Radfahrer
Verwandte Elemente
Radstreifen auf Linksabbiegestreifen mit vorgezogener Haltelinie (Element 10a)
Normempfehlung
normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	7
Fahrtrichtung Velo	geradeaus (evtl. auch nach rechts)	
Element	Dauergrün für Zweiradverkehr geradeaus	



Konflikt/Problem

Bei lichtsignalgeregelten T-Einmündungen mit durchgehendem Radstreifen oder Radweg besteht zwischen dem geradeaus fahrenden Zweiradverkehr und dem einmündenden Mfz-Verkehr kein Konflikt, da der einmündende Mfz-Verkehr neben dem Radstreifen bzw. Radweg weiterfährt. Trotzdem wird der Zweiradverkehr in vielen Fällen in die Lichtsignalregelung miteinbezogen. Konflikte bestehen hingegen beim Verflechten auf dem Radstreifen oder Radweg mit einbiegenden Radfahrern.

Beschreibung

Der geradeaus fahrende Zweiradverkehr erhält Dauergrün.

Literatur/Experten

In der Literatur wird diese Massnahme nur selten behandelt. In [13] wird sie kurz erwähnt, bei [23] und von [E5] wird die Anwendung nur empfohlen, wenn keine Fussgänger die Knotenzufahrt überqueren.

Anwendung

- bei T-Einmündungen mit LSA
- bei klarer Zuordnung der Signalgeber zu den Fahrstreifen
- Schleppkurve des einmündenden Astes ausserhalb Radstreifen
- geringer einmündender Zweiradverkehr

Wirkungen

Vermeidung von Fahrtunterbrechungen

Bemerkungen

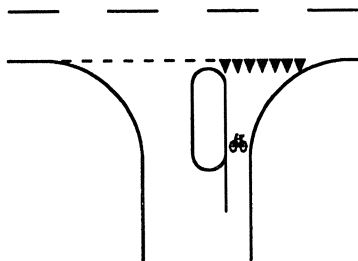
- Ununterbrochene Radstreifenlinie im Knotenbereich oder Schutz mit Trenninsel, insbesondere in Zusammenhang mit einem FG-Streifen
- Queren die Radfahrer einen FG-Streifen, so ist je nach dem Radverkehrs- und Fussgänger-aufkommen sowie der Geschwindigkeit der Radfahrer das Dauergrün für den Zweiradverkehr zu unterbrechen.

Normempfehlung

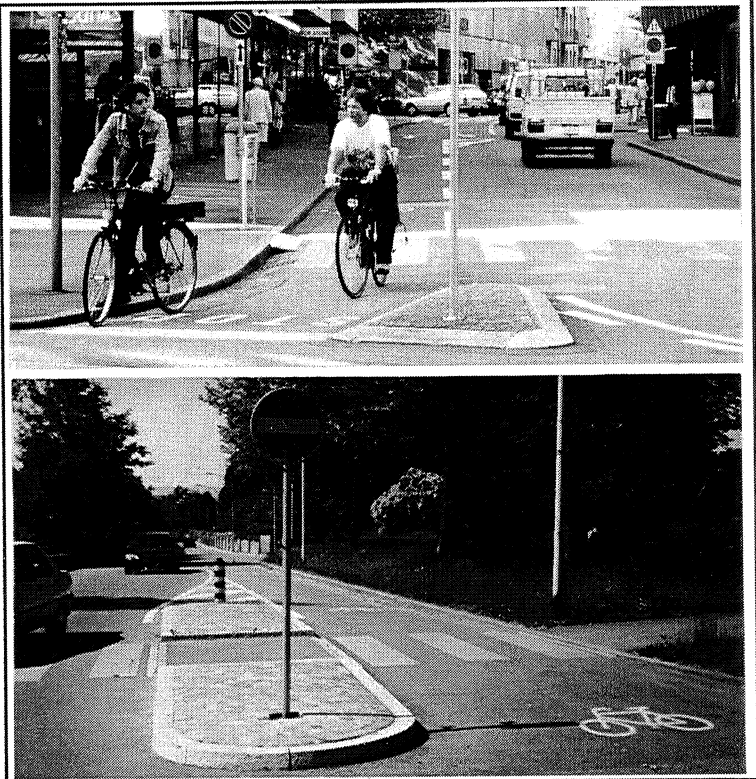
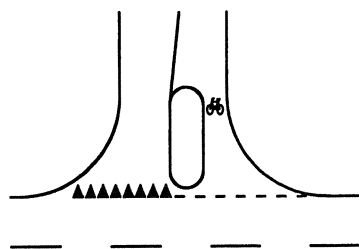
normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	8
Fahrtrichtung Velo	geradeaus, nach links und nach rechts	
Element	Zweiradpforte	

a) Ausfahrt



b) Einfahrt

**Konflikt/Problem**

Ein- bzw. Ausfahrten der für den leichten Zweiradverkehr in Gegenrichtung geöffneten Einbahnstrassen sollen so gestaltet werden, dass klar erkennbar ist, dass die Ein- bzw. Ausfahrt nur für Zweiräder möglich ist und mit Zweirädern in Gegenrichtung zu rechnen ist. Zusätzlich soll den Zweiradfahrern vor dem aus- bzw. einfahrenden Mfz-Verkehr Schutz geboten werden.

Beschreibung

Mit baulichen Massnahmen oder einer Markierung werden die Ein- bzw. Ausfahrt eines Strassenabschnittes nur dem leichten Zweiradverkehr ermöglicht und die Zweiradfahrer vor dem entgegenkommenden Mfz-Verkehr geschützt.

Literatur/Experten

Allgemeine Hinweise enthalten [10], [16], [23], [26]. [5] und [8] enthalten Angaben zur Geometrie.

Anwendung

- beim Beginn bzw. Ende eines Strassenabschnitts, der vom Mfz-Verkehr nur in einer, vom Zweiradverkehr in beiden Richtungen befahren werden darf
- auf ES und verkehrsberuhigten SS

Wirkungen

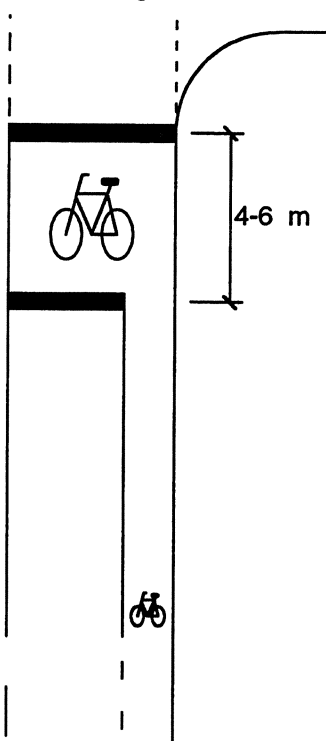
- macht Mfz-Verkehr auf Zweiradgegenverkehr aufmerksam
- Trenninsel verhindert Kurvenschneiden der Mfz und schützt damit Zweiradfahrer

Normempfehlung

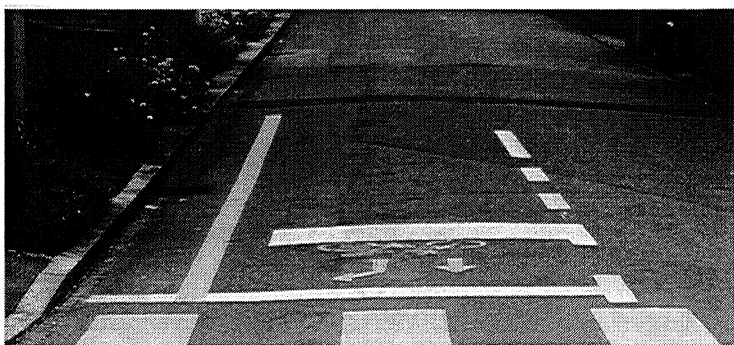
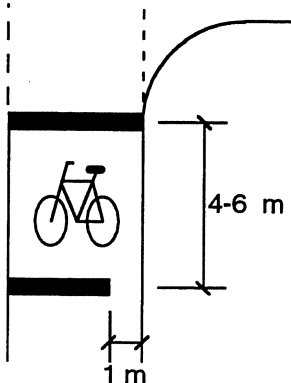
normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	9
Fahrtrichtung Velo	nach links und geradeaus	
Element	Ausgeweiteter Radstreifen	

a) mit vorhergehendem Radstreifen



b) ohne vorhergehendem Radstreifen

**Konflikt/Problem**

Infolge mangelndem oder fehlendem Blickkontakt zwischen den Mfz-Lenkern und den Zweiradfahrern kommt es an LSA geregelten Knoten bei der Wegfahrt zu Konflikten zwischen dem Mfz-Verkehr und dem leichten Zweiradverkehr.

Beschreibung

Mit der Markierung der gelben Haltelinie des Radstreifens vor der weißen Haltelinie des Mfz-Verkehrs über die gesamte Fahrstreifenbreite wird ein Aufstellbereich für leichte Zweiräder geschaffen.

Literatur/Experten

Am ausführlichsten wird der ausgeweitete Radstreifen bei [7] behandelt. Erwähnt wird er auch bei [8], [16], [19], [20], [22], [24] und [30]. Angaben zu den Abmessungen enthalten insbesondere [5], [7], [8] und [24]. Im allgemeinen wird der Nutzen des ausgeweiteten Radstreifens zur Sicherung des leichten Zweiradverkehrs anerkannt. Unterschiede ergeben sich jedoch bei den empfohlenen Anwendungen. So befürworten [20] und [26] die Anwendung nur in Nebenstraßen, [22] und [30] nur bei gering belasteten Zufahrten. Im allgemeinen wird der ausgeweitete Radstreifen bei einstreifigen Zufahrten empfohlen, [7] empfiehlt die Anwendung unter bestimmten Bedingungen auch bei zweistreifigen Zufahrten. Dieses Element wird auch ohne vorhergehenden Radstreifen (z.B. von [E1]) oder mit einem kurzen Radstreifen von 1m Breite (von [E4]) empfohlen.

Anwendung

- bei Knoten mit LSA; primär wenn Rotphase länger als Grünphase
- primär auf vortrittsbelasteter Strasse
- bei viel linksabbiegender Zweiradverkehr und vorwiegend geradeaus fahrendem Mfz-Verkehr; bei viel geradeaus fahrendem Zweiradverkehr und vorwiegend nach rechts abbiegendem Mfz-Verkehr
- bei zeitweilig starkem Zweiradverkehr
- bei beengten Verhältnissen (Fahrstreifenbreite 3.0 - 3.75 m, zu schmal um Radstreifen zu markieren) und auf vortrittsbelasteter Strasse Variante b

Wirkungen

- verbessert konfliktfreien Abfluss der Verkehrsteilnehmer
- verbessert Sicht auf Zweiradfahrer
- erhöht in der Regel die Knotenkapazität

Bemerkungen

- bei Variante a ist mindestens 10 m vor der Haltelinie eine ununterbrochene Radstreifenlinie zu markieren
- Variante b ist nach [36] Art 74 nicht vorgesehen

Verwandte Elemente

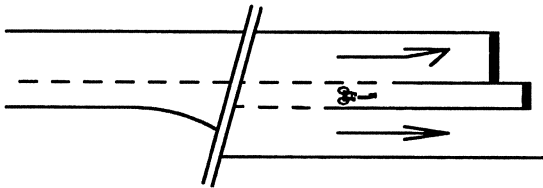
Radstreifen auf Linksabbiegestreifen mit ausgeweitetem Radstreifen (Element 10b)

Normempfehlung

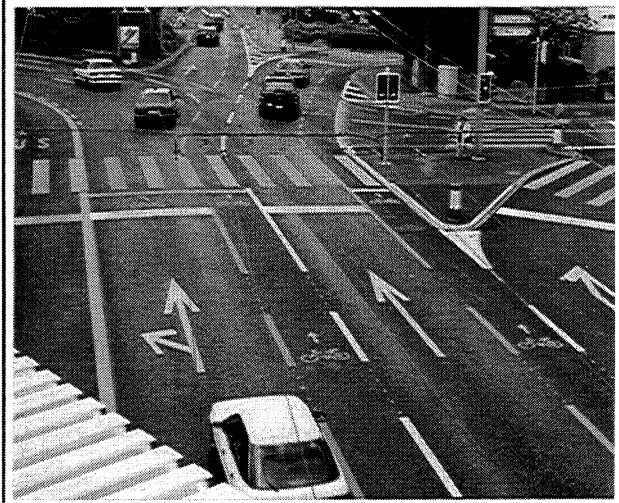
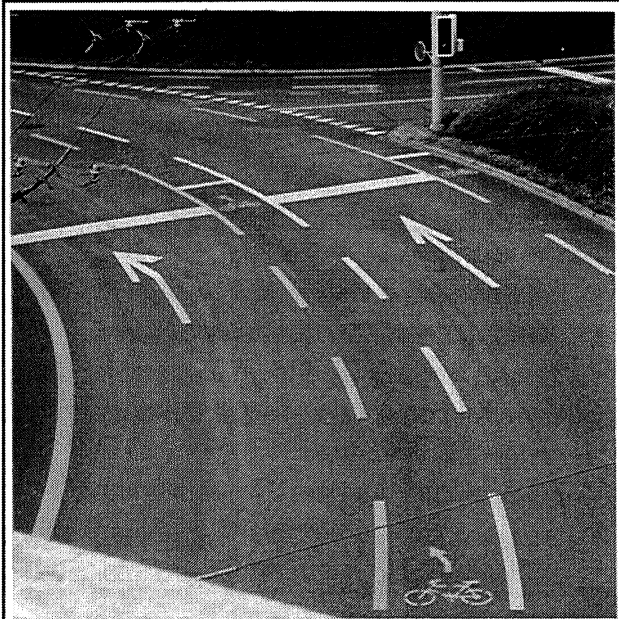
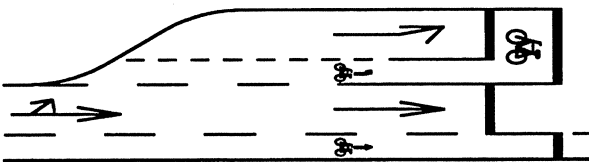
normierungswürdig, nur Variante a

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	10
Fahrtrichtung Velo	nach links	
Element	Radstreifen auf Linksabbiegestreifen	

a) mit vorgezogener Haltelinie



b) mit ausgeweitetem Radstreifen

**Konflikt/Problem**

Auf der Knotenzufahrt kommt es zu Konflikten zwischen dem auf dem Linksabbiegestreifen fahrenden leichten Zweiradverkehr und dem links und rechts vorbeifahrenden Mfz-Verkehr.

Beschreibung

Markierung eines Radstreifens für linksabbiegende Zweiräder auf der rechten Seite des Linksabbiegestreifens für den Mfz-Verkehr.

Literatur/Experten

Der Radstreifen auf Linksabbiegestreifen wird in der Literatur oft erwähnt, meist im Zusammenhang mit der Frage des direkten oder indirekten Linksabbiegens. Angaben zu den Abmessungen finden sich bei [5], [10], [14] und [18]. Hinweise auf Einsatzbereiche enthalten [10], [18], [22] und [30]. [18] empfiehlt die Anwendung des Radstreifens auf Linksabbiegestreifen nur in Ausnahmefällen. Meistens wird eine Anwendung mit vorgezogener Haltelinie empfohlen, so von [22], [26], [25] und [29]. Der Einsatz eines Radstreifens auf einem Linksabbiegestreifen wird überall sowohl mit als auch ohne LSA als möglich erachtet. Das Vorziehen der Haltelinie wird z.B. von [E14] empfohlen, obwohl kein Konfliktpotential vorhanden ist.

Anwendung

- bei ausreichenden Fahrstreifenbreiten (Ziffer 6) auf HVS und VS
- ob ein Radstreifen auf dem Geradeaus-, dem Linksabbiegestreifen oder auf beiden markiert wird, ist abhängig von den Verkehrsmengen je Richtung und dem vorhandenen Raum
- Variante a bei Hauptverkehrsrichtung nach links
- Variante b nur bei LSA, vor allem bei Hauptverkehrsrichtung geradeaus und ausserorts

Wirkungen

- klare Führung des Zweiradverkehrs
- erhöht Aufmerksamkeit der Mfz-Lenker
- ausgeweiteter Radstreifen erhöht Sicherheit der wartenden Zweiradfahrer

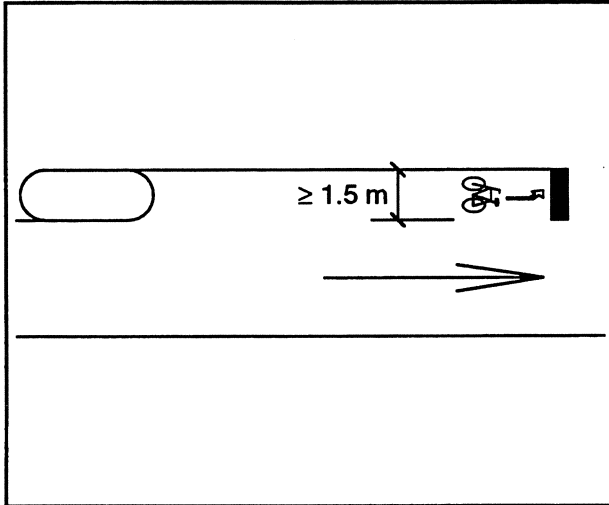
Verwandte Elemente

- Vorgezogene Haltelinie mit vorhergehendem Radstreifen (Element 6a)
- Ausgeweiteter Radstreifen mit vorhergehendem Radstreifen (Element 9a)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 11
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	nach links	
Element	Linksabbiegefläche	

**Konflikt/Problem**

Gefährdung des in der Fahrbahnmitte wartenden, linksabbiegenden leichten Zweiradverkehrs durch den vorbeifahrenden Mfz-Verkehr.

Beschreibung

Durch Versatz der Leitlinie wird eine kurze und schmale Bucht mit vorgelagerter Schutzinsel oder Sperrfläche erzeugt.

Literatur/Experten

In der Literatur wird die Linksabbiegefläche oft im Zusammenhang mit dem Geschützten Mittelbereich oder mit der Frage direktes-indirektes Linksabbiegen behandelt. [16] weist auf den gegenüber dem Radstreifen auf dem Linksabbiegestreifen erhöhten Sicherheitseffekt der Linksabbiegefläche hin, da der leichte Zweiradverkehr nur auf einer Seite überholt werden kann. Als weiteren Vorteil sehen [8] und [23], dass mit dieser Massnahme der geradeaus fahrende Verkehr nicht blockiert wird. Versetzte Linksabbiegeflächen (s. Foto) werden bei [8], [30] und [32] behandelt. Auf die Möglichkeiten der Kombination von Fussgängerinseln mit einer Linksabbiegefläche wird bei [23] und [29] näher eingegangen.

Anwendung

- bei starkem linksabbiegenden Zweiradverkehr
- bei wenig oder keinem linksabbiegenden Mfz
- primär innerorts

Wirkungen

Erhöht Sicherheit der linksabbiegenden Zweiradfahrer, da sie nur einseitig überholt werden.

Bemerkungen

falls nur für Zweiradverkehr, Markierung mit Fahrrad-Symbol und gelbem Pfeil

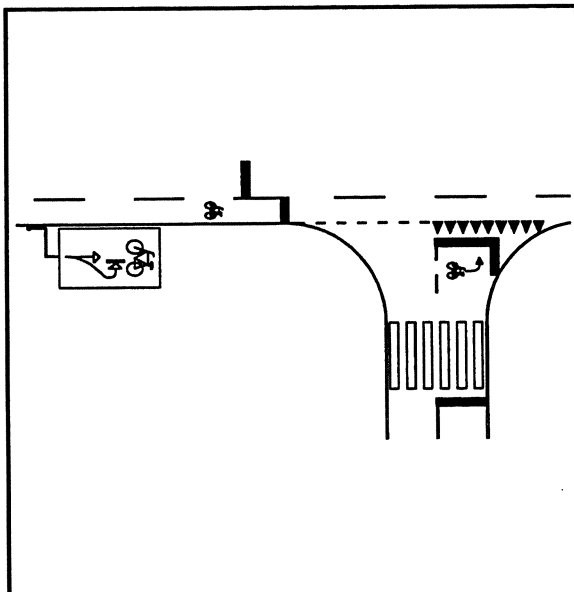
Verwandte Elemente

- Geschützter Mittelbereich (Element 4)
- Knoten Radweg/Strasse, Radweg vortrittsbelastet (Element 24b)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	12
Fahrtrichtung Velo	nach links	
Element	Indirektes Linksabbiegen	



Konflikt/Problem

Das Linksabbiegen stellt an das Fahrkönnen der Zweiradfahrer besonders hohe Anforderungen und stellt speziell für ungeübte Zweiradfahrer ein Manöver mit hohem Gefährdungspotential dar.

Beschreibung

Mittels spezieller Markierung und Signalisation wird der leichte Zweiradverkehr zunächst rechts in die Knotenzufahrt der einmündenden Strasse und anschliessend über die Strasse geführt, aus der sie nach links abbiegen wollen.

Literatur/Experten

Insbesondere bei ungeübten Zweiradfahrern wird die Möglichkeit des indirekten Linksabbiegens empfohlen. Durchgehend wird jedoch darauf hingewiesen, dass das direkte Linksabbiegen stets gewährleistet bleiben muss. [19] empfiehlt indirektes Linksabbiegen nur in Ausnahmefällen, da dieses im Vergleich zum direkten Linksabbiegen mehr Nachteile besitze. Es finden sich sowohl Beispiele zur Führung auf Radstreifen, z.B. bei [16], als auch zur Führung auf Radwegen, z.B. bei [5] und [10]. Bei den Expertengesprächen (vor allem bei [E6] und [E13]) wurde auf das Problem einer geringen Benutzung der Anlagen für indirektes Linksabbiegen hingewiesen.

Anwendung

- auf vortrittsberechtigter Strasse
- primär bei Knoten mit LSA, aber auch ohne LSA möglich
- s. Ziffer 4.7

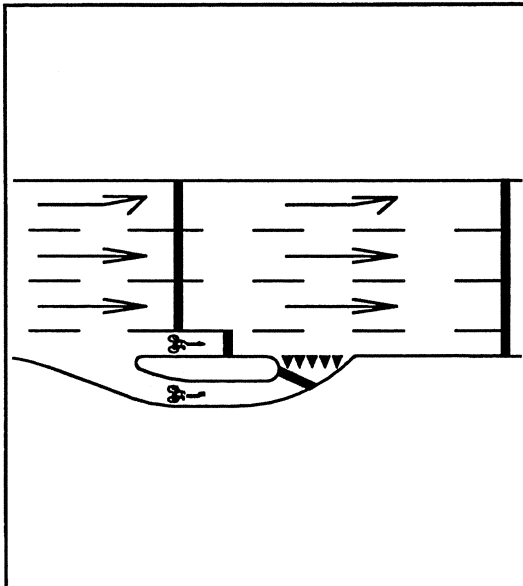
Wirkungen

- erhöht Sicherheit für linksabbiegende Radfahrer
- erhöht Durchlässigkeit
- längere Wartezeit für Radfahrer

Normempfehlung

normierungswürdig, nur für Knoten mit LSA

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 13
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Fahrtrichtung Velo	nach links	
Element	Zweiradschleuse	

**Konflikt/Problem**

Beim Linksabbiegen stellt insbesondere die Vorsortierung eine Gefährdung des leichten Zweiradverkehrs dar.

Beschreibung

Einrichtung einer zusätzlichen LSA in der Knotenzufahrt, welche es dem leichten Zweiradverkehr erlaubt, sich zeitlich getrennt vom übrigen Verkehr auf dem Linksabbiegestreifen einzuordnen

Literatur/Experten

Die Zweiradschleuse wird im Zusammenhang mit dem indirekten Linksabbiegen behandelt. Hinweise auf die Anwendung von Zweiradschleusen geben u.a. [10], [22] und [30]. Der Einfluss einer Zweiradschleuse auf die Leistungsfähigkeit der Knotenzufahrt wird in der Literatur kontrovers behandelt. Während z.B. [19] auf eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit hinweist, sieht [22] diese bei entsprechender Koordination von Vorsignal und Hauptsignal nicht nennenswert beeinträchtigt. [23] kritisiert vor allem den Verlust an Durchlässigkeit: Der leichte Zweiradverkehr kann bei Grün nicht mehr durchgehend über den Knoten fahren.

Anwendung

- bei Knoten mit LSA
- bei starkem geradeaus fahrendem Mfz-Verkehr
- auf HVS und VS; insbesondere bei zwei oder mehr Geradeausstreifen
- bei ungeübten Zweiradfahrern (z.B. Schüler)

Wirkungen

erhöht Sicherheit beim Vorsortieren

Bemerkungen

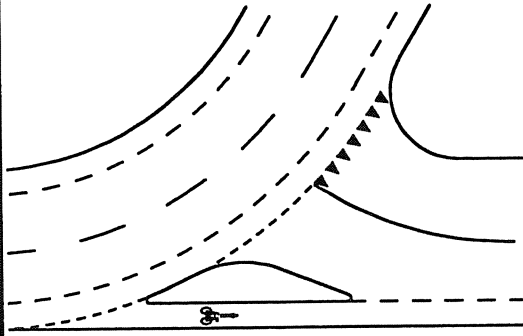
- erfordert separaten Signalgeber für linksabbiegenden Zweiradverkehr
- Leistungsverlust für LSA

Normempfehlung

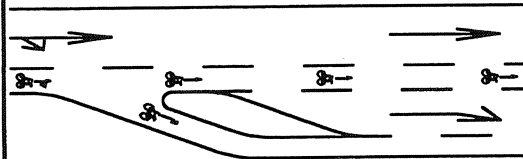
normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	14
Fahrtrichtung Velo	nach links, geradeaus und nach rechts	
Element	Zweiradweiche	

a) bei abknickender vortrittsberechtigter Strasse



b) bei Rechtsabbiegestreifen



Konflikt/Problem

Bei Verzweigungen, bei denen der Hauptverkehrsstrom nicht geradeaus in die untergeordnete Strasse führt, sondern nach links abschwengt, treten zahlreiche Konflikte zwischen geradeaus fahrenden Motorfahrzeugen und nach links fahrenden leichten Zweirädern auf.

Beschreibung

Mit einer Insel bzw. Markierung wird die Verzweigung der nach links und geradeaus fahrenden leichten Zweiräder gegenüber der Verzweigung des Mfz-Verkehrs vorverlegt (Variante a). Die Anwendung einer Zweiradweiche ist auch bei Knotenzufahrten mit einem eigenen Rechtsabbiegestreifen möglich, wobei der Beginn des Rechtsabbiegestreifen für den Zweiradverkehr sich vor demjenigen für den Mfz-Verkehr befindet (Variante b).

Literatur/Experten

Dieses Element wird bei [8], [10] und [16] ausführlich behandelt. [8] und [16] geben zusätzlich Hinweise auf die Anwendung mit Insel oder Markierung. [22] empfiehlt die Anwendung bei Rechtsabbiegestreifen und weist auf die klarere Erkennbarkeit der Fahrtrichtung der Zweiradfahrer für die Mfz-Lenker hin.

Anwendung

- bei bedeutendem rechtsabbiegendem Mfz-Verkehr
- bei nach links abgeknickter vortrittsberechtigter Strasse (Variante a)
- an Knoten zwischen HVS und VS oder SS bzw. zwischen VS und SS
- bei Rechtsabbiegestreifen mit viel rechtsabbiegendem Zweiradverkehr (Variante b)

Wirkungen

- ermöglicht Mfz-Lenkern frühes Erkennen der Fahrtrichtung der Zweiradfahrer
- Stauumfahrung für Zweiradfahrer bei Knoten mit LSA (Variante a mit Dauergrün für Zweiradverkehr, Element 7)

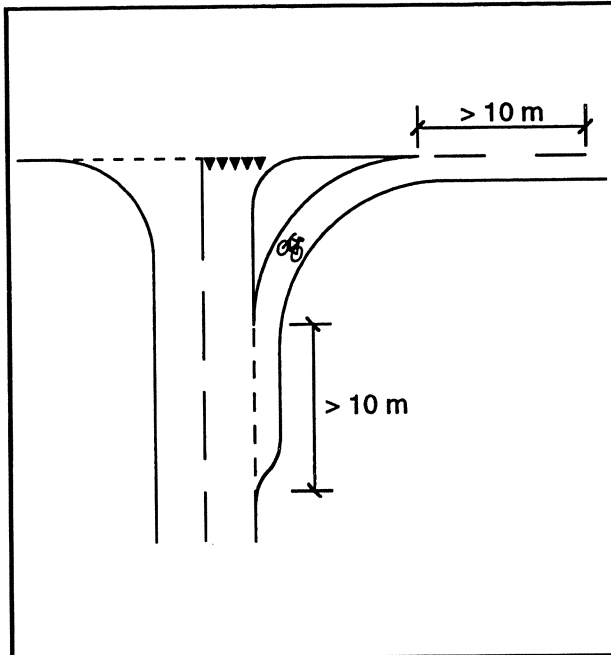
Bemerkungen

Radstreifen auf vortrittsberechtigter Strasse evtl. einfärben

Normempfehlung

normierungswürdig, nur Variante a

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	15
Fahrtrichtung Velo	nach rechts	
Element	Freies Rechtsabbiegen	

**Konflikt/Problem**

Der Rückstau des Mfz-Verkehrs vor Knoten behindert den nach rechts abbiegenden leichten Zweiradverkehr.

Beschreibung

Der leichte Zweiradverkehr wird auf einem kurzen Radwegstück am wartenden Mfz-Verkehr vorbei nach rechts geführt. Bei Knoten mit LSA kann der leichte Zweiradverkehr von der Lichtsignalregelung ausgenommen werden oder erhält Dauergrün (Element 7).

Literatur/Experten

In der Literatur wird zwischen Rechtsabbiegen an Knoten ohne LSA (auch Stauumfahrung) und an Knoten mit LSA (auch Ampelumfahrung) unterschieden. Eine weitere Möglichkeit, das Rechtsabbiegen bei Rot, wird bei [24] erwähnt.

Anwendung

- bei starkem rechtsabbiegender Zweiradverkehr
- bei häufigem Rückstau durch Mfz-Verkehr (bei LSA oder Stopstrassen)
- auf vortrittsbelasteter Strasse
- auch bei Kreisverkehr

Wirkungen

Vermeidung von Fahrtunterbrechungen und unplausiblen Wartezeiten an LSA

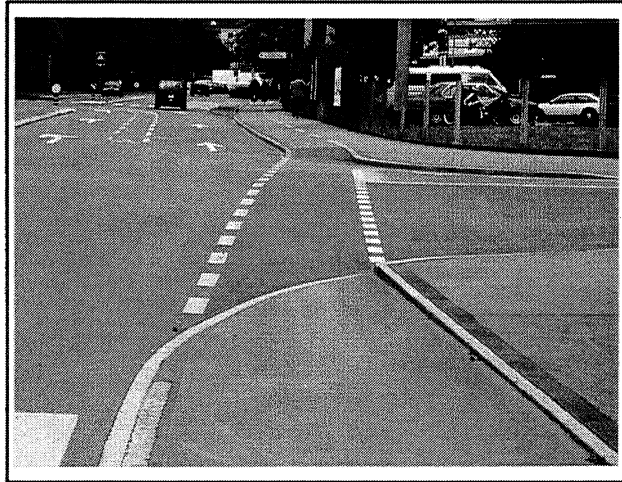
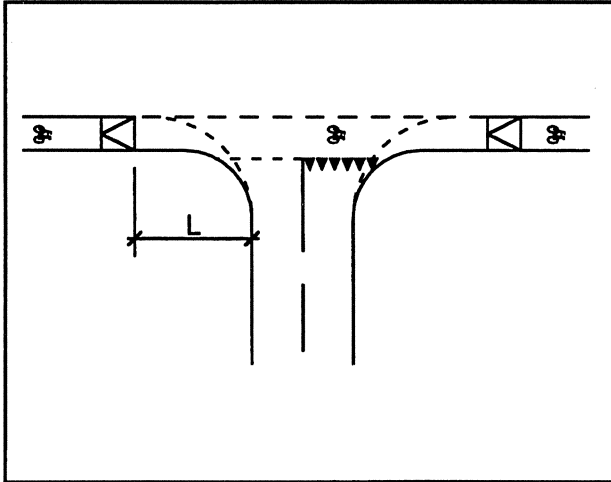
Bemerkungen

- anschliessend mindestens 10 m Radstreifen markieren
- kann bei Knoten mit LSA auch ohne Radwegstück als Dauergrün für rechtsabbiegende Zweiräder ausgebildet werden

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 16
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	
Betrieb	Einrichtungsrادweg	
Element	Querung vortrittsberechtigt, nicht oder leicht abgesetzt bis max. 2 m	

**Konflikt/Problem**

Zweiradfahrer, die auf einem deutlich abgesetzten Radweg eine Einmündung queren, werden von den abbiegenden Mfz-Lenkern zu spät bemerkt, weil sich die Zweiradfahrer ausserhalb des Blickfelds der Mfz-Lenker bewegen.

Beschreibung

Strassenbegleitende Radwege werden nicht mehr als 2 m von der begleitenden, vortrittsberechtigten Fahrbahn entfernt ebenfalls vortrittsberechtigt über die einmündende Strasse geführt.

Literatur/Experten

Allgemein wird in der Literatur ([4], [5], [10], [18], [22], [23], [27], [30] und andere) beim Vergleich abgesetzt/nicht abgesetzt die nicht abgesetzte Führung eines Radwegs empfohlen. Nicht eindeutig geklärt ist hingegen die Frage, wann ein Radweg über eine Einmündung durchgezogen werden soll und wann er vor dem Knoten in einen Radstreifen übergehen soll.

Anwendung

bei Radweg entlang vortrittsberechtigter Strasse

Wirkungen

- Vermeidung von Fahrtunterbrechungen
- Erkennbarkeit des Radwegs bei nicht abgesetzter Führung am besten

Bemerkungen

- Einfärben oder Radwegführung über aufgepflästerte Einmündung erhöht die Sicherheit.
- Die Sicherheit wird in der Regel verbessert, wenn leicht abgesetzte Radwege vor dem Knoten ganz an die Fahrbahn herangeführt werden und L mind. 10 m beträgt.
- Soll den nach links abbiegenden Radfahrern ein Warteraum links der Querung zur Verfügung gestellt werden, so ist die Querung um 1.5-1.8 m vom Fahrbahnrand abzusetzen.

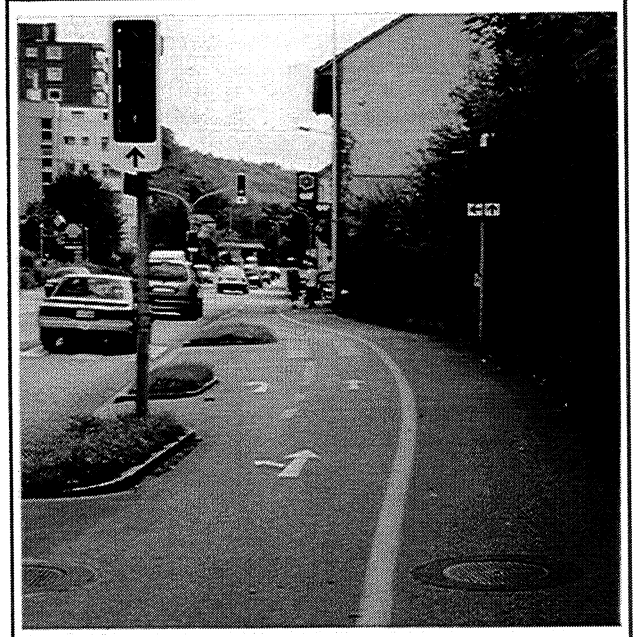
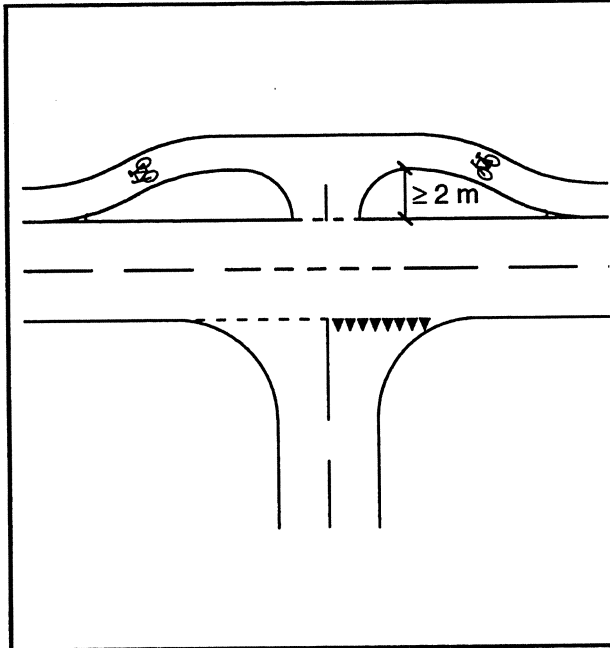
Verwandte Elemente

Radwegquerung Zweirichtungsradweg, Querung nicht abgesetzt (Element 20)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 17
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	
Betrieb	Einrichtungsrادweg, Zweirichtungsrادweg	
Element	Radweg gegenüber Einmündung	

**Konflikt/Problem**

Fehlende Warteflächen für abbiegende und einmündende Zweiradfahrer führen zu Konflikten zwischen dem durchgehenden und dem abbiegenden bzw. einmündenden Zweiradverkehr.

Beschreibung

Der Radweg wird auf Höhe der einmündenden Strasse leicht abgesetzt geführt, so dass eine Wartefläche für den abbiegenden und einmündenden leichten Zweiradverkehr geschaffen wird.

Literatur/Experten

Hinweise finden sich bei [4], [5], [10], [14], [18] und [19]. Bei [4] und [19] wird dieses Element mit einer Trenninsel zwischen dem einmündenden und dem abbiegenden leichten Zweiradverkehr dargestellt.

Anwendung

- bei T-förmiger Einmündung
- bei Ein- und Zweirichtungsrادwegen

Wirkungen

klare Trennung zwischen durchgehendem und abbiegendem Zweiradverkehr

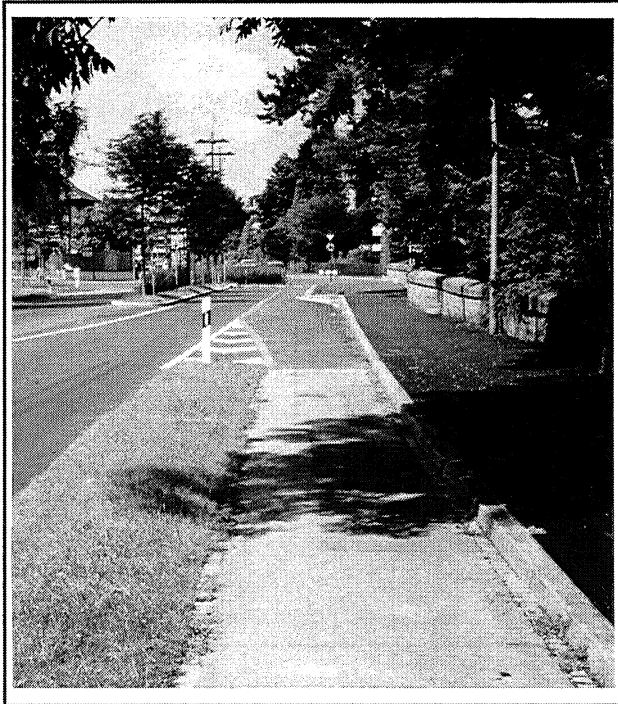
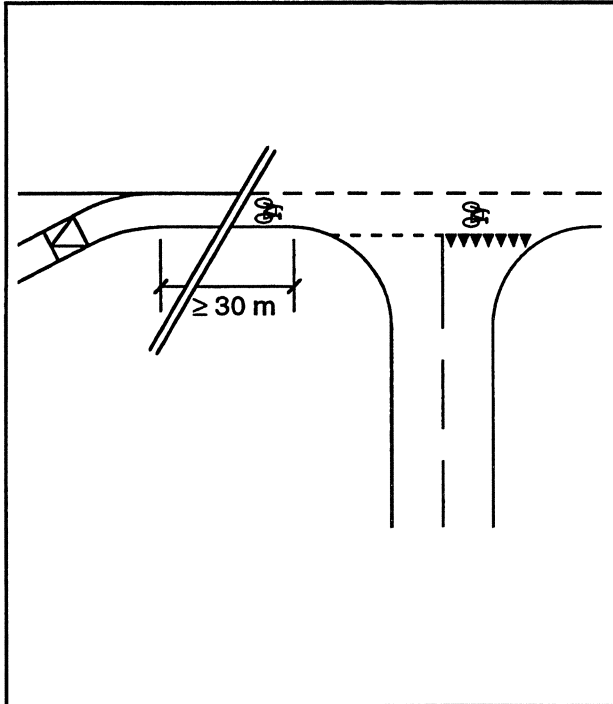
Bemerkungen

Querung evtl. mit geschütztem Mittelbereich (Element 4)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 18
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	
Betrieb	Einrichtungsrادweg	
Element	Ende Einrichtungsrادweg	



Konflikt/Problem

Bei Radwegenden ist der leichte Zweiradverkehr vortrittsbelastet und die Zweiradfahrer müssen sich auf der Fahrbahn in den Mfz-Verkehr einordnen.

Beschreibung

Der Radweg wird vor dem Knoten zur Strasse geführt und in einen Radstreifen überführt, welcher durchgehend über den Knoten markiert wird.

Literatur/Experten

Beispiele für das Ende von Radwegen sind in [5], [10] und [14] dargestellt. Allgemeine Grundsätze sind in [8], [22], [23] und [24] zu finden.

Anwendung

- Radwegende immer **vor** Knotenbereich anordnen
- häufig in Kombination mit dem Element 1 „Durchgehender Radstreifen“

Wirkungen

- Radstreifen nach Radwegende vermindert Konflikte beim Eingliedern in Mischverkehr
- klar erkennbare Führung
- ermöglicht Vorsortierung bzw. direktes Linksabbiegen für Radfahrer

Bemerkungen

- Radstreifen im Knotenbereich evtl. einfärben
- Radwegende spätestens zu Beginn der Vorsortierung

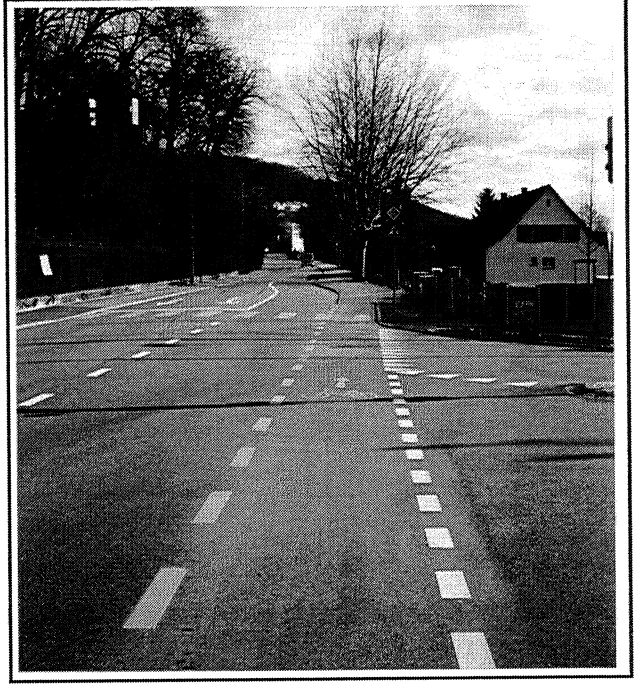
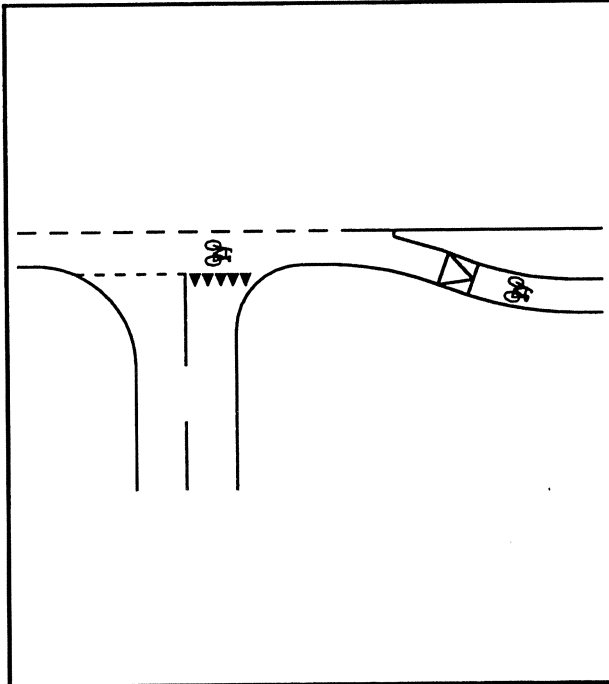
Verwandte Elemente

Anfang/Ende Zweirichtungsrادweg, Anfang auf gegenüberliegender Fahrbahnseite (Element 23)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	19
Betrieb	Einrichtungsradschweg	
Element	Anfang Einrichtungsradschweg	

**Konflikt/Problem**

Wenn die Einfahrt auf einen Radweg nur mit einem Verschwenker der Zweiradfahrer möglich ist, kommt es zu Konflikten mit dem Mfz-Verkehr. Häufig ist der Radweganfang nicht erkennbar.

Beschreibung

Der leichte Zweiradverkehr wird auf einem Radstreifen über den Knoten und nach dem Knoten möglichst geradlinig auf den Radweg geführt.

Literatur/Experten

Beispiele für den Anfang von Einrichtungsradschwegen sind in [5], [10] und [14] dargestellt. Ausführlichere Hinweise sind bei [8] zu finden.

Anwendung

- Radweganfang immer **nach** Knotenbereich anordnen
- häufig in Kombination mit dem Element 1 „Durchgehender Radstreifen“

Wirkungen

geradlinige, klar erkennbare Führung des Zweiradverkehrs

Bemerkungen

- Radstreifen im Knotenbereich evtl. einfärben
- Einfahrt in Radweg nach allfälligem Fussgängerstreifen anordnen

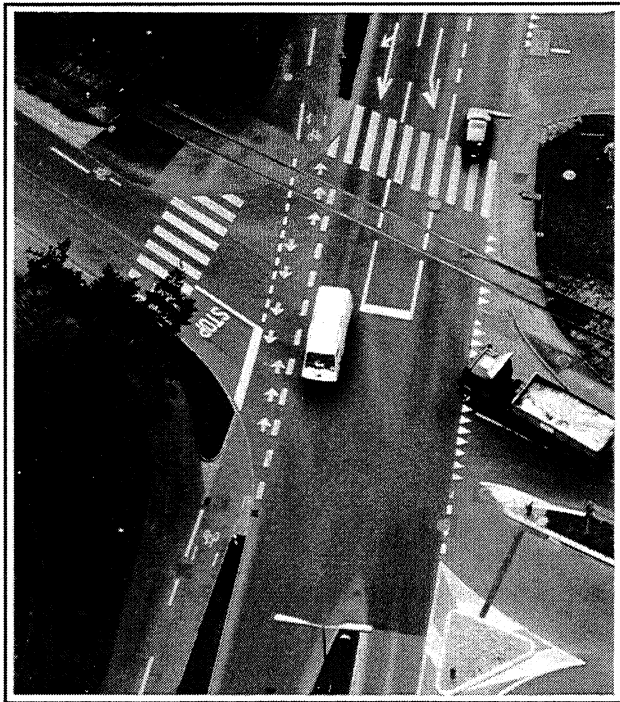
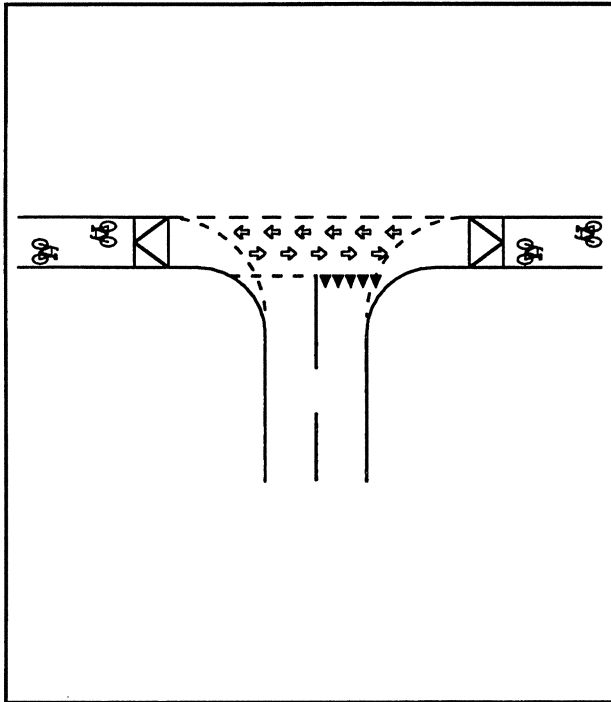
Verwandte Elemente

Anfang/Ende Zweirichtungsradschweg, Anfang auf gleicher Fahrbahnseite (Element 22)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 20
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	
Betrieb	Zweirichtungsradweg	
Element	Querung vortrittsberechtigt, nicht oder leicht abgesetzt bis 2 m	



Konflikt/Problem

Bei Querungen von strassenbegleitenden Zweirichtungsradwegen kommt es zu Konflikten zwischen dem einmündenden bzw. abbiegenden Mfz-Verkehr und insbesondere den in „falscher“ Richtung fahrenden Zweiradfahrern.

Beschreibung

Der Zweirichtungsradweg wird nicht mehr als 2m von der Fahrbahn abgesetzt über die einmündende Strasse geführt. Mit einer besonderen Signalisation und Markierung wird der Mfz-Verkehr auf den Zweirichtungsverkehr aufmerksam gemacht.

Literatur/Experten

In [12] wird dieses Element ausführlich behandelt. [22] weist auf die speziellen Sicherungsmassnahmen hin, die bei Querungen von nicht abgesetzten Zweirichtungsradwegen notwendig sind, während [23] grundsätzlich von strassenbegleitenden Zweirichtungsradwegen abrät.

Anwendung

bei Radweg entlang vortrittsberechtigter Strasse

Wirkungen

Vermeidung von Fahrtunterbrechungen

Bemerkungen

- einmündende Mfz-Lenker mit Signalisation und Markierung auf Radweg mit Zweirichtungsverkehr aufmerksam machen
- Einfärben oder Radwegführung über aufgepflasterte Einmündung erhöht die Sicherheit
- Um den nach links bzw. nach rechts abbiegenden Radfahrern ein Warteraum zur Verfügung zu stellen, ist die Querung um 1.5-1.8 m vom Fahrbahnrand abzusetzen.

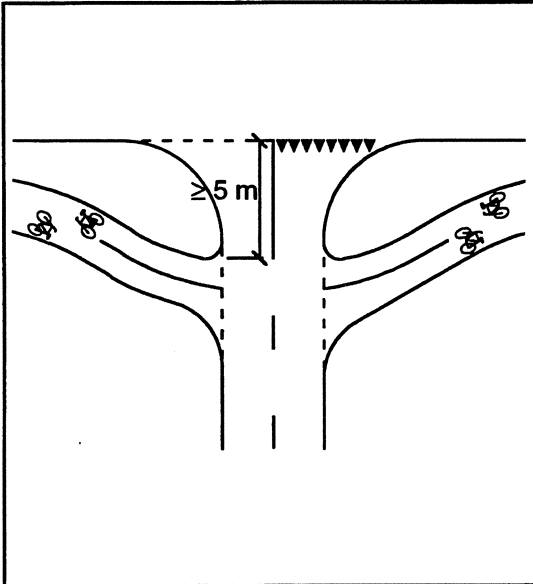
Verwandte Elemente

Radwegquerung Einrichtungsrادweg, Querung vortrittsberechtigt (Element 16)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	21
Betrieb	Zweirichtungsradweg, auch Einrichtungsradweg	
Element	Querung vortrittsbelastet, deutlich abgesetzt	



Konflikt/Problem

Bei Querungen von strassenbegleitenden Zweirichtungsradwegen kommt es zu Konflikten zwischen dem einmündenden bzw. abbiegenden Mfz-Verkehr und insbesondere den in „falscher“ Richtung fahrenden Zweiradfahrern.

Beschreibung

Der strassenbegleitende Radweg wird mittels horizontalem Versatz mindestens 5m von der begleitenden Strasse entfernt und nicht vortrittsberechtigt über die Einmündung geführt.

Literatur/Experten

Um die Sicherheit der links fahrenden Zweiradfahrer zu verbessern, wird bei Querungen von Zweirichtungsradwegen im allgemeinen die weit abgesetzte Führung empfohlen. Verschiedentlich, so unter anderem bei [27], wird jedoch gleichzeitig darauf hingewiesen, dass die deutlich abgesetzte Führung für die rechts fahrenden Zweiradfahrer wegen der schlechteren Erkennbarkeit durch die rechts abbiegenden Mfz-Lenker eine im Vergleich zur nicht abgesetzten Führung ungünstigere Lösung darstellt.

Anwendung

- vor allem bei Zweirichtungsradweg
- bei viel ein- und abbiegenden Mfz
- bei erheblichem ein- und abbiegenden Zweiradverkehr

Wirkungen

- Versatz erhöht Aufmerksamkeit der Zweiradfahrer für Knotensituation
- verlangsamt leichten Zweiradverkehr

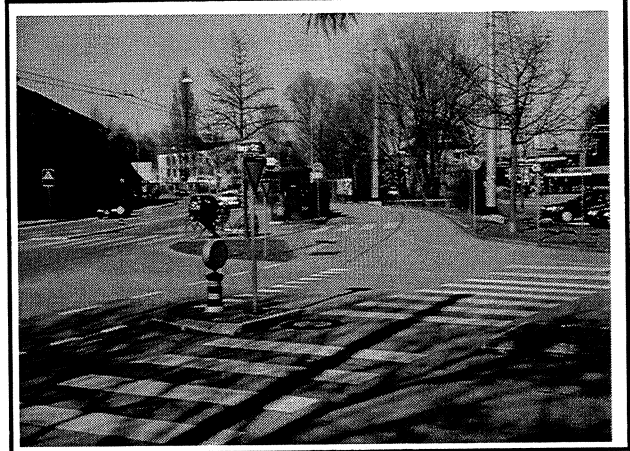
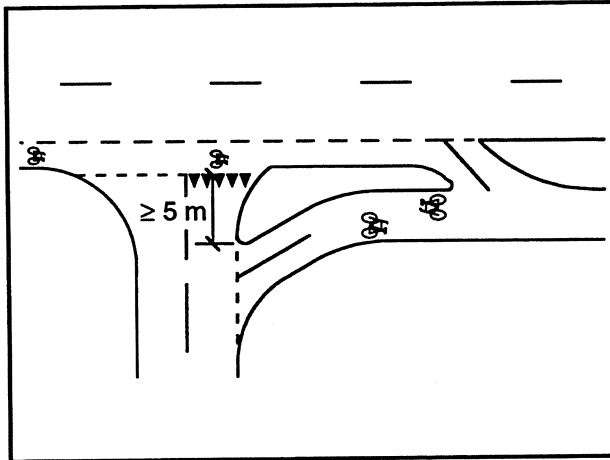
Bemerkungen

Bei starker Belastung auf zu querender Strasse sind Querungshilfen für den Zweiradverkehr erforderlich (Element 4).

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 22
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	
Betrieb	Zweirichtungsradweg	
Element	Anfang/Ende Zweirichtungsradweg, Anfang auf gleicher Fahrbahnseite	



Konflikt/Problem

Am Ende des Zweirichtungsradwegs müssen die Zweiradfahrer die Fahrbahn überqueren; ohne direkten Anschluss an die einmündende Strasse evtl. sogar zweimal. Wenn die Einfahrt auf einen Radweg nur mit einem Verschwenker der Zweiradfahrer möglich ist, kommt es zu Konflikten mit dem Mfz-Verkehr. Häufig ist der Radweganfang nicht erkennbar.

Beschreibung

Der den Zweirichtungsradweg verlassende Zweiradverkehr kann direkt oder indirekt über die einmündende Strasse auf die gegenüberliegende Fahrbahnseite gelangen. Dem Zweirichtungsradweg sich nähernde Zweiradfahrer werden zuerst auf einem Radstreifen über den Knoten und danach auf den Zweirichtungsradweg geführt.

Literatur/Experten

Am ausführlichsten wird dieses Element bei [8] und bei [24] behandelt. Hinweise enthalten auch [5] und [10]. Nur [8] und [5] erwähnen dieses Element im Zusammenhang mit der Einmündung einer untergeordneten Strasse, sonst beziehen sich die Beispiele auf die Anwendung auf der offenen Strecke.

Anwendung

Radweganfang **nach** Knotenbereich anordnen

Wirkungen

- kein zusätzlicher Knoten auf der Strecke
- Ein-/Ausfahrt aus/in alle(n) Richtungen möglich

Bemerkungen

- Ausfahrt in Hauptverkehrsachse evtl. mit geschütztem Mittelbereich (Element 4)
- bei $v > 60$ km/h evtl. nur indirekte Ausfahrt über einmündende Strasse
- häufig in Kombination mit dem Element 1 „Durchgehender Radstreifen“

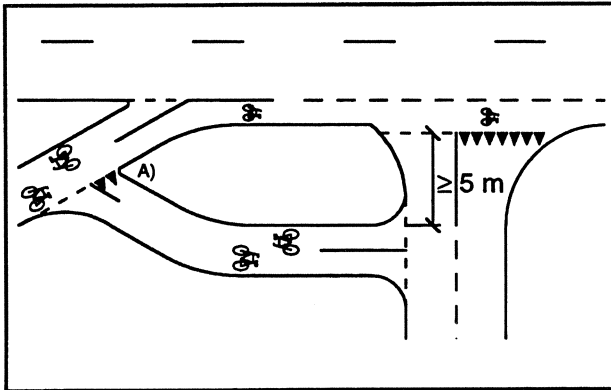
Verwandte Elemente

Anfang Einrichtungsradweg (Element 19)

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 23
Führungsart	Strassenbegleitende Radwege	
Betrieb	Zweirichtungsradweg	
Element	Anfang/Ende Zweirichtungsradweg, Anfang auf gegenüberliegender Fahrbahnseite	



Konflikt/Problem

Für die Einfahrt in den Zweirichtungsradweg müssen die Zweiradfahrer die Fahrbahn überqueren; ohne direkten Anschluss an die einmündende Strasse evtl. sogar zweimal. Bei Radwegenden ist der leichte Zweiradverkehr vortrittsbelastet und die Zweiradfahrer müssen sich auf der Fahrbahn in den Mfz-Verkehr einordnen.

Beschreibung

Zweiradfahrer, die auf den Zweirichtungsradweg gelangen wollen, werden entweder direkt oder indirekt über eine Aufstellfläche zum Radweg geführt. Der den Zweirichtungsradweg verlassende Zweiradverkehr wird vor dem Knoten auf einen Radstreifen und anschliessend auf diesem über den Knoten geführt.

Literatur/Experten

Am ausführlichsten wird dieses Element bei [8] und bei [24] behandelt. Unterschiedliche Empfehlungen gibt es in der Literatur bezüglich der Anordnung des Elements. Bei [10] überqueren die Zweiradfahrer die Fahrbahn nach dem engeren Knotenbereich, bei [5] und [29] geschieht dies unmittelbar im Knoten. [8] enthält Beispiele für beide Varianten.

Anwendung

Radwegende **vor** Knotenbereich anordnen

Wirkungen

- kein zusätzlicher Knoten auf Strecke
- Ein-/Ausfahrt aus/in alle(n) Richtungen möglich

Bemerkungen

- Einfahrt aus Hauptverkehrsachse evtl. mit geschütztem Mittelbereich (Element 4) oder Linksabbiegefläche (Element 11)
- bei A) ist eine Vortrittsbelastung des Bypasses erforderlich
- Einfahrt evtl. nur über einmündende Strasse
- häufig in Kombination mit dem Element 1 „Durchgehender Radstreifen“

Verwandte Elemente

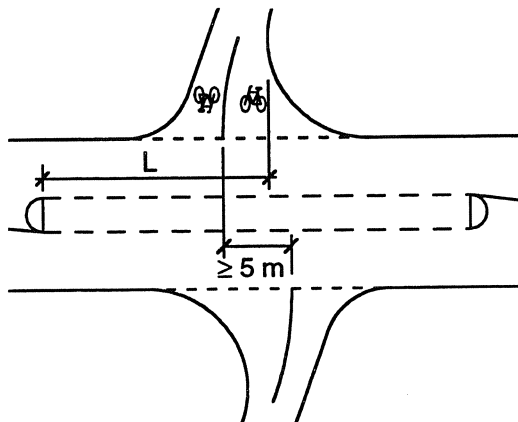
Ende Einrichtungsrads (Element 18)

Normempfehlung

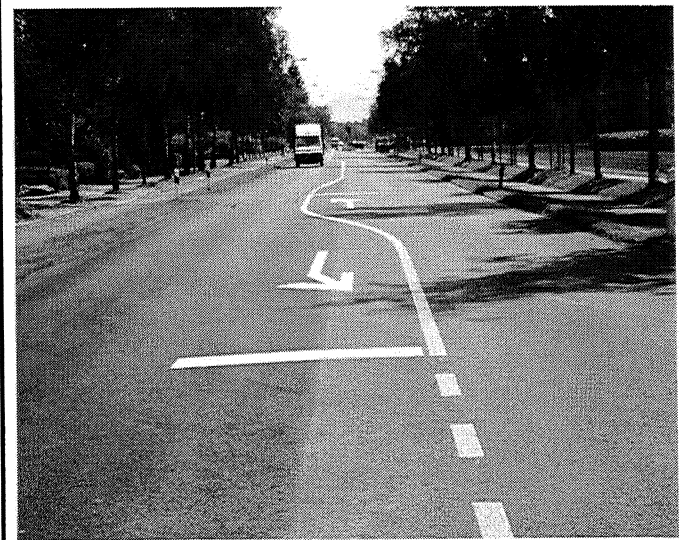
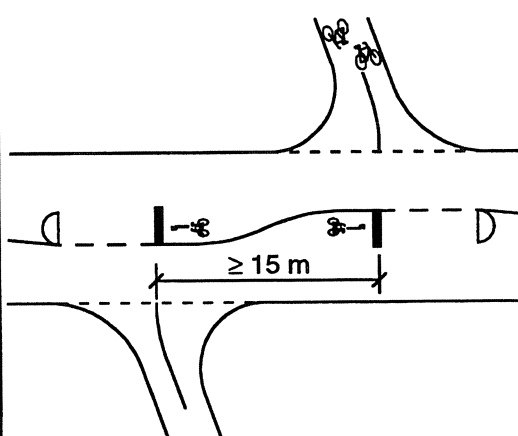
normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element 24
Führungsart	Unabhängig geführte Radwege	
Betrieb	Zweirichtungsradweg	
Element	Knoten Radweg/Strasse, Radweg vortrittsbelastet	

a) Einmündung nach rechts versetzt



b) Einmündung nach links versetzt

**Konflikt/Problem**

Für den Zweiradverkehr ist die Vortrittsbelastung zu wenig deutlich erkennbar. Das Queren der Strasse selbst kann für den Zweiradverkehr wegen der hohen Geschwindigkeit des Mfz-Verkehrs ein gefährliches Manöver darstellen.

Beschreibung

Der Knoten zwischen Radroute und Strasse wird in zwei 3-armige Knoten aufgeteilt und die beiden Einmündungen der Radroute werden entweder nach rechts (Variante a) oder nach links (Variante b) versetzt angeordnet.

Literatur/Experten

Am ausführlichsten sind [8], [10] und [24]. Die Hinweise betreffen vor allem mögliche tempo-reduzierende Massnahmen für den leichten Zweiradverkehr, z.B. Fahrbahnverschnenkungen.

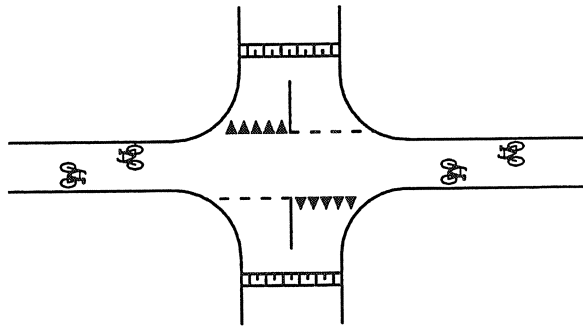
Anwendung

bei Knoten zwischen Radroute und übergeordneter Strasse

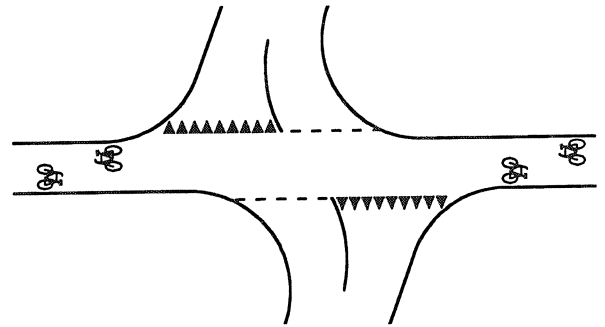
Wirkungen • verbessert Erkennbarkeit der Querung für Zweiradfahrer • Zusatzmassnahmen auf Strasse reduzieren Geschwindigkeit des Mfz-Verkehrs • erhöht Sicherheit für querende Radfahrer
Bemerkungen • bei geringem Verkehr auf Querungshilfe bzw. Linksabbiegeflächen verzichten • L bei abbiegendem Zweiradverkehr ca. 20-25 m
Verwandte Elemente • Variante a: geschützter Mittelbereich (Element 4) • Variante b: Linksabbiegefläche (Element 11)
Normempfehlung normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Unabhängig geführte Radwege	25
Betrieb	Zweirichtungsradweg	
Element	Knoten Radweg/Strasse, Radweg vortrittsberechtigt	

a) Strasse mit vertikalem Versatz



b) Strasse mit horizontalem Versatz

**Konflikt/Problem**

Bei Knoten von vortrittsberechtigten Radwegen mit untergeordneten Strassen ist die Vortrittsbelastung für den Mfz-Verkehr zu wenig deutlich erkennbar.

Beschreibung

Mit Markierung und baulichen Massnahmen wird die Vortrittsbelastung deutlich gemacht.

Literatur/Experten

Dieses Element wird in der Literatur im Zusammenhang mit der vortrittsbelasteten Kreuzung von Radwegen mit Strassen behandelt (Element 24).

Anwendung

- bei Knoten zwischen wichtiger Radroute und verkehrsberuhigter ES
- Variante b bei genügenden Platzverhältnissen, primär auf offener Strecke

Wirkungen

- verbessert Erkennbarkeit der Vortrittsbelastung
- Geschwindigkeitsanpassung des Mfz-Verkehrs

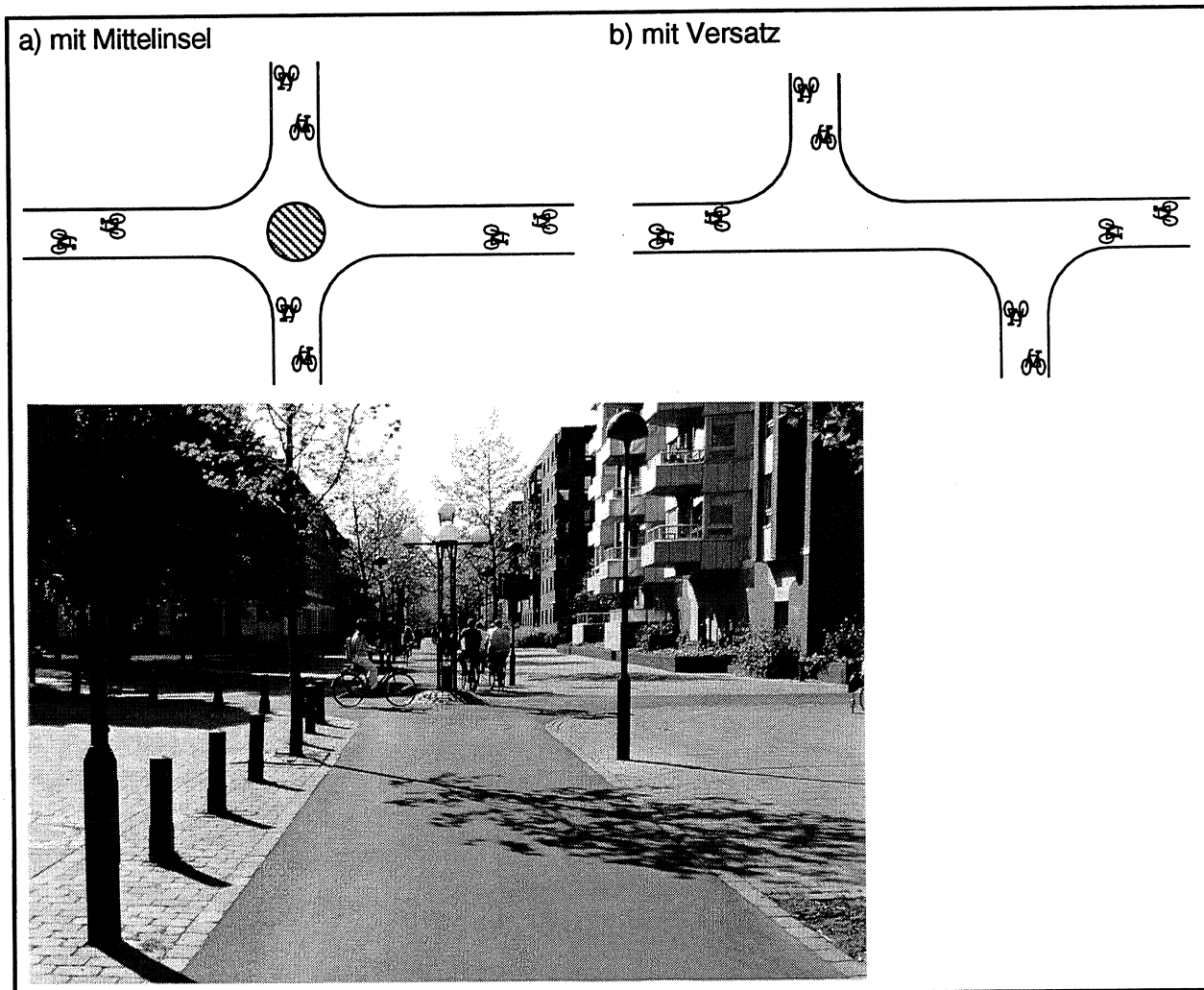
Bemerkungen

- Radweg im Knotenbereich einfärben
- strassengestalterische Massnahmen sollen Knotensituation verdeutlichen
- es sind auch andere geschwindigkeitsreduzierende Massnahmen möglich

Normempfehlung

normierungswürdig

Knotenform	Knoten ohne Kreisverkehr	Element
Führungsart	Unabhängig geführte Radwege	26
Betrieb	Zweirichtungsradweg	
Element	Knoten Radweg/Radweg	



Konflikt/Problem

Gestaltung eines Knotens zwischen zwei unabhängig geführten Radwegen, so dass die Sicherheit der Zweiradfahrer gewährleistet ist.

Beschreibung

Bei der Kreuzung zweier gleichwertiger Radwege in einem vierarmigen Knoten wird im Zentrum des Knotens eine Mittelinsel angebracht (Variante a). Bei stark unterschiedlichen Verkehrsmengen zweier sich kreuzender Radwege wird mit Hilfe eines Versatzes der Einmündungen ein vierarmiger Knoten in zwei dreiarmlige T-Knoten aufgeteilt (Variante b).

Literatur/Experten

Über Kreuzungen von Radwegen ist nur wenig Literatur vorhanden. Am ausführlichsten ist [8], wo verschiedene Ausführungsvarianten skizziert sind. Bei [24] stehen die Sichtverhältnisse, die Befahrbarkeit und die Mitbenutzung durch Mopedfahrer im Vordergrund.

Anwendung

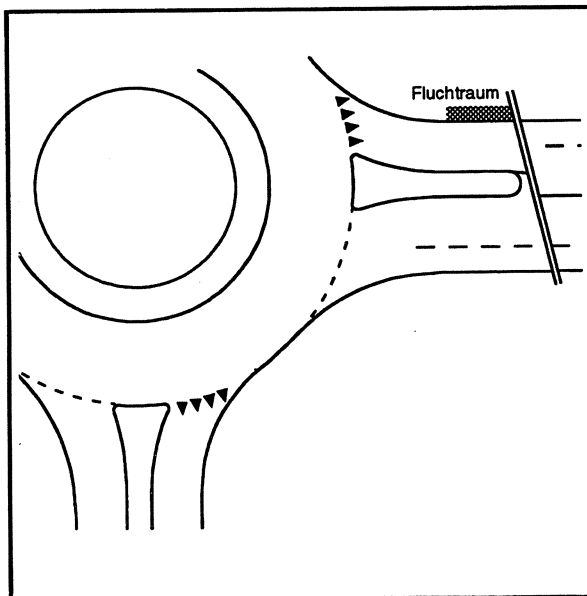
- Variante a: bei gleichwertigen Radwegen
- Variante b: bei ungleichwertigen Radwegen

Wirkungen • Geschwindigkeitsreduktion • verbessert Erkennbarkeit des Knotens
Bemerkungen Vortrittsbelastung einzelner Knotenäste bei ungenügenden Sichtverhältnissen
Normempfehlung normierungswürdig

5.3 Knoten mit Kreisverkehr

In Ziffer 4.6 sind die verschiedenen generellen Führungsarten bei Knoten mit Kreisverkehr aufgeführt. Wird der Radverkehr vor dem Kreisel im Mischverkehr oder auf Radstreifen geführt, so gilt auf der Kreisfahrbahn Mischverkehr.

Knotenform	Knoten mit Kreisverkehr	Element
Führungsart	Mischverkehr oder Radstreifen	
Element	Kreisfahrbahn ohne Radstreifen	27



Konflikt/Problem

Bei Kreiseln muss der leichte Zweiradverkehr in vielen Fällen mehrere Knotenein- bzw. -ausfahrten überqueren und gerät dabei in Konflikt mit ein- oder abbiegendem Mfz-Verkehr.

Beschreibung

Die auf den Kreiselzufahrten vorhandenen Radstreifen werden vor dem Kreisel aufgehoben und der zuführende Fahrstreifen so weit verengt, dass der Zweiradverkehr und der Mfz-Verkehr in Hintereinanderformation zum Kreisel gelangen [44]. Im Kreisel selbst werden keine Radstreifen angebracht.

Literatur/Experten

In der Schweizer Literatur [4], [5], [10], [16] wird empfohlen, bei Kreiselzufahrten mit Mischverkehr oder Radstreifen auf die Markierung von Radstreifen auf der Kreisfahrbahn zu verzichten und die auf den Zufahrten vorhandenen Radstreifen in genügendem Abstand vor dem Kreisel zu beenden. Im grössten Teil der ausländischen Literatur hingegen wird die Markierung von Radstreifen auf der Kreisfahrbahn nicht grundsätzlich abgelehnt, sondern mit Bedingungen sogar empfohlen (so z.B. von [24] und [30]). [22] schlägt im Unterschied zur Schweizer Literatur vor, die in den Zufahrten vorhandenen Radstreifen bis an den Kreisel heranzuziehen.

Anwendung

- bei einstreifiger Knotenzufahrt
- bei Kreisfahrbahn ohne Fahrstreifenunterteilung

Wirkungen

führt zu Hintereinanderformation von Mfz- und Zweiradverkehr

Bemerkungen

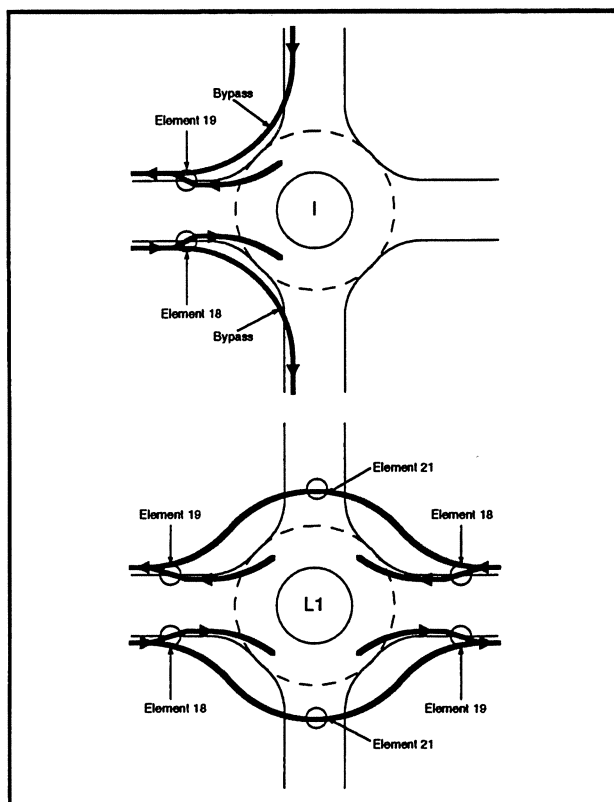
- Projektierungselemente so wählen [44], dass geringe Geschwindigkeit für Mfz-Verkehr gewährleistet ist
- Radstreifen ca. 20-25 m vor Kreisel aufheben
- bei starkem rechtsabbiegenden Zweiradverkehr freies Rechtsabbiegen ermöglichen (mit Element 15)
- Fluchtraum am Radstreifenende für abgedrängte Zweiradfahrer schaffen

Normempfehlung

normierungswürdig

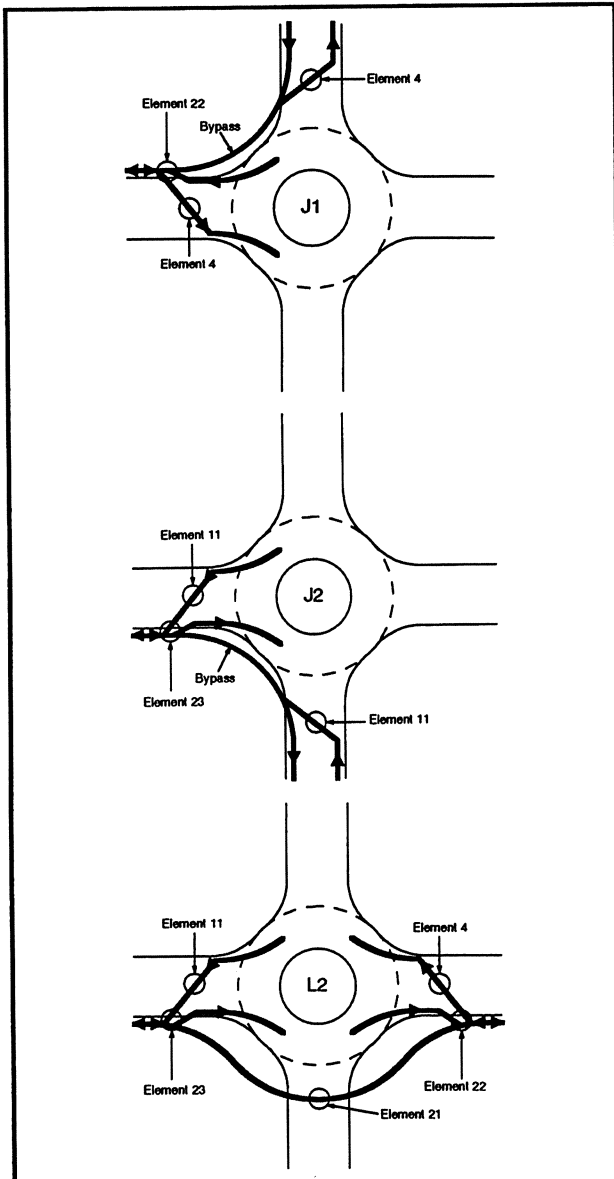
Die Ausbildung der meisten Lösungen für die Führungsart Radweg ergibt sich aus bereits in Ziffer 5.2 dargestellten Elementen. Im Nachfolgenden wird schematisch auf die Anordnung der einzelnen Elemente hingewiesen. Allgemeine Grundsätze sind in Ziffer 4.7 beschrieben. Der direkte Anschluss eines Zweirichtungsradwegs an die Kreisfahrbahn ist als Knotenelement 28 explizit dargestellt.

Knotenform	Knoten mit Kreisverkehr
Führungsart	Einrichtungsradswege



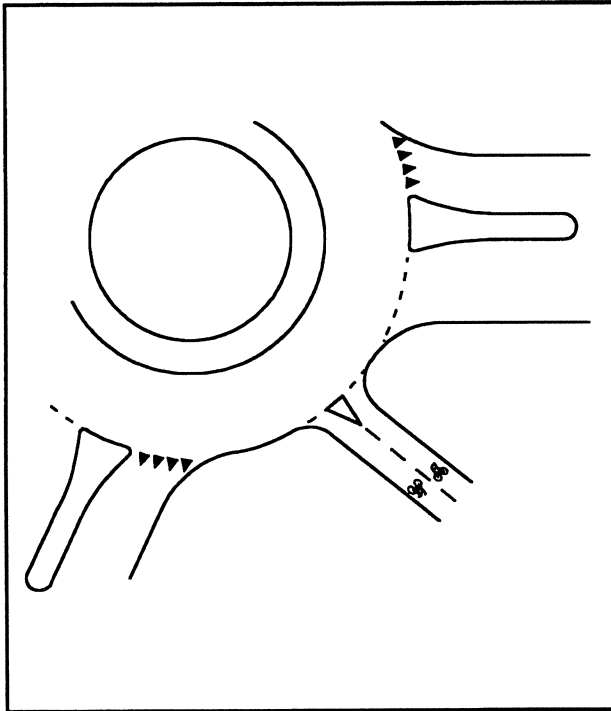
- Wird der Einrichtungsradschweg vor dem Kreisel beendet (I), ist es zweckmässig, eine direkte Verknüpfung mit dem nächst folgenden Kreislauf anzuordnen (Bypass).
- Die Radwegenden sind analog Element 18, die Radweganfänge analog Element 19 auszubilden.
- Wird der Radweg um den Kreisel geführt (L1), sind die Querungen analog Element 21, in der Regel mit einer Schutzinsel, auszuführen und bei 2-streifiger Kreislaufzufahrt mit einer LSA zu sichern.

Knotenform	Knoten mit Kreisverkehr
Führungsart	Zweirichtungsradwege



- Wird der Radweg vor dem Kreisverkehr beendet (J1, J2), ist es zweckmässig, eine direkte Verknüpfung mit dem nächst folgenden Kreisverkehr anzuordnen (Bypass).
- Wird der Radweg um den Kreisverkehr geführt (L2), ist es sinnvoll, ihn mit der anliegenden Strasse zu verknüpfen.
- Die Radwegenden bzw. -anfänge sind analog Element 22 bzw. 23 auszubilden.
- Für die Einleitung des Radverkehrs in die Strasse sind Querungshilfen analog Element 4 zu empfehlen.
- Für den nach links in den Radweg einbiegenden Zweiradverkehr sind Abbiegehilfen analog Element 11 zu empfehlen.
- Wird der Radweg um den Kreisverkehr geführt (L2), sind die Querungen analog Element 21, in der Regel mit einer Schutzinsel, auszuführen und bei 2-streifiger Kreislaufzufahrt mit einer LSA zu sichern.

Knotenform	Knoten mit Kreisverkehr	Element
Führungsart	Unabhängig geführte oder strassenbegleitende Radwege	28
Element	Zweirichtungsradweg mit Anschluss an Kreisfahrbahn	

**Konflikt/Problem**

Führung des leichten Zweiradverkehrs, der auf einem Radweg zum Kreisel gelangt, mit möglichst wenig Konfliktpunkten und möglichst direkt.

Beschreibung

Der Radweg wird als eigenständiger Knotenast in den Kreisel geführt.

Literatur/Experten

Dieses Element kommt bei [5], [10], [22] und [23] vor. [5] sieht die Anwendung jedoch nur in speziellen Fällen vor und gibt dem umlaufenden Radweg den Vorzug. Gemäss [22] sollte der direkte Anschluss eines Radwegs mit einem umlaufenden Radweg kombiniert werden.

Anwendung

bei Kreisfahrbahn ohne Fahrstreifenunterteilung

Wirkungen

direkte Führung des leichten Zweiradverkehrs als gleichwertiger Kreiselast

Normempfehlung

normierungswürdig

6 Projektierungselemente

6.1 Allgemeines

Literatur

Der Forschungsstelle sind kaum eingehende Untersuchungen zu den Breiten und Längen von Fahrstreifen im Knotenbereich unter besonderer Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs bekannt. Eine vertiefte Abklärung zum Thema „Durchfahrtsbreiten bei baulichen Hindernissen“ wurde in [15] durchgeführt. Zu den Abmessungen von ausgeweiteten Radstreifen befinden sich in [7] detaillierte Angaben.

Im übrigen befinden sich in verschiedenen Literaturen einzelne Empfehlungen zu den Projektierungselementen, oft bezogen auf bestimmte Knotenelemente. Erwähnt seien hier u.a. [5], [8], [10], [14], [16], [18], [20], [22], [24].

Im weiteren ist zu erwähnen, dass sich in [3] fundierte Grundlagen zur Bemessung von Fahrstreifen im Knotenbereich befinden. Diese wurden jedoch ohne Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs erarbeitet.

Normierung

Ziel der Forschungsarbeit ist die Grundlagen für die Überarbeitung der Knotennormen bereitzustellen. Gemäss Ziffer 2.2 sollen die Aspekte des leichten Zweiradverkehrs in die Projektierungsnormen „Knoten ohne Kreisverkehr“ und „Knoten mit Kreisverkehr“ integriert werden. Die Forschungsstelle hat in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro AJS SA, Neuchâtel, und der VSS-Expertenkommission 'Knoten' insbesondere das Thema Fahrstreifenbreite intensiv bearbeitet. Die folgenden Ausführungen stellen die Grundlage für diese Normen dar.

6.2 Breite von Fahrstreifen

Die Fahrstreifenbreiten in Knoten werden grundsätzlich gemäss den Normen SN 640 200 - 202 „Geometrisches Normalprofil“ bestimmt. Die nachfolgenden Ziffern enthalten Ergänzungen und Präzisierungen zur Norm für die besondere Situation in Knoten. Im weiteren werden Richtwerte zur Aufnahme in die Knotennormen vorgeschlagen.

6.2.1 Knoten ohne Kreisverkehr

Massgebende Begegnungsfälle

Der massgebende Begegnungsfall je Fahrstreifen wird gemäss den Normen SN 640 200 - 202 „Geometrisches Normalprofil“ festgelegt. Aufgrund der Streckenanalyse, den verkehrlichen und betrieblichen Daten, der angestrebten Verkehrsqualität und den Sicherheitsanforderungen kann der massgebende Begegnungsfall definiert werden. Einschränkungen der betrieblichen Freiheit sind insbesondere in Knoten unter Beachtung der evtl. damit verbundenen Sicherheitseinbusse vertretbar. Die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs beeinflusst die Wahl des Begegnungsfalls wesentlich.

- **Mischverkehr**

Gerade innerorts ist die Führungsart Mischverkehr ausser an Hauptverkehrsstrassen am häufigsten anzutreffen. Der 'maximale' Begegnungsfall LW überholt Zweirad führt in der Regel zu Fahrstreifenbreiten, für welche der Raum nicht vorhanden ist. Der 'minimale' Begegnungsfall, dass ein Überholen der Zweiräder auch für PW nicht möglich ist, kann insbesondere innerorts in der Zufahrt zum Knoten die Verkehrssicherheit erhöhen. Durch die erzwungene Hintereinanderformation von Motorfahrzeugen und Zweirädern wird dem Radfahrer der Fahrstreifenwechsel erleichtert.

- **Radstreifen**

Auch bei der Führungsart mit Radstreifen ist der 'maximale' Begegnungsfall (LW überholt Zweirad) nicht immer zu gewährleisten. Hingegen sollte ein Überholen mit PW grundsätzlich möglich sein, evtl. nur mit reduzierter Geschwindigkeit.

- **Radwege**

Bei strassenbegleitenden Radwegen oder wenn auf der Strasse ein Benützungsverbot für den leichten Zweiradverkehr besteht, kann die Fahrstreifenbreite ohne Berücksichtigung des Zweiradverkehrs festgelegt werden.

Geschwindigkeit

Die massgebenden Geschwindigkeiten in Knoten dienen der Bemessung der Bewegungsspielräume, des Gegenverkehrszuschlags sowie des Zuschlags für Begegnungen mit leichten Zweirädern. Die Geschwindigkeiten in Knoten wurden in [3] bestimmt. Es werden 4 Fälle unterschieden:

- Fall 1: Ausserorts, ohne Beschränkungen;
- Fall 2: Ausserorts, mit signalisierter Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h oder bei Steigungen $\geq 4\%$ und/oder in bzw. unmittelbar nach Kurven mit Radius ≤ 100 m;
- Fall 3: Innerorts, verkehrsorientierte Strassen;
- Fall 4: Innerorts, siedlungsorientierte Strassen.

Die Richtwerte gemäss [3] für die massgebenden Geschwindigkeiten für die obengenannten Fälle sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Fall	Zufahrt im vortrittsberechtigten Knotenast	durchgehende Fahrstreifen im vortrittsberechtigten Knotenast	Vorsortierstreifen, Zu-/Wegfahrt im vortrittsbelasteten Knotenast	Wegfahrt im vortrittsberechtigten Knotenast
Ausserorts (Fall 1)	80 km/h	70 - 75 km/h	35 - 40 km/h	80 km/h
Ausserorts (Fall 2)	70 - 75 km/h	60 - 65 km/h	30 - 35 km/h	70 km/h
Innerorts (Fall 3)	50 km/h	50 km/h	30 - 35 km/h	50 km/h
Innerorts (Fall 4)	45 km/h	40 km/h	20 - 25 km/h	45 km/h

Tabelle 8 Richtwerte für die massgebenden Geschwindigkeiten im Knotenbereich [3]

Bewegungsspielraum, Gegenverkehrszuschlag, Zuschlag für Begegnungen mit leichten Zweirädern

Aufgrund der Geschwindigkeiten nach Tabelle 8 können die Bewegungsspielräume und Zuschläge für Gegenverkehr und für Begegnungen mit leichten Zweirädern nach der Norm SN 640 201 „Grundabmessungen“ bestimmt werden. Dazu wurde in [3] eine feinere Abstufung vorgeschlagen als in der Norm (Tabelle 9). Eine detailliertere Unterteilung als in der Norm wird nachfolgend auch für den Zuschlag für Begegnungen mit Zweirädern empfohlen.

Geschwindigkeit im Knoten	Bewegungsspielraum	Gegenverkehrszuschlag	Zuschlag für Begegnung mit Zweirädern
0 - 29 km/h	0	0	0
30 - 39 km/h	10	0	10
40 - 49 km/h	10	10	20
50 - 59 km/h	15	20	30
60 - 69 km/h	20	30	40
70 - 79 km/h	25	40	50
≥ 80 km/h	30	50	50

Tabelle 9 *Vorschlag zur Bemessung des Bewegungsspielraums, des Gegenverkehrszuschlags (beide aus [3]) und des Zuschlags für Begegnung mit leichten Zweirädern*

Empfohlene Richtwerte für Fahrstreifenbreiten

Die VSS-Expertenkommission 173.3 'Knoten' beabsichtigt in der Norm SN 640 262 [43] Richtwerte für verschiedene Fahrstreifenbreiten zu definieren. Die Fahrstreifen bei Knoten mit Inseln sind in der Abbildung 9 bzw. bei Knoten mit Sperrfläche in der Abbildung 10 bezeichnet.

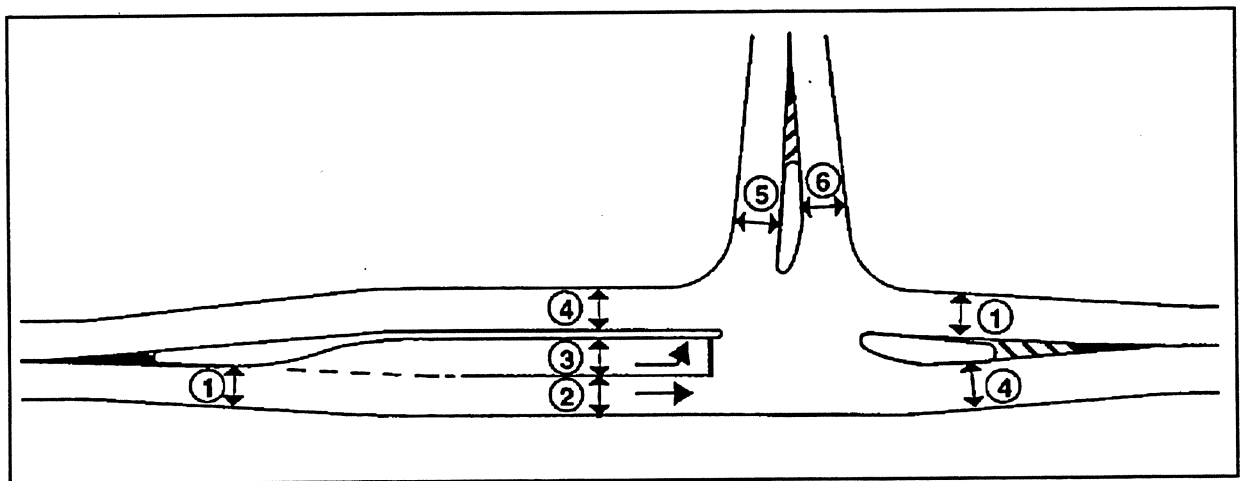


Abbildung 9 *Typische Fahrstreifen bei Knoten mit Inseln*

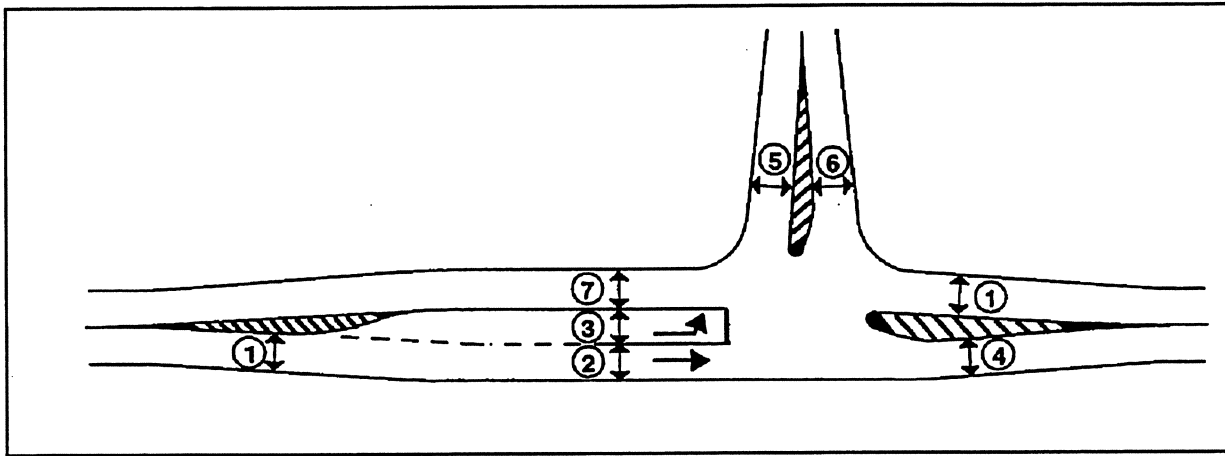


Abbildung 10 Typische Fahrstreifen bei Knoten mit Sperrflächen

Die Fahrstreifenbreite für Fahrstreifen mit Radverkehr ist wie bereits erwähnt wesentlich vom massgebenden Begegnungsfall abhängig. Dieser kann jedoch kaum normiert werden, da er projektbezogen zu bestimmen ist. Die Forschungsstelle erachtet es deshalb als nicht sinnvoll, Richtwerte für Fahrstreifenbreiten in der Norm anzugeben. Vielmehr wäre es wichtig, zusätzliche Hinweise zu den Normen SN 640 200 - 202 „Geometrisches Normalprofil“ für die Fahrstreifen in Knoten zu erläutern. Damit nun in der Norm SN 640 262 [43] nicht nur Fahrstreifenbreiten ohne Berücksichtigung des Zweiradverkehrs definiert werden, hat die Forschungsstelle die nachfolgenden Richtwerte für die Fahrstreifenbreiten in Knoten mit Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs erarbeitet. Die dazu erforderlichen Festlegungen sind nach den Richtwerttabellen aufgeführt.

a) Richtwerte für Fahrstreifenbreiten mit Radstreifen

In der Tabelle 10 sind die Richtwerte bei Fahrtrichtungstrennung mit Inseln bzw. in der Tabelle 11 mit Sperrflächen angegeben.

Lage des Knotens	Fahrstreifen					
	1	2+3* mit 1 mit 2 Radstreifen		4	5	6
ausserorts	5.10 [4.60]	8.00 [7.50]	9.30 [8.80]	5.20 [4.80]	4.40 [4.10]	4.60 [4.40]
innerorts	4.70 [3.80]	7.70 [6.90]	8.70 [7.90]	4.70 [3.80]	4.40 [3.75]	4.40 [3.75]

Legende: [] reduzierte Breiten

- ausserorts: bei örtlich beschränkten Verhältnissen, bei geringen Verkehrsmengen, in Knotenbereichen mit $V_{zul.} = 60 \text{ km/h}$, bei Knotenzufahrt in bzw. unmittelbar nach einer Kurve mit $R \leq 100\text{m}$

- innerorts: bei örtlich beschränkten Verhältnissen oder geringen Verkehrsmengen

- * Die Aufteilung in die Fahrstreifen 2 und 3 ist primär in Abhängigkeit der Verkehrsmengen vorzunehmen.

Tabelle 10 Richtwerte der Fahrstreifenbreiten [m] mit Radstreifen, bei Vorsortierung mit geschlossener Einleitung durch Insel

Lage des Knotens	Fahrstreifen						
	1	2+3*		4	5	6	7
		mit 1	mit 2				
		Radstreifen					
ausserorts	4.80 [4.20]	8.20 [7.80]	9.50 [9.00]	4.90 [4.40]	4.10	4.40 [4.10]	5.40 [4.60]
innerorts	4.40 [3.75]	7.90 [7.20]	8.90 [8.10]	4.40 [3.75]	4.10 [3.75]	4.40 [3.75]	4.60 [3.80]

Legende: [] reduzierte Breiten

- ausserorts: bei örtlich beschränkten Verhältnissen, bei geringen Verkehrsmengen, in Knotenbereichen mit Vztl. = 60 km/h, bei Knotenzufahrt in bzw. unmittelbar nach einer Kurve mit $R \leq 100\text{m}$
- innerorts: bei örtlich beschränkten Verhältnissen oder geringen Verkehrsmengen
- * Die Aufteilung in die Fahrstreifen 2 und 3 ist primär in Abhängigkeit der Verkehrsmengen vorzunehmen.

Tabelle 11 Richtwerte der Fahrstreifenbreiten [m] mit Radstreifen, bei Vorsortierung mit geschlossener Einleitung durch Sperrfläche

Die angegebenen Richtwerte basieren auf den folgenden Festlegungen:

- Geschwindigkeit V ausserorts:
 - Grundsatz: V gemäss Fall 1 (s. Tabelle 8) für Richtwerte, gemäss Fall 2 für reduzierte Werte
 - Abweichungen: V reduziert auf Fahrstreifen 2 bei 1 Radstreifen auf 2+3; V reduziert auf Fahrstreifen 1, 4, 7 für reduzierte Werte
- Geschwindigkeit V innerorts:
 - Grundsatz: V gemäss Fall 3 (s. Tabelle 8) für Richtwerte und reduzierte Werte
 - Abweichungen: V reduziert auf Fahrstreifen 2 bei 1 Radstreifen auf 2+3; V gemäss Fall 4 auf Fahrstreifen 2+3 für reduzierte Werte
- Begegnungsfall:
 - Grundsatz: Lastwagen überholt leichtes Zweirad
 - Abweichungen: PW überholt Zweirad auf Fahrstreifen 3 bei 2 Radstreifen auf 2+3; PW überholt Zweirad auf Fahrstreifen 1, 4, 5, 6, 7 für reduzierte Werte innerorts
- Sicherheitszuschläge (Sz):
 - Grundsatz: bei Inseln 1 Sz ausserhalb, ausserorts für reduzierte Werte 2 Sz ausserhalb; bei Sperrflächen 2 Sz ausserhalb Fahrstreifen
 - Abweichungen: bei Sperrflächen für Fahrstreifen 2+3 alle Sz innerhalb, für reduzierte Werte 1 Sz ausserhalb; Fahrstreifen 6 ausserorts bei Inseln alle Sz innerhalb, bei Sperrflächen 1 Sz ausserhalb, für reduzierte Werte 1 bzw. 2 Sz ausserhalb; Fahrstreifen 6 innerorts bei Sperrflächen 1 Sz ausserhalb
- Minimaler Richtwert für Fahrstreifenbreiten: 3.75 m (inkl. Radstreifen)

Die komplizierten Festlegungen zeigen die Problematik von Richtwerten für Fahrstreifen mit Radstreifen. Sie waren jedoch erforderlich, damit plausible Werte entstehen, die in der Praxis auch realisierbar sind. Die Berechnung der Richtwerte und vieler anderer Fahrstreifenbreiten in Abhängigkeit der Ortslage, des Begegnungsfalls, der Geschwindigkeit sowie der Berücksichtigung der Sicherheitszuschläge ist im Anhang B aufgeführt.

Die Addition der Breite von Fahrstreifen ohne leichten Zweiradverkehr und den nachfolgend aufgeführten Breiten von Radstreifen ist in der Regel nicht sinnvoll. Diese Berechnung ergibt generell zu breite Fahrstreifen und könnte dazu führen, dass bei ungenügendem Raumangebot auf Radstreifen verzichtet wird. Die einfache Addition vernachlässigt, dass die Radstreifenbreite meist grösser ist als die Summe aus Grundabmessung, Bewegungs-, Sicherheits- und Überholzuschlag. Damit wird die objektive und subjektive Sicherheit der schwächeren Verkehrsteilnehmer erhöht und die Fahrinstabilität bei Wind, Regen, beim Anfahren oder von ungeübteren Radfahrern berücksichtigt. Der Motorfahrzeugverkehr darf ja den Radstreifen mitbenützen, wenn er den Radverkehr nicht behindert. Wird der Radstreifen von Radfahrern benützt, ist ein Überholen bei reduzierter Geschwindigkeit dennoch möglich.

b) Richtwerte für Radstreifenbreiten

Unabhängig von der Gesamtbreite des Fahrstreifens gelten die folgenden Radstreifenbreiten:

Lage des Knotens	Radstreifen am Fahrbahnrand	Radstreifen zwischen Fahrstreifen
ausserorts	1.50 m / [1.30 m]	1.80 m / [1.50 m]
innerorts	1.50 m / [1.20 m]	1.70 m / [1.50 m]

Legende: [] reduzierte Breiten bei örtlich beschränkten Verhältnissen oder geringen Verkehrsmengen

Tabelle 12 Richtwerte der Radstreifenbreiten

Bei Steigungen $\geq 4\%$ (Norm SN 640 201 „Grundabmessungen“), bei starkem Zweiradverkehr und ausserorts bei starker LW-Belastung sind die Radstreifen um 0.10 m – 0.30 m zu verbreitern. Eine Radstreifenbreite von 2.00 m ist jedoch nicht zu überschreiten.

c) Fahrstreifenbreiten bei Mischverkehr

Für die Führungsart Mischverkehr werden keine Richtwerte für die Fahrstreifenbreiten angegeben, da zu viele verschiedene Begegnungsfälle möglich sind. Der massgebende Begegnungsfall ist projektbezogen zu bestimmen und daraus können die Breiten der einzelnen Fahrstreifen berechnet werden (s. auch Anhang B).

Besonders zu erwähnen sind die Empfehlungen in [15] zu den Durchfahrtsbreiten bei Inseln:

Begegnungsfall	kurze Insel (< 15 m)	lange Insel (≥ 15 m)
a) Lastwagen überholt Zweirad	≥ 4.00 m	≥ 4.20 m
b) Personenwagen überholt Zweirad	3.60 m	–
c) kein Überholen der Zweiräder	3.00 m	–

Tabelle 13 Richtwerte für Durchfahrtsbreiten bei Inseln innerorts im Mischverkehr [15]

Auf Masse zwischen 3.0, 3.6 und 4.0 m sollte verzichtet werden. In diesen Breitenbereichen überholen viele PW bzw. LW mit ungenügendem Abstand zu den Radfahrern. Untersuchungen für lange Inseln und die Begegnungsfälle b und c fehlen ebenso wie solche zu den Durchfahrtsbreiten ausserorts.

Die Berechnungen gemäss SN 640 201 „Grundabmessungen“ ergeben vergleichbare Werte (Anhang B):

Begegnungsfall	Geschwindigkeit 50 km/h	Geschwindigkeit 30 km/h
a) Lastwagen überholt Zweirad	≥ 4.40 m	≥ 4.10 m
b) Personenwagen überholt Zweirad	≥ 3.60 m	≥ 3.30 m

Tabelle 14 Berechnung der Durchfahrtsbreiten bei Inseln innerorts im Mischverkehr

d) Fahrstreifenbreiten für Radwege

Radwege sind im Knotenbereich mit der gleichen Breite wie auf der freien Strecke weiterzuführen. Werden bei Zweirichtungsradwegen die Fahrrichtungen im Knotenbereich mit Inseln getrennt, so sind die Fahrstreifenbreiten evtl. zu erhöhen.

Gemessene Werte und Werte aus der Literatur

Die Forschungsstelle hat zur Überprüfung der empfohlenen Richtwerte beispielhaft verschiedene Fahrstreifenbreiten innerorts gemessen (Basel, Zürich, Luzern, Bern, Winterthur, Aarau, Bottmingen, Oberwil), die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung mit den empfohlenen Richtwerten.

Fahrtrichtungstrennung	Fahrstreifen				
	1	2+3		4	7
		mit 1	mit 2		
		Radstreifen			
mit Inseln	3.90 (nur 1 Wert)	6.70 - 8.20 Ø=7.40	7.90 - 8.80 Ø=8.25	3.80 - 5.60 Ø=4.45	
mit Sperrflächen		6.70 - 8.80 Ø=7.45			4.60 - 5.50 Ø=5.05

Tabelle 15 Gemessene Werte von Fahrstreifenbreiten innerorts

6.2.2 Knoten mit Kreisverkehr

Einfahrt

Im Einfahrtsbereich gilt grundsätzlich Mischverkehr. Radstreifen in der Zufahrt sind frühzeitig zu beenden. In der Einfahrt zum Kreis ist ein Überholen der leichten Zweiräder durch Lastwagen und evtl. auch durch Personenwagen zu vermeiden. Die dadurch entstehende Hintereinanderformation erleichtert dem Radfahrer die Einfahrt in den Kreis. Die Geschwindigkeiten der Motorfahr-

zeuge im Einfahrtsbereich liegen zwischen 18 und 28 km/h (gemäss [1]). Damit kann die Fahrstreifenbreite gemäss SN 640 201 „Grundabmessungen“ und den Angaben in Ziffer 6.2.1 berechnet werden.

Als Empfehlung können die Angaben aus [15] beigezogen werden. So sollen die Durchfahrtsbreiten 3.0 m (kein Überholen der Zweiräder) oder 3.6 m (Überholen nur für PW) betragen. Zwischenbreiten sollten möglichst vermieden werden.

Ausfahrt

Im Ausfahrtsbereich ist die Führungsart Mischverkehr oder Radstreifen möglich. Die Bemessungsgeschwindigkeit der Motorfahrzeuge beträgt in der Ausfahrt 30 km/h (gemäss [1]). Die Fahrstreifenbreite kann damit gemäss SN 640 201 „Grundabmessungen“ und den Angaben in Ziffer 6.2.1 berechnet werden.

Je nach massgebendem Begegnungsfall sind gemäss [15] Durchfahrtsbreiten von 3.0 m (kein Überholen der Zweiräder), 3.6 m (Überholen nur für PW) oder ≥ 4.0 m (Überholen auch für LW) zu empfehlen. Zwischenbreiten sollten möglichst vermieden werden.

6.3 Länge von Fahrstreifen

Allgemeine Fahrstreifen

Die Länge von Fahrstreifen im Knotenbereich, wie sie für den Motorfahrzeugverkehr benötigt werden, genügen in der Regel für den leichten Zweiradverkehr. Die Verflechtung der Zweiradfahrer mit dem in gleicher Richtung fahrenden Motorfahrzeugverkehr erfordert eine ausreichende Zeitlücke in der Motorfahrzeugkolonne. Dem folgenden Grundsatz soll daher stets Rechnung getragen werden:

Die Verflechtungsstrecke ist entsprechend dem Verkehrsaufkommen und der vertikalen Linienführung genügend lang auszubilden, damit den Zweiradfahrern genügend Zeit bleibt, die für sie passende Lücke ohne Absteigen nutzen zu können.

Besondere Fahrstreifen

Für einzelne Knotenelemente gelten die folgenden Abmessungen:

- Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen (Element 3) Länge ≤ 30 m
- Radstreifen aufheben (Element 5) 20 - 30 m vor dem Knoten
- Vorgezogene Haltelinie (Element 6) Länge ≥ 2 m
- Ausgeweiteter Radstreifen (Element 9) Länge 4 - 6 m
- Ende Einrichtungsweg (Element 18) ≥ 30 m vor dem Knoten
- Vortrittsbelastete Querung von Radwegen (Element 21) Abstand vom Fahrbahnrand ≥ 5 m

6.4 Inseln

Trenn- oder Schutzinsel dienen unter anderem auch den querenden und den nach links abbiegenden Zweiradfahrem. Ist dies der Fall, so sind die Inseln entsprechend zu dimensionieren. Die Mindestbreite der Inseln beträgt:

- 1.5 m zum Schutz von linksabbiegenden Radfahrem,
- 2.0 m innerorts zum Schutz von querenden Radfahrem,
- 2.5 m ausserorts zum Schutz von querenden Radfahrem.

Die zur Verfügung stehende Wartefläche für die querenden Zweiradfahrer (und allenfalls für die Fussgänger) soll so gross sein, dass sie auch bei Spitzenbelastungen genügt.

Dient die Insel nur den querenden Radfahrem, soll der überfahrbare Rand ohne Randanschlag ausgeführt werden. Bei gleichzeitiger Benützung durch Fussgänger ist den Anforderungen der Behinderten Rechnung zu tragen.

7 Normempfehlungen

Entsprechend dem in Ziffer 2.2 erläuterten Vorgehen wurden die Aspekte des leichten Zweiradverkehrs direkt in die einzelnen Normen der Normengruppe 'Knoten' integriert. Im Rahmen von Stellungnahmen zu den Entwürfen der verschiedenen Normen hat die Forschungsstelle die folgenden Ergänzungen beantragt:

Norm SN 640 250 Grundlagennorm [39]

Die Stellungnahmen zu dieser Norm basieren auf den Ausführungen in den Ziffern 4.3, 4.6 und 4.7.

Vorgehen, Grundlagen und Randbedingungen beim Knotenentwurf

- Knoten sind nicht nur Verknüpfungen von Strassen sondern auch von (Rad-)Wegen oder von Wegen und Strassen.
- In der Entwurfsphase (Planungsstudie) ist bei der Wahl der Knotenelemente die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs ebenfalls zu berücksichtigen.
- Das Radroutennetz, die Routentypen und Einsatzzwecke [38] sowie die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs stellen wichtige Grundlagen und Randbedingungen für den Knotenentwurf dar.

Ziele und Forderungen

- Die Knotengestaltung hat sich unter anderem an der Attraktivität für den leichten Zweiradverkehr zu orientieren.
- Bei der Knotengestaltung sind die unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Verkehrsteilnehmer (Bedürfnisse, Eigenheiten, Sicherheitsansprüche) gegeneinander abzuwägen.
- Die Angleichung der Geschwindigkeiten der verschiedenen Verkehrsteilnehmer in Verflechtungsstrecken, bei Knoten mit Rechtsvortritt und bei Kreisverkehr stellt ein wichtiges Ziel der Knotengestaltung dar.
- Dem leichten Zweiradverkehr sollen an Knoten möglichst alle Abbiegebeziehungen zur Verfügung stehen. Diese sind in der Regel umwegfrei und ohne Fahrtunterbrechungen zu gewährleisten. Besonders auf den Knotenzufahrten sind Behinderungen durch andere Verkehrsteilnehmer möglichst zu vermeiden.

Betrieb

- Die örtlichen Gegebenheiten sowie die Anforderungen, die Verkehrsmengen und die Geschwindigkeiten der verschiedenen Verkehrsteilnehmer beeinflussen die Wahl der Vortrittsverhältnisse.
- Strassenbegleitende Radwege zu vortrittsberechtigten Strassen sind grundsätzlich vortrittsberechtigt über die einmündende Strasse zu führen.
- Hauptrouten des leichten Zweiradverkehrs [38] sind in der Regel vortrittsberechtigt zu führen. Dies gilt auch für unabhängig geführte Radrouten bei der Kreuzung mit verkehrsberuhigten

Strassen, wenn die Radverkehrsbelastung deutlich höher ist als die Verkehrsbelastung der zu kreuzenden Strasse.

- Rechtsvortritt, Hauptstrassen-Signalisierung oder Kreisvortritt sind geeignete Vortrittsregelungen auf Radrouten, die primär den Einsatzzwecken A (Transport) und C (Sport, Reisen) [38] dienen.
- Bei Radrouten, die vorwiegend den Einsatzzwecken B (Freizeitgestaltung) und D (Schulweg) [38] dienen, hat die Verkehrssicherheit erste Priorität. Dementsprechend sind die Vortrittsverhältnisse zu regeln, je nach Verkehrsmengen mit oder ohne Lichtsignalanlage. Bei Hauptverkehrsstrassen mit sehr hohem Verkehrsaufkommen sind auch Unter- oder Überführungen zu prüfen.
- Bei Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen und mit 4 oder mehr Fahrstreifen ist der linksabbiegende Zweiradverkehr in der Regel lichtsignalgeregt zu führen.

Führungsart des leichten Zweiradverkehrs

- Die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs (Mischverkehr, Radstreifen, Radweg) im Knotenbereich ist abhängig von der Führungsart auf der Strecke, den Fahrbeziehungen im Knotenbereich, den Belastungen des Rad- und Motorfahrzeugverkehrs, den gefahrenen Geschwindigkeiten und den vorhandenen Platzverhältnissen.
- Die Unfallgefährdung im Knotenbereich ist bei der Führungsart Mischverkehr und Radstreifen geringer als bei der Führung auf Radwegen.
- Für die Wahl der Führungsart im Knotenbereich sind die zwei folgenden Prinzipien anzustreben:
 1. Im Hinblick auf die Homogenität ist die Führungsart auf der Strecke im Knotenbereich beizubehalten.
 2. Für aufeinanderfolgende Knoten ist die gleiche Führungsart zu wählen.
- Abweichungen von diesen Prinzipien sind möglich:
 - Bei Knoten mit Rechtsvortritt und bei Knoten ohne Lichtsignalanlage auf der vortrittsbelasteten Achse sind die Radstreifen vor dem Knoten zu beenden.
 - Bei Einrichtungs-Radwegen ist für direktes Linksabbiegen der leichte Zweiradverkehr in genügendem Abstand vor dem Knoten mit dem Verkehr auf der begleitenden Fahrbahn zu vereinen.

Gestaltungsgrundsätze

- Alle Verkehrsteilnehmer sind von Anfang an in der Planung zu berücksichtigen.
- Verflechtungsstrecken für den leichten Zweiradverkehr sind entsprechend dem Verkehrsaufkommen und der vertikalen Linienführung genügend lang auszubilden, damit den Zweiradfahrern genügend Zeit bleibt, die für sie passende Lücke ohne Absteigen nützen zu können.
- Grossflächige Knoten sind aus Gründen der Verkehrssicherheit möglichst zu vermeiden. Bestehende grossflächige Knoten können zur Erhöhung der Verkehrssicherheit mit geschützten Warteflächen für den linksabbiegenden und querenden leichten Zweiradverkehr ergänzt werden.
- Die Kreuzung des leichten Zweiradverkehrs mit Gleisanlagen hat in einem Winkel > 30 Grad zu erfolgen.

- Wird der leichte Zweiradverkehr mit einem engen Radius (ca. ≤ 10 m) von einer Hauptverkehrsstrasse nach rechts in einen Radweg geführt, ist ein Verzögerungstreifen oder Übergangsbogen anzuordnen.
- Das subjektive Sicherheitsempfinden der Zweiradfahrer ist mit Massnahmen wie indirektes Linksabbiegen oder geschützte Wartebereiche zu verbessern.
- Bei nach rechts abknickender Hauptfahrbahn sind für den geradeaus fahrenden Zweiradverkehr Sicherheitsmassnahmen für das Abbiegen von der Hauptfahrbahn zu treffen.

Norm SN 640 251 Knotenelemente [40]

- Die Wahl der Knotenelemente ist (neben den bereits im Entwurf aufgeführten Aspekten) abhängig von den Anforderungen des leichten Zweiradverkehrs und des Fussgängerverkehrs.
- Die Verkehrssicherheit und der Komfort für die Fussgänger und Radfahrer liegen bei zweistreifigen Kreiselzufahrten tiefer als bei einstreifigen.
- Bei Verflechtungskreisen (mehrestreifige Kreisfahrbahn) ist der leichte Zweiradverkehr auf Radwegen zu führen. Querungen über Kreiseläste sind dabei durch Lichtsignalanlagen zu regeln oder niveaufrei auszuführen.

Norm SN 640 252 Führung des leichten Zweiradverkehrs [41]

Aus den Ziffern 4 und 5 werden die folgenden Bestandteile zur Normierung empfohlen:

- Begriffe (Ziffer 4.1)
- Konfliktsituationen und Lösungsansätze (Ziffer 4.5)
- Gestaltungsgrundsätze (Ziffer 4.7)
- normierungswürdige Knotenelemente ohne Kreisverkehr (Ziffer 5.2)
- normierungswürdige Knotenelemente mit Kreisverkehr (Ziffer 5.3)

Die Forschungsstelle hat die Norm SN 640 252 bis zur Genehmigung durch die VSS-Fachkommission 2 vollständig bearbeitet.

Norm SN 640 262 Knoten ohne Kreisverkehr [43]

Die Grundlagen für die Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs in der Projektierungsnorm Knoten ohne Kreisverkehr sind in der Ziffer 6.2.1 zusammengestellt.

- Es sollen grundsätzlich keine Richtwerte normiert werden. Vielmehr sind die knotenspezifischen Ergänzungen zu den Normen „Geometrisches Normalprofil“ aufzuführen wie die Geschwindigkeiten im Knotenbereich, massgebende Begegnungsfälle, Bewegungszuschläge und Zuschläge für die Begegnung mit Zweirädern. Es sind dabei die drei Führungsarten 'ohne Radverkehr' (bei Radwegen oder Verbot für Zweiradverkehr), 'Mischverkehr' und 'mit Radstreifen' zu berücksichtigen. Dem Normanwender wird damit eine Hilfe zur Bestimmung der Fahrstreifenbreiten gegeben.
- Falls Richtwerte normiert werden, sind auch solche für Fahrstreifen mit Radstreifen aufzunehmen (gemäss Tabelle 10 und Tabelle 11). Zudem sind die Richtwerte von Radstreifenbreiten zu normieren.

- Eine alleinige Normierung von Richtwerten für Fahrstreifen ohne Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs ist abzulehnen. Dieser Fall ist insbesondere innerorts sehr selten. Eine Addition der Radstreifenbreite zu den Richtwerten 'ohne Zweiradverkehr' darf nicht normiert werden, da dies einerseits generell zu breite Fahrstreifen ergibt und andererseits den Radverkehr als 'Anhängsel' betrachtet.
- Für die Führungsart 'Mischverkehr' soll auf die Durchfahrtsbreiten bei kurzen Inseln innerorts von 3.00 m, 3.60 m bzw. 4.00 m hingewiesen werden (gemäss [15], s. Tabelle 12).

Norm SN 640 263 Knoten mit Kreisverkehr [44]

- Die Fahrstreifenbreiten im Einfahrtsbereich von Kreiseln sollen so festgelegt werden, dass zusätzlich zu einer Geschwindigkeitsanpassung auch eine Hintereinanderformation von Motorfahrzeug- und Zweiradverkehr erreicht wird. Dazu wird eine Fahrstreifenbreite von 3.0 bis 3.5 m empfohlen.
- Leitinseln zwischen den Ein- und Ausfahrten der Kreiseläste dienen auch dem Schutz von querenden Zweiradfahrern (bei Führung eines Radwegs um den Kreisel). Die Form und Abmessung der Leitinsel sollen gemäss den Angaben in [43] auch diesen Anforderungen gerecht werden.
- Die Anhalte- und die Knotensichtweite für den leichten Zweiradverkehr in Kreiselanlagen sind gemäss [38] und [46] festzulegen.
- Für Kreisel, die mit leichten Zweirädern befahren werden, wird als Richtwert ein Aussendurchmesser zwischen 26 und 35 m empfohlen. Bei Kreiseln mit einem Aussendurchmesser über 35 m kann die Sicherheit für den leichten Zweiradverkehr abnehmen.
- Im Ausfahrtsbereich von Kreiseln wird bei Strassen mit Radstreifen eine Fahrstreifenbreite von 4.0 bis 4.5 m und bei Strassen ohne Radstreifen eine solche von 3.0 bis 3.5 m empfohlen.
- Die Querungsstellen für Zweiradfahrer über Kreiseläste sind in einem Abstand von 4.0 - 5.0 m vom Rand der Kreiselfahrbahn anzuordnen.

8 Offene Fragen

Aufgrund der Expertenmeinungen sind zu den folgenden Fragestellungen detaillierte Abklärungen, allenfalls Forschungsarbeiten, erforderlich:

- Mischverkehr
 - Bei welchen Randbedingungen (Verkehrsmengen, Fahrstreifenbreiten, usw.) bringen Radstreifen mehr Sicherheit?
 - Verbesserung bei Links-/Geradeausstreifen durch Linksführung der Zweiradfahrer?
 - Anwendung und Markierung von kombinierten Velo-Geradeaus-/Rechtsabbiegestreifen?
 - Rechtliche Aspekte von Radstreifen im Vorsortierbereich (Benutzungspflicht von Radstreifen)?
 - Führung des leichten Zweiradverkehrs im Vorsortierbereich von städtischen Hauptachsen mit 2 oder mehr Geradeausstreifen?
 - Minimale Länge der Verflechtungsbereiche im Vorsortierbereich?
 - "STOP" für Mfz und "Kein Vortritt" für Radverkehr? Bei welchen Randbedingungen? Ausführung (baulicher, Markierung, Signalisation)?
- Einrichtungsradwege
 - Sicherheit bei vortrittsberechtigter Führung bei einem Abstand vom Fahrbahnrand zwischen 0 und 2 Meter?
 - Oder ist eine vortrittsberechtigter Führung nur bei einem Abstand von 0 Meter zulässig?
 - Oder ist eine vortrittsberechtigter Führung auch bei einem Abstand grösser als 2 Meter aus Sicherheitsüberlegungen zulässig?
- Zweirichtungsradwege
 - Bei welchen Kriterien (Lage in bezug zur Siedlung, Strassentypen, Verkehrsmengen, Radwegabstand von der Fahrbahn, usw.) ist eine vortrittsberechtigter Führung aus sicherheitstechnischen Überlegungen vertretbar?
 - Welche Zusatzmassnahmen können die Sicherheit bei vortrittsberechtigter Führung erhöhen?
 - Querung des leichten Zweiradverkehrs parallel zu Fussgängerstreifen? Erforderliche Signalisation/Markierung? Vortrittsregelung?
- LSA-Betrieb
 - Kann das Rechtsabbiegen von Radfahrern bei Rot generell zugelassen werden? Oder sind bestimmte Randbedingungen zu erfüllen? Wie ist die Signalisation zu ändern?
 - Wiedereinführung gelber Blinkerpeil?
 - Bewertungskriterien für eine „Grüne Welle“ für den leichten Zweiradverkehr?
- Ausbildung von Randabschlüssen im Knotenbereich (Schaffung von Fluchträumen)?

Aufgrund des geänderten Vorgehens (Ziffer 2) konnte mit dieser Forschungsarbeit keine dieser Fragen detailliert untersucht werden. Im Rahmen der Überarbeitung der Knotennormen mussten jedoch verschiedene dieser Fragen beantwortet werden. Der Norminhalt wurde aufgrund der Literatur, der Expertenmeinungen, den Erfahrungen der Expertenkommission 2.08 sowie der Forschungsstelle festgelegt. Je nach den Erfahrungen mit den neuen Knotennormen sind im Hinblick auf eine spätere Revision einzelne der oben genannten Fragen im Rahmen einer weiteren Forschungsarbeit abzuklären.

Anhang A

Ausführliche Ergebnisse der Expertengespräche

Wesentliche Gefährdungen von Zweiradfahrern an Knoten

Allgemein:

- ungenügende Erkennbarkeit der Situation [E16]
- pulkartiges Auftreten von Zweiradfahrern bei zu geringen Aufstellflächen [E15]

Mischverkehr/Radstreifen:

- Radfahrer nach links: ca. 20 % der Unfälle beim Verflechten, ca. 65 % der Unfälle beim Abbiegen (Auswertung von 97 Knotenpunkunfällen mit linksabbiegenden Radfahrern in den Jahren 1991-95 im Kanton Zürich) [E14]
- Linksabbieger im Mischverkehr [E1]
- konflikthafte Linksabbiegen (bei kleinen Knoten) [E12]
- Verflechtung für Linksabbiegen (insbes. subjektive Gefährdung) [E10] [E15]
- allgemein Verflechtungsstellen [E8]
- Vorsortierung bei grossen Knoten [E12]
- Vorsortierung dort, wo besonders grosse Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Zweiradverkehr und Mfz-Verkehr [E13]
- Vorsortierung bei mehr als zwei Vorsortierstreifen [E6] [E13]
- bei jeder Mehrspurigkeit [E15]
- gemischter Vorsortierstreifen geradeaus/links gefährlicher als geradeaus/rechts [E2] [E15]
- konflikthafte Abbiegebeziehungen Mfz rechts/Radfahrer geradeaus oder Mfz geradeaus/Radfahrer nach links [E5] [E6] [E8] [E9] [E13] [E15]
- Radfahrer zwischen Vorsortier- und Busstreifen [E15]
- Knotenzufahrt einstreifig mit Aufweitung: Mfz nach links wartet auf Aufweitung, Mfz geradeaus weicht auf Radstreifen aus [E9]
- Innenkurve bei spitzwinkliger Einmündung (Schleppkurve LW) [E15]
- rechtsabbiegende Radfahrer bei unzureichenden Schleppkurven LW [E7]
- Radfahrer/FG insbes. bei unregelmässigen Knoten [E15]

Radwege:

- generell Zweirichtungsradwege [E2]
- Zweirichtungsradwege: Unfalltyp nach rechts einbiegendes Mfz kollidiert mit vortrittsberechtigtem Radfahrer in „falscher“ Richtung = 1/3 der Unfälle an Knoten, an denen Radfahrer auf einem Zweirichtungsradweg beteiligt sind (Auswertung von 244 Knotenpunkunfällen mit Radfahrern auf Zweirichtungsradwegen in den Jahren 1991-95 im Kanton Zürich) [E14]
- Radwegende vor Knoten bei beengten Verhältnissen [E17]
- Querung Radweg im Einmündungsbereich eines Knotens [E9]
- Radwegquerung in gerader Linie [E2]
- Konflikt Radfahrer/FG bei Rad-/Gehwegen (wartende FG auf Radweg) [E5]

- generell Ein- und Zweirichtungsradwege im städtischen Bereich [E13])

Allgemeine Grundsätze und Thesen

- Jeder Knoten ist anders! [E12]
- Möglichst einfache Massnahmen treffen: Akzeptanz dabei oft am besten [E6] [E13]
- unterschiedliche Lösungen je nach Gebietszuordnung (städtisch, Agglomeration, ländlich) [E10]
- Differenzierung geübte - ungeübte Radfahrer [E15]
- Verhalten der Zweiradfahrer bei Massnahmen berücksichtigen [E6] [E13]
- Massnahmen den räumlichen Gegebenheiten vor Ort anpassen [E6] [E13]
- Erkennbarkeit als wichtiger Grundsatz [E16]
- Knoten muss einfach begreifbar sein [E6] [E10]
- Grundprinzip: Homogenität - am gleichen Ort gleiche Lösungen [E10]
- Grundprinzip Kontinuität: Führung des Zweiradverkehrs nie im Knoten abbrechen, Kontinuität von Radrouten über alle Knotenname hinaus sicherstellen [E3], Kumulation von Konfliktsituationen vermeiden [E6] [E13]
- wichtig sind Massnahmen auf der psychologischen oder kommunikativen Ebene [E1]
- genügend Zeit (bzw. Strecke) für Verflechtungen zur Verfügung stellen [E6] [E8] [E13]
- Fahrrad-Symbole zur Verdeutlichung der Führung und zur Kommunikation [E8]
- Mischverkehr bei DTV 5'000 - 10'000 Fz sehr gut geeignet [E7]
- bei Zulassung des freien Abbiegens bei Rot ergibt sich auch ein Sicherheitsproblem Zweirad/Zweirad [E2]
- Radwege im Zweirichtungsverkehr nur wenn alle Knoten LSA-geregt (führt aber zu einer Leistungseinbusse der Knoten, da Radweg mit eigener Phase [E2]
- Radwegführung im Knotenbereich nur, wenn dadurch keine längeren Wartezeiten als paralleler Mfz-Fahrstreifen (bedingt Schleifen für frühzeitige Zweiraderfassung und genügend Reserve bei der Leistungsfähigkeit des Knotens) [E5]
- Alternativen zu Massnahmen im Knoten prüfen: Radroute umfährt Knoten oder Unterführung [E7]
- Massnahmen zur Sicherheit bei gemischtem Verkehr sind Massnahmen im Hinblick auf getrennte Verkehrsführung vorzuziehen [E6]
- Getrennte Führung bringt vermehrt Probleme beim Betrieb mit sich [E3]
- Massnahmen für Zweiradverkehr müssen gleich attraktiv oder attraktiver wie Massnahmen für den Mfz-Verkehr sein [E3]
- Ausgeweiteter Radstreifen: Akzeptierte Lösung, wenn Kontinuität gewährleistet ist [E3]
- Möglichkeiten für indirektes Linksabbiegen werden selten benutzt [E6] [E13]

Neuere, unbekanntere oder wichtig erscheinende Massnahmen

- Verlangsamung des Mfz im Knotenbereich bei Mischverkehr [E7]
- „Stepflächen“ - Überquerung des Knotenbereichs in Schritten (steps), unterstützt mit geschützten Aufenthaltsflächen ausserhalb der Schleppkurven, gekennzeichnet mit Piktogrammen [E1]

- Mischverkehr: im Staubereich vor Knoten Radstreifen am rechten Rand mit $b \geq 1.0$ m mit vorgezogener Haltelinie [E16]
- konsequente Einfärbung von Konfliktstellen [E4] [E9] [E10] [E15]
- Haltelinie des Radstreifens bei Knoten mit LSA immer vorziehen, auch wenn kein Konfliktpotential vorhanden (Kommunikationsebene) [E14]
- Massnahmen auf Kommunikationsebene (Sichtbarmachung, dass hier leichter Zweiradverkehr vorkommen kann): [E1]
 - vorgezogene Haltelinie ohne vorgängigen Radstreifen
 - ausgeweiteter Radstreifen ohne vorgängigen Radstreifen
 - Wiederholmarkierungen mit Piktogrammen
- Radstreifen geradeaus durchziehen [E1] [E15] und evtl. Sperrfläche um Abbiegeradius zu verkleinern [E12]
- Markierung von Radstreifen in der Vorsortierung abhängig von den Fahrstreifenbreiten und der gefahrenen Geschwindigkeit, in der Regel ja bei mehr als 2 Fahrstreifen [E8]
- Radstreifen in Vorsortierung $b \geq 1.50$ m, Restfahrstreifen $b \geq 2.75$ m, ansonsten keine Radstreifen markieren (Kt. ZH); $b_{\text{minimal}} = 1.0$ m [E5]
- Zweirad geradeaus auf Rechtsabbiegestreifen, geführt mit Piktogrammen ([E12]); $b = 2.75 - 3.0$ m, Länge 25 - 30 m (gemäss Ausführungen in Kopenhagen) [E5]
- Zweirad nach links auf Geradeaus/Links-Fahrstreifen am linken Rand mit Radstreifen führen [E2]
- Fahrbahnverengung (Mittelinsel) auf 3 m vor Vorsortierung zwingt zu „Hintereinanderformation“, anschliessend Schutz für Radfahrer hinter Insel [E10] [E12]
- ausgeweiteter Radstreifen vor Linksabbiegestreifen, obwohl nicht konfliktbehaftet, aber wegen Kurvenschneiden durch Radfahrer [E12]
- unechter Linksabbiegestreifen (Aufweitung) [E2]
- indirektes Linksabbiegen auch an Knoten ohne LSA [E1]
- Zweiradschleuse an Knoten mit LSA [E16]
- freies Rechtsabbiegen bei Einmündungen mit der Signalisation „Stop“ oder an Knoten mit LSA [E9] [E15]
- Zweiradweiche [E2]
- keine vortrittsberechtigte Führung von strassenbegleitenden Radwegen: entweder Übergang auf Radstreifen, vortrittsbelastete Führung mit $a > 2$ m oder bei kleinen Einmündungen Rad-/Gehweg auf gleichem Niveau [E10]
- Vortrittsbelastung bei geradliniger Führung eines Radwegs über eine einmündende Strasse wird von den Radfahrern nicht eingehalten [E7]
- Massnahmen bei Zweirichtungsradwegen: grosse Bodenmarkierungen (Pfeile), evtl. Einfärben, evtl. Signalisation, kleinerer Radius bei Einmündung [E14]
- Unterschiede in der Geometrie zwischen Knoten ohne LSA/mit LSA: [E12]
 - Abbiegeradien bei LSA kleiner, um Räumdistanzen zu verkleinern
 - ohne LSA FG-Streifen zurückversetzt
- als Randabschluss Schalensteine ohne Anschlag - Fluchtwege [E7]
- Vorgezogener und Ausgeweiteter Radstreifen sind interessante Lösungen [E13]

- Geschützter Warteraum in der Mitte der Fahrbahn („zone morte“): [E4]
 - Empfohlene Breite 2.50 m (Minimum 2m)
 - vor allem dort, wo zu überquerende Strasse mehr als 2 Spuren
- Bei LSA-geregelten Knoten leichten Zweiradverkehr vermehrt mit Fussgängerübergängen kombinieren [E4]
- Bei ausgeweitetem Radstreifen ohne vorhergehendem Radstreifen vor Haltelinie für Mfz-Verkehr kurzes, schmales Stück Radstreifen von 1m Breite anbringen [E4]

Hinweise zum Betrieb von LSA-geregelten Knoten

- gleichzeitiges Grün des Geradeaus/Nach-rechts-Fahrstreifens mit einem strassenbegleitenden Radweg rechtlich nicht möglich; gute Erfahrungen mit dem gelben Blinkerpfel - Wunsch, diesen wieder einzuführen [E1] [E14] [E17]
- Kreuzung zweier strassenbegleitender Radwege wird nicht geregelt [E14]
- Erfassung leichter Zweiradverkehr:
 - eigene Erfassung ist Voraussetzung für Gleichbehandlung [E16]
 - generell Anmeldung und Voranmeldung [E5] [E7] [E10] [E12] [E15]
 - keine Anmeldung mit Schleifen sondern auf Knopfdruck [E17]
 - Schleife nur bei Haltelinie, keine Voranmeldung (Gefahr des Überfahrens durch Mfz) [E9]
 - Fahrrad-Symbol auf Schleife [E12]
 - bei Radwegen zusätzlich zur Schleife oft mit Drücker (Alu-Rahmen) [E12]
 - Verlängerung für Radverkehr insb. bei Knoten in Steigungen einrichten [E12]
 - Differenzierung Zweiräder/Mfz bei gleicher Schleife (in Erprobung) [E12]
- Zweiradampeln:
 - nur bei Radwegen [E14]
 - bei Radwegen, eigenen Abbiegebeziehungen und bei Pfortneranlagen [E9] [E10] [E15]
 - bei Radstreifen, bei besonderer Zweiradföhrung [E16]
 - nur bei exklusiver Zweiradföhrung [E17]
 - bei ausgeweiteten Radstreifen, wenn Maststandort zu nahe [E12]
 - auf Kopfhöhe der Radfahrer, in Nähe der Haltelinie [E4]
- Bestreben rechtsabbiegenden Radfahrern Dauergrün zu geben [E8] [E16]
- Unfalldaten aus den USA (Mfz) sprechen gegen ein allgemeines freies Rechtsabbiegen bei Rot [E12]
- Dauergrün für Zweiradverkehr bei T-Knoten, ausser bei FG-Querung [E5]
- eigene Grünphase für Radfahrer in allen Richtungen [E15]
- ausgeweiteter Radstreifen zusätzlich mit Vorgrün vor Mfz [E4] [E5]
- Vorsortierung auf Radweg mit 2 Zweiradampeln - Erkennbarkeit problematisch [E5]
- Vorgrün für Radfahrer („feu anticipé“) [E4]:
 - Dort wo spürbar mehr Sicherheit gegenüber einfacher Haltelinie
 - Effizienter bei langer Rotphase (mehr wartende Zweiradföhrer)
- Konfliktsituation bei LSA-geregelten Knoten mit ausgeweiteten Radstreifen und mehreren Vorsortierstreifen

Gesetzliche Grundlagen

- Probleme:
 - Benützungspflicht von Radstreifen in der Vorsortierung (SVG Art. 46 Abs. 1) [E15]
 - Regelung „Halteverbot auf Radstreifen“ im Konflikt mit gleichzeitiger Nutzung durch Anlieferverkehr [E9]
 - Übergang für Radfahrer parallel zu FG-Streifen (Furt) [E10] [E12]
- Vorschläge für Änderung bzw. neue Regelung:
 - Einführung gelber Blinkerpeil [E1] [E14] [E17]
 - freies Rechtsabbiegen bei Stop und Rotlicht [E17]
 - Furtmarkierung [E10] [E12]
 - Rechtsfahrgebot aufheben bei mehrstreifigen Knotenzufahrten, ausser für Fahrstreifen ganz rechts [E2]
 - Benützung Rechtsabbiege-Vorsortierstreifen für Radfahrer geradeaus [E5]
 - Benützungspflicht von Radstreifen im Vorsortierbereich aufheben [E15]
- Frage:
 - Besteht ein Widerspruch zwischen VRV Art. 40 Abs. 5 und SSV Art. 68 Abs. 2? [E17]

Inakzeptanz von Knotenanlagen durch Radfahrer

- Hinweise:
 - Inakzeptanz wenig anlagebedingt, primär abhängig von Benutzer [E14]
 - Akzeptanz durch Bevorzugung des leichten Zweiradverkehrs schaffen [E15]
 - Schlechte Akzeptanz des indirekten Linksabbiegens (zusätzlicher abschreckender Halt) [E4] [E13]
- Gründe:
 - Veloantrieb durch Muskelkraft [E14]
 - unplausible Wartezeiten, unplausible Führungen [E8]
 - zu lange Wartezeiten, Knoten subjektiv gefährlich (ausweichen auf Trottoir) [E17]
 - flexibles Fz, Verkehrsfluss nicht unterbrechen, Komfort [E9]
 - zulange Wartezeiten, Konfliktgrün [E12]
 - zu schmale Fahrstreifen (Trottoirbenützung) [E12]
 - Lösungen, bei denen sich die Radfahrer gesetzeswidrig verhalten müssen, um einen minimalen Komfort zu erhalten [E10]
 - Signalisation Stop und zu lange Rotphasen [E5]
 - Anlage nicht komfortabel, nicht logisch, nicht erkennbar [E7]
 - Lange Wartezeiten an grossen Knoten [E13]
 - Schwer verständliche und unlogische Massnahmen [E13]

Forschungsbedarf

- Vorsortierung bei Mischverkehr: [E14]
 - Besser Links-/Geradeaus- oder Rechts-/Geradeausstreifen?
 - Verbesserung bei Links-/Geradeausstreifen durch Linksführung des Radverkehrs?
 - Bei welchen Randbedingungen (Verkehrsmengen, Fahrstreifenbreiten) bringen Radstreifen mehr Sicherheit? [E9] [E16]
 - Rechtliche Aspekte von Radstreifen im Vorsortierbereich (Benützungspflicht von Radstreifen)?
 - Anwendung/Markierung von kombinierten Velo-Geradeaus-/Rechtsabbiegestreifen? [E5]

- Sind die Haltelinien bei Radstreifen bei LSA-Knoten immer vorzuziehen? Ausführung von vorgezogenen Haltelinien ohne vorherigen Radstreifen?
- Sicherheitserhöhung durch Einfärben von Radstreifen in Konfliktbereichen?
- Bei welchen Randbedingungen ist indirektes Linksabbiegen anzubieten? [E15]
- Führung von Einrichtungsradwegen über Einmündungen: [E15]
 - Sicherheit bei vortrittsberechtigter Führung bei einem Abstand $0\text{ m} < a \leq 2\text{ m}$?
 - Oder ist eine vortrittsberechtigter Führung nur bei einem Abstand = 0 m zulässig?
 - Oder ist eine vortrittsberechtigter Führung auch bei einem Abstand $> 2\text{ m}$ aus Sicherheitsüberlegungen zulässig?
- Führung von Zweirichtungsradwegen über Einmündungen: [E14] [E15]
 - Kriterien, wann eine vortrittsberechtigter Führung möglich ist?
 - Zusatzmassnahmen zur Erhöhung der Sicherheit bei vortrittsberechtigter Führung?
- Querung von Radfahrern parallel zu FG-Streifen? Wie markieren? Vortrittsregelung? [E10] [E12] [E15]
- "STOP" für Mfz und "Kein Vortritt" für Radverkehr? Bei welchen Randbedingungen? Ausführung mit baulicher Abtrennung, mit Markierung oder nur mit Zusatztafel zur STOP-Signalisation? [E5] [E15]
- Kann das Rechtsabbiegen von Radfahrern bei Rot generell zugelassen werden? Oder sind bestimmte Randbedingungen zu erfüllen? Wie ist die Signalisation zu ändern [E5] [E9] [E12]
- Wiedereinführung gelber Blinkerpfel? [E1] [E14] [E17]
- Ausbildung von Randabschlüssen im Knotenbereich (Fluchträume) [E7]
- Führung des leichten Zweiradverkehrs im Vorsortierbereich von städtischen Hauptachsen mit mehr als 2 Streifen [E4]
- Zusammenhänge zwischen Verhalten der Radfahrer und der Fussgänger [E3]
- Festlegung von Evaluationskriterien für Massnahmen auf Grundlage des Verhaltens der Radfahrer [E3]
- Anfang und Ende von Radwegen an Knoten: [E13]
 - Gestaltungsmassnahmen
 - Standort
- Bewertungskriterien für eine „Grüne Welle“ des leichten Zweiradverkehrs [E13]
- Minimale Länge von Verflechtungsbereichen in den Knotenamen [E13]

Art der Normierung der Zweiradaspekte in den VSS-Normen

- generell wird Integration verlangt [E4] [E5] [E7] [E9] [E13] [E14] [E15] [E16]
- Spezifische Basisnorm mit grundlegenden Prinzipien, Regeln und Kriterien („vision générale“) [E3] [E13]
- für Gemeindebehörden wäre allenfalls eine separate Zweiradnorm wünschenswert [E14]
- Gesamtbetrachtung an Knoten steht im Vordergrund, Argumente zur Integration überwiegen [E1]
- wichtig sind Entwurfgrundsätze analog EAHV [E8]
- zur Norm gehören zwingend auch Entscheidungsgrundlagen und Gestaltungsempfehlungen für Kreisel [E15]

Anhang B

Berechnung der Fahrstreifenbreiten

In den folgenden Tabellen sind für verschiedene Geschwindigkeiten (Fälle 1-4), unterschiedliche Begegnungsfälle und unterschiedliche Berücksichtigung der Sicherheitszuschläge die Breiten von typischen Fahrstreifen berechnet. Die Berechnung erfolgt auf der Basis der Norm SN 640 201 „Grundabmessungen“ und den ergänzenden Angaben in Ziffer 6.2. Die Fahrstreifennummern beziehen sich auf die Abbildung 9 und die Abbildung 10 auf Seite 75.

Legende:

G	Grundabmessung
B	Bewegungsspielraum
S	Sicherheitszuschlag
Z	Zuschlag für Begegnung mit leichten Zweirädern oder Gegenverkehrszuschlag
–	Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrstreifen
LW–RF	Begegnungsfall Lastwagen überholt Radfahrer
fett	Richt- bzw. reduzierter Wert bei Inseln (s. Ziffer 6.2.1, Tabelle 10)
kursiv	Richt- bzw. reduzierter Wert bei Sperrflächen (s. Ziffer 6.2.1, Tabelle 11)

Ausserorts Fall 1

Lastwagen/Personenwagen					Radfahrer						
S	B	G	B	S	Z	S	B	G	B	S	Total
Fahrstreifen 1, LW(70-75 km/h)–RF											
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	20	530
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	510
–	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	480
Fahrstreifen 1, LW(50-55 km/h)–RF											
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	490
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	470
–	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	440
Fahrstreifen 4, LW(80 km/h)–RF											
30	30	250	30	30	50	20	10	60	10	20	540
30	30	250	30	30	50	20	10	60	10	–	520
–	30	250	30	30	50	20	10	60	10	–	490
Fahrstreifen 4, LW(55-60 km/h)–RF											
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	490
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	470
–	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	440
Fahrstreifen 5, LW(35-40 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 5, PW(35-40 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330
Fahrstreifen 6, LW(35-40 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 6, PW(35-40 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330

Lastwagen/Personenwagen					Radfahrer						Total
S	B	G	B	S	Z	S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 2+3, PW(35-40 km/h)–RF–LW(70-75 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	60	20	10	60	10	20	950
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20	60	20	10	60	10	20	
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	930
–	10	180	10	20	60	20	10	60	10	20	
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(35-40 km/h)–RF–LW(50-55 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	890
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	870
–	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(35-40 km/h)–RF–LW(70-75 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	60	20	10	60	10	20	1040
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	60	20	10	60	10	20	
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	1020
–	10	250	10	30	60	20	10	60	10	20	
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(35-40 km/h)–RF–LW(50-55 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	980
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	960
–	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(35-40 km/h)–LW(70-75 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	50	20	10	60	10	20	770
30	25	250	25	30		20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20	50	20	10	60	10	–	750
30	25	250	25	30		20	10	60	10	–	
–	10	180	10	20	50	20	10	60	10	–	730
30	25	250	25	30		20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(35-40 km/h)–RF–LW(70-75 km/h)											
20	10	180	10	20	60	20	10	60	10	20	780
30	25	250	25	30	60	20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20		60	20	10	60	10	20
30	25	250	25	–	60	20	10	60	10	20	
–	10	180	10	20		20	10	60	10	20	
30	25	250	25	–		20	10	60	10	20	
Fahrstreifen 2+3, PW(35-40 km/h)–LW(50-55 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	20	730
30	15	250	15	30		20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	–	710
30	15	250	15	30		20	10	60	10	–	
–	10	180	10	20	30	20	10	60	10	–	690
30	15	250	15	30		20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(35-40 km/h)–LW(70-75 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	50	20	10	60	10	20	860
30	25	250	25	30		20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	50	20	10	60	10	–	840
30	25	250	25	30		20	10	60	10	–	
–	10	250	10	30	50	20	10	60	10	–	810
30	25	250	25	30		20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(35-40 km/h)–RF–LW(70-75 km/h)											
30	10	250	10	30	60	20	10	60	10	20	870
30	25	250	25	30	60	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30		60	20	10	60	10	20
30	25	250	25	–	60	20	10	60	10	20	
–	10	250	10	30		20	10	60	10	20	
30	25	250	25	–		20	10	60	10	20	

Lastwagen/Personenwagen					Z	Radfahrer					Total
S	B	G	B	S		S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 2+3, LW(35-40 km/h)–LW(50-55 km/h)–RF											
30	10	250	10	30							
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	820
30	10	250	10	30							
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	800
–	10	250	10	30							
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	770
Fahrstreifen 7, LW(80 km/h)–RF											
30	30	250	30	30	100	20	10	60	10	20	590
30	30	250	30	30	100	20	10	60	10	–	570
–	30	250	30	30	100	20	10	60	10	–	540
Fahrstreifen 7, LW(55-60 km/h)–RF											
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	20	510
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	–	490
–	15	250	15	30	50	20	10	60	10	–	460

Ausserorts Fall 2

Lastwagen/Personenwagen					Z	Radfahrer					Total
S	B	G	B	S		S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 1, LW(60-65 km/h)–RF											
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	20	510
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	490
–	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	460
Fahrstreifen 1, LW(45-50 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	470
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	450
–	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	420
Fahrstreifen 4, LW(70 km/h)–RF											
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	20	530
30	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	510
–	25	250	25	30	50	20	10	60	10	–	480
Fahrstreifen 4, LW(50-55 km/h)–RF											
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	490
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	470
–	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	440
Fahrstreifen 5, LW(30-35 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 5, PW(30-35 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330
Fahrstreifen 6, LW(30-35 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 6, PW(30-35 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–RF–LW(60-65 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	50	20	10	60	10	20	
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	20	920
20	10	180	10	20	50	20	10	60	10	20	
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	900
–	10	180	10	20	50	20	10	60	10	20	
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	880
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–RF–LW(45-50 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	860
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	840
–	10	180	10	20	30	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	820

Lastwagen/Personenwagen					Z	Radfahrer					Total
S	B	G	B	S		S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–RF–LW(60-65 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	50	20	10	60	10	20	1010
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	50	20	10	60	10	20	
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	990
–	10	250	10	30	50	20	10	60	10	20	960
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–RF–LW(45-50 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	30	20	10	60	10	20	950
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	30	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	930
–	10	250	10	30	30	20	10	60	10	20	900
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–LW(60-65 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	750
30	20	250	20	30							
20	10	180	10	20							
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	730
–	10	180	10	20	40	20	10	60	10	–	710
30	20	250	20	30							
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–RF–LW(60-65 km/h)											
20	10	180	10	20	50	20	10	60	10	20	760
30	20	250	20	30							
20	10	180	10	20							
30	20	250	20	–	50	20	10	60	10	20	730
–	10	180	10	20							
30	20	250	20	–	50	20	10	60	10	20	710
–	10	180	10	20							
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–LW(45-50 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	20	20	10	60	10	20	710
30	10	250	10	30							
20	10	180	10	20							
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	690
–	10	180	10	20	20	20	10	60	10	–	670
30	10	250	10	30							
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–LW(60-65 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	840
30	20	250	20	30							
30	10	250	10	30							
30	20	250	20	30	40	20	10	60	10	–	820
–	10	250	10	30	40	20	10	60	10	–	790
30	20	250	20	30							
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–RF–LW(60-65 km/h)											
30	10	250	10	30	50	20	10	60	10	20	850
30	20	250	20	30							
30	10	250	10	30							
30	20	250	20	–	50	20	10	60	10	20	820
–	10	250	10	30							
30	20	250	20	–	50	20	10	60	10	20	790
–	10	250	10	30							
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–LW(45-50 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	800
30	10	250	10	30							
30	10	250	10	30							
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	780
–	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	750
30	10	250	10	30							
Fahrstreifen 7, LW(70 km/h)–RF											
30	25	250	25	30	90	20	10	60	10	20	570
30	25	250	25	30							
–	25	250	25	30							
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	20	510
30	15	250	15	30							
–	15	250	15	30							
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	–	490
30	15	250	15	30							
–	15	250	15	30							
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	–	460
30	15	250	15	30							
–	15	250	15	30							

Innerorts Fall 3

Lastwagen/Personenwagen					Z	Radfahrer					Total
S	B	G	B	S		S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 1/4, LW(50 km/h)–RF											
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	490
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	470
–	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	440
Fahrstreifen 1/4, LW(30 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 1/4, PW(50 km/h)–RF											
20	15	180	15	20	30	20	10	60	10	20	400
20	15	180	15	20	30	20	10	60	10	–	380
–	15	180	15	20	30	20	10	60	10	–	360
Fahrstreifen 1/4, PW(30 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330
Fahrstreifen 5, LW(30-35 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 5, PW(30-35 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330
Fahrstreifen 6, LW(30-35 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 6, PW(30-35 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–RF–LW(50 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	890
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	870
–	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	850
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(30 km/h)–RF–LW(30 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	20	20	10	60	10	20	840
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	
20	10	180	10	20	20	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	820
–	10	180	10	20	20	20	10	60	10	20	800
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–RF–LW(50 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	980
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	960
–	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	930
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(30 km/h)–RF–LW(30 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	930
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	910
–	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	880
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	

Lastwagen/Personenwagen					Z	Radfahrer					Total
S	B	G	B	S		S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–LW(50 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	20	730
30	15	250	15	30		20	10	60	10	–	710
20	10	180	10	20		20	10	60	10	–	690
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	710
–	10	180	10	20	30	20	10	60	10	–	690
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	690
Fahrstreifen 2+3, PW(30-35 km/h)–RF–LW(50 km/h)											
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	740
30	15	250	15	30	40	20	10	60	10	20	710
20	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	710
30	15	250	15	–	40	20	10	60	10	20	690
–	10	180	10	20	40	20	10	60	10	20	690
30	15	250	15	–	40	20	10	60	10	20	690
Fahrstreifen 2+3, PW(30 km/h)–LW(30 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	700
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	680
20	10	180	10	20		20	10	60	10	–	660
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	680
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	660
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	660
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–LW(50 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	30	20	10	60	10	20	820
30	15	250	15	30		20	10	60	10	–	800
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	800
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	800
–	10	250	10	30	30	20	10	60	10	–	770
30	15	250	15	30	30	20	10	60	10	–	770
Fahrstreifen 2+3, LW(30-35 km/h)–RF–LW(50 km/h)											
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	830
30	15	250	15	30	40	20	10	60	10	20	800
30	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	800
30	15	250	15	–	40	20	10	60	10	20	800
–	10	250	10	30	40	20	10	60	10	20	770
30	15	250	15	–	40	20	10	60	10	20	770
Fahrstreifen 2+3, LW(30 km/h)–LW(30 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	790
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	770
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	770
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	770
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	740
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	740
Fahrstreifen 7, LW(50 km/h)–RF											
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	20	510
30	15	250	15	30	50	20	10	60	10	–	490
–	15	250	15	30	50	20	10	60	10	–	460
Fahrstreifen 7, LW(30 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	20	460
30	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	440
–	10	250	10	30	10	20	10	60	10	–	410
Fahrstreifen 7, PW(50 km/h)–RF											
20	15	180	15	20	50	20	10	60	10	20	420
20	15	180	15	20	50	20	10	60	10	–	400
–	15	180	15	20	50	20	10	60	10	–	380
Fahrstreifen 7, PW(30 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	20	370
20	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	350
–	10	180	10	20	10	20	10	60	10	–	330

Innerorts Fall 4

Lastwagen/Personenwagen					Radfahrer						Total
S	B	G	B	S	Z	S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 1/4, LW(40 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	470
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	450
–	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	420
Fahrstreifen 1/4, LW(20 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	430
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	410
–	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	380
Fahrstreifen 1/4, PW(40 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	20	20	10	60	10	20	380
20	10	180	10	20	20	20	10	60	10	–	360
–	10	180	10	20	20	20	10	60	10	–	340
Fahrstreifen 1/4, PW(20 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	340
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	320
–	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	300
Fahrstreifen 5/6, LW(20-25 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	430
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	410
–	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	380
Fahrstreifen 5/6, PW(20-25 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	340
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	320
–	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	300
Fahrstreifen 2+3, PW(20-25 km/h)–RF–LW(40 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	830
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	
20	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	810
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	
–	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	790
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(20 km/h)–RF–LW(20 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	770
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	750
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	
–	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	730
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(20-25 km/h)–RF–LW(40 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	20	20	10	60	10	20	920
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	20	
30	0	250	0	30	20	20	10	60	10	20	900
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	
–	0	250	0	30	20	20	10	60	10	20	870
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, LW(20 km/h)–RF–LW(20 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	860
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	840
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	
–	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	810
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	
Fahrstreifen 2+3, PW(20-25 km/h)–LW(40 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	690
30	10	250	10	30							
20	0	180	0	20	20	20	10	60	10	–	670
30	10	250	10	30							
–	0	180	0	20	20	20	10	60	10	–	650
30	10	250	10	30							
Fahrstreifen 2+3, PW(20-25 km/h)–RF–LW(40 km/h)											
20	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	690
30	10	250	10	30							
20	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	660
30	10	250	10	–							
–	0	180	0	20	20	20	10	60	10	20	640
30	10	250	10	–							

Lastwagen/Personenwagen					Z	Radfahrer					Total
S	B	G	B	S		S	B	G	B	S	
Fahrstreifen 2+3, PW(20 km/h)–LW(20 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	650
30	0	250	0	30		20	10	60	10	–	630
20	0	180	0	20		20	10	60	10	–	610
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	630
–	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	610
30	0	250	0	30		20	10	60	10	–	610
30	0	250	0	30		20	10	60	10	–	610
Fahrstreifen 2+3, LW(20-25 km/h)–LW(40 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	20	20	10	60	10	20	780
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	760
30	0	250	0	30		20	10	60	10	–	760
30	10	250	10	30	20	20	10	60	10	–	760
–	0	250	0	30	20	20	10	60	10	–	730
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	730
30	10	250	10	30		20	10	60	10	–	730
Fahrstreifen 2+3, LW(20-25 km/h)–RF–LW(40 km/h)											
30	0	250	0	30	20	20	10	60	10	20	780
30	10	250	10	30		20	10	60	10	20	780
30	0	250	0	30		20	10	60	10	20	780
30	10	250	10	–	20	20	10	60	10	20	750
–	0	250	0	30		20	10	60	10	20	720
30	10	250	10	–		20	10	60	10	20	720
Fahrstreifen 2+3, LW(20 km/h)–LW(20 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	740
30	0	250	0	30		20	10	60	10	20	740
30	0	250	0	30		20	10	60	10	20	740
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	720
–	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	690
30	0	250	0	30		20	10	60	10	–	690
30	0	250	0	30		20	10	60	10	–	690
Fahrstreifen 7, LW(40 km/h)–RF											
30	10	250	10	30	30	20	10	60	10	20	480
30	10	250	10	30	30	20	10	60	10	–	460
–	10	250	10	30	30	20	10	60	10	–	430
Fahrstreifen 7, LW(20 km/h)–RF											
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	20	430
30	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	410
–	0	250	0	30	0	20	10	60	10	–	380
Fahrstreifen 7, PW(40 km/h)–RF											
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	20	390
20	10	180	10	20	30	20	10	60	10	–	370
–	10	180	10	20	30	20	10	60	10	–	350
Fahrstreifen 7, PW(20 km/h)–RF											
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	20	340
20	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	320
–	0	180	0	20	0	20	10	60	10	–	300

Anhang C

Literatur- und Expertenverzeichnis

(zum Aufklappen)

- [1] Bühlmann F., Spacek P.: Unfallgeschehen und Geometrie der Kreiselanlagen, Forschungsbericht 382, Auftrag 17/93 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1997
- [2] Schweizerische Konferenz der Beauftragten für Veloverkehr SVK: INFO Bulletin 1/97
- [3] Belopitov I., Spacek P.: Ausbildung von Fahrstreifen im Knotenbereich, Forschungsbericht 378, Auftrag 9/88 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1996
- [4] ETH Zürich, bfu: Gestaltung von Anlagen für Rad- und Mofafahrer, Eine Information für Gemeinden und Planer, 1996
- [5] Tiefbauamt des Kantons Zürich/Kantonspolizei Zürich: Radverkehrsanlagen, Richtlinien, 1995
- [6] Haldemann R., Weber W.: Verkehrssicherheit auf Schulwegen, bfu-Report 25, Bern, 1994
- [7] Bürgler St., Lindenmann HP.: Ausgeweitete Radstreifen bei lichtsignalgesteuerten Knoten, IVT ETH Zürich, 1994
- [8] Bürkel Baumann Schuler: Projektierung von Radverkehrsanlagen, Forschungsbericht 324, Auftrag 15/89 der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1994
- [9] Balzari & Schudel AG: Knotenelemente, Forschungsbericht 278, Auftrag 23/88 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), 1993
- [10] Kanton Luzern: Radroutenkonzept 1993, Projektierungsgrundlagen für strassenbegleitende Radverkehrsanlagen, 1993
- [11] Ghielmetti M., Stauber M.: Studie Aufgeblasener Radstreifen, 1992
- [12] Weissert M.: Vortrittsberechtigte Radwegübergänge im Gegenverkehr, Kantonspolizei Zürich, 1991
- [13] Dr. Tschopp J.: Massnahmen für den Veloverkehr, Spurwechsel 3/1991, VCS Zürich
- [14] Kanton Basel-Landschaft: Radrouten im Kanton Basel-Landschaft, Projektierungsrichtlinien, 1990
- [15] Bühlmann F.: Durchfahrtsbreiten bei baulichen Hindernissen, Tiefbauamt des Kantons Zürich, 1990
- [16] Baudirektion des Kantons Bern: Zweiradanlagen, Empfehlungen für Massnahmen, 1988
- [17] Schweizerische Konferenz für Sicherheit im Strassenverkehr: Sicherheit der Zweiradfahrer, Fachtechnische Tagung, Bern, 1986
- [18] Lindenmann HP./Hehlen P./Heldstab E.: Sicherheit der Rad- und Mofafahrer, Forschungsbericht EPFL, ETH, bfu, 1984
- [19] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): Hilfsmittel für die Anordnung von Radverkehrsanlagen in Städten und Ortschaften, Arbeitsgruppe Zweiräder der Städte St. Gallen, Luzern, Zürich, Basel, 1984
- [20] Winterthur Versicherungen: Zweiradverkehrsanlagen innerorts, 1983
- [21] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehrsplätzen, Entwurf 09/1997
- [22] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, ERA 95, Köln, 1995
- [23] VCO Verkehrsclub Österreich: Strassen zum Radfahren, Wien, 1995
- [24] C.R.O.W: Radverkehrsplanung von A bis Z, 1994
- [25] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstrassen EAHV 93, Köln, 1993
- [26] Schrammel E.: Radverkehr im Ort, Wien, 1993
- [27] Bundesanstalt für Strassenwesen: Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten, Bergisch Gladbach, 1992
- [28] Monheim H.: Strassen für alle: Analysen und Konzepte zum Stadtverkehr der Zukunft, Hamburg, 1990
- [29] Arbeitsgemeinschaft umweltfreundlicher Stadtverkehr, Verkehrsclub Österreich: Das Fahrrad im Verkehr, 1990
- [30] Bundesanstalt für Strassenwesen, Bereich Unfallforschung: Unfall- und Sicherheitsforschung Strassenverkehr, Dokumentation zur Sicherung des Fahrradverkehrs, Heft 74, Bergisch Gladbach, 1989
- [31] Bundesanstalt für Strassenwesen: Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich, Bergisch Gladbach, 1984
- [32] Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC): Radweg-Planung, Planergruppe Stadtverkehr, Bremen, 1981
- [33] Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Strassenwesen: Nebenanlagen und sonstige Verkehrswege, Wien, 1988
- [34] Bundesgesetz über den Strassenverkehr (Strassenverkehrsgesetz) [SVG] vom 19. Dezember 1958
- [35] Verordnung über die Strassenverkehrsregeln (Verkehrsregelnverordnung) [VRV] vom 13. November 1962
- [36] Verordnung über die Strassensignalisation (Signalisationsverordnung) [SSV] vom 5. September 1979
- [37] EJPD: Weisungen über die Anordnung und Ausgestaltung von ausgeweiteten Radstreifen, Bern 1995
- [38] SN 640 060 Leichter Zweiradverkehr, Projektierung, Grundlagen
- [39] SN 640 250 Knoten, Grundlagennorm
- [40] SN 640 251 Knoten, Knotenelemente
- [41] SN 640 252 Knoten, Führung des leichten Zweiradverkehrs
- [42] SN 640 261 Knoten, Kreuzungsfreie Knoten
- [43] SN 640 262 Knoten, Knoten ohne Kreisverkehr
- [44] SN 640 263 Knoten, Knoten mit Kreisverkehr
- [45] SN 640 271 Kontrolle der Befahrbarkeit
- [46] SN 640 273 Sichtverhältnisse
- [E1] F. de Baan, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Abteilung Verkehrsplanung
- [E2] O. Balsiger, Tiefbauamt Kanton Bern, Fachstelle Velo
- [E3] A. Benadoche, Ville de Neuchâtel, Travaux publics
- [E4] O. Bolay, P. Gessenay, Office des transports et de la circulation, canton de Genève
- [E5] H. Ernst, Stadt Winterthur, Département Bau/Verkehrsplanung
- [E6] G. Gardet, DTPAT, Service de l'aménagement du territoire, Ville de Genève
- [E7] P. Geissbühler, Amt für Verkehr und Tiefbau Kanton Solothurn
- [E8] D. Grob, Stadtbauamt Aarau
- [E9] R. Koch, M. Urwyler, Tiefbauamt Stadt Luzern
- [E10] C. Kropf, Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft
- [E11] HP. Lindenmann, P. Spacek, IVT ETH Zürich
- [E12] U. Marti, Strassenverkehrs- und Schifffahrtsamt Kanton Bern
- [E13] C. Morel, Ville de Genève, Division de la Voirie
- [E14] M. Raemy, R. Jäger, Kantonspolizei Zürich, Verkehrstechnische Abteilung
- [E15] T. Rubin, Raumplanungsamt Kanton Luzern, B. Steiger, T. Traber, Tiefbauamt Kanton Luzern, R. Zobrist, Strassenverkehrsamt Kanton Luzern, Verkehrstechnik
- [E16] U. Salvisberg, Verkehrsinspektorat der Stadt Bern
- [E17] H. Wymann, R. Flückiger, Stadtpolizei Zürich, Abteilung für Verkehr

